

Grimar (Grindwinning voor Maas-Rijn verbinding)

Agema, J.F.; Stuij, J.; Küppers, J.A.G.; Tiemersma, J.J.; Ferguson, A.

Publication date

1986

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Agema, J. F., Stuij, J., Küppers, J. A. G., Tiemersma, J. J., & Ferguson, A. (1986). *Grimar (Grindwinning voor Maas-Rijn verbinding)*. Delft University of Technology, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

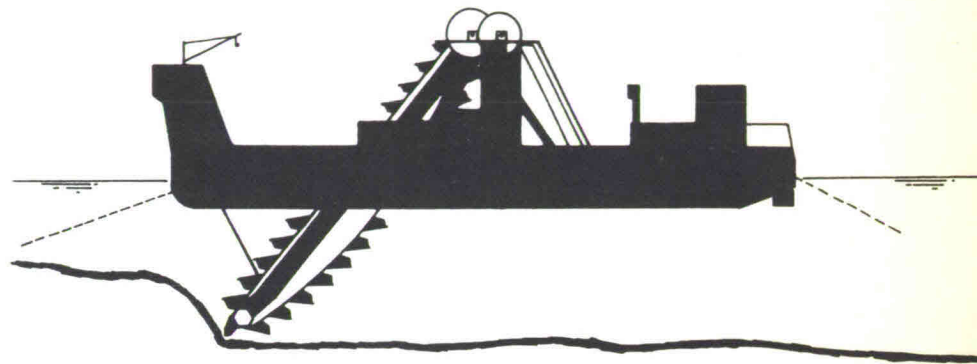
Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Grimar

Deel IV: grindwinning en grindafvoer

Augustus 1986



GRINDWINNING EN GRINDAFVOER

een onderzoek naar de wijzen waarop
grindwinning en grindafvoer in van de Maas
afgelegen gebieden plaats kan vinden

Technische Universiteit Delft

augustus 1986

Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde

Dit rapport "Grindwinning en grindafvoer" vormt een deel van de rapportage van het GRIMAR-onderzoek dat door de vakgroepen Waterbouwkunde en Civiele Planologie van de faculteit der Civiele Techniek van de TU te Delft werd verricht in opdracht van de Researchvereniging Grindwinningsbedrijf.

Naast de voorliggende studie betreffende de grindwinning en grindafvoer bevat het GRIMAR-onderzoek studies naar:

- Maas-Rijnverbinding:
een verkennende studie naar mogelijke scheepvaartverbindingen tussen de Maas en de Rijn alsmede naar de effecten daarvan (Deelrapport II).
- de toekomstige grindbehoefte:
een nadere beschouwing van de huidige prognoses en aanbevelingen voor nieuw op te stellen prognoses (deelrapport III).

Van het GRIMAR-onderzoek als geheel is een samenvattend rapport verschenen (deelrapport I).

Projektgroep GRIMAR

TU Delft:

Prof.ir. J.F. Agema
Ir. J. Stuip
Ir. J.A.G. Kùppers
Ir. J.J. Tiemersma
Ir. A. Ferguson

Researchvereniging Grindwinningsbedrijf:

Prof.ir. J.G. Balkestein
Ing. M.R. Smals
Ing. J.L.M. Grootjans
A.W. Lubberhuizen

Studiegroep Maas-Rijnverbinding:

TH Delft:

Prof.ir. J.F. Agema
Ir. J. Stuip
Ir. A. Ferguson
Ir. C.C.O.M. Granneman
Ir. A.J. 't Jong

Commissie Maas-Rijnverbinding:

Prof.ir. J.G. Balkestein
Ing. M.R. Smals
Ing. J.L.M. Grootjans
N.B. Abeling
Ir. P. Gardeniers
S.H.J. Houben
Ir. M.W.E.E. Reinards
J.W. Schoots
P.J. Vaes
Ing. K. Zijlstra

ondersteuning:
Ing. J. Brouwer

INHOUD

Samenvatting

- 1 Inleiding
- 2 Inventarisatie methoden van ontginning, winning en afvoer.
 - 2.1 Verwijderen bovenlaag.
 - 2.2 Grindwinning.
 - 2.3 Afvoer grind. (Analyse transportmethoden.)
- 3 Uitvoering grindwinning nieuwe gebieden.
 - 3.1 Inleiding.
 - 3.2 De nieuwe grindwingebieden.
 - 3.3 Uitvoeringsstructuren.
 - 3.4 Winmethoden.
 - 3.5 Transportmethoden.
- 4 Economische aspecten.

Bijlagen

- | | |
|---------|------------------------|
| ANNEX 1 | Uitvoeringsstructuren. |
| ANNEX 2 | Transportband. |
| ANNEX 3 | Persleiding. |
| ANNEX 4 | Spoor. |

SAMENVATTING

De winning van grind zal in de toekomst moeten verschuiven naar verder van de Maas afgelegen gebieden dan tot op heden het geval is, waarbij de bereikbaarheid van deze gebieden een belangrijke rol zal gaan spelen. Bij het nu in ontginning zijnde gebied "Panheel" is de provincie Limburg voor het eerst overgegaan tot toewijzing van een groter wingebied, waarbij de ontginning plaatsvindt door de gezamenlijke grindproducenten. De per producent te winnen quota zijn daarbij afhankelijk van het aandeel dat zij in de ontginning hebben. Het is dan ook mogelijk dat sommige winwerktuigen gedurende een langere periode buiten bedrijf zijn, omdat het quotum van de producent voor die betreffende periode reeds is bereikt, met als gevolg een oneconomische inzet van materieel.

Tot op heden zijn de wingebieden vanaf vaarwater bereikbaar, waardoor het mogelijk is met binnenschepen tot aan de winwerktuigen te varen. Aan boord van de winwerktuigen, voornamelijk emmerbaggermolens, maar daarbij ook baggergrijpers en luchtdrukzuigers, bevindt zich in de meeste gevallen een verwerkingsinstallatie, waarin de specie wordt gewassen, gezeefd en gebroken en van waaruit de binnenschepen kunnen worden geladen met de door de afnemers gewenste fracties.

Na de ontginning van het gebied nabij Panheel kan men overgaan tot de ontginning van een gebied tussen Stevenweert, Ohé en Laak, Stevol genaamd. Voor een vergelijking van twee gebieden waarbij de afstand tot vaarwater als belangrijkste criterium geldt zijn een tweetal gebieden nader op mogelijkheden van ontginning onderzocht, namelijk het gebied Stevol en een gebied nabij Vlodrop op ca. 7,5 km. van vaarwater.

Voordat echter met de uiteindelijke winning van grind kan worden aangevangen moet allereerst de bovengrond uit (een deel van) het grindwingebied worden verwijderd. Een belangrijke rol daarbij speelt de stand van het grondwater ten opzichte van de bovengrond, alsmede de bestemming van de bovengrond die zowel binnen het grindwingebied kan liggen als daarbuiten. Uitgaande van het feit dat de bovengrond voor herinrichting binnen het grindwingebied wordt bestemd heeft men slechts te maken met transportafstanden van ca. 1750 m.

Bij droog ontgraven van de bovengrond krijgen scrapers de voorkeur. Dieplepels kunnen worden ingezet indien de bovengrond zich zowel boven als onder de grondwaterspiegel bevindt. Transport vindt daarbij plaats met vrachtwagens. Toch kan men met dieplepels slechts tot op beperkte diepte onder de grondwaterspiegel graven, waardoor in sommige gebieden natte ontgraving nodig zal blijken. Daarbij zal de voorkeur worden gegeven aan inzet van cutterzuigers of baggerwielzuigers, die met betrekking tot baggerdiepte, capaciteit en overslag zeer gunstig zijn ten opzichte van de overige winwerktuigen. Indien de inzet van natte winwerktuigen noodzakelijk is kan men overwegen ook het gedeelte van de bovengrond boven de grondwaterspiegel in de natte te ontgraven, door met een hoge bres te werken. Een kostenvergelijking is nodig om tot een juiste keuze te komen.

De methode van ontginning van het grindwingebied is primair afhankelijk van de situering van de grindlaag, met name ten opzichte van de grondwaterstand, de wijze van herinrichting, de vorm van samenwerking, maar vooral de bereikbaarheid ten opzichte van vaarwater. De aanleg van een kanaal naar ver van vaarwater afgelegen gebieden is dikwijls te kostbaar, waardoor bij natte ontginning het grind aan de wal (aan de rand van het grindwingebied) moet worden overgeslagen om over land naar vaarwater te worden getransporteerd.

Voor winning en afvoer van grind zijn een aantal mogelijkheden onderzocht. Met betrekking tot de vorm van samenwerking kunnen in dit geval een tweetal voor handen zijnde methoden van samenwerking worden onderscheiden. Ten eerste de zogenaamde individuele winning, zoals in Panheel, waarbij alle producenten in het gebied zijn vertegenwoordigd en elke producent een quotum, afhankelijk van zijn aandeel, mag produceren. Ten tweede is er een vorm van samenwerking waarbij de producenten gezamenlijk beheer hebben over het materieel, zowel voor winning als voor transport en waarbij verrekening plaatsvindt op basis van de totale grindopbrengst. Een voordeel van deze tweede methode is dat de specie snel kan worden samengevoegd om naar vaarwater te worden getransporteerd, eventueel na het uitzeven van de fractie die voor herinrichting is bestemd.

Het meten van de gewonnen hoeveelheden voor de verrekening bij individuele winning door de grindproducenten kan eerst plaatsvinden nadat scheiding van de specie in fracties heeft plaatsgevonden, maar voordat de fracties worden samengevoegd voor gezamenlijk transport, hetzij naar vaarwater, hetzij met binnenschepen naar de afnemers. Om hierin te voorzien kan bij de ontginning van het grindwingebied nabij Vlodrop worden gekozen tussen volledig individuele winning zonder samenvoeging van de specie of met verwerking en samenvoeging nabij vaarwater.

De tweede vorm van samenwerking geniet echter de voorkeur, vanwege een meer economische inzet van materieel, waarbij wordt gekozen voor de inzet van meerdere winwerktuigen met samenvoeging aan de rand van het grindwingebied en verwerking bij vaarwater.

Zowel bij de ontginning van het gebied "Stevol" als het gebied "Vlodrop" krijgen de emmerbaggermolen en de baggergrijper de voorkeur. De cutterzuiger en de baggerwielzuiger, die de specie door middel van een persleiding naar de rand van het grindwingebied transporteren hebben slechts een beperkte baggerdiepte, waardoor deze werktuigen slechts in een aantal grindwingebieden effectief kunnen worden ingezet. Het grindwingebied Vlodrop met een gemiddelde maximale baggerdiepte van ca. 20 m. valt hierdoor dus al af. Bovendien moet bij het persen van grind rekening worden gehouden met een enorme slijtage waardoor veel onderhoud noodzakelijk is en waardoor ook stagnaties zullen optreden.

De grindproduktie uit de nieuwe grindwingebieden is geschat op 5.000.000 ton grind per jaar. Het zand in de grindlaag kan worden gebruikt voor de herinrichting van het gebied, maar kan ook uit het gebied worden afgevoerd ten behoeve van de voorziening in industriezand etc.

Het gevolg van de afvoer van zand ten behoeve van de produktie is dat met gering extra materieel extra inkomsten worden gemaakt. Het gebruik van zand voor de herinrichting kan de ontginning economisch onhaalbaar maken. Voordat men besluit het zand voor herinrichting te gebruiken is een kostenvergelijking noodzakelijk. Bij deze studie is vanwege het feit dat men in de toekomst de hoeveelheid oppervlaktewater wil gaan beperken er

toch van uitgegaan dat het zand binnen het grindwingebied voor herinrichting wordt ingezet.

Voor de bepaling van het aantal in te zetten winwerktuigen in gebied "Vlodrop" is voor de verschillende winwerktuigen een capaciteitsberekening uitgevoerd. Daaruit blijkt dat bij een werktijd van ca. 1600 uur per jaar 10 emmerbaggermolens met een emmerinhoud van 650 liter of 7 met een emmerinhoud van 900 à 1000 liter benodigd zijn. Van de cutterzuigers heeft men er 10 van het type IHC Beaver 3300 nodig, terwijl men kan volstaan met 4 IHC baggerwielzuigers, type Beaver 4000 W. Tenslotte kan men nog 13 baggergrijpers met een capaciteit van 400 m³ vaste stof per uur of 11 airliftzuigers inzetten.

Transport van grind uit het grindwingebied "Stevol" kan eenvoudig vanaf de winwerktuigen plaatsvinden door zoals in Panheel binnenschepen direkt vanaf de zeefinstallaties aan boord van het winwerktuig te laden. Hier is, in tegenstelling tot de ontginning van het gebied Vlodrop, geen overslag en landtransport van grind noodzakelijk.

Bij het transport van grind vanaf de winwerktuigen in het gebied "Vlodrop" naar vaarwater heeft men te maken met transport over een tweetal trajekten. Het eerste trajekt ligt binnen het grindwingebied en omvat het transport van specie naar de rand van het grindwingebied. Transport kan hier plaatsvinden met persleidingen, drijvende transportbanden of lichters. Trajekt II is het transport van grind van de rand van het grindwingebied naar vaarwater. Hiervoor kan worden gekozen uit de transportband, vrachtwagens, persleidingen of aanleg van een spoorlijn.

Een persleiding wordt slechts ingezet bij winning met baggerwielzuigers of cutterzuigers. Bij andere winwerktuigen komt deze methode niet in aanmerking. Bovendien leveren de drijvende leidingen, alsmede de drijvende transportbanden, hinder op voor de scheepvaart binnen het grindwingebied. Men kan hierbij denken aan hinder bij het verplaatsen van de winwerktuigen. Andere nadelen van een drijvende transportband zijn de hoge investeringen en de gevoeligheid voor defekten, waardoor de gehele band komt stil te liggen.

Duidelijke voorkeur krijgt de lichter. Met name de grote flexibiliteit van dit transportmiddel, alsmede de onafhankelijkheid van weersomstandigheden en de plaats van verwerking spelen hierbij een grote rol. Bij inzet van de lichter is het mogelijk een verwerkingsinstallatie aan boord van het winwerktuig te plaatsen. Het grind kan dan in de gewenste fracties vanaf het werktuig worden afgevoerd, waardoor individuele winning zeer goed mogelijk is. Een nadeel van de inzet van lichters is de noodzakelijke overslag en de benodigde losinstallatie aan de rand van het grindwingebied.

De lichter kan men lossen met grijperinstallaties aan de wal of door de specie of het grind te klappen en het vervolgens met grijpers op de kant te halen.

Om het grind naar vaarwater te transporteren bestaat, naast de transportband en de persleiding, ook nog de mogelijkheid vrachtwagens of spoor in te zetten. De aanleg van een spoorlijn brengt echter zeer hoge investeringen met zich mee en gaat gepaard met een groot oppervlaktebeslag, terwijl de geringe flexibiliteit van de spoorlijn het niet toelaat dit transport zonder al te hoge kosten naar andere grindwingebieden te verplaatsten, waardoor afschrijving over zeer lange termijn niet mogelijk is. Dit is bij de inzet van transportbanden wel het geval. Een transportmethode met een

maximale flexibiliteit is het vrachtwagentransport. Uitvallen van één enkele vrachtwagen heeft slechts zeer geringe gevolgen voor de voortgang van de ontginning en met name de afvoer van het grind. Een nadeel dat bij inzet van vrachtwagens optreedt is de stagnatie bij slechte weersomstandigheden en de relatief hoge loonkosten.

Inzet van een persleiding wordt afgeraden, omdat bij verpompen van grind grote slijtages zullen optreden met daarmee gepaard gaande stagnaties. Bovendien gaat het om hoeveelheden met hoge concentraties en een grote leidingdiameter, waardoor zeer hoge pompvermogens zijn vereist.

Ten behoeve van een kostenvergelijking van de ontginning van de gebieden "Stevol" en "Vlodrop" is een globale schatting gemaakt van de kosten voor transport van het grind naar vaarwater met vrachtwagens en transportbanden. Transport met vrachtwagen blijkt hier zoals verwacht duidelijk hoger te liggen dan transport met transportbanden, wat wordt veroorzaakt door de hoge loonkosten.

Zowel het transport en overslag van grind als de mobilisatie van materieel leveren extra kosten op wat tot gevolg heeft dat met betrekking tot de inzet van materieel een zo economisch mogelijke oplossing moet worden gekozen om de ontginning van gebieden op enige afstand van vaarwater rendabel te maken.

CONCLUSIES

1. De afstand tot vaarwater is van grote invloed op de economie van de ontginning van de grindwingebieden.
2. De kosten voor overslag en transport van grind over land van het grindwingebied naar vaarwater kunnen worden gezien als extra kosten ten opzichte van de ontginning van een gebied aan vaarwater.
3. Bij ontginning van een gebied nabij vaarwater, zoals bijvoorbeeld het gebied nabij Stevensweert, Ohé en Laak, geniet de huidige winmethode, waarbij binnenschepen door zeefinstallaties aan boord van de winwerktuigen worden geladen, de voorkeur.
4. De vorm van samenwerking en met name het meten en verrekenen van het grind ten behoeve van de grindproducenten is van essentieel belang voor de uitvoering van de ontginning. Duidelijke voorkeur heeft een vorm van samenwerking waarbij de grindproducenten gezamenlijk beheer hebben over het materieel, wat bovendien een vereenvoudiging geeft bij de afvoer van het grind.
5. Bij samenwerking tussen de grindproducenten waarbij zij gezamenlijk beheer over het materieel hebben kan tevens een gezamenlijke verwerkingsinstallatie aan vaarwater worden geplaatst met een eventuele opslag voor momentane overschotten van waaruit tijdens piekafvoeren kan worden geleverd.
6. Het besluit om het zand dat zich in de grindlaag bevindt, voor herinrichting van het grindwingebied te gebruiken geeft een verlies aan inkomsten bij een relatief beperkte afname van de ontginningskosten, waardoor ontginning onrendabel kan worden. Een kostenafweging vooraf is noodzakelijk om een juiste beslissing te nemen.
7. Als winwerktuigen bieden de emmerbaggermolen en de baggergrijper de meeste voordelen.
8. Afvoer van grind uit het grindwingebied "Vlodrop" geschiedt bij voorkeur met lichters binnen het grindwingebied en transportbanden of vrachtwagens voor transport van het grindwingebied naar vaarwater.

1 INLEIDING

1 INLEIDING

Grote hoeveelheden grind zijn benodigd voor de weg- en waterbouw, de utiliteitsbouw en de woningbouw in Nederland. Deels is dit grind afkomstig uit het buitenland en deels wordt dit grind in eigen land geproduceerd. Het grootste deel van het Nederlandse grind komt uit Limburg, waar het tot nu toe voornamelijk gewonnen is in het winterstroombed van de Maas. Dit grind is in het huidige stroombed van de Maas en in een gebied, dat begrensd wordt door de Feldebissbreuk en de Peelrandbreuk tijdens het Midden- en Boven-Pleistoceen door de Maas en de Rijn afgezet (zie figuur 1.1). In de loop der jaren is het stroombed van de Maas het grindwingebied bij uitstek geweest. Hier zijn telkens kleine delen van het winterstroombed ontgonnen.

Bij het grindwingebied "Panheel" is men voor het eerst overgegaan tot het toewijzen van een groter grindwingebied, dat weliswaar verder van de Maas afgelegen is, maar dat met de Maas door een daartoe speciaal aangelegde invaart in open verbinding staat, zodat het zand en het grind direkt vanaf het winwerktuig in binnenvaartschepen geladen kan worden. Op dit moment is een groot deel van het grind, dat in Limburg gewonnen wordt afkomstig uit het grindwingebied "Panheel". Men verwacht echter, dat het grindwingebied "Panheel" tegen het einde van de tachtiger jaren uitgeput zal zijn. Om de continuïteit van de grindwinning en van de grindwinbedrijven uit Panheel te waarborgen is er door de provincie Limburg een tweede grindwingebied aangewezen, waar, na afloop van de exploitatie in Panheel, naar uitgeweken kan worden. Dit is gebied "Stevol", dat gelegen is tussen de plaatsen, Stevensweert, Ohé en Laak. Dit gebied is weer-gegeven in figuur 1.2.

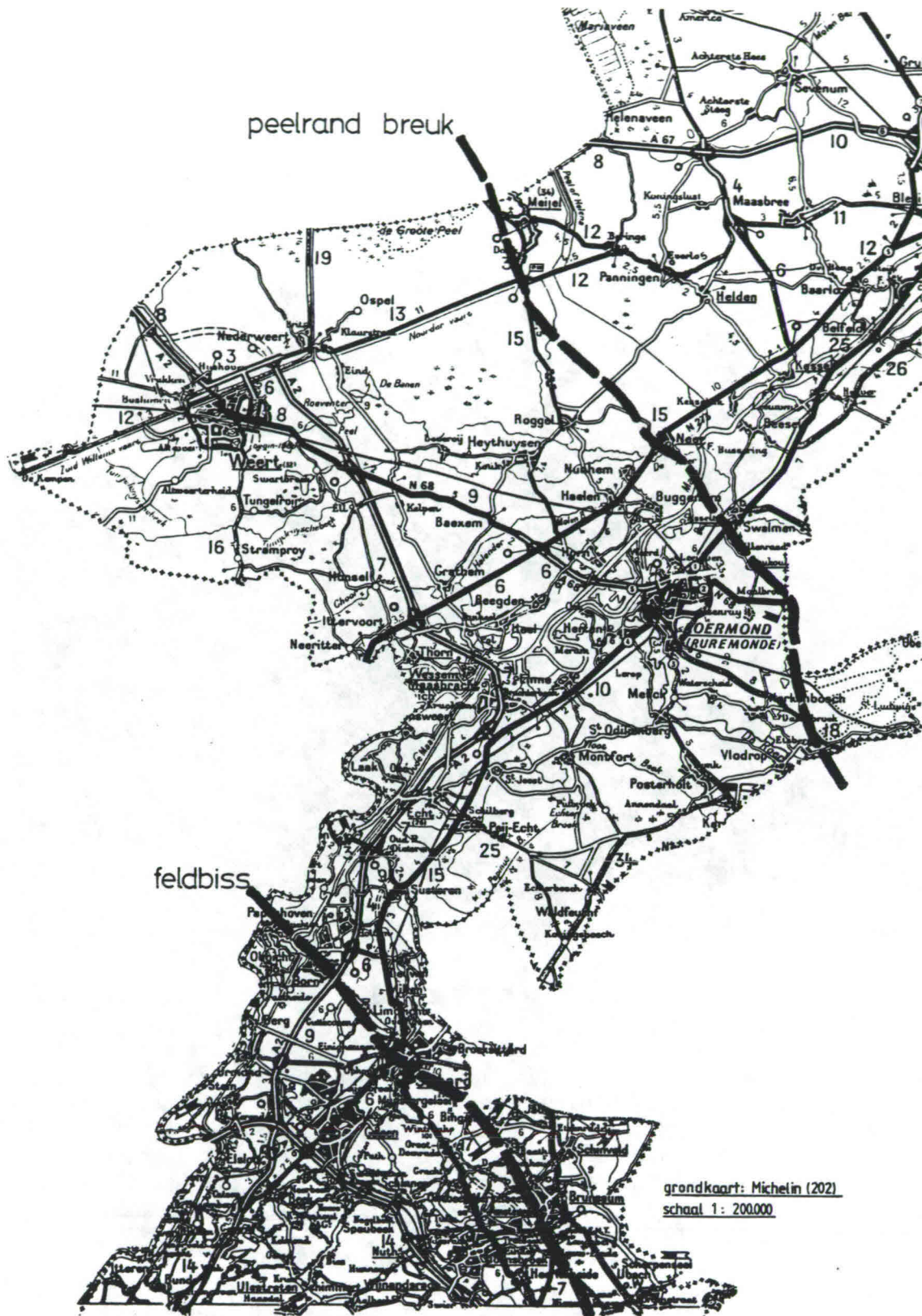
Na het gebied Stevol zijn de mogelijkheden voor grindwinning in de directe omgeving van de Maas beperkt. Aan de ene kant wordt dit veroorzaakt doordat de voor grindwinning beschikbare ruimte beperkt wordt door overige claims op de ruimte of verdere geënceneerde bestemmingen, aan de andere kant is dat het gevolg van de onbevaarbaarheid van een groot deel van de Maas.

Het is daarom van belang gebieden, waar wel rijke grindlagen aanwezig zijn, maar die niet aan een doorgaande waterweg gelegen zijn of daarmee in verbinding staan, te onderzoeken op mogelijkheden van ontginning.

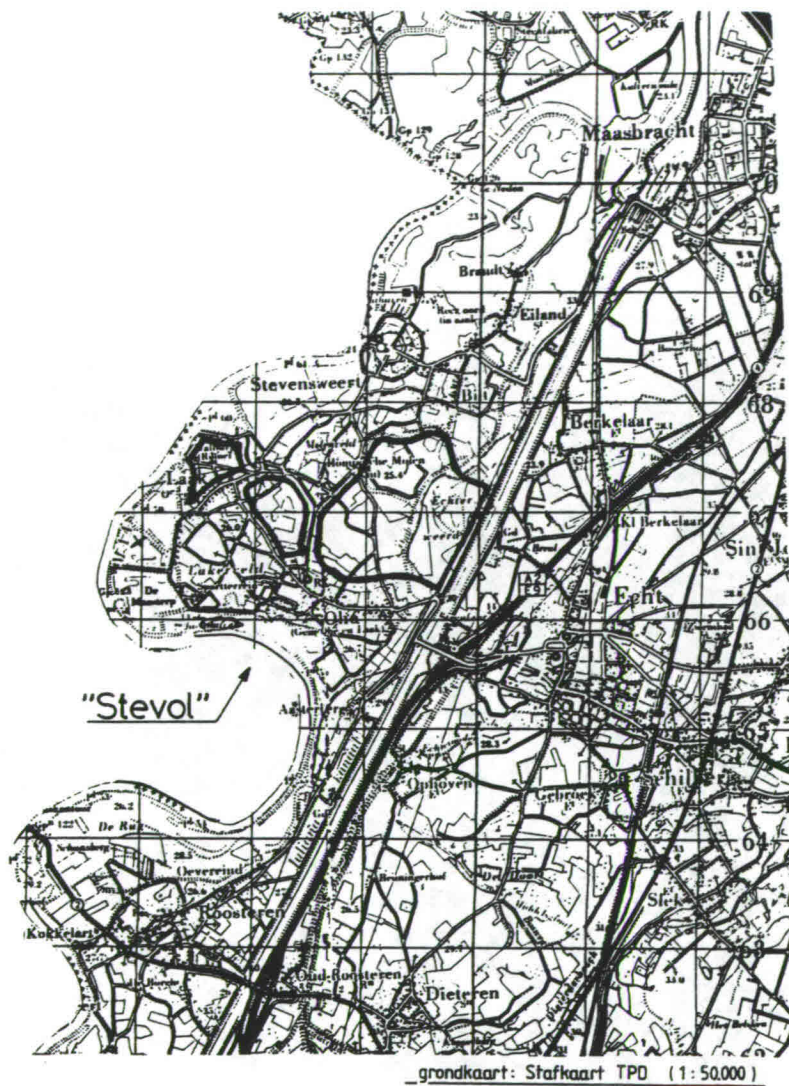
Bij de exploitatie van deze gebieden zal de afvoer van het gewonnen grind minder eenvoudig kunnen geschieden dan thans het geval is.

Omdat de huidige verwerkingsbedrijven van het grind en het zand vaak aan doorgaande waterwegen gelegen zijn, zal het grind en het zand zoveel mogelijk naar een doorgaande waterweg getransporteerd moeten worden, vanwaar het met binnenschepen naar deze bedrijven verder getransporteerd zal worden. Dit houdt in dat de afvoer (behalve als er een verbindingskanaal aangelegd wordt) op een gebroken wijze zal dienen te geschieden: in het wingebied van winwerktuig naar het land, vervolgens over land naar een overslagpunt aan de Maas en uiteindelijk per binnenschip naar de afnemer(s).

Het gevolg hiervan is dat voordat het grind bij het binnenschip afgeleverd wordt er, in vergelijking met de huidige opzet van de grindwinning, meerdere handelingen nodig zijn, waardoor een dergelijke ontgrinding minder snel rendabel zal kunnen zijn.



figuur 1.1 Grindgebied tussen de Feldbissbreuk en de Peelrandbreuk



figuur 1.2 Toekomstig grindwingebed "Stevol"

Teneinde hiervan een indruk te krijgen is in het onderhavige rapport een vergelijking gemaakt tussen de uitvoering van de grindwinning in het Stevol-gebied (als voorbeeld voor de huidige grindwinning) en de grindwinning in een van de Maas afgelegen gebied. Dit laatste gebied is gekozen uit een reeks van gebieden in Midden-Limburg die in de "EVOLIM-studie" [lit.1.1] zijn geselecteerd op hun geschiktheid als plaats voor toekomstige winning van grind.

Een tweede belangrijk punt voor de nieuwe grindwingebeden zijn de winmethoden zelf. De huidige winwerktuigen zijn in de meeste gevallen niet demontabel, zodat zij niet eenvoudig naar een nieuw, over water onbereikbaar, wingebed vervoerd kunnen worden. Voor een goede vergelijking is in dit rapport vanuit gegaan, dat geheel nieuw baggermaterieel aangeschaft zal moeten worden, waarbij eventuele samenwerking tussen de grindproducenten onderling als een mogelijkheid is opengelaten.

Eerst wordt in dit rapport in hoofdstuk 2 aandacht geschonken aan methoden om de bovengrond af te graven. Vervolgens zal een globaal overzicht gegeven worden van de op dit moment toegepaste winmethoden voor grind en het transport hiervan.

In hoofdstuk 3 zullen het uit de Evolim studie gekozen gebied en het gebied "Stevol" nader worden beschouwd. Via een analyse van uitvoeringsstructuren worden de mogelijke combinaties van winwerktuig, verwerkingseenheid en transportmiddel uitgewerkt. De afzonderlijke winwerktuigen, toegepast op het gebied uit de Evolim studie, en de transportmiddelen toegepast op het transport in dit gebied en uit dit gebied naar een overslagpunt aan de Maas, zullen eveneens in hoofdstuk 3 behandeld worden.

Na een geschikte keuze van het toe te passen winwerktuig en het toe te passen transportmiddel zal in hoofdstuk 4 een vergelijkende kostenberekening een inzicht geven in de extra kosten voor de afvoer en verwerking van grind uit ver van de Maas gelegen grindwingebieden.

Er wordt er in dit rapport naar gestreefd een globaal overzicht te geven van de verschillende kosten, die de winwerktuigen en de transportmethoden met zich meebrengen. Omdat het hier om een vergelijkende studie gaat, zijn de kosten niet absoluut weergegeven, maar zijn de verschillen weergegeven tussen ontginning van gebieden met een verschillende afstand tot vaarwater.

HOOFDSTUK 2 INVENTARISATIE VAN DE METHODEN VOOR ONTGINNING, WINNING EN AFVOER VAN GRIND.

Inhoud

- 2.1 VERWIJDEREN BOVENLAAG.
 - 2.1.1 Randvoorwaarden.
 - 2.1.2 Inzet materieel bij droge ontgraving.
 - 2.1.3 Inzet materieel bij natte ontgraving.
 - 2.1.4 Conclusies.

- 2.2 GRINDWINNING.
 - 2.2.1 Grindvoorkomen.
 - 2.2.2 Inleiding materieel.
 - 2.2.3 Emmerbaggermolen.
 - 2.2.4 Cutterzuiger.
 - 2.2.5 Baggerwielzuiger.
 - 2.2.6 Grijper.
 - 2.2.7 Airlift.

- 2.3 ANALYSE TRANSPORTMETHODEN.
 - 2.3.1 Inleiding.
 - 2.3.2 Transportband.
 - 2.3.3 Persleiding.
 - 2.3.4 Vrachtwagen.
 - 2.3.5 Spoor.
 - 2.3.6 Lichter.
 - 2.3.7 Conclusies t.a.v. zand- en grindtransport.

2.1 VERWIJDEREN BOVENLAAG

2.1.1 Randvoorwaarden

Alvorens met de ontginning van het grindpakket begonnen kan worden dienen de zich daarboven bevindende lagen verwijderd te worden. Welke methode(n) men daarvoor kiest is afhankelijk van de bestemming van (een deel van) de bovengrond (herinrichting), de dikte en samenstelling van de bovenlagen en de grondwaterstand, alsmede van het gewenste wintempo. In het onderstaande zal in het kort op deze randvoorwaarden worden ingegaan.

bestemming bovengrond

Voor de bestemming van de bovengrond kunnen drie mogelijkheden worden onderscheiden:

- de verwijdering van de grond uit het gebied voor de herinrichting van grindwingebieden elders;
- de opslag van de bovengrond in het gebied zelf waarna deze weer kan worden gebruikt voor de herinrichting;
- een combinatie van de twee voorgaande mogelijkheden.

In het eerste geval zijn transportvoorzieningen over langere afstanden nodig. Te denken valt hierbij aan transportbanden, vrachtwagens of persleidingen. Bij de keuze van materieel dient gelet te worden op een goede afstemming tussen ontgravingsmaterieel en transportmaterieel (b.v. cutterzuiger met persleiding). Op de plaats van aflevering is voorts materieel nodig voor de uitvoering van de aanvulling.

In het tweede geval is de transportafstand veel geringer.

De bovengrond kan in dit geval gelijkopgaand met de winning afgegraven worden, zij het met faseverschil. Totdat de eerste aanvulling plaats kan vinden moet de grond opgeslagen worden. Daarna kan, indien wenselijk, de ontgraven bovengrond direct voor aanvulling gebruikt worden, waardoor de opslagcapaciteit minder groot behoeft te zijn, zometeen geheel overbodig. Dit houdt in dat er materieel benodigd is voor ontgraving, transport naar en van de buffer, opslag en aanvulling.

In het derde geval is een combinatie van het materieel dat in de beide andere opzetten ingezet wordt nodig.

kwaliteit bovengrond

De bovengrond bestaat in de meeste gevallen voornamelijk uit zand, klei, leem en teelaarde. De teelaarde is de bovenste, gecultiveerde, laag van de grond tot zo diep als bij de akkerbouw geploegd wordt. Zij heeft een hogere waarde dan de overige bovengrond: zo mogelijk dient zij na de aanvulling wederom boven te komen liggen.

De mate van cohesiviteit van de grond is van grote invloed op de verwerkbaarheid van de grond: cohesieve grond zal bijvoorbeeld niet gemakkelijk uit emmers of grijpers lossen. Zand en grind zijn non-cohesieve gronden (hoewel zij met klei verontreinigd kunnen zijn), terwijl leem enigermate (zandgehalte > 20 %) en klei cohesief zijn.

Granulaire materialen als zand en vooral grind kunnen een grote slijtage veroorzaken. Bij het persen van zand en grind dient men rekening te houden met de mogelijkheid van sedimentatie in de buis (kritieke snelheid). In het kort zijn de volgende eigenschappen van de grondsoort van het meest van belang:

non-cohesief: korrelverdeling en pakkingsdichtheid (penetratie-weerstand);
cohesief : schuifweerstand, vochtgehalte en Attenbergse limieten.

hoeveelheid bovengrond

De hoeveelheid bovengrond, die dient te worden verwijderd alvorens tot de winning van grind kan worden overgegaan verschilt per wingebed. De dikte van de afdeklaag in het project Panheel bedroeg ongeveer 10 meter, terwijl in het project Stevol de dikte van de afdeklaag tussen 1 à 2 meter varieert.

Heeft men de omvang van de te ontgraven bovengrond en de daarmee verbonden behandelingskosten vast kunnen stellen, en heeft men inzicht in de winbare hoeveelheden grind, dan kan met behulp van de Bovengrond-Grind-Verhouding een snelle vergelijkingsbasis voor de ontgravingskosten per ton te winnen grind voor de beschouwde gebieden worden verkregen.

De omvang van de te behandelen bovengrond, alsmede de hoeveelheid handelingen die men met die grond moet verrichten (opslag, aanvulling) is van invloed op de keuze van de soort en capaciteit van het in te zetten materieel.

tempo grindwinning

Om de gewenste capaciteit van de werktuigen die de bovengrond moeten afgraven te kunnen bepalen is men ook afhankelijk van de volgende factoren:

- de voorbereidingstijd welke men heeft tussen de verlening van de vergunningen en het moment waarop men de eerste produktie van grind verwacht.
- de snelheid van ontgrinding van het grindwingebed.

De laatstgenoemde factor zal meer maatgevend zijn dan de eerste. Men zal er steeds voor moeten zorgen dat het winmaterieel (bij voldoende afvoermogelijkheid) zo onbelemmerd mogelijk zal kunnen werken. Het afgraven van de bovengrond zal dus steeds voor moeten lopen op de grindwinning zelf: de capaciteit van het materieel zal daarop moeten worden afgestemd.

grondwaterstand

De belangrijkste randvoorwaarde voor de bepaling van de methode van ontgraven van de bovengrond is het niveau van de grondwaterstand in de afdeklaag. Met name is dit belangrijk voor de keuze of de ontgraving in de natte of in den droge (of beide) zal gaan plaatsvinden, en daarmee voor het type materieel (b.v. cutterzuiger of scraper).

2.1.2 Inzet materieel bij droge afgraving van de bovengrond

Voor de ontgraving van de bovengrond kan gekozen worden uit diverse soorten materieel. In de volgende paragrafen zullen deze behandeld worden.

Voor droge ontgraving kan gebruik gemaakt worden van:

- scrapper;
- dragline;
- graafwiel;
- hydraulische graafmachines (hooglepel/dieplepel);
- laadschop (wheelloader/tracktypeloader).

Scrapper

algemeen

De scrapper kan gecombineerd in drie functies ingezet worden: ontgraven, transport en storten.

De scrapper is een getrokken of zelfaangedreven bak, die wordt gevuld doordat de snijrand aan de voorkant van de onderzijde van de bak een (dunne) laag grond afgraaft die direct in de bak wordt opgevangen. De bakrand is voorzien van een verwisselbaar gehard stalen mes. Na vulling vindt transport plaats naar de bestemming. Bij het lossen vanuit de onderkant van de bak rijdt de scrapper over de losgestorte grond en verdicht deze. De dikte van de gestorte laag hangt af van de rijsnelheid.

De scrapper is een van de zwaarste grondverzetwerktuigen. Men kent een gesleepte versie, een versie met eigen aandrijving waarbij de trekker en de bak een geled geheel vormen, en een gelede uitvoering met aan de achterzijde van de bak een extra motor.

Een voordeel van de scrapper is dat er in zeer oneffen terrein mee kan worden gewerkt.

Een zwak punt van de scrapper is dat het in de bak schuiven van de ontgraven grond door nog te ontgraven grond in combinatie met het graven zelf onevenredig grote graaf- en transportkrachten vraagt. Bij het graven van harde, zware grond zal het nodig kunnen zijn om de scrapper voort te laten duwen door een bulldozer.

Eventueel kan een scheiding worden aangebracht tussen het graaf- en het vulproces door de scrapper uit te rusten met een elevator waarmee het opvoeren van de grond in de bak kan geschieden.

capaciteit

De maximale produktie die door een scrapper behaald kan worden is te bepalen door vermenigvuldiging van het behandelde volume per cyclus met het aantal cycli per uur.

Het laadvermogen van scrapers varieert tussen 10 en 42 m³. De cyclustijd is opgebouwd uit de laadtijd, de losttijd, de manoeuvreertijd en de rijtijden (heen- en terug).

Volgens het Caterpillar Performance Handbook [lit.2.1] zal de laadtijd van een scrapper 0.5 à 1.0 minuut bedragen (met een dozer achter de scrapper zal dit enkele tienden van een minuut korter zijn) en de los- + manoeuvreertijd

ongeveer 0.7 minuut.

De tijd gemoeid met het heen weer rijden is afhankelijk van (natuurlijk) de afstand, van de aanwezigheid van hellingen en van de rolweerstand. De rolweerstand bij het rijden op stevige aarde is op ongeveer 6 % van het totale machinegewicht te stellen.

Met behulp van diagrammen in het Caterpillar-handboek is de volgende schatting van capaciteiten, afhankelijk van de transportafstand, van enkele scrapers te maken:

type	transportafstand				volume ¹ [m ³]	vermogen [pk]
	500	1000	1500	2000		
621B	197	130	98	78	13	330
631D	293	194	145	115	20	450
641B	353	231	173	138	25	550
651B	405	264	196	156	29	550

¹(gemiddelde van afgestreken inhoud en inhoud met kop erop.
met loskorrelig materiaal wordt geen volle lading verkregen)

tabel 2.1 Schatting capaciteiten van scrapers bij enkele
transportafstanden (in m³/u)
Voor los- + laadtijd is 1.6 min genomen.

Dragline

algemeen

Met de dragline kan zowel boven als onder de waterspiegel ontgraven worden. De ontgraving geschied doordat men de emmer met de opening naar beneden laat vallen en vervolgens met een trekdraad naar de machine toetrekt. Als de emmer vol is trekt men hem omhoog met de hijsdraad, waarbij de trekdraad strak gehouden moet worden. Nadat de machine om zijn spil gedraaid is kan de volle emmer op de gewenste plaats gelegegd worden door het vieren van de trekdraad.

Met de dragline kan alleen ontgraven worden: voor het transport van de grond kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een persleiding (de draglines deponeren de grond in een hopper die met een grondpomp in verbinding staat) of van een combinatie van wielladers (deze scheppen de grond van een buffer in het transportmiddel) met vrachtwagens.

In het eerste geval zal de afstemming tussen ontgraven en transport veel meer zorg vereisen dan in het laatste geval.

capaciteit

De capaciteit van de dragline wordt sterk beïnvloed door de verwerkbaarheid van de grond, de emmerinhoud, de bedrevenheid van de machinist en de profielinhoud van het werk. De gangbare emmerinhoud ligt tussen 0,3 en 4 m³. Hoe meer te ontgraven grond per m¹ hoe groter het verschil in capaciteit tussen draglines met verschillende emmerinhouden.

Daar de capaciteit van zovele factoren afhankelijk is wordt hier volstaan met een voorbeeld: een dragline met een emmerinhoud van 1 m³ en met een "gemiddelde" machinist kan bij een profielinhoud van de te ontgraven grond van 20 m³/m¹, afhankelijk van de verwerkbaarheid, 60 à 98 m³/u grond verzetten. Voor een emmerinhoud van 0,5 m³ komt dit neer op 30 à 49 m³/u.

Graafwiel

algemeen

Het graafwiel bestaat uit een stel ronde evenwijdige platen waarop over de omtrek rondom emmers bevestigd zijn. Deze emmers zijn aan de zijde die naar het midden van de platen gekeerd is open: na ontgraving en draaien van de emmer naar boven toe valt de grond uit de emmer naar beneden (tussen de platen) in een trechter, waaronder zich een transportband bevindt.

Deze transportband kan worden aangesloten op een volgende transportband voor het vervoer naar de gewenste bestemming of op een laadinstallatie voor vrachtauto's.

Met een graafwiel worden zand en grind, klei en zelfs zandsteen ontgraven. Bij de ontgraving van harde grond worden de emmers met tanden uitgerust. Bij de ontgraving van zachte en kleverige gronden kan een probleem zijn dat de grond niet zo best uit de emmers wil vallen. Oplossing hiervoor is het kiezen voor een kleinere snedebreedte, hetgeen bereikt kan worden door de omtreksnelheid te verhogen en het aantal emmers te vergroten. Ook kan men kettingmatten in de emmers aanbrengen, die de grond uit de emmers drukken.

Het graafwiel is dus in vele grondsoorten toepasbaar. Ieder type grond vereist echter wel zijn eigen, optimale, graafwiel.

Hydraulische graafmachines.

algemeen

De hydraulische graafmachine is een ontgravingswerktuig dat zich op rupsbanden voortbeweegt en waarvan het bovenstel zich roterend op het onderstel bevindt. De graafmachines zijn er in een tweetal uitvoeringen, namelijk hooglepels voor werkzaamheden boven het maaiveld en dieplepels voor werkzaamheden onder het maaiveld. Deze werktuigen ontleen hun graafkracht aan hydraulische cilinders en kunnen zodoende zeer grote graafkrachten uitoefenen. De afgegraven grond wordt in een middel van transport gedeponeerd, zoals bijvoorbeeld vrachtwagens.

De keuze voor de soort graafmachine wordt bepaald door onder meer de grondwaterstand in de te ontgraven laag, de bodemgesteldheid en de transportmethode. In het geval dat een gedeelte van de af te graven bovengrond zich onder de grondwaterspiegel bevindt wordt de voorkeur gegeven aan het ontgraven met dieplepels, waarmee ook ontgravingen onder de grondwaterspiegel kunnen worden uitgevoerd. Doordat hierbij ook het transportmaterieel zich op het oorspronkelijk maaiveldniveau bevindt (in tegenstelling tot ontgraving met hooglepels) kan de laag bovengrond tot op grotere diepte worden ontgraven, terwijl minder stagnatie optreedt bij de afvoer van de bovengrond bij hoge grondwaterstanden.

capaciteit

De capaciteit van de dieplepel, uitgaande van het feit dat deze de voorkeur geniet boven de hooglepel, is onder meer afhankelijk van het type, de werkdiepte, de te ontgraven grondsoort, de mogelijkheid of de specie direct in het middel van transport is te laden.

Bij een aantal "standaard"-werkomsandigheden heeft de CAT 245 (Caterpillar) een cyclustijd van ca. 30 seconden en een capaciteit van ca. 300 m³ per (effectief) uur. De standaard werkomsandigheden zijn:

- Middelmatig tot hard gepakte grond.
- Tot maximaal 50% rotsgehalte.
- Graafdiepte tot ca. 70% van het maximaal haalbare.
- Draaihoek ca. 90°.
- Laden van trucks nabij het werktuig.
- Vullingsgraad van de laadbak voor zand (en grind) is 95 - 100%.
- Laadbak met ontgravende breedte van 1900 mm.
- Inhoud van de laadbak is + 2,6 m³.

Indien de werkomsandigheden echter anders zijn als de hierboven genoemde standaardomsandigheden kan de capaciteit van de dieplepel wijzigen.

Wielader

algemeen

De wielader is, zoals de naam al zegt, een ontgravingswerktuig op wielen, die, in tegenstelling tot de hydraulische graafmachines, zijn ontgravingskrachten ontleent aan het rijvermogen. Daardoor is de wielader slechts geschikt voor het ontgraven van zeer losgepakte grond of van reeds ontgraven grond en wordt daarom bij voorkeur niet ingezet voor het ontgraven van bovengrond. De wielader kan worden ingezet bij het laden van het transportmiddel indien het ontgravingswerktuig ongeschikt is om dit zelf te doen zoals bijvoorbeeld de dragline. De capaciteit van de wielader dient daarbij te zijn aangepast aan de capaciteit van het graafwerktuig en transportmiddel.

2.1.3 Inzet materieel bij natte afgraving van de bovengrond

De mogelijkheid bestaat dat een groot gedeelte van de bovengrond zich onder de grondwaterspiegel bevindt, zodanig dat deze bovengrond niet met het in de voorgaande paragrafen behandelde droog grondverzetmaterieel kan worden afgegraven. Droog grondverzetmaterieel dat nog in aanmerking komt voor het afgraven van bovengrond onder de grondwaterspiegel zijn de dieplepel en de dragline. In het geval dat deze werktuigen vanwege de beperkte capaciteit (dragline) of onvoldoende graafdiepte (dieplepel) niet meer ingezet kunnen worden moet worden overgegaan tot de inzet van baggermaterieel.

Indien de inzet van baggermaterieel voor het afgraven van de bovengrond noodzakelijk is kan dit materieel op een tweetal wijzen worden ingezet. Ten eerste kan het baggermaterieel worden ingezet voor het afgraven van alle bovengrond, waarbij slechts de teelaarde droog wordt afgegraven. Een tweede mogelijkheid is de combinatie met droog grondverzetmaterieel, waarbij alleen het gedeelte van de bovengrond dat zich onder de grondwaterspiegel bevindt droog wordt afgegraven. Het materieel dat hierbij kan worden ingezet is:

- emmerbaggermolen;
- baggergrijper;
- cutterzuiger;
- graafwielzuiger;

De airlift komt hierbij niet in aanmerking omdat het bij het ontgraven van de bovengrond gaat om slechts geringe baggerdiepten.

Voor een beschrijving van het baggermaterieel wordt verwezen naar hoofdstuk 2.3.

Bij de keuze van het baggermaterieel voor het nat afgraven van de bovengrond gelden dezelfde randvoorwaarden als voor het droog afgraven van de bovengrond. Bij de inzet van baggermaterieel moet echter rekening worden gehouden met de baggerdiepte. Deze is namelijk in belangrijke mate bepalend voor de keuze van de werktuigen. Door de geringe baggerdiepte bij het afgraven van de bovengrond is de beladingsgraad van de emmers bij de emmerbaggermolen niet optimaal, tenzij een kleine emmerbaggermolen met geringe baggerdiepte wordt ingezet. Hierdoor is echter ook de capaciteit van het werktuig beperkt. Een cutterzuiger en een graafwielzuiger kunnen ook op zeer geringe diepte werken. De enige beperking hierbij is de diepgang van het werktuig en het feit dat de zuigmond zich onder het waterspiegeloppervlak moet bevinden. Bijkomend voordeel van de zuigers is het hydraulisch transport van de bovengrond naar de plaats van bestemming, waarbij geen overslag plaats behoeft te vinden, in tegenstelling tot het werken met emmerbaggermolens en baggergrijpers. De bovengrond bevat bovendien slechts een gering percentage grind waardoor de slijtage aan de persleiding beperkt blijft.

2.1.4 Conclusies

De keuze voor inzet van materieel voor het afgraven van de bovengrond is in belangrijke mate afhankelijk van de grondwaterstand, de transportafstand, de hoeveelheid af te graven bovengrond en de grondsoort.

De dieplepel krijgt de voorkeur indien ontgraving plaatsvindt zowel boven als onder de grondwaterspiegel. Vanwege een beperkte ontgravingsdiepte van de dieplepels moeten bij afgraven van bovengrond op grotere diepte onder de grondwaterspiegel baggerwerktuigen worden ingezet (zie paragraaf 2.3). Indien de bovengrond slechts binnen het grindwingebied wordt getransporteerd om later voor herinrichting te worden gebruikt wordt daarbij de voorkeur gegeven aan een cutterzuiger of graafwielzuiger.

De inzet van een graafwiel (droog grondverzet) is slechts rendabel indien, vanwege de grote investering, afschrijving over een groot aantal jaren kan plaatsvinden. Dit houdt in dat het graafwiel in meerdere grindwingebieden voor het afgraven van de bovengrond moet worden ingezet. Daarbij moet aandacht worden besteed aan de vergelijking van de kwaliteit van de bovengrond, omdat ieder type bovengrond zijn eigen, optimale, graafwiel vereist. Als ontgravingsmiddel komt de wiellader niet in aanmerking vanwege de beperkte capaciteit en de geringe graafkrachten, waardoor de wiellader ongeschikt is voor het ontgraven van in-situ-materiaal.

Bij geheel droog afgraven en transporteren van de bovengrond verdient de inzet van scrapers aanbeveling. De keuze voor de inzet van scrapers is slechts rendabel bij een beperkte transportafstand, die ligt in de orde van minimaal 200 tot maximaal 1200 meter.

Indien wordt uitgegaan van het feit dat de bovengrond wordt gebruikt voor herinrichting binnen het grindwingebied moet rekening worden gehouden met beperkte transportafstanden. Scrapers en vrachtwagens krijgen vanwege de grote flexibiliteit in tracékeuze voor afvoer van bovengrond de voorkeur boven transportbanden.

Rijdend materieel zoals vrachtwagens en scrapers kunnen in tegenstelling tot de transportband echter hinder ondervinden van slechte weersomstandigheden waardoor enig oponthoud kan optreden. Hiermede kan rekening worden gehouden bij een eventuele capaciteitsberekening.

2.2 GRINDWINNING

2.2.1 Grindvoorkomen

Het grind in de grindlaag, zoals deze in Limburg voorkomt bestaat uit twee soorten grind, Maasgrind en Rijngrind, die wat betreft kleur en herkomst van elkaar verschillen.

Het grind komt in Limburg buiten de loop van de Maas voor in het gebied, dat begrensd wordt door de Feldebissbreuk en de Peelrandbreuk (zie figuur 1.1). Voor de tijd waarin en manier waarop het grind in Midden-Limburg terecht gekomen is, wordt verwezen naar enkele desbetreffende artikelen. [lit.2.2].

Door de Rijksgeologische Dienst is in opdracht van de Researchvereniging Grindwinningsbedrijf een onderzoek verricht naar de grindvoorkomens in dit gebied. Er is bij de indeling van de grootte van de grindkorrels door deze dienst uitgegaan van:

grof grind (grind met een diameter > 32.4 mm);
keurgrind (grind met een diameter $5.6 \text{ mm} < d < 32.4$ mm);
zand (grind met een diameter < 5.6 mm).

Een laag, waar de benaming grindlaag aan is gegeven, moet voor meer dan 20 gewichtsprocent bestaan uit grind met een korreldiameter > 5.6 mm.

In dit deel van Limburg komen grindlagen voor tot 35 m dikte, waarin het percentage keurgrind varieert van 20 tot 55 gew.% van de totale hoeveelheid materiaal, waaruit deze laag bestaat. Per hectare kan een hoeveelheid van 225 ton keurgrind voorkomen.

In hoeverre deze hoeveelheden winbaar zijn, hangt onder meer af van de dikte van de bovenlaag en de claims op de ruimte in de betreffende gebieden.

2.2.2 Inleiding materieel

De meeste ontgrindingen kunnen in den natte plaatsvinden, omdat de grondwaterstand zich boven de bovenkant van de grindlaag bevindt.

Het winproces is globaal te splitsen in 2 onderdelen:

- 1) het losmaken van de grond
- 2) het transport van het materiaal

Het losmaken van de grond kan zowel mechanisch als hydraulisch geschieden. Het onderscheid tussen het hydraulisch en het mechanisch winproces ligt in het transporteren van de grond tot boven de waterspiegel. Bij het hydraulisch winproces is water de drager van het ontgonnen materiaal, terwijl bij het mechanisch winproces het transport b.v. door een emmer of door een lepel kan geschieden. In beide gevallen wordt er extra energie aan het transport toegevoegd om naast de specie eveneens de drager van de specie te vervoeren. Voorbeelden van het winnen van het grind door middel van een hydraulisch proces zijn de cutterzuiger, de baggerwielzuiger en de air-lift.

Voorbeelden van het winnen van grind door middel van een mechanisch proces zijn door middel van een emmerbaggermolen, een grijper, een dieplepel, een hooglepel of een dragline. De laatste 3 genoemde werktuigen kunnen zowel vanaf een ponton als vanaf het land werken.

Hoewel er vele methoden zijn om grind te winnen, worden in dit rapport slechts de belangrijkste beschreven.

Als de binnenschepen, die het grind en zand vervoeren, bij het winwerktuig kunnen komen, is de aanwezigheid van een zeefinstallatie en een eventuele breekinstallatie op het winwerktuig zelf van groot belang. Immers op deze manier kunnen de binnenvaartschepen direkt aan het winwerktuig worden geladen met grind met een door de afnemers gewenste gradatie. Om de scheiding van de verschillende fracties zo goed mogelijk te laten geschieden wordt veel water toegevoegd op de zeven. Tevens vindt men in veel gevallen op het winwerktuig wastrommels om de klei van tussen het grind te spoelen. De kwaliteit van het geleverde produkt komt hierdoor reeds dichter bij de gewenste specificaties te liggen.

Naast een zeefinstallatie is op enkele emmerbaggermolens ook een brekerij aanwezig, waardoor het gewonnen grind direkt kan worden gebroken en in de gewenste gradaties kan worden verdeeld.

Omdat niet voor elke af te voeren fractie gelijktijdig binnenschepen aanwezig kunnen zijn (wisselen schepen; ruimtegebrek) is het noodzakelijk dat bunkers voor tijdelijke opslag van de verschillende fracties aanwezig zijn op het winwerktuig.

Bij de bepaling van de capaciteiten per week, wordt uitgegaan van een werktijd van ca. 1600 uur per jaar. Ook wordt uitgegaan van een gewicht van de specie en van het grind van 1.8 ton droge stof per m^3 in situ (ontgraven 1,6 ton droge stof per m^3).

2.2.3 Emmerbaggermolens

algemeen

Veruit het meest gebruikte winwerktuig van grind in Limburg is de emmerbaggermolen. Alleen al in Panheel waren in 1981 acht van de veertien in gebruik zijnde winwerktuigen emmerbaggermolens. De in Panheel gebruikte emmerbaggermolens zijn alle opgebouwd op een ponton en hebben geen eigen voortstuwing. De beweging van de emmerbaggermolen geschiedt door middel van lieren, die de emmerbaggermolen een zijdelingse en een voortgaande beweging kunnen laten uitvoeren. Het grote nadeel van de emmerbaggermolen is de beperking van de diepte waarop gebaggerd wordt. Zelfs voor een moderne emmerbaggermolen (zoals de Big Dalton, IHC) met een hulpladder is de maximale werkdiepte 25 m. Een ander belangrijk nadeel van de emmerbaggermolen is het extra vermogen, dat nodig is om de kettingwrijving en de wrijving van de emmers langs de bodem te overwinnen.

toepasbaarheid voor de grindwinning

Een van de grootste voordelen van het gebruik van de emmerbaggermolen bij de grindwinning is het kleine aantal delen, dat slijt ten gevolge van de winning van grind. Delen, die direkt met het ontgraven te maken hebben slijten hard, zoals de randen van de emmers. Bij veel molens is het dan ook mogelijk deze randen van de emmers te verwisselen.

voor- en nadelen

Voordelen emmerbaggermolens:

- relatief geringe slijtage ten gevolge van het baggeren van grind;
- eenvoudig te bedienen;
- slijtagegevoelige onderdelen zijn vrij gemakkelijk te vervangen;
- grote nauwkeurigheid, waardoor een vlakke ontgraving ontstaat;
- direkte controle mogelijk van het afgegraven materiaal.

Nadelen emmerbaggermolens:

- veel dode massa (emmers en ketting) moet samen met de specie getransporteerd worden;
- slijtage van de bewegende delen van de ketting;
- gebonden aan een optimale werkdiepte, doordat bij geringe of grote ontgravingsdiepte door schuinstand van de emmers de vullingsgraad van de emmers afneemt.

capaciteit

De grootte van de emmerbaggermolen is het beste af te meten aan de grootte van de emmers. De emmers van de kleinste typen emmerbaggermolens hebben een inhoud van rond 200 l, terwijl de emmers van de grootste emmerbaggermolens een inhoud hebben van ca. 1000 l. Deze emmerbaggermolens komen in Panheel niet voor; hier is de inhoud van de grootste emmer 800 l.

In de volgende twee tabellen wordt een overzicht gegeven van de in Panheel aanwezige emmerbaggermolens en enige emmerbaggermolens die op het ogenblik bij enkele werven verkrijgbaar zijn.

type	vermogen [pk]			capaciteit			bagger- diepte [m]
	ketting	hoofd toege- voegd		emmer [l]	snelheid [emm./min]	per week [ton]	
Beaver 200	70	165	30	200	25	24500	5 - 8
Beaver 325	120	278	30	325	24	37900	8 - 12
Beaver 500	230	456	30	500	24	58320	12 - 17
Big Dalton		637	30	500	27	65610	9 - 15 9 - 25*
Holl.IJssel		450	368	500	25	60750	3.5
Beverwijk 5	2*250	425	180	1050	20	102060	15 - 25
Rhea de Liesbosch	2*200		90	750	32	116640	16 - 25

* met verlengde ladder

tabel 2.2 Overzicht van gegevens van enkele verkrijgbare emmerbaggermolens.

	vermogen [pk]		capaciteit		
	ketting	totaal	emmer [l]	snelheid [emm./min]	per week [ton]
Pluto	320	1400	550	18-20	50000
Friesland	300	ca.1000	300	25	36500
Opm. Big Dalton	incl. brekerij				
Friesland	incl. brekerij				

tabel 2.3 Overzicht van gegevens van enkele in Panheel aanwezige emmerbaggermolens.

2.2.4 Cutterzuiger

algemeen

Een mogelijkheid voor de winning van grind met hydraulisch transport is de cutterzuiger. De cutterzuiger is een zuiger waarbij het loswoelen of snijden van de grond geschiedt met behulp van een aan een ladder bevestigde snijkop. Vervolgens wordt het aldus losgewoelde materiaal direkt achter de snijkop in de zuigbuis gezogen.

De verankering van de cutterzuiger vindt plaats door middel van spudpalen en ankers. Aan de achterzijde van het ponton bevinden zich in veel gevallen spudpalen, welke het achterschip op zijn plaats houdt. Door het beurtelings laten vieren en strak trekken van de aan de ladder bevestigde ankerdraden kan het werktuig heen en weer zwaaien. Heeft de cutterzuiger een slag gemaakt, dan kan de spudpaal worden verplaatst, waardoor de cutterzuiger een "stap" naar voren maakt.

toepasbaarheid voor de grindwinning

Factoren die het baggerproces beïnvloeden zijn onder andere de grootte van de korrels, de korrelvorm en de compactheid van het materiaal. Vooral de korrelvorm of de "hoekigheid" van de korrels is van invloed op de weerstand van de leiding, hetgeen gevolgen heeft voor de capaciteit en de slijtage.

De cutterzuiger is in principe geschikt om grind te baggeren. De voornaamste nadelen zijn de beperkte persafstand en de verhoogde slijtage, zoals:

- slijtage van de snijkop
- slijtage van de pomp
- slijtage van de zuigleiding.

Bij benadering geldt:

- slijtage is evenredig met de (concentratie)^{0.9} á 1.0
- slijtage is evenredig met de (snelheid)³.
- slijtage is evenredig met de diameter van de leiding.

voor- en nadelen

Voordelen cutterzuiger:

- direkte aansluiting mogelijk op een hydraulisch transport achter het winwerktuig;
- kan ook ingezet worden bij het afgraven van de bovengrond;
- de mogelijkheid om in plaats van de snijkop een baggerwiel te monteren;
- harde grondsoorten kunnen gebaggerd worden;
- over het algemeen hogere capaciteiten dan vergelijkbare emmer-baggermolens.

Nadelen cutterzuiger:

- slijtage aan pomp, leiding en snijkop;
- bij toepassing van een niet-hydraulisch transport achter het winwerktuig, moeten voorzorgen genomen worden voor de pomp op het winwerktuig.

capaciteit

Zowel de grootte van de pomp, als de diameter en de lengte van de leiding zijn bepalend voor de capaciteit van de cutterzuiger.

Een te korte persleiding resulteert bij een groot debiet in cavitatie, doordat de totale weerstand van de persleiding dermate laag wordt dat het maatgevend vacuum aan de zuigzijde van de pomp wordt overschreden.

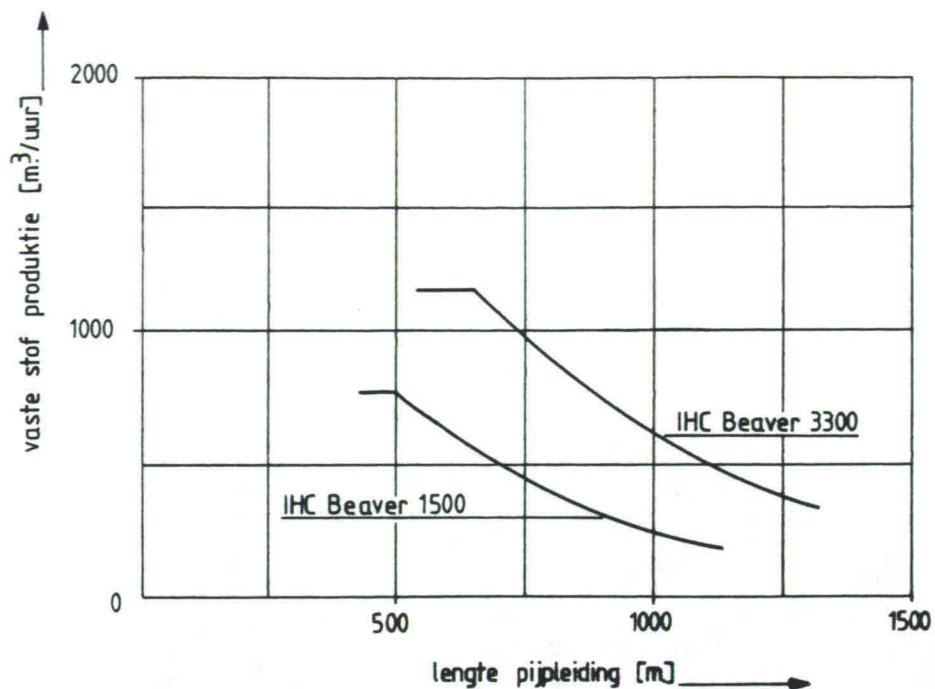
Deze problemen kunnen worden opgeheven door in de persleiding een vernauwing aan te brengen, waardoor de weerstand vergroot wordt.

Bij een te grote afstand tussen het winwerktuig en de zeefinstallatie moet een tussenstation in de persleiding worden geplaatst, welke de druk in de leiding tot de gewenste hoogte opvoert.

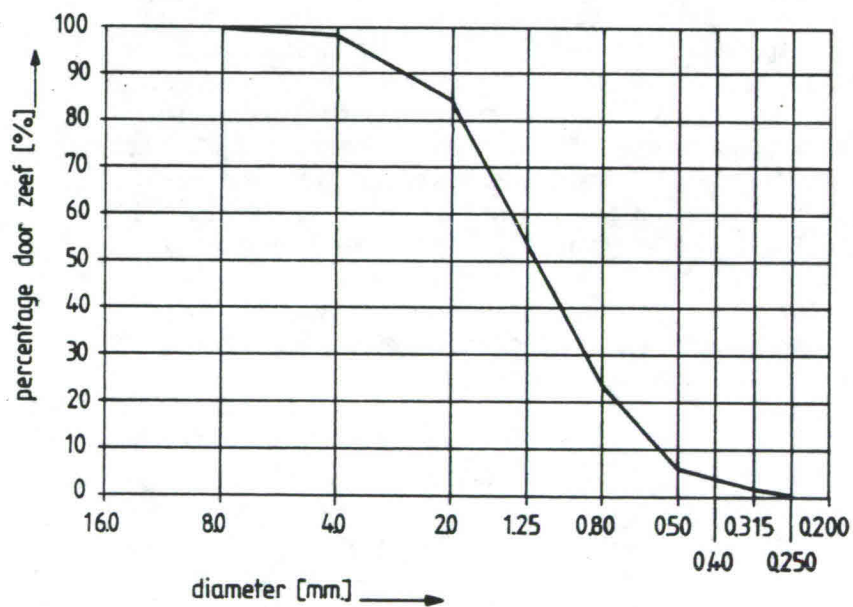
Een voorbeeld van de capaciteit van cutterzuigers van het soort IHC Beaver is gegeven in figuur 2.1. Deze capaciteit geldt voor grof zand en fijn grind. De bij deze capaciteit gegeven korrelverdeling is gegeven in figuur 2.2.

	vermogen (pk)			d(leiding)		diepte max [m]	capaciteit bij leidinglengte		
	pomp	cutter	o.w.pomp	zuigz.persz. [mm]	[mm]		max. [m ³]	750 m [m ³]	1000m [m ³]
Beaver1500	1140	230	—	550	500	14	730	430	260
Beaver3300	2x1140	750	—	700	650	16	1200	1000	600
Beaver8000	4x1140	1200	1140	800	750	22	2700	2650	2200
Giant 2200		300	—	600	550	16			
Holl.IJss.	1500		—	500	450	12.2			
de Groot 1	795	125	—	400	350	10		onbekend	
de Groot 2	1150	175	—	450	400	12			
de Groot 3	1565	250	—	500	450	14			

tabel 2.4 Overzicht van gegevens van enkele cutterzuigers.



figuur 2.1 Capaciteiten van diverse IHC Beaver cutterzuigers.



figuur 2.2 Korrelverdeling op basis waarvan bovengenoemde capaciteiten zijn bepaald.

2.2.5 Baggerwielzuiger

algemeen

Hoewel het principe van de baggerwielzuiger reeds eeuwen bekend is, heeft het tot 1980 geduurd tot een daadwerkelijk gebruik van het baggerwiel in deze vorm heeft plaatsgevonden. Deze methode van baggeren is geïntroduceerd door IHC Holland en is in uitvoering gebracht in samenwerking met de firma Zanen en Verstoep N.V.

De baggerwielzuiger mag men niet rekenen onder de groep van emmerbaggermolens noch onder de groep van cutterzuigers. Het is eerder zo, dat de baggerwielzuiger de voordelen van beide baggerwerktuigen in zich verenigt. Het goed te beheersen efficiënte baggerproces van de emmerbaggermolen en het hydraulisch transport van de cutterzuiger, waardoor hoge capaciteiten mogelijk zijn.

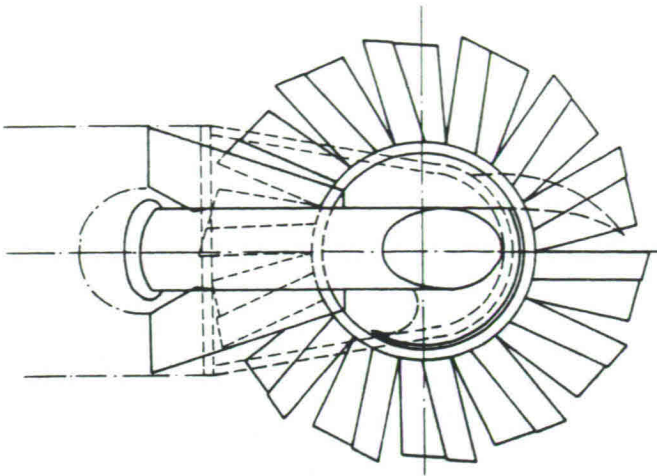
Het zuiggedeelte is gelijkend op het zuiggedeelte van een cutterzuiger.

Men kan twee typen baggerwielen onderscheiden:

Ten eerste het baggerwiel, zoals dit vooral gebruikt wordt bij het baggeren van cohesief en adhesief materiaal (zie figuur 2.3). Het graafgedeelte van dit baggerwiel is beste te omschrijven als een keten van emmers, die gelast zijn op twee evenwijdige vertikale ringen. Dit geheel draait om een horizontale as of soms een vertikale as voor precies (kleinschalig) baggerwerk. De emmers zijn aan de onderkant open en staan zó dicht op elkaar, dat de opening tussen twee emmers kleiner is dan de kleinste doorstroombopening in het verdere transportsysteem. Op de voorkant van de emmers wordt ook wel een strip gelast om de "bek" te verkleinen zodat er niet te grote stukken de zuigbuis ingaan of dat stuk (ook klei) gebroken wordt. Door de open onderkanten van de emmers wordt een tunnel gecreeërd, waarin een "lip" is geplaatst om de stroming van het mengsel te geleiden en om verstopping in de emmers tegen te gaan. Deze lip maakt al onderdeel uit van de zuigbuis. De grond, die binnen de tunnel is, dus direkt na het snijden, bevindt zich in de invloedssfeer van de zuigbuis en wordt afgezogen.

Een tweede lip aan de onderkant van het baggerwiel wordt toegepast om te voorkomen, dat van een verkeerde kant water aangezogen wordt naar het centrum van het wiel, waar de zuigmond op aangesloten is.

Aan de ene zijkant van het wiel bevinden zich de hydromotoren, die via een tandwielkast voor de aandrijving zorgen. Aan de andere zijde wordt de zuigleiding aangesloten. Het aantal omwentelingen, dat het wiel per minuut maakt ligt tussen de 12 en 15 toeren. Lagere snelheden geven een bulldozer effect en hogere snelheden wekken te veel weerstand op. Het bulldozer effect houdt in, dat de grond niet gesneden wordt. Daardoor bestaat de kans, dat in de grond een weerstand opgebouwd kan worden en als een groter geheel gaat werken. Bijvoorbeeld door brugvorming van het grind.

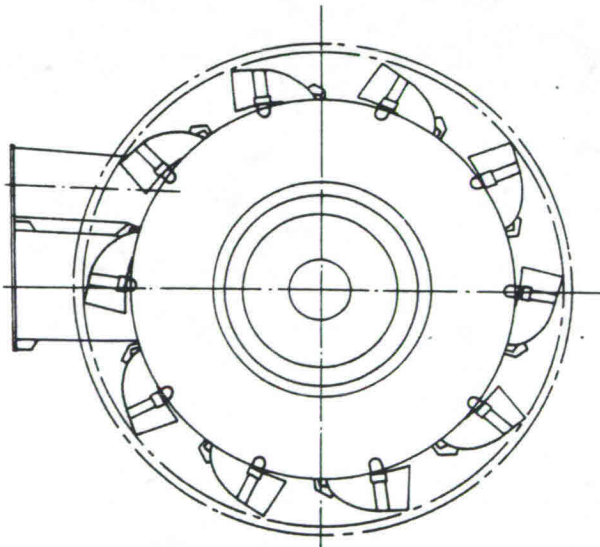


figuur 2.3 Baggerwiel type 1.

Het tweede type baggerwiel (zie figuur 2.4) is het oorspronkelijke baggerwiel. Hierbij zijn de emmers aan de onderzijde gesloten en storten het losse materiaal aan de bovenzijde van het wiel in het zuiggedeelte. Dit type baggerwiel is het meest geschikt voor het baggeren van zand en grind. Het aantal omwentelingen per minuut moet lager liggen dan bij het eerder genoemde baggerwiel: 6-8 toeren per minuut.

Voordelen van dit type baggerwiel:

1. een lagere omloopsnelheid waardoor minder slijtage optreedt;
2. de openingen tussen de emmers zijn groter waardoor stenen niet meer tussen de emmers kunnen klemmen.



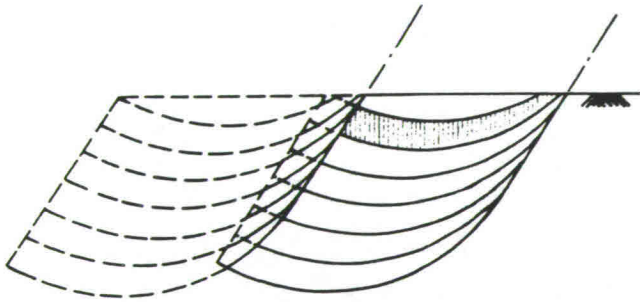
figuur 2.4 Baggerwiel type 2.

Nadelen van dit type baggerwiel:

1. het systeem en met name de pomp is niet gevrijwaard van te grote stenen;
2. groter percentage mors in vergelijking met type 1.

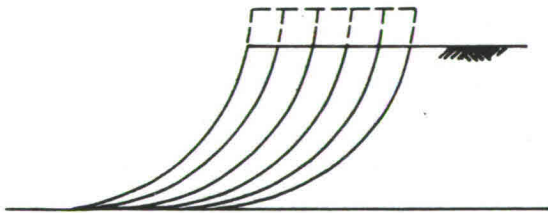
De baggerwielzuiger heeft een tweetal werkwijzen:

- met horizontale snede



figuur 2.5 Horizontale snede.

- met verticale snede



figuur 2.6 Vertikale snede.

Bij het werken met de verticale snede moeten de krachten in de lengterichting van het werktuig opgevangen worden. Deze krachten kunnen het beste worden opgevangen door de spudpalen achter op het werktuig. Ook in het geval dat de winning op grotere diepte plaatsvindt ± 25 m is het mogelijk met spuds te werken. De diameter van de spudpalen wordt dan echter ca. 50% groter.

Welke van de twee snedes wordt toegepast hangt af van de hardheid van de grond en het doel van het baggeren.

toepasbaarheid voor de grindwinning

Evenals bij de grindwinning met behulp van de cutterzuiger spelen de vorm en de grootte van de korrels een grote rol bij de slijtage van het hydraulisch deel van het winwerktuig. Een ander belangrijk punt, dat een rol speelt bij de slijtage is de compactheid van het materiaal. Vooral de pomp, de leiding en het wiel zijn aan grote slijtage onderhevig.

voor- en nadelen

Voordelen baggerwielzuiger:

- harde grondsoorten kunnen gebaggerd worden;
- constante hoge concentraties;
- geen verstoppingen door grove delen;
- een eerste zeving wordt hierdoor ingevoerd;
- het baggerwiel kan verwisseld worden voor een cutter.

Nadelen baggerwielzuiger:

- de tandwielkast en andere niet bewegende delen worden bij een steil talud door de grond getrokken;
- enorme krachten op ladder en hijsinrichting door het grote gewicht van het baggerwiel;
- het demonteren en het weer monteren van het baggerwiel is een lastig karwei en neemt op dit moment ongeveer 24 uur in beslag.

Het grote voordeel van een baggerwielzuiger boven een cutterzuiger is de grotere capaciteit en de mogelijkheid van het verplaatsen van zeer grof en ongewenst materiaal, dat door het baggerwiel tot achter het wiel verplaatst wordt, terwijl de cutterzuiger het ongewenste materiaal opschuift en even later weer tegenkomt in de snede.

capaciteit

De capaciteit van een baggerwielzuiger is afhankelijk van een aantal factoren:

1. aard van de grond.
2. kracht en snelheid van het baggerwiel.
3. diameter van het baggerwiel en de lengte van de snijranden.
4. de verhaalsnelheid en de kracht van de zijlieren.
5. de werkmethode.
6. de zuigdiepte.
7. de aanwezigheid van een onderwaterpomp.
8. kracht en capaciteit van de pompinstallatie.
9. uitvoering van de zuigleiding.

Door recente ontwikkelingen van het baggerwiel zijn er op dit moment slechts in beperkte mate gegevens bekend over het baggeren van grind met een baggerwielzuiger.

Tabel 2.5 geeft een aantal gegevens van de "Scorpio" van de firma Zanen en Verstoep N.V. De Scorpio is de eerste door IHC Holland geleverde baggerwielzuiger in Nederland en komt overeen met het type Beaver 4000. In onderstaande tabel zijn eveneens de gegevens weergegeven van de Beaver 750.

	Beaver 4000	Beaver 750
Baggerwiel : uitwendige diameter :	4360 mm	2200 mm
draaisnelheid :	13 tpm	max. 18 tpm
aandrijving :	550 kW	75 kW
Totaal opgesteld vermogen :	2980 kW	536 kW
Maximale baggerdiepte :	18 m	10 m
Inwendige diameter zuigpijp :	800 mm	400 mm
Inwendige diameter perspijp :	800 mm	
Baggerpomp IHC, type :	190-40-80	900-175-350
vermogen :	2118 kW	388 kW
Hulpmotor :	840 kW	148 kW

tabel 2.5 Gegevens van de baggerwielzuigers Beaver 4000 en Beaver 750.

De produktie van een Beaver 4000 onder ideale omstandigheden ligt (bij een baggerdiepte van 10-13 m. en een korreldiameter van 250 - 300 μ m.) rond de 2500 tot 3000 m³ situ materiaal per effectief pompuur.

De produktie bij deze grondsoort wordt beperkt door de capaciteit van de pomp, die aan dek is geplaatst. Een onderwaterpomp zou een aanzienlijk beter resultaat te zien hebben gegeven.

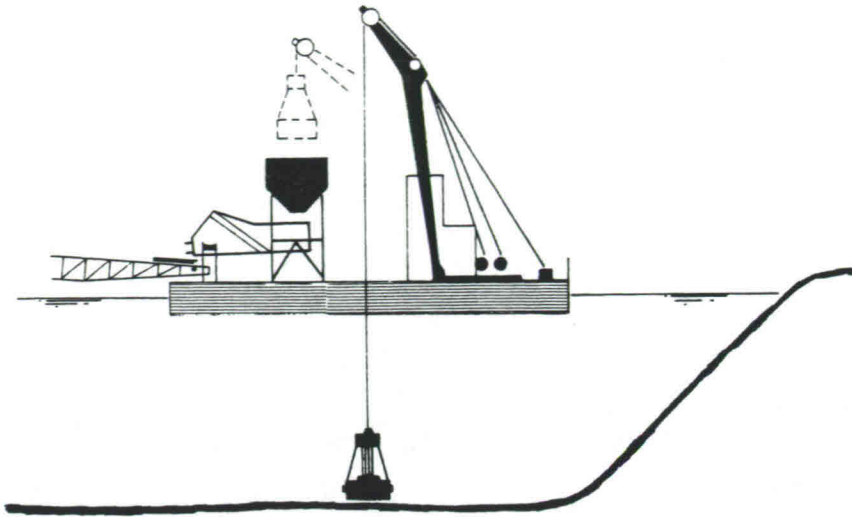
Resultaten over het winnen van grind met een baggerwielzuiger zijn slechts summier beschikbaar. Het bleek, dat bij het baggeren van grind, de slijtage van de pomp erg groot is. Standtijd ongeveer 6 weken. Over capaciteiten zijn geen gegevens beschikbaar, zodat een zekere mate van onzekerheid niet te vermijden is.

2.2.6 Grijper

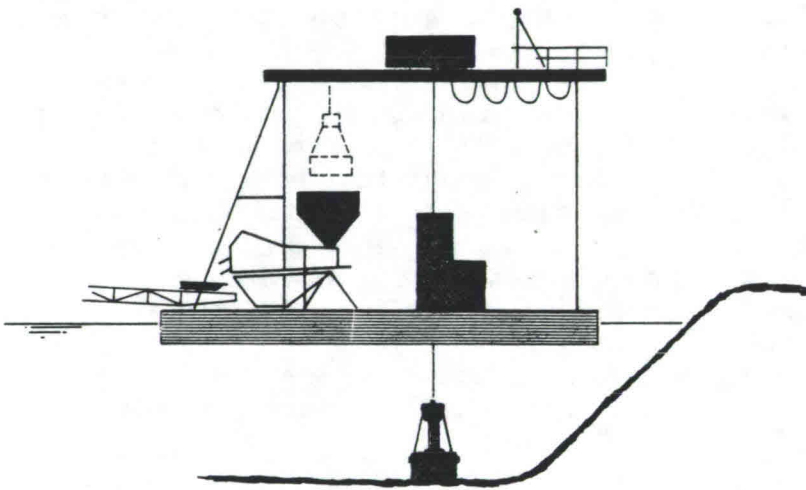
algemeen

Een minder voorkomend winwerktuig van grind in Limburg is de grijper. (In Panheel waren in 1981 van de 14 winwerktuigen, 2 grijpers in gebruik). Er kunnen grof gesteld twee typen onderscheiden worden: één uitvoering is uitgerust met een om een vast punt draaiende laadarm, terwijl de andere uitvoering is uitgerust met een kraanbaan waarover een loopkat beweegt (zie resp. de figuren 2.7 en 2.8).

Bij enkele portaalgrijpers is het mogelijk om binnenvaartschepen onder het portaal van het werktuig te leggen. Op deze manier kan het binnenvaartschip direkt met specie worden geladen.



figuur 2.7 Grijper met draaiende laadarm.



figuur 2.8 Portaalbaggergrijper.

toepasbaarheid bij de grindwinning

Omdat de slijtage van de grijper bij het baggeren van grind voornamelijk beperkt blijft tot de snijranden van de grijper, is dit winwerktuig geschikt om grind te winnen.

Het grote voordeel van een grijper boven een emmerbaggermolen is de mogelijkheid om grind van grotere diepte naar boven te halen. De "Auschwander" uit Zwitserland is zelfs in staat tot op 120 m te winnen. Hierbij moet echter rekening worden gehouden met een capaciteitsafname van het winwerktuig.

Een tweede voordeel van de grijper is de mogelijkheid om grond af te graven, die zich boven de waterspiegel bevindt. Sommige grijpers zijn namelijk in staat tot ± 30 m buiten het ponton te graven.

voor- en nadelen

Voordelen grijper:

- grote bedrijfszekerheid;
- gering onderhoud;
- ook de bovengrond kan afgegraven worden;
- directe controle van het afgegraven materiaal is mogelijk zodra de grijper boven water komt.

Nadelen grijper:

- hoge brandstofkosten;
- lage capaciteiten.
- duidelijk merkbare afname van de baggercapaciteit bij toename van de baggerdiepte.

capaciteit

De inhoud van de grijpers loopt op tot 6 m³. In uitzonderingsgevallen kan de grijperinhoud zelfs 16 m³ bedragen. De capaciteit van het werktuig is afhankelijk van de grijperinhoud en met de diepte waarop gewonnen wordt en de snelheden waarmee gehesen, neergelaten en gekat wordt. Door het toepassen van grijpers, die hydraulisch geopend en gesloten worden, is het mogelijk een grotere verticale kracht op de grond uit te oefenen, dan met de grijpers, die mechanisch bediend worden. In tabel 2.6 is een overzicht gegeven van een aantal baggergrijpers, waarbij de grootte van de grijpers varieert van 2.5 m³ tot 6 m³. In enkele gevallen is het werktuig uitgerust met 2 grijpers. Hierbij valt op, dat bij toepassing van 2 grijpers i.p.v. 1 grijper de capaciteit niet evenredig toeneemt. Voor werktuigen, die uitgerust zijn met 1 grijper is de capaciteit sterk afhankelijk van de diepte, waarop gewerkt wordt.

Zodra 2 grijpers op één werktuig geplaatst worden kan de capaciteit eveneens bepaald worden door het lossen en het inhalen en weer naar buiten brengen van de grijpers.

	vermogen [pk]	grijper- inhoud [m ³]	hijssnelheid [m/sec]	cyclustijd [sec]	capaciteit [m ³ /uur]
met laadarm; 1 grijper					
SG 26 A	2 * 88	2.6	1.25	—	100 — 130 (op 15 m)
MBA 75	166	2.3	1.00	—	85 (op 20 m)
MBA 90	190	2.6	1.20	—	105 (op 20 m)
MBDKS 90	180	2.6	1.20	—	105 (op 20 m)
MBDKS 130	290	4.5	1.20	—	170 (op 20 m)
MBDKS 200	440	6.0	1.15	—	230 (op 20 m)
met portaal; 1 grijper					
SG 60 KS	2 * 250	6.0	1.50	—	200 — 300 (op 25 m)
MBK 110	266	3.5	1.25	—	135 (op 20 m)
MBK 160	400	5.0	1.15	—	200 (op 20 m)
MBKS 110	250	3.5	1.25	—	115 (op 30 m)
met portaal; 2 grijpers					
SG 2 x 45 K	2 * 300	4.1	1.25	—	300 — 350 (op 25 m)
Merwede 28	2 * 620	4.75	1.8	70	500 (op 15 m)

tabel 2.6 Enige gegevens van in gebruik zijnde en verkrijgbare grijpers.

De in tabel 2.6 genoemde waarden voor de onderdelen en prestaties van de grijpers kunnen in veel gevallen aangepast worden.

De in Panheel opererende grijper "Merwede 28" heeft twee grijpers met een inhoud van 4.75 m³ elk. Evenals bij enkele emmerbaggermolens is de Merwede uitgerust met een eigen breek- en zeefinstallatie en voor het soepel verlopen van het produktieproces zijn bunkers aangebracht voor tijdelijke opslag van momentane overschotten van de verschillende fracties.

2.2.7 Airlift

algemeen

Een andere methode, toe te passen bij de winning van grind is de lucht-drukzuiger of airlift. Door middel van een compressor wordt onder aan een cilindrische buis, die vanaf een ponton vertikaal in het water hangt, gelijkmatig samengeperste lucht onder aan de buisopening gebracht. De inlaat van de lucht is gelijk verdeeld over de rand. De stijgbuis is zó geplaatst, dat de buisopening zich juist boven de bodem bevindt. De gecompriëerde lucht die bij de buisopening vrij komt, zal het mengsel in de buis een lager soortelijk gewicht geven, zodat er een drukverschil op deze plaats ontstaat. Het mengsel lucht-water zal nu in de buis gaan stijgen zolang het mengsel lucht-water-materiaal een lager soortelijk gewicht heeft dan het omringende water en bij de bodem zal water toe gaan stromen naar de buisopening. Dit water kan losgepakt materiaal meenemen. De buisdiameter ligt in de orde van grootte van 50-80 cm. De diepte waarop de airlift kan werken hangt af van de grootte van de compressor en van de lengte van de stijgbuis.

Als het materiaal een dermate vaste pakking heeft, dat het niet uit eigen beweging in de buis gezogen wordt, dan kan een instrument onder aan de buis toegepast worden om het materiaal los te maken. Men zou hier kunnen denken aan een snijkop of een baggerwiel.

Het verhalen van het werktuig geschiedt in zijdelingse richting en bedraagt per keer ± 1 m.

De opvoerhoogte van het mengsel boven de waterspiegel is afhankelijk van:

1. de hoeveelheid aanwezige lucht in de buis
2. de concentratie van het zand/grind/water mengsel

toepasbaarheid bij grindwinning

Het mengsel stroomt vrij uit de bovenkant van de buis; in het systeem kan een zeef- en breekinstallatie aangesloten worden.

Het grote voordeel van de airlift ligt in de geringe slijtage. Er komen doorgaans geen draaiende of bewegende machineonderdelen in contact met het mengsel. Slijtage treedt voornamelijk op aan de verticale buis bij het bochtstuk boven water.

voor- en nadelen

Voordelen airlift:

- vrijwel geen dieptebegrenzing, mits de compressor voor de verhoogde druk kan zorgen;
- constant transport met hoog vaste stof gehalte; ook bij grote diepten;
- vaste stof produktie onafhankelijk van de korrelsamenstelling;
- direkte controle mogelijk van het afgegraven materiaal;
- milieu zuiverend;
- grootste te verwerken diameter van de stenen is tot ongeveer 0.9 * buisdiameter.

Nadelen airlift:

- geringe capaciteit;
- vanaf een bepaalde diepte is winning pas mogelijk.

capaciteit

In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven van een aantal luchtdrukzuigers.

	stijgbuis [mm]	werkdiepte [m]	produktie vaste stof [m ³ /uur]
Z & J	300	8 - 80	80 - 120
	400	8 - 80	160 - 250
	450	8 - 80	200 - 300
	500	8 - 80	220 - 400
DL 400-30 D		- 30	180 - 250
Schnell			
	100	10 - 20	100 - 150
	150	10 - 20	150 - 200
	151	15 - 30	150 - 200
	251	15 - 30	250 - 300
	252	30 - 60	250 - 300
	253	40 - 80	250 - 300
	302	40 - 80	300 - 500
Leonard III	500	10 - 30	250

tabel 2.7 Gegevens van enkele in gebruik zijnde en verkrijgbare airliftzuigers.

In het algemeen kan worden gesteld dat de capaciteit van de airliftzuigers gering is ten opzichte van de capaciteit van andere baggerwerktuigen. Een voordeel is echter dat de capaciteit nagenoeg niet afneemt bij een toenemende baggerdiepte.

2.3 ANALYSE TRANSPORTMETHODEN

2.3.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de wijzen waarop het grind en het zand na de winning afgevoerd kan worden, dat wil zeggen in het geval dat het winningsgebied niet direct aan een doorgaand vaarwater ligt. In principe zijn er vele mogelijkheden:

- a. transportband
- b. persleiding
- c. vrachtwagen
- d. spoor
- e. transport over water
- f. kabelbaan
- g. capsuletransport

In dit onderzoek blijft de verhandeling beperkt tot de methoden die op het eerste gezicht het meest geschikt lijken voor omvangrijke transporten: alleen de mogelijkheden a t/m e komen in de volgende paragrafen aan de orde.

Aangezien het hier gaat over transporten die gedurende een lange termijn plaatsvinden en zeer omvangrijk zijn is het ook mogelijk speciale transportmethoden te ontwikkelen. In dit rapport is echter uitgegaan van de bestaande transportmethoden, omdat het een globaal inzicht wil geven in deze transportmethoden en de verhouding in de kosten daarvan.

Er wordt in het algemeen ingegaan op de diverse transportmethoden. In het volgende hoofdstuk zal specifiek aandacht worden besteed aan de toepassing van dit materieel bij de grindwinning in een gebied op enige afstand van vaarwater.

2.3.2 Transportband

algemeen

De transportband is een transport-, opvoer- of verdeelmachine, die opgebouwd is uit een eindloze platte band, waarop een last vervoerd wordt. De band wordt ondersteund door rollers, die op hun beurt ondersteund worden door een frame of door stalen kabels.

Als onafhankelijke eenheden zijn transportbanden geschikt voor het snelle vervoer van los materiaal. Zij zijn minder mobiel en flexibel dan vrachtwagens en scrapers en worden daarom voornamelijk gebruikt voor het vervoer van grote hoeveelheden over een vaste route.

Hun mechanische efficiëntie ligt hoog, omdat erg weinig dood gewicht verplaatst hoeft te worden met de last, de wrijving minimaal is en een continu proces plaatsvindt, waarbij starten en stoppen, dat veel energie verbruikt, weinig optreedt. Een transportband kan aan een zich verplaatssende afgraving aangepast worden door de band te verlengen met passtukken, door een verplaatsbare laadinstallatie of door een combinatie met vrachtwagens, die het materiaal toeleveren. Bij toepassing een transportband die uit meerdere gedeelten bestaat moeten de banden opeenvolgend een toenemende bandsnelheid hebben om opeenhoping van materiaal te voorkomen.

De transportband kan zowel over het water als op het land aangelegd worden in een keten van ongelimiteerde lengte. De afzonderlijke banden kunnen een maximale lengte van enkele kilometers bereiken. Op het water is het mogelijk door middel van een keten van transportbanden van 20-40 m per stuk een transportketen aan te leggen vanaf het winmiddel tot aan het land, waarbij het materiaal tijdens het transport ontdaan kan worden van water.

Door het toepassen van sandwich-transportbanden is het mogelijk om materiaal langs een steile helling omhoog te voeren. Sandwich-transportbanden bestaan uit twee transportbanden, waartussen het materiaal geklemd omhoog gevoerd wordt.

Op de bovenste van de twee transportbanden wordt extra druk op de band uitgeoefend om het materiaal beter tussen de banden in te kunnen klemmen.

Over het algemeen kan men stellen: hoe breder de band, des te kostbaarder wordt de constructie; hoe groter de bandsnelheid, des te groter de slijtage aan de band en mogelijk schuiven en springen van het materiaal op de band.

Als de capaciteit van een bestaande installatie vergroot moet worden, dan is de meest economische oplossing hiervoor de bandsnelheid te verhogen en de belasting gelijk houden.

Een transportband behoeft geen extra aanpassing aan de grond waarop hij geplaatst wordt.

onderdelen

band

De materialen, waaruit een band opgebouwd kan zijn, zijn: rubber met polyester-nylon karkas, kunststof met polyester-nylon karkas, eventueel versterkt met staalkabels.

Er is geen beperking aan de lengte van een band. Elke afstand kan overbrugd worden door een serie van transportbanden, die telkens weer op de volgende band lossen via een trechter. Banden, die los materiaal vervoeren hebben meestal een trog-vorm, waardoor het materiaal in het midden gehouden wordt en de mors beperkt wordt. Verder kan de band voorzien worden van een profiel of zelfs van schoepen.

Om te vermijden, dat materiaal b.v. bij het passeren van rollers van de band af valt, worden in enkele gevallen geleidingen aan de zijkanten toegepast. Deze geleidingen bestaan uit stalen platen met aan de onderzijde rubberen repen, die de aansluiting met de band maken. Vanwege de slijtage van deze rubberen repen, moet het mogelijk zijn deze geleidingen te verstellen in verticale richting. De geleidingen zullen voornamelijk daar gebruikt worden, waar het laden van de transportband plaatsvindt. In het algemeen zijn de kosten van de band zelf ongeveer de helft van de totale kosten en de reparatie en vervanging ervan is de grootste onderhoudspost. Juiste behandeling van de band is daarom een noodzaak.

frame

Het frame van de transportband bestaat veelal uit losse secties. Een kopstuk en een staartdeel moeten altijd toegepast worden en passtukken zorgen voor de gewenste lengte.

Vaste installaties hebben meestal naast de band een looppad, teneinde het onderhoud en de controle aan band en rollers te vergemakkelijken.

aandrijving

De aandrijving geschiedt via een riem aan een trommel, die op elke plaats in de band ingezet kan worden. Een spaninstallatie zorgt ervoor, dat er een constante spanning op de band staat. Een te lage spanning doet het energiegebruik stijgen en een te hoge spanning geeft een verhoging van de slijtage van de band.

rollers

De rollers aan de bovenzijde zijn meestal zó geplaatst, dat de vorm van de dwarsdoorsnede van de band trogvormig is. De bovenrollers staan dichter bij elkaar dan de onderrollers vanwege de extra belasting, die de bovenrollers moeten dragen.

toegevoegde installaties

Om de hoeveelheden die over de band getransporteerd worden te bepalen, kan een weeginstallatie in het bandtransportsysteem ingebouwd worden.

Een losinstallatie kan op elke gewenste plaats in de transportband ingebouwd worden.

voor- en nadelen

Voordelen transportband:

- veilig en snel transport;
- grote vervoerscapaciteit;
- praktisch iedere afstand is met een samenstel van transportbanden te overbruggen;
- het transportmiddel zelf veroorzaakt weinig geluidshinder;
- continu vervoer;
- lage energiekosten;
- eventuele steile hellingen zijn geen bezwaar;
- weinig onderhoud en toezicht;
- schoon transport;
- onafhankelijkheid van weersomstandigheden.

Nadelen transportband:

- inpassing in het landschap vergt de nodige aandacht;
- voor de aanleg moet men grond huren dan wel kopen ;
- kruisingen met infrastructurele werken noodzaken tot extra voorzieningen;
- bij defecten ligt, afhankelijk van het aantal parallel liggende transportbanden, het systeem voor een deel stil.

2.3.3 Persleiding

algemeen

Een transportmethode, die qua mogelijkheden vrijwel gelijk is aan de transportband is de persleiding. Direkt vanaf het winwerktuig of vanaf een overslagpunt wordt een mengsel van zand, grind en water door een leiding geperst. De hoeveelheid vast materiaal, de korrelgrootte en de afstand waarover het mengsel verpompt moet worden, bepalen de opzet en uitvoering van het systeem. Hierbij valt te denken aan: de diameter van de leiding, het toepassen van één of meer persstations en het vermogen van deze persstations. Er moet voor worden gezorgd, dat de snelheid, waarmee het mengsel verpompt wordt, groter is dan de snelheid waarbij bezinking optreedt (kritieke snelheid).

De persleiding bestaat uit een aantal aan elkaar gekoppelde stukken ronde buis met een bepaalde lengte, doorsnede en wanddikte. Een ondersteuning van de buis op vlak terrein is niet noodzakelijk waardoor voor de plaatsing weinig extra voorzieningen nodig zijn.

onderdelen

leiding

De stalen leiding, die toegepast wordt voor het vervoer van het mengsel van water met zand en grind, bestaat uit stukken, die in lengte variëren van 10 tot 18 m met een wanddikte variërend van 6 tot 25 mm. De diameter van de buis kan oplopen tot 1400 mm.

Bij het transport van materialen zoals zand en grind is het van groot belang een buis te kiezen met een grote wanddikte, omdat de slijtage bij het verpompen van grind zeer groot is (≈ 0.5 mm per 1 miljoen m³ materiaal). Om de slijtage van de buis gelijkmatig plaats te doen laten vinden is het gewenst, dat de buis geregeld gedraaid wordt.

persstations

Om te zorgen, dat het materiaal niet bezinkt in de leiding, is het nodig de mengselsnelheid boven een bepaald minimum te houden. De leiding oefent een bepaalde weerstand uit op het mengsel, zodat in de loop van het traject drukverlies optreedt. Vernauwingen, bochten en afsluiters zorgen voor een extra weerstand in de leiding en dus een extra drukverlies. Met boosterstations kan de de druk in de leiding verhoogd worden. Bij lange en grote leidingen zullen op één traject meerdere boosterstations ingezet worden. Men moet er hierbij voor blijven zorgen, dat het mengsel aan de zuigzijde van de pomp met een overdruk van ongeveer 1 atmosfeer aankomt. Zou dit niet het geval zijn, dan zou de tweede pomp als zuigpomp (i.p.v. perspomp) kunnen fungeren en een vacuüm met het gevaar van cavitatie kunnen zuigen.

De manometrische opvoerhoogte van het boosterstation bepaalt de afstand tot het volgende boosterstation. Men moet hier denken aan boosterstations met vermogens tot ongeveer 3500 pk. Toch is het niet mogelijk de opvoerhoogte alsmaar te vergroten door het inzetten van grotere tussenstations. De druk in de leiding (achter de booster) is aan een maximum gebonden.

pompen

Het spreekt vanzelf, dat er voor grote persafstanden met hoge drukken in samenhang met materialen, die veel slijtage veroorzaken, veel aandacht geschonken moet worden aan de pompen. Men zal over moeten gaan tot het toepassen van pompen met een huis en een waaier, die zeer slijtvast zijn (b.v. hooggelegeerd gietstaal, maxidur). Een nadeel van slijtvaste materialen is echter de brosheid, zodat zij geen grote drukverschillen op kunnen vangen. Een mogelijkheid om deze materialen toch toe te passen is de dubbelwandige pomp. Er wordt op deze manier een functiescheiding aangebracht: enerzijds wordt de slijtvastheid bereikt door toepassing van een zeer slijtvast doch bros materiaal, anderzijds worden de hoge drukverschillen opgevangen door het buitenste pomphuis, dat niet aan slijtage onderhevig is en daardoor uit een veel sterker materiaal vervaardigd kan worden.

appendages

Hieronder verstaat men bochten, afsluiters en vernauwingen of andere hulpstukken, die een soepel toepassen van een leiding vereist. Het maakt veel verschil of een bocht over 45° of 90° toegepast wordt en of deze bocht goed gevormd is, d.w.z. de straal en de vorm van de bocht. Voorbeeld: stel de buisdiameter is 1 m. Door deze leiding wordt schoon water verpompt. Bij een korte 90° bocht, die goed gevormd is, is de weerstand gelijk aan 21 m equivalente leidinglengte, terwijl bij een korte 90° bocht, die niet goed gevormd is, de equivalente leidinglengte 67 m bedraagt.

Ook afsluiters dragen bij tot een weerstand in de leiding, zelfs als zij geheel geopend zijn. Uitgaande van het zojuist genoemde voorbeeld is de weerstand van een open afsluiter gelijk aan 6 m equivalente leidinglengte.

voor- en nadelen

Voordelen persleiding:

- veilig en snel transport;
- grote vervoerscapaciteit;
- praktisch iedere afstand door toepassing van boosterstations overbrugbaar;
- continu vervoer;
- eventuele kleine hellingen zijn geen bezwaar;
- weinig onderhoud en toezicht op de persleiding zelf;
- de sterkte van de ondergrond is van gering belang;
- onafhankelijkheid van weersomstandigheden.

Nadelen persleiding:

- wijzigingen in de oorspronkelijke opzet zijn lastig te verwezenlijken;
- geluidshinder;
- hoge energiekosten;
- onderhoudsgevoelige pompen;
- geschoold personeel voor de pompen nodig;
- inpassing in landschap vergt de nodige aandacht;
- voor de aanleg moet men grond huren dan wel kopen;
- kruisingen met infrastructurele werken geven moeilijkheden;
- grote hoeveelheden water zijn nodig;
- bij defecten ligt het systeem, afhankelijk van het aantal parallel liggende leidingen, het systeem voor een deel stil;
- er is een continue aanvoer van materiaal nodig; tijdelijke stagnaties in de aanvoer zijn kostbaar. Men is dan slechts water aan het verpompen .

Door de leiding in de grond te verzinken vermijdt men het probleem, dat de leiding het landschap verstoort. Daar tegenover staan de extra hoge aanlegkosten hiervan en de moeilijke toegankelijkheid voor het onderhoud.

2.3.4 Vrachtwagen

algemeen

De vrachtwagen is de meest flexibele en tegelijk ook meest arbeidsintensieve transportmethode. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee verschillende typen vrachtwagens: de "on-highway"-trucks en "off-highway"-trucks. De eersten kunnen ingezet worden op onverharde maar goed onderhouden en goed gedraineerde wegen en de tweeden zijn veelal te breed en te zwaar voor normaal wegverkeer. De on-highway trucks hebben laadvermogens tot ±30 ton, terwijl de off-highway trucks een laadvermogen tussen de 100 en 200 ton kunnen hebben. Ook de zogenaamde "dumpers" behoren tot deze laatste categorie. Dumpers hebben een laadvermogen van 20 tot 35 ton.

voor- en nadelen

Voordelen vrachtwagen:

- grote flexibiliteit van inzet;
- bij defecten wordt slechts een deel van de capaciteit verloren;
- aantal trucks is aan te passen aan produktievariatiës.

Nadelen vrachtwagen:

- hoog energieverbruik;
- arbeidsintensief;
- hoge bandenkosten;
- hinder voor het overige verkeer;
- geluidshinder;
- snelheid vervoer afhankelijk van terreinomstandigheden;
- aanpassing bestaande wegen nodig (zwaarder transport);
- vervoerscapaciteit per wagen is klein;
- gevoeligheid voor weersomstandigheden.

2.3.5 Spoor

algemeen

Bij het spoor kan onderscheid worden gemaakt tussen smalspoor en normaalspoor. Vanwege de geringe transportcapaciteit per eenheid (wagon) is het smalspoor voor de te transporteren hoeveelheid van ongeveer 5 mln ton grind minder geschikt dan normaalspoor.

De verhandeling blijft hier dan ook beperkt tot het normaal spoor met een spoorbreedte van 1435 cm; dit is hetzelfde spoor, dat toegepast wordt bij de N.S.

Bij het toepassen van normaal spoor kan het gehele vervoer in beheer van de N.S. uitgevoerd worden. Voordelen van deze aanpak zijn: het personeel, dat reeds bekend is met het te gebruiken materieel, behoeft niet opgeleid te worden; de ervaring, die men heeft bij de N.S. met het onderhoud van het materieel; de waarborg van vrijwel volledige inzet, omdat defect materieel direkt vervangen kan worden door ander materieel.

onderdelen

locomotieven

Bij de N.S. zijn een 8-tal typen locomotieven in gebruik. Een overzicht van de mogelijkheden zijn:

serie nr.	vermogen [pk]	trekkracht aan de haak (kg)			[km/uur]
		bij:	0	10	
200 - 369	85		4000	1500	750
501 - 510	355		16000	5980	1750
511 - 545	400		14550	6550	2050
601 - 665	400		14550	6550	2050
701 - 715	400		15000	6200	2850
2201 - 2350	900		18500	15180	8350
2401 - 2530	850		16500	13220	8090

tabel 2.8 Typen locomotieven (N.S) met trekkrachten bij resp. 0, 10 en 20 km/uur.

wagons

Van het materieel, dat aanwezig is bij de N.S. worden 2 wagons gebruikt voor het vervoer van los gestort materiaal. Dit zijn de 2 assige Fcs en de 4 assige Fals. Een overzicht van de maten is gegeven in de volgende tabel:

	Fcs	Fals	
lengte	9.6	13.4	[m]
eigen gewicht	11.5	24.5	[ton]
inhoud	40.6	77	[m ³]
gem. te vervoeren gewicht	25	50	[ton]

tabel 2.9 Gegevens van treinwagons "FCS" en "Fals".

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat de twee wagons niet geheel volgestort mogen worden: de maximale toelaatbare belasting bedraagt 20t per as. Deze belasting is niet toegestaan op normale baanvakken van de N.S., maar wordt met speciale toestemming wel op de daarvoor bestemde baanvakken toegelaten.

voor- en nadelen

Voordelen spoor:

- beheer en onderhoud geheel bij N.S.;
- flexibel qua inzet materieel;
- kan zowel ruwe als verwerkte specie vervoeren;
- mits het spoor zelf in orde is komt het vervoer nooit tot een stop;
- ondervindt weinig invloed van weersomstandigheden.

Nadelen spoor:

- aanleg vergt al naar gelang enkel of dubbel spoor veel ruimte;
- inpassing in het landschap vraagt de nodige zorg;
- geluidshinder;
- hinder wegverkeer bij kruisingen. Hiervoor zijn speciale aanpassingen nodig.
- hoge initiële investeringskosten.

2.3.6 Lichter

algemeen

Een transportmiddel, dat alleen in aanmerking komt op een traject, waar vaarwater aanwezig is, is de lichter. Het zijn vaartuigen die een laadruimte hebben waarin los materiaal gestort kan worden en die met behulp van grijpers, transportbanden of door onderlossen gelost kunnen worden. De verschillende typen lichters zijn:

- lichters uitgevoerd met kleppen (onderlossend): b.v. splijtbakken, klepbakken;
- lichters zonder zelflosinstallatie, zodat zij b.v. door een grijper gelost moeten worden: b.v. elevatorbakken;
- lichters met een eigen losinstallatie, bestaande uit een transportband die opgesteld is onder de laadruimte.

De capaciteiten van de lichters lopen sterk uiteen: elevatorbakken zijn te verkrijgen in grootten, variërend van 100 m³ tot 1500 m³ al of niet met eigen voortstuwing. Klepbakken van 100 m³ tot 500 m³ en splijtbakken van 250 m³ tot 1800 m³ wederom met of zonder eigen voortstuwing. Vooral voor grotere afstanden worden lichters met eigen voortstuwing interessant.

Wanneer in dit rapport gesproken wordt van lichters wordt bedoeld op klepbakken zonder eigen voortstuwing. De voortstuwing van de schepen zal geleverd worden door werk- of sleepboten, die ook voor andere werkzaamheden ingezet kunnen worden.

voor- en nadelen

Voordelen lichter:

- geen maximum voor de grootte van de te vervoeren korrels;
- grote flexibiliteit;
- onafhankelijk van de plaats van de verwerking in het proces;
- onafhankelijk van weersomstandigheden.

Nadelen lichter:

- zware logistieke eisen;
- losinstallaties aan de wal benodigd.

2.3.7 Conclusies t.a.v. zand- en grindtransport

Elke transportmethode heeft zijn specifieke voor- en nadelen. Bij de beoordeling van de transportmethoden die bij de grindwinning kunnen worden ingezet dient onder meer aandacht te worden besteed aan een zestal aspecten, te weten:

- flexibiliteit;
- grondsoort;
- capaciteit;
- landschap;
- flexibiliteit met betrekking tot de aansluiting op de winwerktuigen;
- flexibiliteit met betrekking tot de aansluiting op opslag/buffer of zeefinstallatie;
- gevoeligheid voor weersomstandigheden.

Tabel 2.10 is een zogenaamde status-card, waarin de verschillende methoden op de bovengenoemde aspecten met elkaar zijn vergeleken. Met name de flexibiliteit speelt bij de beoordeling een belangrijke rol. Hierbij moet zowel worden gedacht aan de flexibiliteit met betrekking tot de verplaatsbaarheid, als tot de aansluiting op winwerktuigen en buffer. Met name het drijvend transport binnen het grindwingebied, zoals de drijvende transportband en de drijvende persleiding voor transport van grind of specie binnen het grindwingebied zijn hier in het nadeel vanwege de geringe flexibiliteit mbt de verplaatsing van de winwerktuigen en de hinder voor de scheepvaart tijdens de ontginning.

aspecten	type				
	transportb.	persleiding	vrachtwagen	spoor	lichter
- flexibiliteit	-	-	++	--	o
- grondsoort	+	--	+	+	+
- capaciteit	+	+	--	+	+
- landschap	+	+	o	--	+
- weersomstandigheden	+	+	+	+	--
- flex. aansluiting op winwerktuigen	+	o	-	-	++
- flex. aansluiting opslag/buffer	+	-	+	o	o

tabel 2.10 Status-card met betrekking tot de beoordeling van diverse transportmethoden.

HOOFDSTUK 3 UITVOERING GRINDWINNING NIEUWE GEBIEDEN

Inhoud

- 3.1 INLEIDING
- 3.2 DE NIEUWE GRINDWINGEBIEDEN
 - 3.2.1 Gebied Stevol.
 - 3.2.2 Gebied Vlodrop.
- 3.3 UITVOERINGSSTRUCTUREN
 - 3.3.1 Gebied Stevol.
 - 3.3.2 Gebied Vlodrop.
- 3.4 WINMETHODEN
 - 3.4.1 Inleiding.
 - 3.4.2 Emmerbaggermolen.
 - 3.4.3 Cutterzuiger.
 - 3.4.4 Baggerwielzuiger.
 - 3.4.5 Grijper.
 - 3.4.6 Airlift.
 - 3.4.7 Conclusies.
- 3.5 TRANSPORTMETHODEN.
 - 3.5.1 Transport op traject I.
 - 3.5.2 Transport op traject II.
 - 3.5.3 Transportband.
 - 3.5.4 Persleiding.
 - 3.5.5 Vrachtwagen.
 - 3.5.6 Spoor.
 - 3.5.7 Lichter.

3.1 INLEIDING

In de EVOLIM studie [Lit. 1.1] zijn een aantal gebieden in Midden-Limburg aangegeven, die in meer of mindere mate in aanmerking zouden kunnen komen voor ontgrinding. Bij het vaststellen van nieuwe grindwingebieden worden de volgende criteria volgens de EVOLIM studie betrokken.

- zeer waardevolle natuurgebieden komen niet in aanmerking
- stads- en dorpskernen komen niet in aanmerking.
- snelwegen en spoorlijnen dienen intact te worden gehouden.
- gebied moet minimaal 60 ha groot zijn.
- gebieden moeten een opbrengst hebben van meer dan 50.000 t/ha. Hierbij is als norm voor grind gesteld: materiaal dat groter is dan 5.6 mm en dat bovendien meer dan 20% van het pakket uitmaakt.

In Midden-Limburg ten oosten van de Maas zijn op deze manier een 12-tal gebieden geselecteerd. De nummering zoals deze is toegepast in de EVOLIM studie, wordt hier ook aangehouden. Uit deze 12 gebieden is één gebied gekozen, dat op enige afstand van een doorgaande vaarweg gelegen is. Dit is een gebied, dat gelegen is rond Posterholt en Vlodrop, in het vervolg aangeduid met "gebied 10".

Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen een gebied verder van een doorgaande vaarweg (gebied 10) en een gebied, dat in open verbinding staat met een doorgaande waterweg is het gebied Stevol, dat ligt rond de plaatsen Ohé en Laak en Stevensweert, nader onderzocht.

Een gedetailleerde beschrijving van de gebieden 10 en Stevol zijn in een volgende paragraaf gegeven.

Uit gegevens van de Rijks Geologische Dienst, die boringen heeft verricht in het gebied rond Roermond, blijkt, dat in gebied 10 60 % van het materiaal uit de grindlaag uit zand bestaat met een korreldiameter <5.6 mm en dat 40 % van het materiaal uit de grindlaag uit keurgrind en grofgrind bestaat met een korreldiameter >5.6 mm. Uitgangspunt bij de winning van grind uit gebied 10 is, dat de grofste delen van de specie (> 100 mm) direkt op het winwerktuig gescheiden en afzonderlijk afgevoerd worden. Het deel van de specie met een korreldiameter <5.6 mm wordt óf geheel uit een gebied weggevoerd óf blijft geheel in een gebied ter aanvulling. Het is dus in ieder geval van belang bij het achterblijven van dit materiaal in een gebied, dat dit materiaal binnen of aan de rand van het gebied gescheiden wordt van het overige materiaal. Natuurlijk is elke tussenvorm mogelijk. Er wordt echter bij de berekening van de verschillende vervoersmethoden vanuit gegaan, dat alleen het keurgrind uit een gebied vervoerd wordt.

In het gebied Stevol zijn eveneens boringen verricht en hieruit blijkt, dat de percentages keurgrind en grofgrind hoger liggen dan in gebied 10. Het percentage keurgrind + grofgrind loopt uiteen van 50 tot 70 % van het materiaal uit de grindlaag. Om toch een goede vergelijking te kunnen maken tussen gebied 10 en gebied Stevol wordt er verder vanuitgegaan, dat er 60 % zand in de grindlaag aanwezig is en 40 % keurgrind en grofgrind. Op dit moment (1984) wordt in Panheel een produktie van rond de 4 miljoen ton keurgrind per jaar bereikt. In een nog te ontgrinden gebied zoals dit hier behandeld wordt, wordt ervan uitgegaan dat de produktie 5 miljoen ton zal zijn. (Dit komt ongeveer overeen met het produktieniveau in Panheel van het jaar 1981).

3.2 DE NIEUWE GRINDWINGEBIEDEN

3.2.1 Gebied Stevol

Gebied Stevol is gelegen tussen de plaatsen Stevensweert, Ohé en Laak (zie figuur 1.2). Door het te ontgrinden gebied lopen geen grote infrastructu-
rele werken of leidingstraten.

De totale oppervlakte van het gebied Stevol bedraagt 225 ha. In dit rap-
port worden dezelfde normen gehanteerd als in de EVOLIM studie betreffende
de aanduiding voor het grind. Er wordt vanuit gegaan, dat men onder grind
verstaat materiaal met een korreldiameter >5.6 mm (RGD) en dat de grind-
laag minimaal 20% grind bevat.

Het gebied is onderverdeeld in:

- a een gebied ten noord-westen van Laak.
- b een gebied ten noord-oosten van Laak; tussen Laak en Ohé.
- c een gebied ten noorden van Ohé.

ad a. oppervlakte	: 28 ha
dikte laag bovengrond	: 1.5 m (30 cm teelaarde en 1.2 m leem)
volume bovengrond	: $0,42 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
dikte grindpakket	: 10 m
geschatte grindopbrengst	: 120.000 t/ha
ad b. oppervlakte	: 32 ha
dikte laag bovengrond	: 2.2 m (0.3 m teelaarde, 1.0 m leem, 0.4 m zandige leem en 0.5 m zw. klei)
volume bovengrond	: $0,64 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
dikte grindpakket	: 15 m
geschatte grindopbrengst	: 135.000 t/ha
ad c. oppervlakte	: 164 ha
dikte laag bovengrond	: 1.5 - 2.0 m (0.3 - 0.6 m teelaarde, 0.6 - 1.5 m klei, zandige leem of geroerde grond (bij Julianakanaal))
volume bovengrond	: $2,46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
dikte grindpakket	: 10 - 15 m
geschatte grindopbrengst	: 135.000 t/ha

De totale grindopbrengst van het gebied Stevol zal liggen rond de 30
miljoen ton, todat bij een produktie van 5 miljoen ton grind per jaar de
periode van ontgrinding kan worden geschat op ca. 6 jaar.
De grondwaterstand in dit gebied bevindt zich op ongeveer MV - 2,5 à 3 m.,
zodat een deel van het grindpakket droog kan worden ontgraven.

Omdat het gebied a direkt grenst aan een doorgaande waterweg, kan men van
hieruit het gebied Stevol vrij binnen varen. Een andere mogelijkheid, die
hier niet verder onderzocht zal worden ligt aan de oostzijde van Stevol,
waar het grind eventueel overgeslagen kan worden in binnenvaartschepen op
het Julianakanaal.

Bij het gebied Stevol zijn de vervoersafstanden naar de binnenvaartschepen
dus te verwaarlozen.

3.2.2 Gebied Vlodrop

Bij het onderzoek naar de ontginningsmogelijkheden van het gebied Vlodrop is het gehele deelgebied (Evolimstudie) aangehouden.

Het gebied ligt rondom Posterholt, ten zuid-westen van Vlodrop en ten zuidoosten van St.Odilienberg. Door de ligging van dit gebied op enige afstand van een doorgaande waterweg wordt het aspekt van het transport van groot belang (zie figuur 3.1).

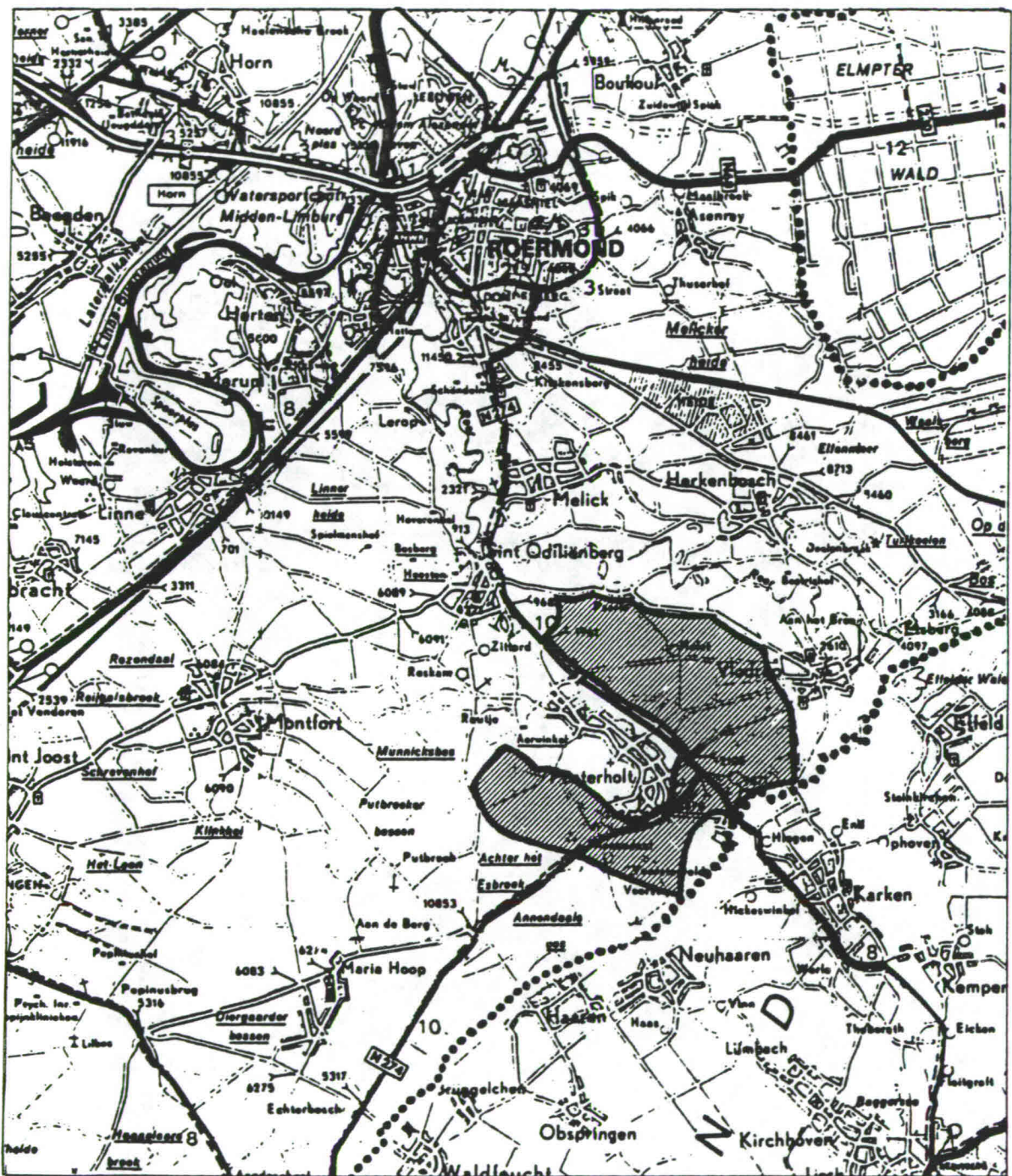
Door het gebied lopen 2 doorgaande wegen: Roermond-Duitse grens (Heinsberg) en Posterholt-Heerlen. Beide wegen kunnen intact gehouden worden door bruggen aan te leggen op punten, waar deze het wingebied kruisen, zoals dit nu in Panheel gebeurt. In de noord-west punt ligt de leidingstraat Echt-Venlo.

In de tabel 3.1 zal per "basisontgrondingsgebied", dat zijn onderdelen van de deelgebieden waarin gebied 10 bij de EVOLIM studie is onderverdeeld (genummerd van 1 t/m 24), de opbrengst en de bodemgesteldheid gegeven worden. De gegevens, die hiervoor zijn gebruikt zijn ontleend aan de EVOLIM studie.

De grondwaterstanden zijn ontleend aan de grondwaterkaart van Nederland. Inventarisesatierapport Sittard (blad 60 W en 60 O) uitg. dec 1977 van TNO-DGV.

onderdeel	grootte (ha)	grindopbrengst (*1000t)	dikte grindpakket	dikte afdeklaag	gws in m + NAP	maaieldhoogte in m + NAP
1	27	810	5.5 m	11.5 m	28.6	29.5
2	28	1120	7.0 m	10.0 m	29.0	30
3	38	760	4.0 m	11.5 m	29.4	30.5
4	28	560	3.5 m	9.0 m	29.5	30.5
5	34	1020	7.0 m	10.5 m	29.4	30.5
6	31	1953	9.5 m	10.5 m	29.2	29.5
7	36	720	6.5 m	10.0 m	29.7	30.5
8	28	1764	7.0 m	10.0 m	29.8	31
9	34	2550	9.0 m	9.5 m	29.2	30.5
10	22	2200	13.5 m	9.0 m	29.1	31
11	50	5100	14.0 m	8.5 m	28.7	31
12	70	6300	14.0 m	8.0 m	28.5	31
13	33	3795	15.0 m	7.5 m	28.2	32
14	53	6095	18.5 m	7.5 m	27.5	31.5
15	28	3360	18.0 m	7.0 m	26.8	30
16	72	8496	18.5 m	7.0 m	26.9	29.5
17	78	7800	18.5 m	7.5 m	26.9	29.5
18	50	4150	15.0 m	10.0 m	28.0	30
19	47	3995	18.0 m	10.0 m	27.0	29.5
20	45	3915	18.5 m	9.5 m	26.2	29
21	25	2500	18.0 m	8.5 m	25.2	28
22	31	2635	16.5 m	7.5 m	25.1	29.5
23	50	4300	17.5 m	7.5 m	26.0	29
24	58	6960	18.0 m	7.0 m	26.1	29

tabel 3.1 Gegevens van de deelgebieden van het gebied "Vlodrop".



figuur 3.1 Grindwingebied "Vlodrop".

Totale hoeveelheid grind in gebied Vlodrop wordt geschat op $8,3 \cdot 10^6$ ton.

Het gebied is globaal onder te verdelen in drie subgebieden:

- a. het gebied ten zuiden van de weg Roermond-Duitsland: nrs. 1 t/m 11.
- b. het gebied bestaande uit de nrs. 12 t/m 19.
- c. het gebied ten noorden van de weg Roermond-Duitsland: nrs. 12 t/m 24.

ad a. De bovengrond bestaat vooral uit sterk kleilig zand tot sterk zandige klei, afgedekt door teelaarde.

Oppervlakte : 365 ha
Dikte laag bovengrond : 10 m (gemiddeld)
Volume bovengrond : $35,6 \cdot 10^6$ m³
Geschatte grindopbrengst : $18,6 \cdot 10^6$ ton of $52 \cdot 10^3$ ton/ha

ad b. De bovengrond bestaat vooral uit zwak kleilig zand tot sterk zandige klei, afgedekt door teelaarde.

Oppervlakte : 431 ha
Dikte laag bovengrond : 8 m (gemiddeld)
Volume bovengrond : $34,6 \cdot 10^6$ m³
Geschatte grindopbrengst : $44,0 \cdot 10^6$ ton of $102 \cdot 10^3$ ton/ha

ad c. De bovengrond is gelijk aan die van deelgebied b.

Oppervlakte : 640 ha
Dikte laag bovengrond : 8 m (gemiddeld)
Volume bovengrond : $51,1 \cdot 10^6$ m³
Geschatte grindopbrengst : $63,4 \cdot 10^6$ ton of $99 \cdot 10^3$ ton/ha

De dikte van de afdeklaag in gebied Vlodrop komt ongeveer overeen met de dikte van de afdeklaag in Panheel (± 10 m). Het grondwater staat in het gehele gebied tussen de 0 en 5 m beneden het maaiveld, zodat het gehele gebied "in den natte" ontgraven kan worden.

Bij het vervoer van het grind uit het wingebied zijn enige uitgangspunten opgesteld:

- het uiteindelijke transport naar de afnemers zal plaatsvinden over doorgaande waterwegen.
- alle vervoersafstanden worden berekend vanaf de rand van het wingebied tot aan het overslagpunt nabij een doorgaande waterweg.

In dit onderzoek wordt het overslagpunt gesitueerd in de bocht, die de Maas bij Linne maakt en die in figuur 3.2 aangegeven is. Op dit overslagpunt is in het winterbed van de Maas ook een mogelijkheid van tijdelijke opslag, wanneer de vraag in de winter naar grondstoffen niet groot is. In de zomermaanden, wanneer de vraag groter is dan in de wintermaanden, kan een baggerwerktuig ingezet worden om het materiaal, dat in de winter daar gestort is weer boven te halen, als aanvulling op de aanvoer uit het wingebied. Voordelen van deze methode zijn de geringere benodigde wincapaciteit in het wingebied en de geringere benodigde transportcapaciteit.

3.3 UITVOERINGSSTRUCTUREN

Alvorens tot berekening van de kosten van de winning en van de afhandeling overgegaan kan worden, dient eerst bepaald te worden op welke wijze(n) e.e.a. plaats zou kunnen vinden.

In het onderstaande zal dat geschieden voor de 2 gebieden die in deze studie behandeld worden.

3.3.1 Gebied Stevol

Voor het gebied Stevol wordt uitgegaan van het feit dat de winning en afhandeling overeenkomstig de huidige methode plaats zal gaan vinden. Dit houdt dan in dat:

- de winning geschiedt met MEERDERE winwerktuigen;
- er is geen sprake van samenvoeging van de specie van de individuele exploitanten;
- er verwerking plaats vindt BIJ HET WINWERKTUIG;
- de schepen worden AAN het winwerktuig worden geladen.

Het systeem ziet er schematisch als volgt uit:

W + O

↓

O→

x

O→

x

Waarbij:

W - plaatsaanduiding winwerktuig

O - plaatsaanduiding overslag

x - plaatsaanduiding verwerking

→ - systeemuitgang, belading van de schepen

3.3.2 Gebied Vlodrop

De winning en afhandeling van de specie uit een dergelijke lokatie is in deze omvang nieuw in Nederland.

In ANNEX 1 is op systematische wijze afgeleid welke configuraties eventueel toepasbaar zouden zijn in de volgende situaties:

I : 1 winwerktuig

II: meerdere winwerktuigen, in geval van;

1 Samenvoeging, met;

1 aparte deelname van de exploitanten

2 geïntegreerde deelname van de exploitanten

2 Geen samenvoeging

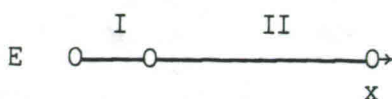
In par. 2.1.3 en 2.2.3 van ANNEX 1 zijn de overgebleven configuraties uitgewerkt.

Uitgaande van die overgebleven configuraties zijn een aantal mogelijkheden gekozen die hier in eerste instantie verder bestudeerd zullen gaan worden. De keuze van die configuraties is ingegeven door de wens om een zo breed mogelijke vergelijking te kunnen maken, hetgeen inhoudt dat de te kiezen configuraties geen der transportmethodes moeten uitsluiten.

Later in de studie, als bekend zal zijn of bepaalde transportmethodes nog wel zinvol zijn, kan eventueel een aantal andere configuraties gekozen worden, mede op grond van de vergelijking zoals die is uitgevoerd in par. 2.1.4 en 2.2.4 van ANNEX 1.

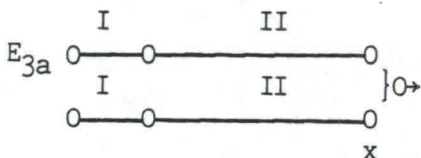
De in eerste instantie gekozen alternatieven zijn:

situatie I

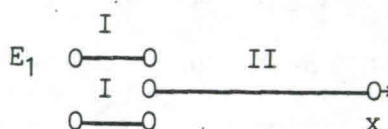


situatie II

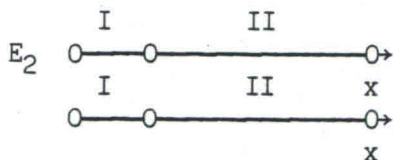
-Samenvoeging, apart



-Samenvoeging, geïntegreerd



-Geen samenvoeging



Er is bij deze analyse geen rekening gehouden met eventueel ruimtegebrek bij plaatsing van één of meerdere verwerkingsinstallaties in gebied 10 zelf of aan de Maas.

3.4 WINMETHODEN

3.4.1 Inleiding

De in paragraaf 2.2 genoemde winwerktuigen zullen in deze paragraaf toegepast worden op de ontgrinding in de twee gebieden. De benodigde capaciteit van de winwerktuigen zal zodanig moeten zijn, dat 5 miljoen ton grind per jaar gewonnen kan worden. Veertig gewichtsprocent van het te winnen materiaal is grind, zodat de totale hoeveelheid materiaal zand + grind, dat ontgonnen moet worden 12,5 miljoen ton per jaar is. Deze hoeveelheid is arbitrair gekozen uit gegevens over de produktie uit 1981 en is ook verder weinig van belang, aangezien het hier om een vergelijkende studie gaat. Om te vermijden, dat het winproces tot een volledige stop komt bij onderhoud of reparatie van materieel zal hier worden uitgegaan van de inzet van meerdere winwerktuigen. Per winmethode zal bepaald worden, hoeveel winwerktuigen ingezet zullen worden. Hoewel iedere grindproducent eigen materieel in kan zetten in gebied Stevol, is gekozen voor een geheel nieuw aan te schaffen uitrusting. Hier liggen de volgende gedachten aan ten grondslag:

- de ontgrinding van gebied 10 komt pas over meer dan 10 jaar aan de orde. Het is dan ook niet bekend welk winmaterieel dan beschikbaar zal zijn.
- het vervoer van het huidig winmaterieel over de weg zal moeilijkheden opleveren. (vaak niet demontabel)

Bij het inzetten van de winwerktuigen wordt in deze paragraaf (nog) niet rekening gehouden met een verdere afvoer van het materiaal of met de plaats waar verwerking plaatsvindt.

De bezettingsgraden en de gebruiksduur van de winwerktuigen zijn ontleend aan de bezettingsgraden en de gebruiksduur zoals deze genoemd zijn in de kostennormen voor aannemersmaterieel van de NIVAG [Lit.4.2].

Het materieel kan zich in een van de volgende toestanden bevinden:

- a. het is op het werk ingezet behoudens b. en c.;
- b. voor produktie uitgeschakeld t.g.v. revisie of grote reparatie;
- c. wacht op indeling van werk;
- d. uitgeschakeld t.g.v. vakantie, vorst, sneeuw en/of ijs.

De bezettingsgraad bedraagt volgens de NIVAG 45 % tot 50 % voor baggerwerktuigen. Dit zou inhouden, dat de bezetting 23 weken per jaar is. Uit ervaringscijfers van de grindproducenten blijkt echter, dat de bezetting hoger ligt. Er wordt hier gewerkt met een bezettingsgraad van ± 75 % ; d.w.z. 40 weken. De overige 12 weken zullen besteed worden aan de punten b. en d.

Voor de uitschakeling t.g.v. vakantie, vorst, sneeuw en/of ijs wordt 8 weken aangehouden en voor revisies of grote reparaties wordt 4 weken aangehouden.

Een verdere veronderstelling is, dat er per week gemiddeld 40 uur wordt gewerkt, zodat de totale werktijd ca. 1600 uren per jaar is. Piekafvoeren worden niet opgevangen door een capaciteitsoverschot van het materieel, maar door een toename van het aantal draaiuren, waardoor bij een capaciteitsberekening van een gemiddelde uurproduktie kan worden uitgegaan. Een tweede mogelijkheid (zie paragraaf 3.2.2), is het uitgaan van een constante afvoer met bergingsmogelijkheid voor momentane overschotten in het winterbed van de Maas. Tijdens piekafvoeren wordt een extra winwerktuig ingezet om in de gewenste afvoer te voorzien. Ook hier kan dan worden

gerekend met een gemiddelde uurproduktie.

Omdat de grondwaterspiegel in gebied 10 boven de bovenzijde van het grindpakket ligt, kan de gehele ontgrinding in de natte geschieden en een groot deel van de bovenlaag dient eveneens nat verwijderd te worden. De dikte van de grindlaag in combinatie met de dikte van de bovenlaag en de grondwaterstand is zodanig, dat er geen problemen zijn voor wat betreft de inzet van winwerktuigen in betrekking tot de maximale diepte van ontgrinding. Deze diepte zal maximaal ongeveer 25 m onder de waterspiegel zijn. Gemiddeld zal de maximale diepte van ontgrinding ongeveer 20 m beneden de waterspiegel plaatsvinden.

In het gebied Stevol ontstaat het speciale probleem, dat een deel van de grindlaag zich boven de grondwaterstand bevindt en dus niet in den natte ontgonnen kan worden. De dikte van het totale grindpakket bedraagt ± 12.5 m en de dikte van de bovenlaag bedraagt ± 2 m. Ook nu zal de vereenvoudiging gemaakt worden, dat er in het gebied Stevol dezelfde situatie aanwezig is als in gebied 10.

3.4.2 Emmerbaggermolens

Bij de bepaling van de capaciteiten van de emmerbaggermolens wordt als uitgangspunt gekozen de emmergrootte. Deze emmergrootte in samenhang met de kettingsnelheid bepaalt de capaciteit. Er wordt uitgegaan van een kettingsnelheid van 25 emmers per minuut.

De produktie wordt als volgt bepaald:

$$Q = n \cdot I \cdot a \cdot p \cdot t$$

waarbij : Q = de produktie in m^3 in zekere tijd t ;
 n = draaicoëfficiënt = draaiuren / werkuren;
 I = emmerinhoud in m^3 ;
 $a = a_1 \cdot a_2$ = vullingsgraad;
 a_1 = vullingsgraad afhankelijk van de grondsoort
(hier: $a_1 = 0.80$).
 a_2 = vullingsgraad afhankelijk van de stand van de ladder
(hier: $a_2 = 0.90$)
 p = aantal emmerlossingen per tijdseenheid.

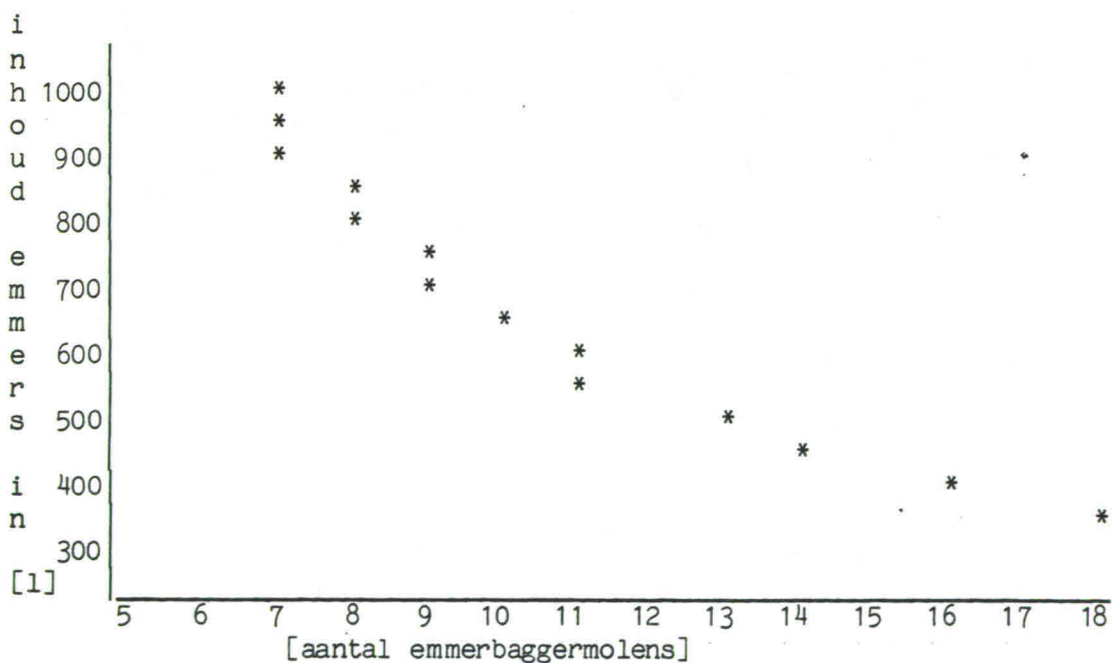
Onder werkuren verstaat men de uren, dat men aanwezig zou kunnen zijn in één week (40 uur per week). De draaiuren zijn de uren, dat men daadwerkelijk bezig is. Voor n wordt de waarde 0.75 aangehouden.
 a is onder andere afhankelijk van de stand van de ladder en de aard van het te baggeren materiaal. In deze situatie wordt voor a de waarde $0.80 \cdot 0.90 = 0.72$ aangehouden.

In tabel 3.2 wordt een relatie gegeven tussen emmerinhoud en produktie. In de laatste kolom is het aantal emmerbaggermolens gegeven, dat nodig zou zijn om 12.5 miljoen ton grind + zand per jaar te baggeren. Figuur 3.2 geeft dit aantal, uitgezet tegen de emmerinhoud.

emmerinhoud [l]	produktie per uur [m ³] (droog)	produktie per jaar [ton]	benodigd aantal emmerbaggermolens
350	284	725.760	18
400	324	829.440	16
450	365	933.120	14
500	405	1.036.800	13
550	456	1.140.480	11
600	486	1.244.160	11
650	527	1.347.840	10
700	567	1.451.520	9
750	608	1.555.200	9
800	648	1.658.880	8
850	689	1.762.560	8
900	729	1.866.240	7
950	770	1.969.920	7
1000	810	2.073.600	7

tabel 3.2 Ur- en jaarproduktie van emmerbaggermolens met verschillende emmerinhouden, alsmede het benodigd aantal werktuigen bij een produktie van 5 miljoen ton grind (12,5 miljoen ton specie) per jaar.

In de onderstaande figuur wordt het een en ander nog eens in een grafiek weergegeven.



figuur 3.2 Het benodigd aantal winwerktuigen uitgezet tegen de emmerinhoud voor een jaarproduktie van $5 \cdot 10^6$ ton grind.

3.4.3 Cutterzuiger

Wanneer men ertoe over zou gaan het transport op trajekt I door middel van een persleiding te laten geschieden zijn de cutterzuiger en de baggerwielzuiger de winwerktuigen die het meest voor winning van grind in aanmerking komen. Omdat de cutterzuiger aangesloten kan worden op een persleiding, is het mogelijk het materiaal direkt naar de wal te persen.

Tabel 3.3 geeft aan, wat een produktie in m^3 situ materiaal met een dichtheid vaste stof van $1,8 \text{ ton}/m^3$, oplevert per jaar in tonnen.

per uur [m^3]	per uur [ton]	per jaar [ton]
250	450	720.000
500	900	1.440.000
750	1350	2.160.000
1000	1800	2.880.000
1250	2250	3.600.000
1500	2700	4.320.000
1750	3150	5.040.000
2000	3600	5.760.000
2250	4050	6.480.000
2500	4500	7.200.000
2750	4950	7.920.000
3000	5400	8.640.000

tabel 3.3 Vergelijking van de capaciteit van cutterzuigers in m^3 en tonnen, alsmede de jaarlijkse produktie bij een werktijd van 1600 uur per jaar.

Een volgende stap is het bepalen van de juiste cutterzuiger voor de eerder vermelde produktie van 12,5 miljoen ton (droog) per jaar. In principe zijn veel mogelijkheden aanwezig. Het aantal in te zetten cutterzuigers hangt immers direkt samen met de capaciteiten ervan. Bij het inzetten van een Beaver 3300 met een vaste stof produktie van $1200 \text{ m}^3/\text{uur}$ met een dichtheid droge stof van $1,8 \text{ ton}/m^3$, zal het aantal winwerktuigen 4 bedragen. Wanneer men echter uitgaat van een aantal van 10 winwerktuigen, komt de Beaver 1000 het meest in aanmerking met een vaste stof capaciteit van $550 \text{ m}^3/\text{uur}$. Bovendien moet worden opgemerkt dat de capaciteit van de cutterzuigers afhankelijk is van de capaciteit van de persleiding, die in belangrijke mate wordt bepaald door de lengte en de daarmee samenhangende weerstand van de leiding. De capaciteit van de persleiding dient door aanpassing van de diameter en het aantal tussenstations te worden ingesteld op de capaciteit van de cutterzuiger. In ANNEX 3 wordt op deze transportmethode nader ingegaan.

Bij de afweging en keuze van de winwerktuigen moet ook rekening worden gehouden met de beperkte baggerdiepte van de cutterzuigers. Bij de standaarduitvoering van de Beaver 1000 is de baggerdiepte slechts 10 à 12 meter, waardoor in sommige gevallen niet tot de onderzijde van het grindpakket kan worden gebaggerd.

De zojuist genoemde capaciteiten behoren bij standaard uitvoeringen. Aan de specifieke eisen, die gesteld worden aan het baggeren van zand en grind, kan tegemoet gekomen worden door pompen en snijkop aan te passen. Men zou in eerste instantie kunnen denken aan een onderwaterpomp, die de capaciteiten zal verhogen.

3.4.4 Baggerwielzuiger

De keuze van baggerwielzuigers is op het ogenblik vrij beperkt. Bij de werf IHC-Holland wordt de baggerwielzuiger vervaardigd op basis van de standaard cutterzuigerserie Beaver. Als voorbeeld wordt hier genomen de Beaver 4000 baggerwielzuiger, die gebaseerd is op de Beaver 3300 cutterzuiger. Zonder speciale aanpassingen kan de Beaver 4000 werken tot 18 m diepte, waarbij de produktie vrij hoog ligt: 2000 m³ specie per uur (dichtheid droge stof 1,8 ton/m³).

Hoewel deze baggerwielzuiger uitgerust is met het door IHC ontwikkelde baggerwiel met de aan de onderzijde open emmers, verdient het aanbeveling voor non-cohesieve grondsoorten zoals grind en zand een baggerwiel toe te passen, waarop emmers met een dichte onderkant gemonteerd zijn. Door de combinatie van deze emmer met een lage omwentelingssnelheid van het baggerwiel is bovengenoemde produktie te behalen.

Een ander voordeel van dit type baggerwiel is een vervangingsmogelijkheid van de rand. Bij het eerste type baggerwiel is de emmer gemonteerd op de twee ringen door middel van de snijranden, waardoor vervanging moeilijk is. Bij het tweede type baggerwiel zijn de emmers niet met deze randen aan het eigenlijke wiel bevestigd, zodat vervanging gemakkelijker is.

Doordat op de ladder direkt achter het baggerwiel een onderwaterpomp gemonteerd wordt, kunnen mede door de grote turbulentie in de zuigbuis en de vrij steile positie van de zuigbuis, hoge concentraties vaste stof gehaald worden; ±30 gewichtsprocent. Het vermogen van de onderwaterpomp zou hierbij 2000 pk moeten zijn.

De slijtage van de onderwaterpomp, die in een enkelwandige uitvoering toegepast zou moeten worden, is zodanig, dat ongeveer eenmaal per 6 weken een geheel nieuw pomphuis gemonteerd moet worden.

Omdat het grind en het zand een afgeronde vorm bezitten, is het toepassen van een binnenbekleding van de buizen en de pomp met ge vulcaniseerd rubber de beste oplossing. Bij het persen van hoekiger materiaal kan men beter overgaan tot een binnenbekleding met de materialen MAXIDUR of NIHARD.

Bij een produktie per baggerwielzuiger van 3600 ton per uur zijn er 3 Beaver 4000 baggerwielzuigers benodigd om de totale produktie van de specie, zijnde 7800 ton per uur te halen. Deze capaciteiten worden onder voorbehoud gegeven, aangezien er nog nauwelijks ervaring is met het baggeren van grind en grof zand.

3.4.5 Gripper

De in paragraaf 2.2.2 behandelde grippers hebben alle een lage capaciteit. De Merwede 28 is hier een uitzondering op. Bij een maximale produktie van 500 m³ per uur, hetgeen overeenkomt met 400 m³ droge stof en een gewicht van 640 ton met een dichtheid van 1,6 ton/m³, is de totale produktie per jaar: 1,0.10⁶ ton. Dit zou betekenen, dat voor de totale produktie 13 van dergelijke winwerk tuigen benodigd zouden moeten zijn.

3.4.6 Airlift

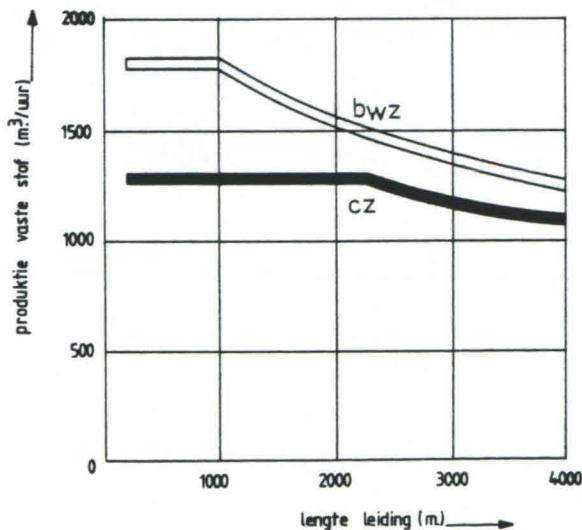
Ook de airlift heeft een relatief lage produktie per uur. De grootste airlift (de Schnell 302) heeft een produktie van maximaal 500 m³ per uur. Als men zou rekenen met een gemiddelde produktie van 400 m³ situ materiaal (dichtheid 1,8 ton/m³ droge stof) per uur dan zijn er van dit type 11 winwerktuigen nodig.

3.4.7 Conclusie

Wanneer het gewenst is, dat zo min mogelijk winwerktuigen ingezet worden, bij een optimale samenwerking tussen de grindproducenten, dan krijgen de emmerbaggermolen, de cutterzuiger en de baggerwielzuiger de voorkeur. De baggerwielzuiger lijkt qua capaciteit de beste papieren te hebben, hoewel er op dit moment nauwelijks gegevens bekend omtrent het baggeren van grind en grof zand. Wel is er vergelijkingsmateriaal tussen de cutterzuiger en de baggerwielzuiger met het baggeren van zachte klei en zand. In figuur 3.4 is deze vergelijking voor zachte klei gegeven en voor zand krijgt men overeenkomstige figuren. Men mag dan ook verwachten, dat deze verhoogde capaciteit van de baggerwielzuiger ten opzichte van de cutterzuiger ook zal gelden voor zand en grind.

Een nadeel van de winning met cutterzuigers en baggerwielzuigers is de beperkte baggerdiepte van deze werktuigen. Aangezien de emmerbaggermolen en de baggergrijper tot op grotere diepte kunnen baggeren kunnen zij in meerdere gebieden worden ingezet, terwijl baggerwielzuigers en cutterzuigers bij een gemiddelde maximale baggerdiepte van 20 meter niet meer in aanmerking komen. Wel zou kunnen worden overwogen deze werktuigen beperkt in te zetten en voor ontgraving van de onderzijde van het grindpakket emmerbaggermolens of baggergrijpers in te zetten.

Als er geen onderlinge samenwerking tussen de producenten is, dan zijn er geen beperkende factoren met betrekking tot de keuze van de winwerktuigen. Alle winwerktuigen komen daarbij voor inzet in aanmerking, waarbij dezelfde opmerking voor de baggerwielzuiger en voor de cutterzuiger van kracht blijft.



figuur 3.2 Capaciteit van een baggerwielzuiger en een cutterzuiger met hetzelfde geïnstalleerd machinevermogen.

3.5 TRANSPORTMETHODEN

In paragraaf 2.3 is reeds een algemene aanzet gegeven tot het bepalen van de transportmethoden. In deze paragraaf zullen deze transportmethoden toegespitst worden op de toekomstige wingebieden.

De verschillende transportmethoden, die hier in aanmerking komen zijn:

1. transportband
2. persleiding
3. vrachtwagen
4. spoor
5. lichter

Het transport van de specie en van het verwerkte materiaal is te splitsen in het transport binnen gebied Stevol, het transport binnen het gebied 10 en het transport van het gebied 10 naar een overslagpunt aan de Maas. Het transport binnen gebied 10 wordt verder traject I genoemd en het transport tussen het gebied 10 en de Maas wordt traject II genoemd.

Het is zeer waarschijnlijk dat het gebied Stevol in open verbinding zal staan met doorgaande waterwegen. Dit is bij dit onderzoek dan ook als uitgangspunt genomen. De binnenvaartschepen, die voor afvoer van het materiaal zorgen, kunnen tot bij de winwerktuigen komen. Hierdoor wordt het transport binnen het gebied Stevol tot minimale extra kosten gereduceerd, omdat dit transport onderdeel wordt van het uiteindelijke transport.

Bij een kostenvergelijking voor ontginning van gebied 10 en gebied Stevol wordt het verschil in kosten dan ook bepaald door het transport binnen gebied 10 (traject I) en het transport van gebied 10 naar het overslagpunt aan de Maas (traject II).

3.5.1 Transport op traject I

Er zijn vele mogelijkheden of combinaties van mogelijkheden, waarop het grind binnen gebied 10 vervoerd kan worden van de winplaats naar het overslagpunt aan de rand van het gebied. Om een kostenvergelijking mogelijk te maken van de transportmethoden, is het noodzakelijk de randvoorwaarden voor de transportmethoden zoveel mogelijk gelijk te houden. Er is dan ook vanuit gegaan in dit rapport dat dit gehele transport (over traject I) over het water plaatsvindt.

Een tweede uitgangspunt is, dat het aantal winwerktuigen in alle gevallen vast moet staan en dat deze winwerktuigen van hetzelfde type zijn. Vooralsnog, om een duidelijke en objectieve vergelijking van het transport mogelijk te maken, is dit aantal gesteld op 10. In de uiteindelijke kostenberekening (paragraaf economie) zal dit aantal nader beschouwd worden. Door het aantal van 10 te kiezen zijn de mogelijkheden van al of niet samenwerking geheel aanwezig. Omdat het moeilijk vast te stellen is, wat de transportafstand binnen gebied 10 is bij het gebruik van 10 winwerktuigen, is er een vaste transportafstand gekozen voor alle winwerktuigen. Deze afstand is genomen vanaf het zwaartepunt van het gebied 10 tot het overslagpunt en deze afstand bedraagt 1750 m.

De ontginning van het grind + het zand is gelijk verdeeld over de 10 winwerktuigen en bedraagt bij een jaarlijkse produktie van 12.500.000 ton, 1.250.000 ton per winwerktuig. De winning en afvoer van het grind zal gelijk verdeeld over het jaar plaatsvinden. De afvoer per uur bedraagt dus: 780 ton hetgeen overeenkomt met 435 m^3 situ m^3 (droog).

3.5.2 Transport op traject II

Bij het transport van het grind of het grind en het zand zal een route bepaald moeten worden, waarlangs het transport zo min mogelijk overlast voor de omgeving geeft en tegelijk een vanuit kosten oogpunt gezien gunstige route volgt. Er wordt dan ook vanuit gegaan, dat de route te ruim om de woonkernen heen gelegd moet worden.

Een ander probleem bij de bepaling van een route is de kruising met grote infrastructurele werken zoals de spoorlijn Roermond-Sittard en de provinciale weg Roermond-Sittard.

In figuur 3.4 zijn twee routes aangegeven. De doorgetrokken lijn is de meest geschikte route voor het vervoer per vrachtwagen, vanwege het gering aantal bochten. Deze route heeft een lengte van 8,5 km.

De onderbroken lijn stelt een route voor, die het meest geschikt is voor transportbanden, pijpleidingen en spoor, met een lengte van 7,5 km.

In de tweede route worden geen bochten $< 120^\circ$ en met een straal $< 700 \text{ m}$, toegepast, zodat deze route te gebruiken is voor het spoor.

Hoewel het transport zowel van het grind alleen als van het grind + zand gezamenlijk bekeken wordt, is hier een berekening gemaakt voor het transport van alleen het grind bij de verschillende transportmethoden, omdat het transport van grind de meeste problemen op zal leveren.

Omdat 40% van het gewonnen materiaal uit grind bestaat moet er een hoeveelheid grind van 5.000.000 ton per jaar getransporteerd worden.

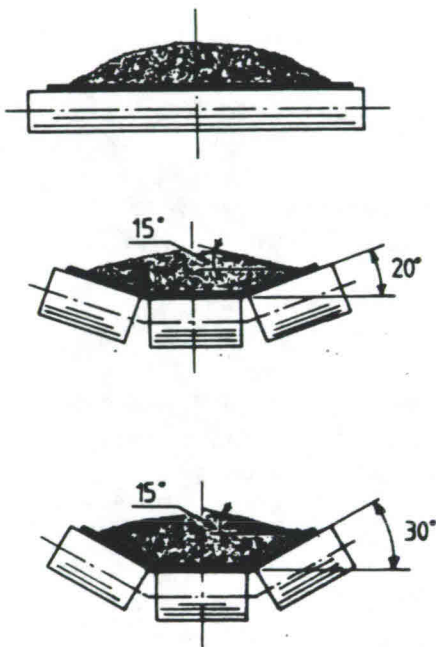


figuur 3.4 Tracé's voor het transport van grind van grindwingebied 10 naar vaarwater.

3.5.3 Transportband

Enige gegevens van transportbanden:

- de meest gangbare bandbreedtes liggen tussen 400 mm en 2000 mm.
- bandsnelheden tot 10 m/sec zijn voor grind/zand te verwezelijken, echter voor lange banden moeten lagere snelheden van ongeveer 2 – 3 m/sec toegepast worden.
- er zijn verschillende manieren, waarop een transportband gevormd kan zijn. Hier worden een vlakke band, een band met een troghoek van 20° en een band met een troghoek van 30° gebruikt. (zie figuur 3.5)
- de toelaatbare hellingshoek met een z.g. Chevronprofiel is voor grind 25° – 30° .



figuur 3.5 Doorsneden van transportbanden met verschillende troghoeken.

Omdat het transportsysteem erg gevoelig is voor defecten, is een goede controle een vereiste voor het toepassen van transportbanden. De afzonderlijke transportbanden moeten door een waarschuwingssysteem aan elkaar gekoppeld worden, zodat bij defecten in één van de bandtransporteurs het gehele systeem stilgelegd wordt. Het is dan ook zeker het overwegen waard om meerdere transportbanden parallel te leggen.

Bij toepassen van meerdere parallel lopende banden is het effect van defecten te minimaliseren.

traject I

Een ongebruikelijke, maar zeker toepasbare methode om het grind te vervoeren binnen het gebied 10 is de transportband. Door een speciale constructie van de band is het mogelijk het mengsel tijdens het transport te ontwateren, zodat een redelijk droge specie aangevoerd wordt op het overslagpunt. Een tweede voordeel van het toepassen van een transportband is het gemak, waarmee de specie vanaf het winwerktuig afgevoerd kan worden en waarmee de specie direkt op de wal en in een volgend transportsysteem gebracht kan worden. Om het transport op het water door middel van transportbanden flexibel te houden zullen meerdere transportbanden in serie en scharnierend op drijvers geplaatst moeten worden. Een dergelijke configuratie is toegepast in de Verenigde Staten door de firma Livingston Graham in California. Een nadeel is, zeker bij de winning op grotere afstand van het overslagpunt, het grote aantal elementen van transportbanden, dat benodigd zou zijn, wanneer men bedenkt dat dergelijke elementen een lengte van 20 tot 40 m hebben.

Men zou bij een algehele samenwerking op traject I een centrale band aan kunnen leggen, waar elk van de winwerktuigen op aangesloten is. De bandbreedte zal dan in de loop van het traject I breder moeten worden naarmate er meer winwerktuigen lossen op deze band.

Zoals ook uit de modal split analyse is gebleken valt de transportband af, zodra besloten wordt tot het verwerken van de specie op het winwerktuig zelf; immers er zouden dan per winwerktuig evenzoveel banden voor afvoer beschikbaar moeten zijn als er fracties geleverd moeten worden of men moet overgaan tot het onderhouden van achtereenvolgende transporten van gescheiden fracties, waardoor de capaciteit echter afneemt.

In tabel 3.4 worden de bandsnelheden gegeven, die berekend zijn volgens de formules uit ANNEX 2, bij een variërende bandbreedte en bij een te transporteren hoeveelheid materiaal van 1.250.000 ton per jaar.

De hellingshoek per transportband is 10° en dus zijn de snelheden, die gevonden worden bij een transport op een horizontale band, vermenigvuldigd met een factor 0.95.

De waarden **tussen haakjes** geven de bandsnelheden weer bij het gebruik van een horizontale band.

Bij het toepassen van een band met een troghoek van 30° en een bandbreedte van 60 cm is de bandsnelheid aanvaardbaar en houdt men de mogelijkheid open voor het verbreden van de band, wanneer op deze band meerdere winwerktuigen aangesloten worden.

traject II

Voor de transportbanden op traject II is een goede controle van de band mogelijk door deze band langs een (liefst) bestaande weg aan te leggen.

Controle en vervanging van onderdelen is dan snel mogelijk.

Om het transport door middel van transportbanden niet tot een gehele stop te laten komen op traject II, b.v. bij het optreden van gebreken, is het beter om meerdere transportbanden parallel toe te passen. Voor het toepassen van meerdere banden als alternatief, kan men de bandsnelheid in onderstaande tabel eenvoudig delen door het aantal banden, dat men wil gebruiken.

bandbreedte [m]	bandsnelheid in [m/s]:		
	vlakke band	troghoek 20°	troghoek 30°
0.55	(7.73) 7.34	(4.22) 4.01	(3.50) 3.33
0.60	(6.38) 6.06	(3.48) 3.31	(2.90) 2.75
0.65	(5.35) 5.08	(2.92) 2.77	(2.42) 2.30
0.70	(4.55) 4.32	(2.48) 2.36	(2.06) 1.96
0.75	(3.92) 3.72	(2.14) 2.03	(1.77) 1.68
0.80	(3.41) 3.24	(1.86) 1.77	(1.54) 1.46
0.85	(2.99) 2.84	(1.63) 1.55	(1.36) 1.29
0.90	(2.65) 2.52	(1.45) 1.38	(1.20) 1.14
0.95	(2.36) 2.24	(1.29) 1.23	(1.07) 1.02
1.00	(2.12) 2.01	(1.16) 1.10	(0.96) 0.91
1.05	(1.91) 1.81	(1.04) 0.99	(0.87) 0.83
1.10	(1.73) 1.64	(0.95) 0.90	(0.78) 0.74
1.15	(1.58) 1.50	(0.86) 0.82	(0.71) 0.67
1.20	(1.44) 1.37	(0.79) 0.75	(0.65) 0.62
1.25	(1.32) 1.25	(0.72) 0.68	(0.60) 0.57

tabel 3.4 Toe te passen bandsnelheden van transportbanden bij een afvoer van 1.250.000 ton per jaar en een werktijd van 1600 uur per jaar.

bandbreedte [m]	bandsnelheid in [m/s]:		
	vlakke band	troghoek 20°	troghoek 30°
1.00	8.48	4.62	3.84
1.05	7.65	4.17	3.46
1.10	6.93	3.78	3.14
1.15	6.31	3.44	2.86
1.20	5.77	3.15	2.61
1.25	5.30	2.89	2.40
1.30	4.88	2.66	2.21
1.35	4.51	2.46	2.04
1.40	4.18	2.28	1.89
1.45	3.89	2.12	1.76
1.50	3.62	1.98	1.64
1.55	3.39	1.85	1.53
1.60	3.17	1.73	1.44
1.65	2.97	1.62	1.35
1.70	2.80	1.52	1.27

tabel 3.5 Toe te passen bandsnelheden van transportbanden bij een afvoer van 5.000.000 ton per jaar en een werktijd van 1600 uur per jaar.

In tabel 3.5 worden de bandsnelheden gegeven bij een variërende bandbreedte en bij een hoeveelheid te transporteren materiaal van 5.000.000 ton per jaar. De transportband wordt horizontaal geplaatst, zodat geen hellingsfactoren ingevoerd hoeven te worden.

Bij een bandbreedte van 1.50 m zijn zowel banden met een troghoek van 20° als met een troghoek van 30° te gebruiken.

3.5.4 Persleiding

De persleiding is evenals de transportband zowel in te zetten op traject I als op traject II.

Het grove grind (> 32 mm) wordt niet met de persleiding, maar op alternatieve wijze naar een vaarwater vervoerd. Omdat grind getransporteerd moet worden, is het percentage vaste stof, dat samen met het water door de leiding gepompt moet worden vrij laag. Een waarde tussen 5 en 25 gewichtsprocent wordt hier aangehouden.

Uitgaande van een afvoer, die over het jaar gelijkmatig verdeeld is, zal er, afhankelijk van de concentratie vaste stof, een bepaald debiet door de leiding gepompt moeten worden. Bij elke leidingdiameter is zowel de werkelijke snelheid behorende bij dit debiet als de kritieke snelheid te bepalen. Men zal een leidingdiameter moeten kiezen, waarbij de stroomsnelheid in de leiding groter is dan de kritieke snelheid.

De aanpak van de berekening en de berekening zelf van de capaciteiten van de diverse leidingen met de daarbijhorende pompstations worden uitgebreid weergegeven in ANNEX 3.

traject I

Voor het traject I, op het water, zijn twee mogelijkheden om de specie met een persleiding naar de wal te vervoeren, namelijk een drijvende leiding of een leiding op drijvers. Door de afzonderlijke delen te verbinden met rubberen tussenstukken of door kogelscharnieren is het geheel zeer flexibel.

Bij de mechanische winwerktuigen, die geen gebruik maken van de hydraulische winmethode is het, indien voor persleidingstransport wordt gekozen, noodzakelijk direkt bij het winwerktuig een meng- en persstation te plaatsen. Omdat het mengsel bestaat uit grof tot zeer grofkorrelig materiaal zal er meer vermogen nodig zijn om het mengsel te verpompen dan wanneer men alleen water zou verpompen. Al naar gelang de afstand tot het overslagpunt zal er gebruik gemaakt moeten worden van meerdere tussenstations. Het scheiden van de specie in de verschillende fracties op de winwerktuigen heeft verstrekende gevolgen voor het toepassen van een persleiding. Er moeten dan evenzoveel persleidingen toegepast worden als er fracties zijn om deze gescheiden te kunnen houden. Deze mogelijkheid wordt hier niet verder behandeld.

- 1) bij een concentratie vast materiaal van 5 % →
leidingdiameter 900 mm met een stroomsnelheid van 6.61 m/s.
- 2) bij een concentratie vast materiaal van 10 % →
leidingdiameter 650 mm met een stroomsnelheid van 6,14 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 2 pompen van 2500 pk nodig.
- 3) bij een concentratie vast materiaal van 15 % →
leidingdiameter 550 mm met een stroomsnelheid van 4.85 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 3 pompen van 1750 pk nodig.
- 4) bij een concentratie vast materiaal van 20 % →
leidingdiameter 500 mm met een stroomsnelheid van 4.48 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 3 pompen van 1250 pk nodig.
- 5) bij een concentratie vast materiaal van 25 % →
leidingdiameter 450 mm met een stroomsnelheid van 4.61 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 4 pompen van 1000 pk nodig.

traject II

De specie wordt in het overslagpunt in gebied 10 gemengd met water, waarna het mengsel naar het overslagpunt aan de Maas gepompt wordt.

Bij het bepalen van de pompvermogens van de boosterstations is het ook van belang, een juiste diameter van de leiding te kiezen. Het is in principe mogelijk het vervoer plaats te doen vinden door één leiding, maar dan is de continuïteit van het vervoer kwetsbaar. Beter is het om uit te gaan van twee leidingen, zodat bij reparaties en onderhoud, niet het gehele vervoer stil komt te liggen. Indien de verwerking binnen gebied 10 plaatsvindt dan zullen meerdere leidingen parallel gelegd moeten worden.

De aan te leggen persleiding wordt zoveel mogelijk bovengronds aangelegd. Hiermee worden de kosten laag gehouden en onderhoud, reparaties of vervangen van buisstukken blijft mogelijk. Voor gebieden dichtbij woonkernen, hoewel getracht wordt deze daar zover mogelijk vandaan te leggen, zou gedacht kunnen worden aan een verzonken leiding.

Het transport per persleiding heeft als grote voordeel, dat de leiding evt. direkt aangesloten kan worden op een winwerktuig. In het geval dat een cutterzuiger ingezet wordt, behoeven er geen extra aanpassingen gemaakt te worden aan boord van het winwerktuig. In andere gevallen zal een persstation direkt op het winwerktuig toegepast moeten worden.

Een geheel ander facet aan het vervoer per pijpleiding is de afvoer van het water, dat gemengd wordt met de specie, uit het gebied 10. Uitgangspunt bij dit onderzoek is, dat er geen water uit gebied 10 blijvend mag verdwijnen. Men zal dus retourleidingen voor het water, dat bij het overslagpunt aan de Maas van de specie ontdaan is, aan moeten leggen.

Uit de berekening in ANNEX 3 komt naar voren, dat de specie op 3 manieren met behulp van een persleiding getransporteerd kan worden:

- 1) bij een concentratie vast materiaal van 5 % →
niet van toepassing vanwege een te grote leidingdiameter.
- 2) bij een concentratie vast materiaal van 10 % →
leidingdiameter 1150 mm met een stroomsnelheid van 7,05 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 8 pompen van 8000 pk nodig.
- 3) bij een concentratie vast materiaal van 15 % →
leidingdiameter 950 mm met een stroomsnelheid van 6,41 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 9 pompen van 5000 pk nodig.
- 4) bij een concentratie vast materiaal van 20 % →
leidingdiameter 800 mm met een stroomsnelheid van 5,88 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 12 pompen van 3750 pk nodig.
- 5) bij een concentratie vast materiaal van 25 % →
leidingdiameter 750 mm met een stroomsnelheid van 5,70 m/s.
voor het verpompen van de specie zijn 14 pompen van 3250 pk nodig.

Ook hier zullen met een kostenvergelijking de alternatieven moeten worden afgewogen. Er blijkt echter al dat voor het verpompen van grind een groot aantal pompen moet worden ingezet met grote vermogens voor het verpompen van een grind-water-mengsel met hoge concentraties vaste stof, waardoor het transport van grind naar vaarwater met een enkele persleiding niet is aan te bevelen.

3.5.5 Vrachtwagen

Bij het toepassen van een vrachtwagen is alleen het transport op traject II van belang.

In deze paragraaf zal een schatting gemaakt worden van het aantal vrachtwagens, dat ingezet moet worden om het grind uit gebied 10 te vervoeren. Hierbij spelen een aantal parameters, die gevarieerd kunnen worden, een rol: het laadvermogen van de vrachtwagen, de laadtijd, de lostijd, de gemiddelde snelheid van de vrachtwagens, met en zonder lading.

Een belangrijk punt waar bovendien op gelet moet worden, is de staat waarin de wegen verkeren. De toe te passen vrachtwagen hangt hier onmiddellijk mee samen. Vrachtwagens met grote laadvermogens zijn over het algemeen breed en stellen hoge eisen aan de draagkracht van de wegen. Als een groot aantal vrachtwagens toegepast wordt, dan moet extra aandacht geschonken worden aan de veiligheid voor de wagens zelf en voor het overige verkeer. De wegen moeten derhalve voldoende breed zijn om twee vrachtwagens te laten passeren of men moet de organisatie van het transport per vrachtwagen zó goed in de hand hebben, dat volstaan kan worden met het aanleggen van passeerplaatsen.

Als uitgangspunten voor de bepaling van het aantal in te zetten vrachtwagens is gesteld, dat de los- en laadtijd inclusief het wisselen 4 minuten zal bedragen. De snelheid, waarmee gereden kan worden over de wegen hangt van een aantal factoren: geladen of niet geladen, tegen een helling e.d. Hier wordt een snelheid aangehouden van 20 km/uur beladen en 30 km/uur onbeladen, ongeacht de grootte van de vrachtwagen, omdat aangenomen wordt, dat in grove lijnen het extra laadvermogen door een zwaardere motor gecompenseerd wordt.

In onderstaande tabel wordt per laadvermogen van de vrachtwagen het benodigd aantal vrachtwagens en de bezetting van de vrachtwagens vermeld. Tevens wordt getracht een indruk te geven in zake de bezetting van de wegen in de vorm van het aantal passages, dat de vrachtwagens op de heen- en de terugreis moeten verrichten.

laad- vermogen [ton]	benodigd aantal	volgafstand		aantal passages	
		beladen [m]	onbeladen [m]	beladen	onbeladen
20	130	117	178	105	107
25	104	147	220	85	85
30	86	178	267	70	70
35	74	208	312	60	60
40	65	234	357	53	53
45	57	267	416	45	47
50	52	300	441	43	42
55	47	326	500	38	38
60	43	357	535	35	35
65	40	394	576	33	32
70	37	416	625	30	30
75	34	468	681	28	27
80	32	500	750	25	25
85	30	535	833	23	23
90	28	576	833	23	22

tabel 3.6 Benodigd aantal vrachtwagens voor de afvoer van grind naar vaarwater over traject II bij verschillende laadvermogens.

Gezien het groot aantal passages zal een enkelbaansweg hier niet toe te passen zijn. Er moet dus al direkt gedacht worden aan het verbreden van de wegen met de daarbij behorende consequentie voor wat betreft de extra kosten van aanleg.

Omdat er evenzoveel chauffeurs nodig zijn als vrachtwagens, is het transport per vrachtwagen erg arbeidsintensief, waardoor de loonkosten bij deze transportmethode n vergelijking met de andere methoden relatief hoog worden (zie hoofdstuk 4).

3.5.6 Spoor

Een transportmethode, die kan worden toegepast op het traject II is het spoor.

Het traject, dat hiervoor genoemd is voor het gebruik van transportbanden en persleidingen zal ook hier gebruikt worden vanwege de flauwe bochten, waardoor de aanleg van bogen met een straal van 700 m mogelijk is, zonder dat deze veel ruimte innemen.

Het grootste probleem, dat optreedt bij de aanleg van het spoor, is de kruising met de spoorlijn Roermond-Sittard en de provinciale weg Roermond-Sittard. Was het bij de andere transportmethoden mogelijk gebruik te maken van bestaande kruisingen, in het geval van het spoor is dit niet het geval. Men zal nu een geheel andere oplossing voor de kruisingen moeten vinden.

Er is gekozen voor de plaatsing van een emplacement oostelijk van de spoorlijn met een aanvullend transport door middel van transportbanden of vrachtwagens naar het overslagpunt aan de Maas.

Het emplacement zal met de spoorlijn Roermond-Sittard verbonden worden om de aan- en afvoer van materieel mogelijk te maken.

Een uitgebreide berekening van de benodigde hoeveelheid materieel, dat gemoeid is met het transport van het grind uit het gebied 10 door middel van het spoor, wordt gegeven in ANNEX 4.

Een kort overzicht hiervan wordt in deze paragraaf gegeven.

Ingezet worden wagons Fals met een vervoerscapaciteit van 50 t per wagon. Voor de locs wordt de serie 2201 - 2350 gebruikt.

Bij het toepassen van het spoor heeft men de keuze uit verschillende alternatieven; hierbij komen de volgende vragen aan de orde:

- 1) hoeveel locs per trein worden er ingezet ?
- 2) wordt er enkel of dubbelspoor toegepast ?
- 3) wordt bestaand materieel van de N.S. gebruikt ?
- 4) wordt de exploitatie van het transport in beheer van de N.S. uitgevoerd ?

Bij gebruik van een enkelspoor en van treinen, die getrokken worden door 1 loc bedraagt de ingenomen ruimte ca. 12 ha. (inzet materieel: 10 locs en 240 wagons). Bij gebruik van een dubbelspoor en 1 loc: ca. 15,8 ha. Dit extra ruimtebeslag wordt gecompenseerd door een verminderde inzet van materieel van 3 locs en 72 wagons.

Bij gebruik van een enkelspoor en van treinen, die getrokken worden door 2 locs bedraagt de ingenomen ruimte ca. 16,9 ha. (inzet materieel 14 locs en 336 wagons). Bij gebruik van een dubbelspoor en 2 locs: ca. 20,6 ha. Dit extra ruimtebeslag wordt gecompenseerd door een verminderde inzet van materieel van 2 locs en 48 wagons.

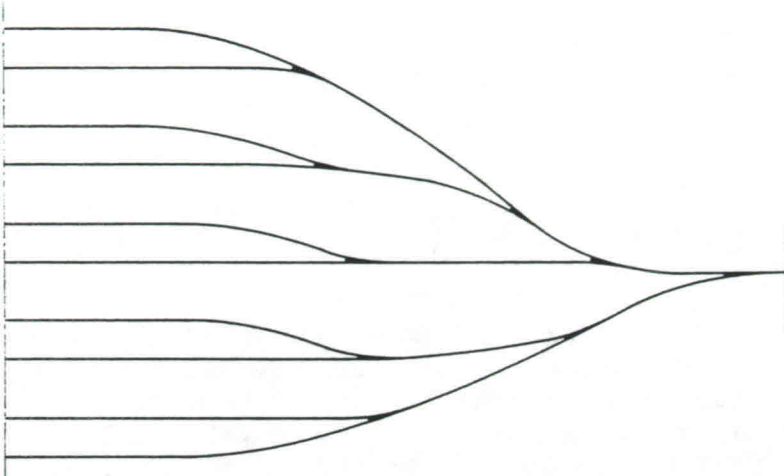
De inzet van meer dan 1 loc per trein heeft geen vermindering van materieel tot gevolg, zodat de configuratie van 1 loc met 24 wagons de voorkeur geniet boven meerdere locs per trein.

Een bijkomend voordeel van de toepassing van deze kortere treinen is het geringere ruimtebeslag van de emplacementen aan de laad- en loszijde van het baanvak.

Het feit of er een enkelspoor of een dubbelspoor toegepast moet worden hangt samen met een economische afweging tussen de extra kosten door aanleg van een extra spoor over 7,5 km en het kleiner aantal in te zetten treinen.

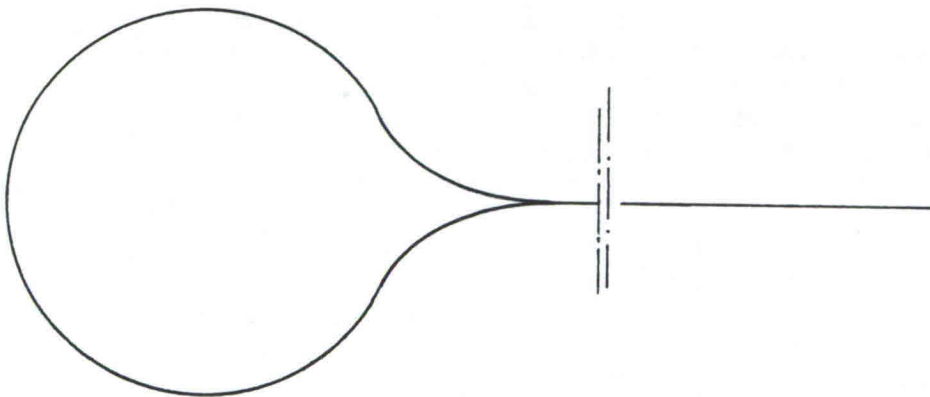
Een nadeel van het gebruik van een trein met 1 loc is, dat de loc afwisselend op kop van de trein rijdt en de trein trekt en aan de staart van de trein rijdt en deze duwt. In het tweede geval is het overzicht over het voorliggend baanvak slecht.

Deze situatie ontstaat, wanneer men een emplacement van het type I gebruikt zoals in figuur 3.6 is weergegeven. Voor een goed functioneren van het laden en het lossen zijn 10 eindsporen nodig.



figuur 3.6 Emplacement, type I.

Deze moeilijkheden vermijdt men, wanneer men overgaat tot het toepassen van een emplacement van het type II (zie onderstaande figuur), waar het laden en het lossen op een lusvormig spoor geschiedt. Op deze manier kan de loc altijd op kop van de trein rijden.



figuur 3.7 Emplacement, type II.

Bij gebruik van de lus en enkelspoor bedraagt de ingenomen ruimte ca. 7.8 ha. en bij dubbelspoor ca. 11.6 ha. (bij enkelspoor is de inzet van het materieel 12 locs en 252 wagons). Hierbij gaat men er van uit, dat het middendeel van de lus niet gebruikt wordt, en ook niet aangekocht hoeft te worden.

Tot nu toe is in dit overzicht gewerkt met materieel van de N.S. Het verdient de voorkeur om het transport in beheer van de N.S. te laten plaatsvinden, omdat dan vervanging van defekt materieel direkt plaats kan vinden en omdat het personeel, dat op de treinen rijdt, al is opgeleid en de nodige ervaring bezit.

Qua ruimte geniet het alternatief met de lus de voorkeur. Omdat juist bij het emplacement van het type II de treinen in deze opzet erg lang zijn en dus per trein een grote transportcapaciteit hebben, zou het interessant kunnen zijn om voor dit project zware locs en grotere wagons aan te schaffen, mits de spoorbaan hieraan aangepast is. Men zou dan kortere treinen krijgen, die een kleinere lus nodig hebben.

Het transport per trein vergt enige inpassingsmoeilijkheden in het landschap. Vanwege het drukke treinverkeer op het baanvak is het van essentieel belang, dat er veel aandacht aan de veiligheid besteed wordt. Men zal op meerdere punten in het traject spoorwegovergangen of zelfs ongelijkvloerse kruisingen moeten toepassen, hetgeen grote investeringen met zich mee brengt.

Naast de aanleg van een spoorlijn tussen gebied 10 en het losterrein oostelijk van de spoorlijn Roermond-Sittard zal er bovendien een aanvullend vervoer gemaakt moeten worden om het materiaal te transporteren van het losterrein naar het overslagpunt aan de Maas. Dit houdt in feite in, dat het gehele emplacement in het losterrein extra aangelegd moet worden.

3.5.7 Lichter

De lichter wordt alleen toegepast op traject I.

Wanneer binnen het gebied Stevol het transport per schip plaats zal vinden, dan zal dit zeer waarschijnlijk per binnenvaartschip gebeuren, aangezien er een rechtstreekse verbinding met een doorgaande waterweg aanwezig zal zijn.

Hoewel de afstand van het overslagstation aan de rand van het wingebied tot aan de winwerktuigen gedurende de gehele winning sterk zal variëren, wordt hier een gemiddelde vervoersafstand aangenomen van 1750 m, zoals bij iedere transportmethode op traject I. De afvoer per winwerktuig wordt gesteld op 1.250.000 ton per jaar, hetgeen overeenkomt met een productie van 435 m³ situ materiaal per uur met een dichtheid van 1,8 ton/m³.

Een aspect, dat in de modal split analyse reeds genoemd is, is de vraag waar de specie verwerkt zal worden. Juist bij het inzetten van lichters is het mogelijk om de verwerking van de specie aan boord van het winwerktuig plaats te laten vinden. Het werkschema van de lichters hangt nauw samen met de keuze van de plaats van verwerking.

In de tabel wordt de inzet bepaald van het aantal lichters bij een productie van 435 m³ verwerkte en onverwerkte specie.

Hoewel het mogelijk is de lichters met grijpers te lossen, is het gewenst om, vanwege het economische gebruik van de lichters, de lichters te lossen door middel van onderlossen. De aldus voor de kade of in de nabijheid van een ponton gestorte specie wordt vervolgens door grijpers, die zich op de kade of op een ponton bevinden, boven water gehaald en in een transportsysteem aan land gebracht.

Met onverwerkte specie is deze methode zonder veel moeilijkheden te verwezenlijken. Voor verwerkte specie bestaat het probleem, dat de verschil-

lende fracties gescheiden moeten blijven. Dit gescheiden houden van de fracties is mogelijk door afzonderlijke inhammen aan te leggen, waar de lichters hun specifieke fractie kunnen lossen (zie figuur 3..). Gemakshalve wordt gesteld, dat de hoeveelheden grind per fractie nagenoeg gelijk zijn.

Enige uitgangspunten bij deze tabel zijn:

- de vaarsnelheid van een sleepboot met een beladen lichter is 9 km/uur de vaartijd bedraagt dus $60 * (1750/9000) = 12$ minuten;
- de vaarsnelheid van een sleepboot met een onbeladen lichter is 12 km/uur de vaartijd bedraagt dus $60 * (1750/12000) = 9$ minuten;
- het vermogen van de sleepboten wordt aangepast aan de grootte van de lichters;
- de vaartijd van de verschillende groottes van lichters zal gelijk blijven, omdat telkens ook het vermogen van de sleepboot aan de grootte aangepast wordt;
- de tijd voor manoeuvreren en het wisselen van de lichters wordt op 5 minuten gehouden;
- wanneer de lichters niet door een grijper of door een andere middel geleegd worden, maar hun lading klappen, dan zal de tijd, die daarvoor nodig is 10 minuten bedragen (schatting);
- het legen van de bunkers gaat met een snelheid van 1.4 m/s bij een bandbreedte van 0,80 m. over een vlakke band, hetgeen overeenkomt met een capaciteit van ca. 150 m³/uur. (gerekend per band);

De cyclustijd in tabel 3.7 is opgebouwd uit:

- * laadtijd
- * lostijd (klappen) = 10 minuten
- * vaartijd
- * manoeuvreer- en wisseltijd = 4 * 5 minuten

lading van het schip [m ³]		laadtijd (A)	vaartijd	cyclustijd (met klappen)	benodigd aantal lichters	benodigde bunker cap.	aantal vaarten per dag
bruto	netto	[min]	[min]	[min]		[m ³]	
300	270	81	21	122 **	4	225	16
400	360	108	21	149 **	3	360	10
500	450	135	21	176 **	3	425	9
600	540	162	21	203 **	3	490	8
700	630	189	21	230 **	3	560	7
800	720	216	21	257 **	3	620	6
900	810	243	21	284 **	3	690	6
1000	900	270	21	311 **	3	750	5

** laden met twee transportbanden

tabel 3.7 Bepaling van de cyclustijd en het benodigd aantal vaarten van lichters voor de afvoer van 12.500.000 ton specie per jaar (1600 uur).

Uit tabel 3.7 blijkt, dat men een keuze zal moeten doen uit twee afwegingen. De eerste afweging betreft het aantal in te zetten lichters en de tweede overweging betreft het aantal maal dat er heen en weer gevaren zal moeten worden met een lichter.

Uitgaande van de eerste overweging zou de inzet van lichters met een inhoud van 400 m³ de beste oplossing zijn.

Met behulp van tijd-weg diagrammen kan het systeem met een lichter verder worden uitgewerkt. Het is met deze lichter mogelijk een systeem te ontwikkelen waarbij slechts één sleepboot ingezet behoeft te worden, die om de 59 minuten aan een lichter moet vastmaken.

Mogelijke combinaties van sleepboten en lichters die ingezet kunnen worden zijn:

- I. a) 1 sleepboot met 2 lichters
 b) 3 lichters
 c) 4 lichters
- II. a) 2 sleepboten met 2 lichters
 b) 3 lichters
 c) 4 lichters

Er wordt gesteld, dat 2 sleepboten ingezet worden wanneer 1 sleepboot het transport niet meer aankan.

In enkele gevallen is het mogelijk de inzet van 2 sleepboten te vermijden door het gebruiken van bunkers. In tabel 3.8 is een overzicht gegeven van de combinaties met de daarbij behorende grootte en cyclustijd van de lichter en sleepboot.

		grootte lichter	bunker	perc. van laadcapaciteit. die benut wordt	
				I.	II.
Ia	*	1740 m ³	115 m ³	100 %	79 %
	**	870 m ³	115 m ³	100 %	89 %
Ib	*	1160 m ³	—	73 %	48 %
	**	580 m ³	—	73 %	48 %
	***	385 m ³	—	73 %	50 %
Ic	*	870 m ³	—	48 %	36 %
	**	418 m ³	—	48 %	36 %

- * 1 maal laden en lossen op een dag van 8 uur \approx 480 minuten
 ** 2 maal
 *** 3 maal
 **** 4 maal
 ***** 5 maal

tabel 3.8 Overzicht van mogelijke combinaties voor de inzet van lichters en sleepboten met bijbehorende grootten en cyclustijden bij gebruik van 1 sleepboot.

Als uitgangspunt voor de bepaling van het aantal in te zetten lichters en sleepboten dient het aantal cycli, dat door een combinatie van lichters en sleepboten ingezet kan worden op 1 dag van 8 uur.

	inhoud	bunker	perc. van laadcap. I	perc. van laadcap. II
I Ib ****	290 m ³	25 m ³	100%	81%
I Ib *****	onmogelijk: progressief toenemende bunkeropslag			
I Ic ***	290 m ³	—	73%	48%
I Ic ****	217 m ³	—	72%	49%

tabel 3.9 Overzicht van mogelijke combinaties voor de inzet van lichters en sleepboten met bijbehorende grootten en cyclustijden bij gebruik van 2 sleepboten.

In de laatste twee kolommen van de tabel wordt aangegeven in welke mate de capaciteit van de transportbanden benut wordt. Onder kolom I wordt het percentage van de laadcapaciteit gegeven in het geval, dat zo min mogelijk lichters aanwezig zijn om geladen te worden, en in kolom II is dit percentage gegeven voor het maximaal aantal aanwezige lichters.

Samenvattend is de inzet van 2 sleepboten t.o.v. 1 sleepboot gunstig als men een beperking stelt aan de grootte van de lichter tot $\pm 300 \text{ m}^3$.

Tegelijkertijd vermeerdert hiermee ook het aantal vaarten per dag.

Men kan het aantal sleepboten verder vergroten zodat de grootte van de lichter kleiner wordt maar dit wordt in dit onderzoek niet verder onderzocht. Een economische afweging zal een keuze uit de verschillende combinaties mogelijk maken.

3.6 CONCLUSIES

De keuze voor inzet materieel blijkt in belangrijke mate afhankelijk te zijn van de afstand tot vaarwater. Bij de winning van grind uit gebieden nabij vaarwater kan verwerking van de specie eenvoudig bij de winwerktuigen plaatsvinden. Afvoer van grind in de door de afnemers gewenste fracties en hoeveelheden geschiedt met binnenschepen die door deze verwerkingsinstallaties bij de winwerktuigen worden geladen.

Winwerktuigen die bij deze ontginningsmethode kunnen worden ingezet zijn emmerbaggermolens, baggergrijpers en airliftzuigers. Cutterzuigers en baggerwielzuigers zijn hier minder geschikt vanwege het hydraulisch transport, waardoor verwerking niet bij de winwerktuigen kan plaatsvinden. (Zie ook tabel 3.10).

aspecten	winwerktuig				
	emmerbagger- molen	bagger- grijper	cutter- zuiger	baggerwiel- zuiger	airlift- zuiger
baggerdiepte	+	++	-	-	-
grondsoort	+	+	--	--	o
capaciteit	+	o	+	+	o
afvoer van grind (aansl. op binnensch)	+	+	-	-	+

tabel 3.10 Status-card voor inzet van winwerktuigen voor winning van grind uit het gebied Stevol.

Verwerking en afvoer van grind uit een gebied dat relatief ver van de Maas is gelegen levert aanzienlijk meer problemen op. Om het aantal transportstromen daarbij te beperken verdient het de voorkeur dat slechts transport van de onverwerkte grind plaatsvindt. De verwerkingsinstallatie kan daarbij aan vaarwater worden geplaatst. Indien het zand, dat zich in de grindlaag bevindt voor herinrichting wordt gebruikt en niet wordt afgevoerd t.b.v. de voorziening in industriezand etc., kan de scheiding van zand en grind eventueel bij de winwerktuigen of aan de rand van het grindwingebied geschieden om retourtransporten te voorkomen.

Indien door de producenten toch wordt besloten tot individuele winning van grind moet rekening worden gehouden met een oneconomische inzet van materieel.

Het voornaamste verschil tussen de ontginning van het gebied Stevol en het gebied Vlodrop zit in de afstand van het wingebied tot vaarwater, waardoor vanuit het gebied Vlodrop transport over land naar vaarwater moet plaatsvinden. Hiervoor dienen extra kosten te worden gemaakt voor onder meer mobilisatie van de winwerktuigen, overslag en transport van grind over land. De mogelijkheden voor dit transport zijn transport per spoor, vrachtwagen, persleiding of transportband.

Transport per spoor vergt aanzienlijke investeringen in infrastructuur, materieel en oppervlakte, waardoor de ontginning van het grindwingebied bij voorbaat oneconomisch is. Bij persleidingtransport moet vanwege de grote benodigde transportcapaciteiten mengsels worden verpompt met hoge concentraties vaste stof, waardoor grote slijtages en een daarmee samenhangend grote hoeveelheid oponthoud kunnen optreden. De transportkosten voor transport van grind van een grindwingebied naar vaarwater zijn in vergelijking met ontginning van gebieden nabij vaarwater "extra" kosten, die beperkt moeten blijven om de ontginningen economisch te laten zijn. In het volgende hoofdstuk wordt getracht deze extra kosten voor transport van grind naar vaarwater te schatten bij de inzet van transportbanden en vrachtwagens.

aspecten	transport- band	pers- leiding	vracht- wagens	spoor
capaciteit	+	o	--	+
materiaal (grind)	+	--	+	+
flexibiliteit mbt de capaciteit	+	-	++	+
flex. mbt aansluiting op buffer of opslag	+	--	o	o
landschap	o	o	o	--

tabel 3.11 Status-card met betrekking tot de in te zetten transportmethoden voor transport van grind van grindwingebied Vlodrop naar vaarwater.

HOOFDSTUK 4 ECONOMISCHE ASPEKTEN

Inhoud

- 4.1 INLEIDING
- 4.2 TRANSPORT OP TRAJECT II
 - 4.2.1 Inleiding
 - 4.2.2 Transportband
 - 4.2.3 Vrachtwagens
- 4.3 KOSTEN VOOR OVERSLAG EN VERWERKING
- 4.4 CONCLUSIES

4.1 INLEIDING

In het kader van dit onderzoek wordt een globale vergelijking gemaakt tussen de kosten van ontginning van een gebied nabij vaarwater en een gebied op enige afstand van vaarwater. Hiervoor zijn een tweetal gebieden reeds als voorbeeld genoemd, namelijk het gebied Stevol tussen Stevensweert, Ohé en Laak en het "gebied 10", een gebied nabij Vlodrop en Posterholt. Voor een goede vergelijking, waarbij de afstand tot vaarwater de belangrijkste variabele is dienen de overige variabelen zoveel mogelijk gelijk te worden gehouden.

Het verschil in kostprijs tussen de ontginning van de beide gebieden wordt voornamelijk veroorzaakt door de extra kostenpost voor overslag en het transport van grind naar vaarwater waarop we ons hier voornamelijk zullen concentreren.

Bij de kostenvergelijking zal worden uitgegaan van een optimale inzet van materieel. Dit heeft voornamelijk tot gevolg dat wordt gekozen voor gezamenlijk transport van grind naar vaarwater, waardoor het aantal transportstromen kan worden beperkt (ANNEX I). De plaats voor verwerking van de specie ligt bij vaarwater, alwaar de schepen direkt met de door de afnemers gewenste fracties kunnen worden geladen.

opbrengst

De opbrengst uit de ontginning is slechts afkomstig uit de opbrengst van het gewonnen materiaal. In het geval dat alleen het grind uit het gebied wordt afgevoerd, terwijl het zand wordt gebruikt voor de herinrichting om de hoeveelheid oppervlaktewater na herinrichting te beperken, zal de opbrengst van het grind de kosten van de ontgrinding volledig moeten dekken.

Indien het zand voor de produktie zal worden bestemd levert dit een aanzienlijke meeropbrengst op, terwijl de extra kosten voor de winning van het zand slechts beperkt zijn, omdat geen extra winwerktuigen behoeven te worden worden ingezet. Juist de afvoer van het zand kan de ontginning van een gebied op enige afstand van vaarwater rendabel maken. Bij het toekomstig herinrichtingsbeleid zullen deze aspecten terdege moeten worden afgewogen.

mobilisatie materieel

Niet alleen het transport van grind, maar ook het transport van de winwerktuigen naar het grindwingebied geeft extra kosten ten opzichte van de ontginning van een gebied nabij vaarwater. Bij de ontginning van een gebied nabij vaarwater is het in vele gevallen mogelijk dat een baggerwerktuig een toegang tot het grindwingebied graaft, waarover bovendien de afvoer van de grondstoffen kan plaatsvinden. Bij de ontginning van een gebied op enige afstand van vaarwater, waarbij het graven van een toegangskanaal economisch niet haalbaar blijkt dienen de winwerktuigen over land naar het betreffende gebied te worden getransporteerd.

afvoer van grind

Het voornaamste verschil tussen de ontginning van een gebied nabij vaarwater en een gebied op enige afstand van vaarwater ligt aan het feit dat voor afvoer van grind uit het grindwingsgebied op enige afstand van vaarwater extra kosten moeten worden gemaakt voor transport en overslag van grind. In paragraaf 4.2. is een globale schatting gemaakt van de transportkosten van grind naar vaarwater. Ten opzichte van de ontginning van het grindwingsgebied "Stevol" zijn dit **bijkomende kosten**.

De verschillende mogelijkheden voor winning en afvoer van grind zijn reeds behandeld in hoofdstuk 3.

De in paragraaf 4.2 behandelde transportmethoden zijn:

1. vrachtwagen;
2. transportband.

kostenplaatsen

Bij de kostenvergelijking zoals de onderhavige zullen de volgende kostenplaatsen beschouwd worden:

1. afschrijving en rente (a+r);
2. onderhoud en reparatie (o+r);
3. personeel;
4. brandstof;
5. smeermiddelen;
6. verzekering.

Zowel **afschrijving en rente** als **onderhoud en reparatie** zijn afhankelijk van de gebruiksduur en kunnen worden gegeven als een percentage van de waardenorm. Veelal worden deze kostenplaatsen gegeven in kosten per week. Met betrekking tot de kostenplaats "personeel" is bij deze kostenvergelijking slechts onderscheid gemaakt tussen twee klassen, namelijk personeel in een hoge salarisschaal en personeel in een lage salarisschaal. Aangenomen kosten per week zijn hiervoor respectievelijk f 1.200,- en f 900,-.

De hoeveelheid **brandstof en smeermiddelen** is afhankelijk van het aantal pk's en het aantal uren dat wordt gedraaid. Globaal zijn de brandstofkosten te schatten op f 0,19 per pk per uur. De kosten voor smeermiddelen zijn weer ca. 15% van de brandstofkosten.

Voor de **verzekeringskosten** is een bedrag in de orde van 24% van de "afschrijving en onderhoud" per week aangenomen.

4.2 TRANSPORT OP TRAJEKT II

4.2.1 Inleiding

In eerste instantie is in hoofdstuk 3 uitgegaan van een viertal mogelijkheden voor transport van grind naar vaarwater, namelijk:

1. transportbanden;
2. spoor;
3. persleiding.
4. vrachtwagens;

Het **spoor** is afgefallen vanwege de grote investering in infrastructuur terwijl maar over een beperkt aantal jaren kan worden afgeschreven. Bovendien hebben we hierbij te maken met een zeer groot oppervlaktebeslag, waardoor relatief veel grond zal moeten worden onteigend.

Ook de **persleiding** is in de kostenvergelijking niet nader onderzocht, omdat hierbij een groot aantal punten onbekend zijn die nader zullen moeten onderzocht. Deze punten zijn onder meer:

- de slijtage en het onderhoud bij transport van grind;
- het feit of een leiding noodzakelijk is voor retour van water naar het grindwingsgebied (afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond).
- maximum mengselconcentratie bij transport van grind, waardoor meerdere leidingen noodzakelijk kunnen blijken te zijn.

Het transport met de transportband en vrachtwagens zullen in de volgende paragrafen nader worden onderzocht.

4.2.2 Transportband

De met transportbanden te overbruggen afstand bedraagt ca. 7500 m. De transportband wordt opgebouwd uit een groot aantal elementen. Bij een elementlengte van ca. 25 m. zullen er dus 300 elementen nodig zijn. De aanschafwaarde van één element is f 45.000,=, waardoor de totale aanschafwaarde komt op f 13.500.000,=.

Bij een gebruiksduur van 7 jaar kunnen de (a+r) en (O+R) worden aangenomen op respectievelijk 0,60% en 0,35% van de waardenorm.

Per transportband is het geïnstalleerd vermogen 10 pk, zodat voor het gehele systeem het vermogen kan worden geschat op 3000 pk.

Aangenomen wordt dat het personeel bestaat uit 1 persoon in de hoge en 3 in de lage salarisschaal.

a+r	f 81.000,=
O+R	f 47.250,=
Personeel:	f 3.900,=
Brandstof:	f 22.800,=
Smeermiddelen:	f 3.420,=
Verzekering:	f 19.440,= +
Totaal:	f 177.810,=

Bij een gemiddelde grindproduktie van 125.000 ton per week bedragen de kosten voor transport van het grind over traject II: f 1,42 per ton.

4.2.3 Vrachtwagens

Het aantal toe te passen vrachtwagens is in eerste instantie afhankelijk van het laadvermogen van de vrachtwagens. Ook hier gaat het om de afvoer van 5.000.000 ton grind per jaar, maar nu over een afstand van 8500 meter. Als voorbeeld is genomen het alternatief waarvoor 65 vrachtwagens van 40 ton (ca. 350 pk) benodigd zijn. Er zijn zoveel chauffeurs nodig als er vrachtwagens zijn.

Zodoende bedragen de kosten per vrachtwagen per week:

a+r	f	4.600,=
O+R	f	3.300,=
Personeel:	f	900,=
Brandstof:	f	2.660,=
Smeermiddelen:	f	399,=
Verzekering:	f	<u>1.104,=</u> +
Totaal:	f	13.362,=

De totale kosten voor de inzet van 65 vrachtwagens van 40 ton bedragen dus f 868.530,=, zodat de kosten voor transport van grind komen op f 6,95 per ton grind, wat aanzienlijk hoger ligt dan de kosten bij inzet van transportbanden. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het intensive transport met een aanzienlijke personeelsbezetting.

4.3 KOSTEN VOOR OVERSLAG EN VERWERKING

Als tweede extra kostenpost die de ontginning van een gebied op enige afstand van vaarwater onderscheid van een gebied nabij vaarwater is de overslag en verwerking van het grind. Uitgaande van samenwerking tussen de grindproducenten en het feit dat het tussen het grind in de grindlaag aanwezige zand voor herinrichting zal worden bestemd zal in of aan de rand van het grindwingebied scheiding van zand en grind moeten plaatsvinden. Extra investeringen moeten hierdoor gedaan worden voor:

1. Installaties voor de overslag van specie aan de rand van het grindwingebied (grijperkranen);
2. Verwerkingsinstallatie voor scheiding van zand en grind (kan zowel aan boord van de winwerktuigen geschieden als aan de rand van het grindwingebied);
3. Verwerkingsinstallatie aan vaarwater voor het scheiden, wassen en zeven van grind in de gewenste fracties.

4.4 CONCLUSIES

Aan de hand van de voorgaande globale kostenvergelijking blijkt dat de extra kosten voor het transport van grind naar vaarwater in ieder geval een optimale inzet van materieel noodzakelijk maken. De kosten voor transport van het grind lopen uiteen van ca. f 1,42 per ton grind bij inzet van transportbanden tot f. 6,94 per ton grind bij inzet van vrachtwagens.

Het voornaamste verschil in de kostprijs tussen de ontginningen van de gebieden STEVOL en VLODRUP worden bepaald door de afstand van de grindwin- gebieden tot vaarwater. Daarbij komen bovendien nog de extra kosten voor overslag en verwerking (zeven, wassen en breken) van het grind, alsmede voor mobilisatie van de winwerktuigen. Hieruit blijkt al dat de afstand van een bepaald grindwingebied tot vaarwater grote invloed heeft op de kostprijs van de ontginning per ton grind.

Tabel 4.1 geeft nog een overzicht van de kostenplaatsen bij ontginning van respectievelijk de gebieden Stevol en Vlodrop. Alleen bij de post "transport traject II" is een waarde ingevuld, omdat deze het voornaam- ste verschil in kostprijs bepaalt tussen de ontginningen van de twee gebieden.

kostenplaats	STEVOL	VLODRUP
winwerktuigen		p.m.
transport traject I		p.m.
transport traject II	—	f 1,42
kwaliteitsverbetering		p.m.
overslag aan rand grindwingebied	—	p.m.
mobilisatie materieel	—	p.m.

tabel 4.1 Overzicht kostenplaatsen bij ontginning van resp. gebieden Stevol en Vlodrop. (per ton grind).

LITERATUUR

- [1.1] Grind gezocht
Planologisch Studiecentrum TNO, Vakgroep Civiele Planologie - TH
Delft
Delft 1983 (nog niet gepubliceerd)
- [1.2] Grind Geëvalueerd; (Nadere beschouwing van de tot op heden
opgestelde prognose voor nieuw op te stellen prognoses)
P. Ike
Delftse Universitaire Pers, 1985
- [1.3] Aspecten van de zand en grindvoorziening
Vereniging Het Nederlandsche Wegencongres, 's-Gravenhage
Utrecht, december 1975
- [2.1] Caterpillar Performance Handbook
Caterpillar Tractor Company
1984
- [2.2] Inleiding in de Geologie en ingenieursgeologie voor civiel
ingenieurs
P.N.W. Verhoef
Delft 1984
- [2.3] Randvoorwaarden voor het inzetten van baggermaterieel
Prof. ir. J. de Koning
Onderdeel van de cursus "Baggerwerken in kustwateren en zee-
armen"
Stichting Postacademiaal Onderwijs Civiele Techniek.
- [2.4] Mechanisch grootgrondverzet
ir. S.H. Gillebaard
TH Delft 1978
- [2.5] Ports and Dredging
Driemaandelijks huisorgaan van IHC Holland
nrs. 102 (blz. 16-17), 112 (blz. 4-7), 114 (blz. 6-10), 122.
- [2.6] Nassgewinnung von Rohkiessand
W. Glape
Delft 1980
- [2.7] Vergelijking van diverse transportmiddelen
ir. J.F.R. Andreae
Overdruk uit de syllabus van de Postacademiale Cursus Civiele
Techniek 1970: "OPSPUITEN TERREINEN"
- [3.1] Nassbagger-Systeme
Mohr & Federhaff AG
Mannheim

- [3.2] Kalksteenwinning met behulp van baggertechnieken in de direkte omgeving van de NV ENCI, in vergelijking met afgraving op het Margratenplateau
Adviesbureau voor milieuonderzoek
Utrecht 1982
- [3.3] Alluviale en mariene mijnbouw
ir. M.G. Atjak
Delft 1977
- [3.4] Bandtransporteurs
Ing. J. Verschoof
Deventer—Antwerpen 1967
- [3.5] Transport hydraulique et refoulement des mixtures et conduites.
R. Gibert
Bibl. Transporttechniek TH Delft.
- [3.6] Centrifugal Dredgepumps
IHC Dredger Division, ir. S.E.M. de Bree (MTI)
1977
- [4.1] Kostprijsberekening in het aannemersbedrijf
Dr.ir. A. Twijnstra
Alphen a/d Rijn 1966
- [4.2] Kostennormen voor aannemersmaterieel
NIVAG
Alphen a/d Rijn 1980

Verder is nog gebruik gemaakt van diverse folders en artikelen met gegevens van bagger- en transportmaterieel.

BIJLAGEN

Inhoud

ANNEX 1	Modal Split
ANNEX 2	Transportband
ANNEX 3	Persleiding
ANNEX 4	Spoor

INHOUD

1	OVERZICHT ORGANISATIEVORMEN
1.1	Situatie I
1.2	Situatie II
2	SCHIFTING
2.1	Situatie I
2.1.1	schifting
2.1.2	uitwerking
2.1.3	vergelijking
2.2	Situatie II
2.2.1	schifting bij samenvoeging
2.2.2	schifting zonder samenvoeging
2.2.3	uitwerking
2.2.4	vergelijking
3	UITGANGSCONFIGURATIES VOOR VERDERE STUDIE

MODAL SPLIT

In het onderstaande worden mogelijke organisatievormen van winning-verwerking-transport-overslag uitgewerkt.

Uitgangspunt is dat er 1 winwerktuig of meerdere winwerktuigen zijn (I en II).

De volgende codering wordt gehanteerd:

W - winwerktuig

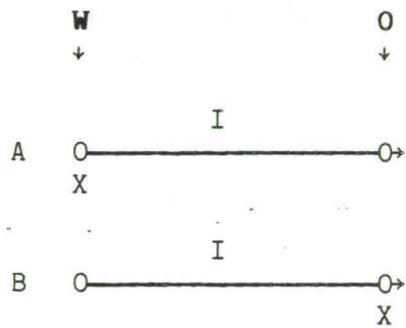
O - overslag

X - plaatsaanduiding verwerking (zeven, breken)

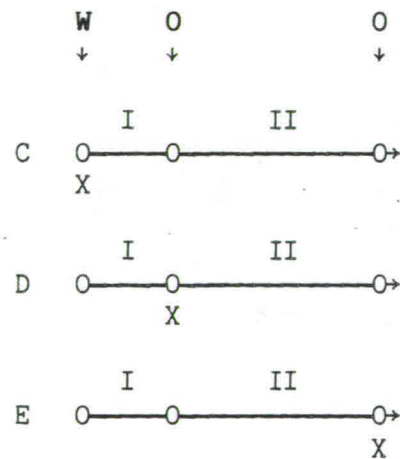
1 OVERZICHT ORGANISATIEVORMEN

1.1 SITUATIE I: 1 WINWERKTUIG

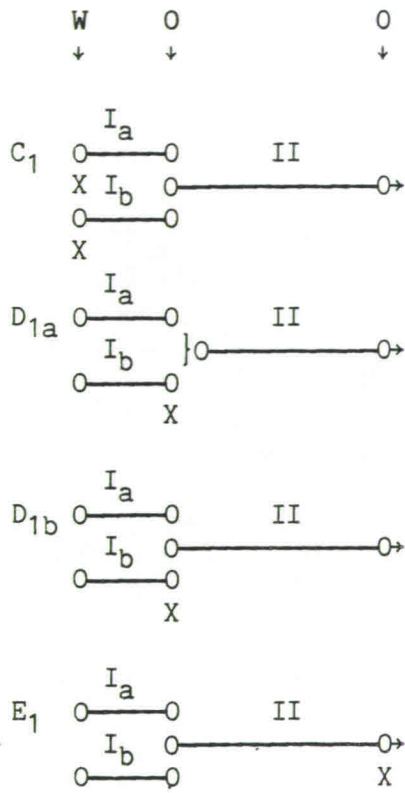
ZONDER TUSSENOVERSLAG



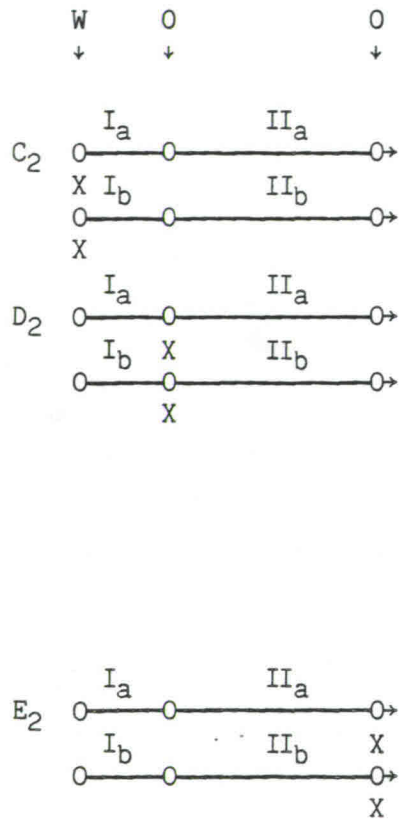
MET TUSSENOVERSLAG



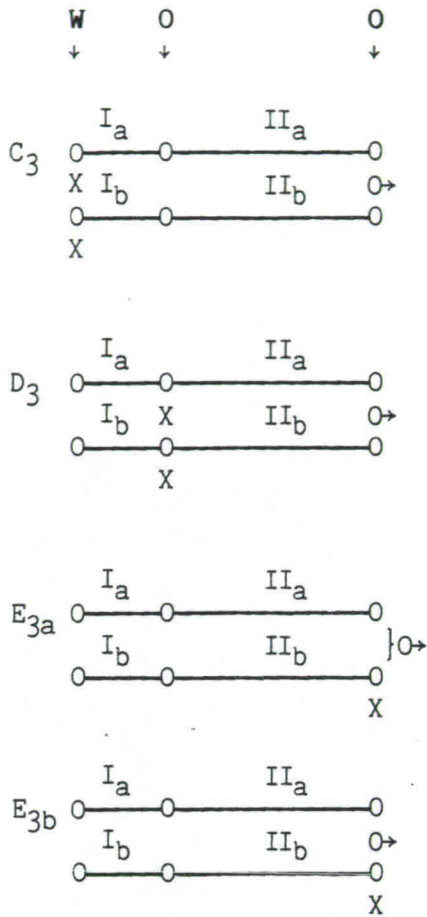
MET TUSSENOVERSLAG
 MET GECOMBINEERD LANDTRANSPORT
 MET GECOMBINEERDE EINDOVERSLAG



MET TUSSENOVERSLAG
 ZONDER GECOMBINEERD LANDTRANSPORT
 ZONDER GECOMBINEERDE EINDOVERSLAG



MET TUSSENOVERSLAG
 ZONDER GECOMBINEERD LANDTRANSPORT
 MET GECOMBINEERDE EINDOVERSLAG



2 SCHIFTING

Uit het voorgaande blijkt dat er vele configuraties van de afhandeling denkbaar zijn. Zij zijn echter niet alle even praktisch. In het onderstaande wordt daarom op praktische gronden een schifting uitgevoerd:

2.1.1 SCHIFTING VOOR SITUATIE I

Hier is alles gecombineerd. In principe zijn de ketens A-E geschikt. Een nadere beschouwing per wijze van transport laat echter zien dat enkele ketens minder geschikt kunnen zijn.

1-transport per band

Hier zijn alle configuraties mogelijk. Het feit dat na verwerking er meerdere banden benodigd zijn wordt niet bezwaarlijk geacht.
 Blijft over: A-E

2-transport per buis

STAP 1:

Gesteld wordt dat na verwerking het verdere transport liefst niet per buis zou moeten geschieden. Voor het verdere transport zouden dan evenzovele persstations als fracties benodigd zijn.

CONCLUSIE: geen buistransport na verwerking.

Blijft over: B, D(traject I) en E

3-landtransport per spoor

Hier vallen de configuraties A en B af.

Blijft over: C, D en E

4-landtransport per vrachtauto

Hier vallen de configuraties A en B af.

Blijft over: C, D en E

5-voortransport per lichter

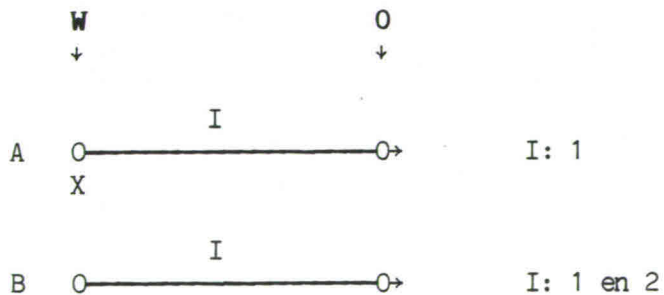
Hier vallen de configuraties A en B af.

Blijft over: C, D en E voor wat betreft traject I.

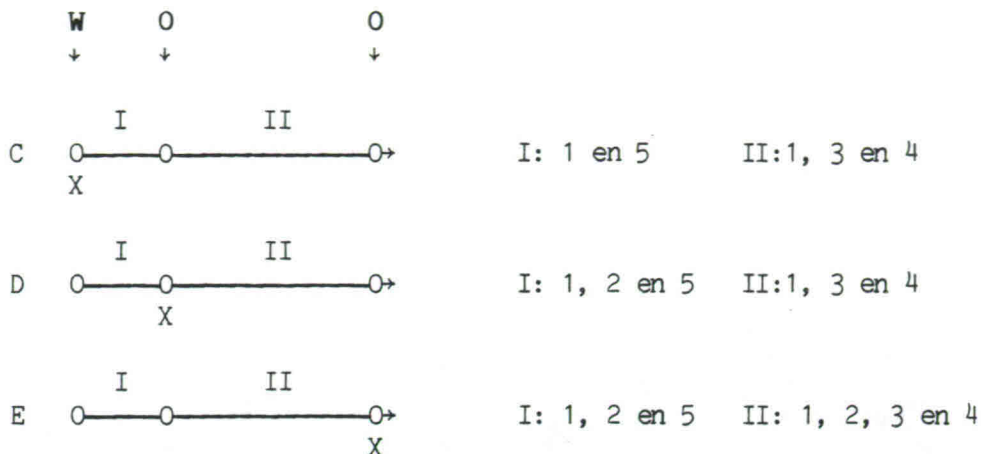
2.1.2 UITWERKING

Het voorgaande resulteert in de volgende mogelijkheden:

ZONDER TUSSENOVERSLAG



MET TUSSENOVERSLAG



Hierbij is:

- 1 - transportband
- 2 - buis
- 3 - spoor
- 4 - vrachtauto's
- 5 - lichter (demontabel)

2.1.3 VERGELIJKING

In dit stadium kan nog geen vergelijking worden gemaakt tussen verschillende transportsoorten. Wel kan tussen gelijksoortige transportsoorten een vergelijking gemaakt worden:

1,2-transport per buis of band

Het aantal benodigde transportbanen kan als maatstaf voor de totale transportkosten genomen worden. Na verwerking zullen meerdere transportbanen benodigd zijn, zodat gesteld kan worden dat de verwerking zo laat mogelijk moet geschieden, althans bij een transport per band of buis.

Dit levert:

I.g.v. traject I met 1 of 2: B, E > D > A, C

I.g.v. traject I met 5 : B, E > C, D > A

3,4-landtransport per spoor of vrachtauto

Bij het gebruik van spoor of vrachtauto vraagt het transport na verwerking niet meer transporteenheden dan voor verwerking, in tegenstelling tot het transport per buis of band. Daarom kunnen de configuraties in dit stadium als gelijkwaardig beschouwd worden.

Dit levert:

C ≈ D ≈ E

2.2 SCHIFTING VOOR SITUATIE II

Bij deze schifting kan onderscheid gemaakt worden tussen:

1 Schifting bij samenvoeging van de specie, al of niet verwerkt

In dit geval wordt uitgegaan van de configuraties:

C_1 , $D_{1a,b}$, E_1 , A_2 , $B_{2a,b}$, C_3 , D_3 en $E_{3a,b}$

2 Schifting zonder samenvoeging van de specie, al of niet verwerkt

In dit geval wordt uitgegaan van de configuraties:

A_1 , B_1 , C_2 , D_2 en E_2

2.2.1 SCHIFTING BIJ SAMENVOEGING

Ook hier zijn weer twee situaties denkbaar:

1 afzonderlijke exploitatie : aparte deelname

2 gezamenlijke exploitatie : geïntegreerde deelname

2.2.1.1 APARTE DEELNAME

STAP 1:

Bij aparte deelname is het nodig om ieders bijdrage te kunnen meten.

Omdat het lastig is bij samenvoegen van onverwerkte specie de afzonderlijke bijdragen per fractie te meten wordt gesteld dat als er samengevoegd wordt, dit pas na verwerking moet geschieden.

CONCLUSIE: bij aparte deelname pas samenvoegen na verwerking

Vallen af : D_{1b} , E_1 , B_{2b} en E_{3b}

Blijven over: C_1 , D_{1a} , A_2 , B_{2a} , C_3 , D_3 en E_{3a}

Uitgaande van de overgebleven configuraties zal nu worden bekeken in hoeverre de onderscheiden transportmethodes daarop van toepassing kunnen zijn.

1-transport per band

STAP 2:

Transport zal goedkoper zijn als parallel lopende transportschakels worden samengevoegd. Om de besparing zo groot mogelijk te laten zijn, dient zo vroeg mogelijk te worden samengevoegd.

CONCLUSIE: bij band na verwerking zo vroeg mogelijk samenvoeging

Vallen af : C_{11} , A_2 , C_3 en D_{32}

Blijven over: C_{12} , D_{1a} , B_{2a} , D_{31} en E_{3a}

waarbij de indices ¹ en ² het deel van de transportlijn aanduiden, waar de transportband toegepast kan worden.

2-transport per buis

STAP 2:

Als bij band.

STAP 3:

Het is niet handig om na verwerking het verdere transport per buis te laten geschieden. Per fractie zal dan immers een persstation benodigd zijn, hetgeen de kosten nogal hoog op zou kunnen doen lopen.

CONCLUSIE: bij buis geen transport na verwerking

Vallen af : C_{12} en D_{1a2}

Blijven over: D_{1a1} , B_{2a} , D_{31} en E_{3a}

3-landtransport per spoor

Bij het transport per spoor is de kwantiteit van de afzonderlijke bijdragen te bepalen (per wagon). De kwaliteit van de bijdragen is echter bij onverwerkte specie niet te bepalen, zodat ook hier geldt dat pas samengevoegd dient te worden na verwerking. Stap 1 is dus ook hier van toepassing.

De configuraties worden voor wat betreft het vervoer per spoor als volgt gelezen:

C_1 , D_{1a} : gezamenlijke treinen, aparte wagons

C_3 , D_3 en E_{3a} : aparte treinen, echter wel 1 spoor

De configuraties A_2 en B_{2a} zijn fysisch onmogelijk en vallen daardoor bij voorbaat af.

Blijven over: C_1 , D_{1a} , C_3 , D_3 en E_{3a} (alleen voor deel II)

4-landtransport per vrachtauto

Als bij spoor.

Blijven over: C_1 , D_{1a} , C_3 , D_3 en E_{3a} (alleen voor deel II)

5-voortransport per lichter

Overeenkomstig spoor en vrachtauto.

Blijven over: C_1 , D_{1a} , C_3 , D_3 en E_{3a} (alleen voor deel I)

2.2.1.2 GEINTEGREERDE DEELNAME

STAP 1:

Als er volledig geïntegreerd wordt kan het grind centraal verwerkt worden.

Het is dan niet nodig om de verwerking apart te laten plaats vinden.

Verwerking op de winwerktuigen zelf, zoals nu geschiedt, wordt echter nog wel toelaatbaar geacht.

CONCLUSIE: bij volledige integratie zo mogelijk geen aparte verwerking

Vallen af : D_{1a} , B_{2a} , C_3 , D_3 en E_{3a}

Blijven over: C_1 , D_{1b} , E_1 , A_2 , B_{2b} en E_{3b}

Per transportwijze zal nu een verdere schifting worden uitgevoerd.

1-transport per band

STAP 2:

Transport zal goedkoper zijn als parallel lopende transportschakels worden samengevoegd. Om de besparing zo groot mogelijk te laten zijn, dient zo vroeg mogelijk te worden samengevoegd.

CONCLUSIE: bij band na verwerking zo vroeg mogelijk samenvoeging.

Vallen af : C_{11} en A_2

Blijven over: C_{12} , D_{1b} , E_1 , B_{2b} en E_{3b}

2-transport per buis

STAP 2:

Als bij band.

STAP 3:

Het is niet handig om na verwerking het verdere transport per buis te laten geschieden. Per fractie zal dan immers een persstation benodigd zijn, hetgeen de kosten nogal hoog op zou kunnen doen lopen.

CONCLUSIE: bij buis geen transport na verwerking

Vallen af : C_{12} en D_{1b2}

Blijven over: D_{1b1} , B_{2b} , E_1 en E_{3b}

3-landtransport per spoor

De configuraties worden voor wat betreft het vervoer per spoor als volgt gelezen:

C_1 , D_{1b} en E_1 : gezamenlijke treinen, evt. aparte wagons

E_{3b} : aparte treinen, echter wel 1 spoor

De configuraties A_2 en B_{2b} zijn fysisch onmogelijk en vallen daardoor bij voorbaat af.

STAP 2:

Bij een geïntegreerde deelname lijkt het minder zinvol om aparte treinen te laten rijden.

CONCLUSIE: bij spoor geen aparte treinen

Valt af : E_{3b}

Blijven over: C_1 , D_{1b} en E_1 (alleen voor deel 2)

4-landtransport per vrachtauto

Als bij spoor, alleen zonder stap 2.

Blijven over: C_1 , D_{1b} , E_1 en E_{3b} (alleen voor deel 2)

5-voortransport per lichter

Als bij spoor en vrachtauto, zonder stap 2.

Blijven over: C_1 , D_{1b} , E_1 en E_{3b} (alleen voor deel 1)

2.2.2 SCHIFTING ZONDER SAMENVOEGING

Hier is geen verdere deling nodig. Voor de onderscheiden transportmethodes verloopt de schifting als volgt:

1,2-transport per buis of band

STAP 1:

Na verwerking is de specie in meerdere fracties verdeeld. Voor het verdere transport zijn dan evenzovele transportbanen benodigd, hetgeen in het geval dat niet samengevoegd wordt zeer kostbaar kan zijn.

CONCLUSIE: bij buis en band zo laat mogelijk verwerking.

Resultaat :

Vallen af : A_1 , C_2 en D_2

Blijven over: B_1 en E_2

3,4-landtransport per spoor of vrachtauto

De gevallen A_1 en B_1 zijn hier niet van toepassing.

De gevallen C_2 , D_2 en E_2 zijn alle toepasbaar. (voor deel 2)

5-voortransport per lichter

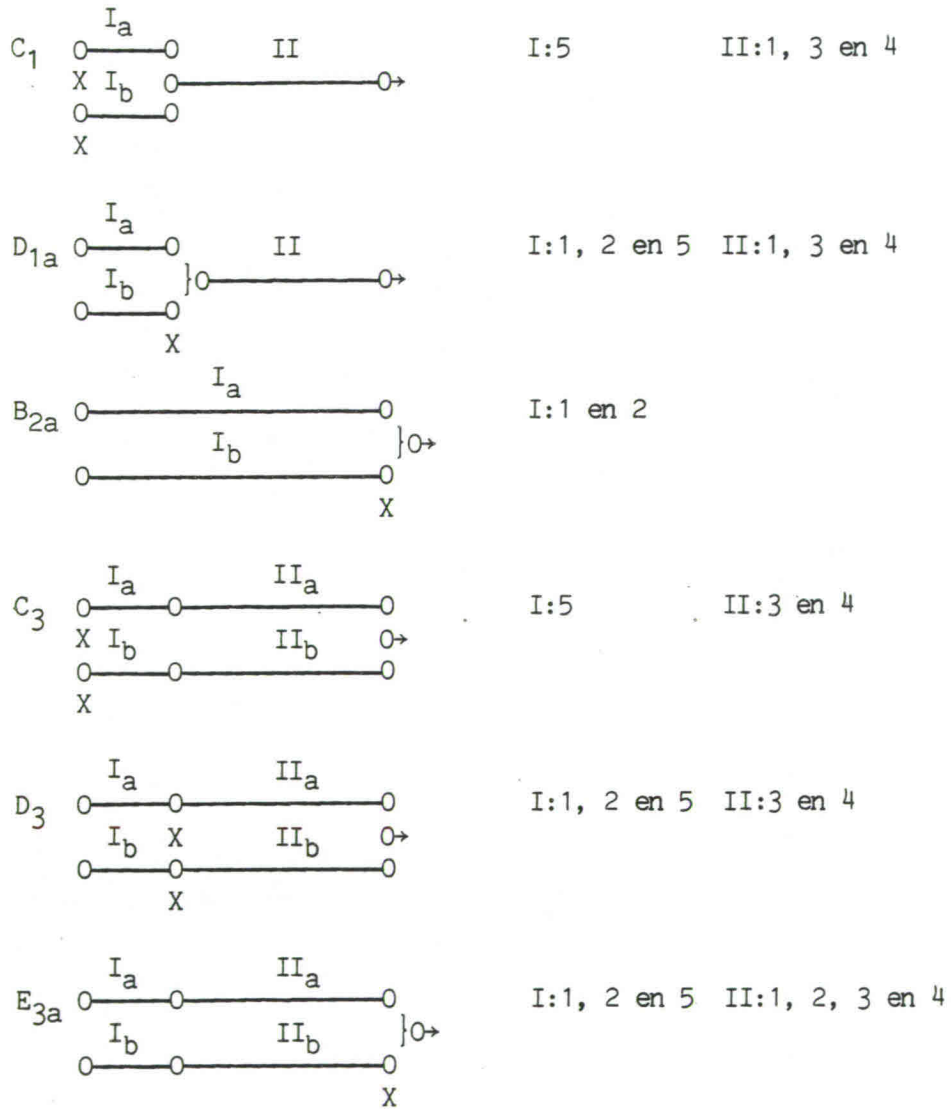
De gevallen A_1 en B_1 zijn hier niet van toepassing.

De gevallen C_2 , D_2 en E_2 zijn alle toepasbaar. (voor deel 1)

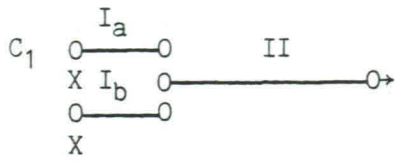
2.2.3 UITWERKING

Na de voorgaande schifting en vergelijking zijn de volgende configuraties overgebleven:

2.2.3.1 SAMENVOEGING, APARTE DEELNAME

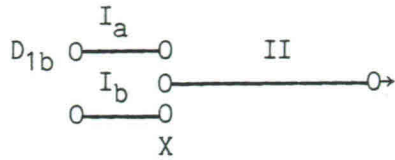


2.2.3.2 SAMENVOEGING, GEINTEGREERD



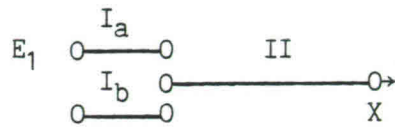
I:5

II:1, 3 en 4



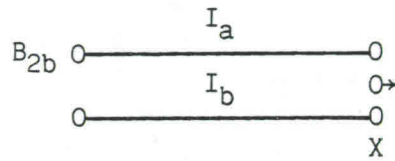
I:1, 2 en 5

II:1, 3 en 4

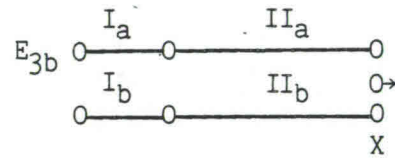


I:1, 2 en 5

II:1, 2, 3 en 4



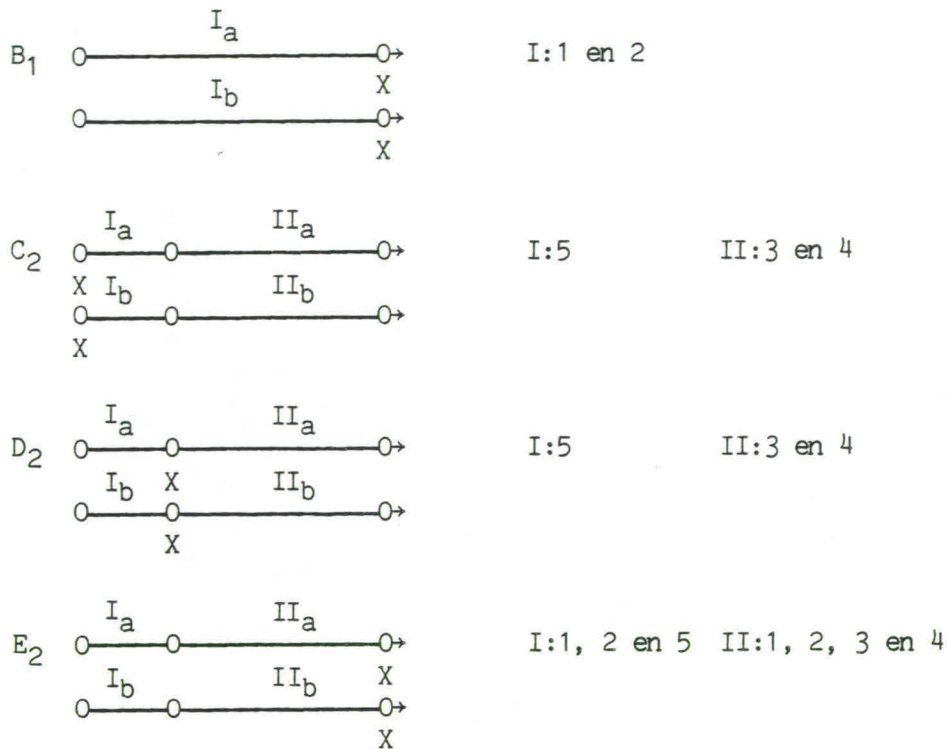
I:1 en 2



I:1, 2 en 5

II:1, 2 en 4

2.2.3.3 GEEN SAMENVOEGING



Waarbij:

- 1 : transportband
- 2 : buis
- 3 : spoor
- 4 : vrachtauto
- 5 : lichter

2.2.4 VERGELIJKING

Na de in het voorgaande uitgevoerde schifting zullen de overgebleven alternatieven met elkaar vergeleken worden.

De vergelijking geschiedt naar het aantal benodigde overslagstations, het aantal verwerkingsinstallaties en het aantal benodigde transportbanden/-buisen. Gezien het feit dat het aantal benodigde lichters, spoorwagens en vrachtauto's onafhankelijk is van het al of niet verwerkt zijn van de spacie en ook niet afhankelijk is van al of niet samenvoeging, vindt op basis van deze transportmethodes geen vergelijking plaats.

In de onderstaande TABEL 1 is weergegeven hoeveel stuks van alles benodigd zullen zijn in alle onderscheiden configuraties:

TABEL 1 ALGEMEEN

	aantal banden/ buisen		aantal overslagstations	aantal verwerkingsinst.
	dl.I	dl.II		
A1	X * Y	n.v.t.	X	X
B1	X	n.v.t.	X	X
C2	X * Y	X * Y	X + X	X
D2	X	X * Y	X + X	X
E2	X	X	X + X	X
C1	X * Y	Y	2	X
D1a	X	Y	X + 2	X
D1b	X	Y	2	1
E1	X	1	2	1
A2	X * Y	n.v.t.	1	X
B2a	X	n.v.t.	X + 1	X
B2b	X	n.v.t.	1	1
C3	X * Y	X * Y	X + 1	X
D3	X	X * Y	X + 1	X
E3a	X	X	2X + 1	X
E3b	X	X	X + 1	1

Waarbij: X : aantal winwerktuigen

Y : aantal fracties na verwerking.

Voor de overgebleven configuraties wordt dit nog een keer op een rijtje gezet:

2.2.4.1 SAMENVOEGING, APARTE DEELNAME

TABEL 2	C ₁	D _{1a}	B _{2a}	C ₃	D ₃	E _{3a}
aantal banen I	—	X	X	—	X	X
(band, buis) II	Y	Y	n.v.t.	—	—	X
aantal overslag	2	X + 2	X + 1	X + 1	X + 1	2X + 1
aantal verwerking	X	X	X	X	X	X

2.2.4.2 SAMENVOEGING, GEINTEGREERD

TABEL 3	C ₁	D _{1b}	E ₁	B _{2b}	E _{3b}
aantal banen I	—	X	X	X	X
(band, buis) II	Y	Y	1	n.v.t.	X
aantal overslag	2	2	2	1	X + 1
aantal verwerking	X	1	1	1	1

2.2.4.3 GEEN SAMENVOEGING

TABEL 4	B ₁	C ₂	D ₂	E ₂
aantal banen I	X	—	—	X
band, buis) II	n.v.t.	—	—	X
aantal overslag	X	2X	2X	2X
aantal verwerking	X	X	X	X

3 UITGANGSCONFIGURATIES VOOR VERDERE STUDIE

Ondanks de hierboven uitgevoerde schifting blijven er nog vele configuraties mogelijk. Voor de onderhavige studie is het in de eerste plaats nodig om daaruit enkele configuraties te kiezen die een vergelijking tussen alle verschillende transportvormen mogelijk maken. Zodoende worden de uitgangskonfiguraties:

3.1 SITUATIE 1

Alleen E is voor alle transportmethodes mogelijk.

3.2 SITUATIE II

3.2.1 SAMENVOEGING, APARTE DEELNAME

B_{2a}, C₁, D_{1a}, C₃ en D₃ bevatten niet alle transportmethodes meer. Alleen E_{3a} is voor alle transportmethodes mogelijk.

3.2.2 SAMENVOEGING, GEINTEGREERD

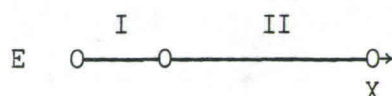
Hier blijven E₁ en E_{3b} mogelijk, waarvan E₁ de betere mogelijkheid is.

3.2.3 GEEN SAMENVOEGING

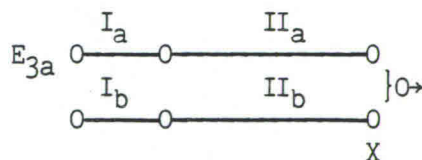
Alleen E₂ is voor alle transportmethodes mogelijk.

3.3 RECAPITULATIE

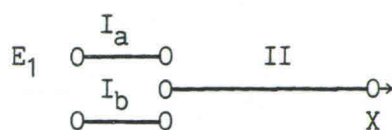
Situatie I : E
- huidige winmethode;



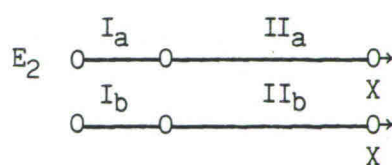
Situatie II
sam. apart : E_{3a}
- meerdere winwerktuigen;
- samenvoeging bij vaarwater;



sam.geInt. : E₁
- meerdere winwerktuigen;
- samenvoegen aan de rand
van het grindwingebied;



niet sam. : E₂
- meerdere winwerktuigen;
- geen samenvoeging;



TRANSPORTBANDEN

Inleiding

Eén van de transportmethoden, die in staat is tot het transport van grote hoeveelheden in korte tijd is de transportband. Door lange elementen van transportbanden op elkaar aan te sluiten is het mogelijk deze grote hoeveelheden tevens over zeer grote afstanden te transporteren.

Afmetingen van bandtransporteurs zijn eigenlijk niet vast te stellen, maar de meest gangbare breedtes liggen tussen 500 mm en 2600 mm. Hierbij zijn voor korte afstanden snelheden van 4-6 m/sec normaal, terwijl maximaal snelheden voorkomen tot 10 m/sec.

Bij inzet van transportbanden voor transport van grind over grote afstanden moet de bandsnelheid van de achtereenvolgende banden steeds toenemen om het risico van ophopingen bij toevallige lagere snelheden te vermijden. Bij toename van de bandsnelheid is de transportband gevoeliger voor slijtage.

Tweedimensionaal transport is voor één bandtransporteur zonder meer haalbaar; in bijzondere gevallen is ook driedimensionaal transport mogelijk. Om hellingen in het terrein te overwinnen of om wegen te kruisen zal men in sommige gevallen banden toe moeten passen, die geprofileerd zijn. Voor hellingen tot ca. 20° zijn ongeprofileerde banden te gebruiken. Tot ca. 40° zijn er geprofileerde banden met b.v. een Chevronprofiel (zie figuur A2.1), en tot ca. 90° speciaal aangepaste banden.

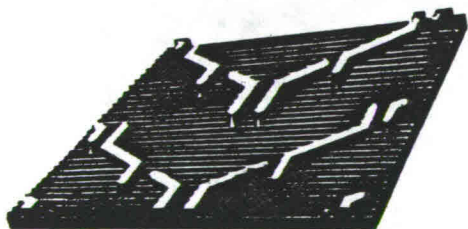
toelaatbare hellingshoeken

De toelaatbare hellingshoek bij fijn grind is:

- * 15° op ongeprofileerde band
- * 20 - 25° op Chevronprofielband

De toelaatbare hellingshoek bij nat zand is:

- * 20 - 22° op ongeprofileerde band
- * 30 - 40° op chevronprofielband.



figuur A2.1 Transportband met "Chevron"-profiel.

capaciteit

De vervoerscapaciteit van een transportband is voor los gestort materiaal te bepalen met de formule:

$$Q_v = 36 * A * v * k \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

met: Q_v = vervoerscapaciteit in $[\text{m}^3/\text{h}]$
 A = de oppervlakte van het beladingsprofiel in $[\text{dm}^2]$
 v = bandsnelheid in $[\text{m}/\text{sec}]$
 k = vullingscoëfficiënt voor hellende banden ($k < 1$)
 B = bandbreedte in $[\text{m}]$

Voor horizontale, vlakke banden geldt dus:

$$Q_v = 240 * v * (0.9 * B - 0.05)^2 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$A = \frac{(0.9 * B - 0.05)^2}{0.15} \quad \text{dm}^2$$

Als de zijrolstellen een hoek maken van 20° met de horizontaal, dan geldt:

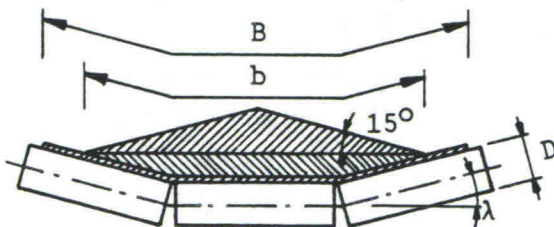
$$Q_v = 440 * v * (0.9 * B - 0.05)^2 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$A = \frac{(0.9 * B - 0.05)^2}{0.082} \quad \text{dm}^2$$

Als de zijrolstellen een hoek maken van 30° met de horizontaal, dan geldt:

$$Q_v = 530 * v * (0.9 * B - 0.05)^2 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$A = \frac{(0.9 * B - 0.05)^2}{0.068} \quad \text{dm}^2$$



$$b = 0,9B - 0,05 \text{ m.}$$

figuur A2.2 Breedte van transportbanden.

De waarden voor k (voor hellende banden) zijn gegeven in de volgende tabel. (δ is de hellingshoek) Volgens DIN.

δ	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°
k	1	.99	.98	.97	.95	.93	.91	.89	.85	.81
	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(.98)	(.96)	(.95)	(.94)	(.93)

δ	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
k	.78	.76	.73	.71	.68	.66	.64	.61	.59	.56

tabel A2.1 Waarden voor k bij verschillende hellingshoeken van de transportband.

Deze waarden zijn relatief ongunstig. Tussen haakjes staan de waarden die in de praktijk voor k kunnen worden aangehouden.

De tabellen A2.2 en A2.3 geven voor verschillende te transporteren hoeveelheden materiaal de relatie tussen de bandbreedte en de daarbij behorende bandsnelheid om de gewenste capaciteit te behalen. Hierbij is een hellingshoek van de banden van 10° aangehouden. De waarden tussen haakjes in tabel A2.2 geven de benodigde snelheden bij transport met een horizontale band (0°). Bij de berekening is uitgegaan van een werktijd van 1600 uur per jaar.

bandbreedte [m]	bandsnelheid in [m/s]:		
	vlakke band	troghoek 20°	troghoek 30°
0.55	(7.73) 7.34	(4.22) 4.01	(3.50) 3.33
0.60	(6.38) 6.06	(3.48) 3.31	(2.90) 2.75
0.65	(5.35) 5.08	(2.92) 2.77	(2.42) 2.30
0.70	(4.55) 4.32	(2.48) 2.36	(2.06) 1.96
0.75	(3.92) 3.72	(2.14) 2.03	(1.77) 1.68
0.80	(3.41) 3.24	(1.86) 1.77	(1.54) 1.46
0.85	(2.99) 2.84	(1.63) 1.55	(1.36) 1.29
0.90	(2.65) 2.52	(1.45) 1.38	(1.20) 1.14
0.95	(2.36) 2.24	(1.29) 1.23	(1.07) 1.02
1.00	(2.12) 2.01	(1.16) 1.10	(0.96) 0.91
1.05	(1.91) 1.81	(1.04) 0.99	(0.87) 0.83
1.10	(1.73) 1.64	(0.95) 0.90	(0.78) 0.74
1.15	(1.58) 1.50	(0.86) 0.82	(0.71) 0.67
1.20	(1.44) 1.37	(0.79) 0.75	(0.65) 0.62
1.25	(1.32) 1.25	(0.72) 0.68	(0.60) 0.57

tabel 3.4 Toe te passen bandsnelheden van transportbanden bij een afvoer van 1.250.000 ton per jaar en een werktijd van 1600 uur per jaar.

bandbreedte [m]	bandsnelheid in [m/s]:		
	vlakke band	troghoek 20°	troghoek 30°
1.00	8.48	4.62	3.84
1.05	7.65	4.17	3.46
1.10	6.93	3.78	3.14
1.15	6.31	3.44	2.86
1.20	5.77	3.15	2.61
1.25	5.30	2.89	2.40
1.30	4.88	2.66	2.21
1.35	4.51	2.46	2.04
1.40	4.18	2.28	1.89
1.45	3.89	2.12	1.76
1.50	3.62	1.98	1.64
1.55	3.39	1.85	1.53
1.60	3.17	1.73	1.44
1.65	2.97	1.62	1.35
1.70	2.80	1.52	1.27

tabel 3.5 Toe te passen bandsnelheden van transportbanden bij een afvoer van 5.000.000 ton per jaar en een werktijd van 1600 uur per jaar.

ANNEX 3 DE PERSLEIDING

DE PERSLEIDING

Inleiding

Enige parameters, die een belangrijke rol spelen bij de berekening van persleidingen zijn:

- 1) de aard van het materiaal, dat verpompt wordt
- 2) de hoeveelheid materiaal, die verpompt wordt
- 3) de afstand, waarover het mengsel verpompt wordt
- 4) de geaccidenteerdheid van het terrein, waar de leiding doorheen loopt
- 5) de diameter van de leiding
- 6) het toepassen van afsluiters, bochten en andere appendages
- 7) de kritische mengselsnelheid

Uit een berekening van de weerstand in de persleiding met gebruikmaking van zojuist genoemde parameters kan het benodigde aantal en vermogen van de pompen bepaald worden.

Indien water of een mengsel van water met een vaste stof door een leiding stroomt, ondervindt het een weerstand. Om het water of het mengsel door de leiding te kunnen laten stromen, moet er aan het begin van de leiding een zodanige druk aanwezig zijn, dat de drukverliezen t.g.v leidingweerstand, weerstand t.g.v. bochten, afsluiters en flenzen gecompenseerd worden. Deze druk kan door één of meerdere pompen geleverd worden.

De berekening van de leidingweerstand en van de benodigde druk wordt hier uitgevoerd aan de hand van het werk van R. Gibert. [ref....]

Uitgangspunten bij de berekening van de capaciteit van de persleiding

- * in het gebied 10 maakt grind ongeveer 40 % uit van de grindlaag, die daar voorkomt. 60 % van de grindlaag bestaat uit zand. (de waarde van 40 % grind t.o.v. 60 % zand is afgeleid uit boorgegevens van de R.G.D.
- * het gewonnen zand wordt slechts binnen gebied 10 getransporteerd. Na het transport over traject I zal het zand worden opgeslagen en later voor aanvulling aangewend worden.
- * van het gewonnen grind bestaat 10 % uit grof grind ($D > 32.4$ mm). Gezien de problemen die grof grind kan veroorzaken in een persleiding-systeem (vastlopen pompwaaiers e.d.) wordt er vanuit gegaan dat het grove grind op alternatieve wijze naar een vaarwater getransporteerd zal worden. Voor traject I worden eventuele problemen voor lief genomen.
- * binnen gebied 10 moet per jaar 12.5 miljoen ton grind + zand afgevoerd worden. Verdeeld over 10 winwerktuigen wordt dit 1.25 miljoen ton per winwerktuig per jaar, hetgeen overeenkomt met 780 ton per uur (433 in situ m^3 per uur), wanneer er uitgegaan wordt van een werktijd van 1600 uren per jaar.
- * om in de gewenste produktie te voorzien tijdens piekafvoeren wordt ervan uitgegaan capaciteitvergroting zal plaatsvinden door een toename van het aantal draaiuren, waardoor bij de capaciteitsberekening kan worden uitgegaan van een gemiddelde uurproduktie. Onderhoud en reparatie vinden buiten de periode van 1600 uur plaats.
- * per jaar moet 40 % van 12.5 mln ton = 5 miljoen ton grind uit het gebied 10 afgevoerd worden, hetgeen overeenkomt met de produktie van 1981 van Panheel. Deze 5 miljoen ton komt neer op 3125 ton per uur (1740 situ m^3 per uur).

* er wordt gerekend met een zevental mengselconcentraties met respectievelijk 5, 10, 15, 20, 25, 30 en 35 gewichtsprocent vaste stof.

* voor het persen van zand + grind moet men de fictieve sleepcoëfficiënt

$$\text{berekenen volgens: } \sqrt{C_x} = p_1 * \frac{\sqrt{gd_1}}{w_1} + p_2 * \frac{\sqrt{gd_2}}{w_2} + \dots$$

waarbij: p_n = gem. percentage van een korrel met diameter d_n

d_n = nominale diameter van een korrel ($\approx d_{50}$)

w_n = valsnelheid van een korrel met diameter d_n

* voor het transport over traject II wordt $\sqrt{C_x}$ op 0.62 gesteld (overeenkomstig Gibert).

De berekening verloopt als volgt:

1. Bepaal de hoeveelheid materiaal, die getransporteerd moet worden;
2. Neem aan in welke concentratie dit materiaal in water getransporteerd wordt (C_t);
3. Bepaal de korrelgrootte van het materiaal, dat getransporteerd moet worden. Bereken $\sqrt{C_x}$ (als $d_n > 4$ mm dan $\sqrt{C_x} = 0.62$);
4. Bereken het debiet van het mengsel (Q);
5. Bepaal de diameter (D) van de leiding, waar het materiaal door getransporteerd wordt ;
6. Bereken de minimum snelheid, waarbij nog juist geen bezinking optreedt met de formule: $V_k = K * \sqrt{g * D}$. In de praktijk neemt men een veilige marge van 10%, dus $V_k = 1.1 V_k$.
(voor grof materiaal $d_n > 4$ mm heeft K de waarde 2.1)
7. Bereken de werkelijke stroomsnelheid uit:
 $V = Q / \text{opp. van de doorsnede van de buis}$
8. Bereken het getal van Reynolds:
 $Re = V * D / \nu$
9. Bereken de weerstandscoefficiënt van de leiding uit (hydraulisch gladde situatie):
 $\lambda = 0.0032 + 0.211 / Re^{0.237}$;
10. Bereken de leidingweerstand bij het verpompen van schoon water:
 $J_e = \lambda * V^2 / 2 * g * D$;
11. De weerstand met mengsel in de leiding wordt nu gevonden uit:
 $J = J_e (1 + \phi * C_t)$,
waarin:
 $\phi = (\sqrt{C_x} * v^2 / g * D)^{-1.5} * 180$;
12. J en J_e worden uitgedrukt in meters waterkolom [mWK / m'];
13. Door J te vermenigvuldigen met de leidinglengte is de totale weerstand van de leiding te bepalen ten gevolge van het verpompen van het mengsel.

Bij het toelaten van een bepaalde mengselsnelheid moet men erop letten, dat deze snelheid hoger ligt dan de kritieke snelheid, waar bezinking optreedt. In de praktijk neemt men aan: $V_{\text{mengsel}} > 1.1 V_k$ (6). Door een leidingdiameter te kiezen, waarbij de werkelijke snelheid juist iets groter is dan 1.1 maal de kritieke snelheid, zal men zo min mogelijk vermogen hoeven toe te passen. Deze leidingdiameter verschilt per concentratie bij een vastgestelde hoeveelheid te transporteren materiaal. Bij de uit de berekening volgende leidingdiameter worden vervolgens de benodigde pompen gekozen.

Aan het begin van de leiding moet het mengsel op de gewenste snelheid gebracht worden. Dit vergt een bepaalde druk: $v^2 / 2g * \gamma_m$. Aangezien deze snelheid slechts éénmaal toegevoerd hoeft te worden en vrij laag is, wordt deze verwaarloosd in de berekening van de persleiding.

Voorbeeld: een snelheid in een leiding van 6 m / sec en een soortelijk gewicht van het mengsel van 1.2 ton / m³ geeft een snelheidsdruk van $36 / 20 * 1.2 = 2.2$ mWk. Deze is aan de zuigzijde dus wel van belang, aangezien hier slechts 6 á 7 mWk zuigdruk gerealiseerd kan worden.

Uitgangspunten bij de berekening van het aantal pompen

Speciale weerstandsverliezen treden op als gevolg van het onderbreken van de gladde wand van de leiding. Deze onderbrekingen kunnen bijvoorbeeld zijn: bochten, afsluiters en de flenzen.

Gibert geeft de weerstand in de bochten op als zijnde lager dan de normale leidingsweerstand: deze aanname is gebaseerd op praktijkproeven en kan gebaseerd zijn op het feit, dat na elke bocht het mengsel tijdelijk omgewoeld wordt, zodat een betere verdeling van de korrels in het mengsel op kan treden (Gibert).

De bochten worden zodoende alleen met de waterweerstand J_e berekend, waarbij 2 bochten van 45° gelijk gesteld worden aan een 1 maal een 90°-bocht. Kogels worden gelijkgesteld aan 2 maal een 90° bocht [Gibert, lit 3.5].

Volgens Gibert is de weerstand van één 90°-bocht : $\Delta h = 0.225 * \frac{v^2}{2g}$ [mWk].

De totale weerstand als gevolg van kogels en bochten van 45° en 90° , uitgedrukt in meters waterkolom, wordt opgeteld bij de leidingweerstand.

Hier komt nog bij:

Voor traject I:

-hoogteverschil waterspiegel-maaiveld * $\gamma_m \approx 4 * \gamma_m$

-zuigdruk van 6 á 7 mWk

-om vacuum in persleiding voor tussen station te voorkomen moet het mengsel daar met 1 atmosfeer overdruk aankomen (= 10 mWk)

Voor traject II:

-hoogteverschil begin- en eindpunt persleiding * $\gamma_m \approx -12 * \gamma_m$
(eindpunt ligt lager als beginpunt).

-zuigdruk van 6 á 7 mWk (van beginpomp)

-als bij traject I: 10 mWk ter voorkoming vacuum

Bepaling van de leidingweerstand voor de beide trajecten geschiedt dus respektievelijk met de volgende formules:

$$I: L_{\text{leiding}} * (\text{weerstand/m}^{\prime}) + (\Delta h * \text{equiv. aantal bochten}) + 4 * \gamma_m + 17$$

$$II: L_{\text{leiding}} * (\text{weerstand/m}^{\prime}) + (\Delta h * \text{equiv. aantal bochten}) - 12 * \gamma_m + 17$$

Is zodoende de totale benodigde opvoerhoogte berekend, dan kan het aantal pompen bepaald worden door die opvoerhoogte te delen door de manometrische opvoerhoogte (H_{man}) van de pomp. De pomp wordt zodanig gekozen dat deze H_{man} ongeveer 55 mWk bedraagt.

Vervolgens kan het benodigde vermogen van de pomp bij benadering bepaald worden middels:

$$N = \frac{H_{\text{man}} * Q}{75 * \eta} \quad [\text{pk}]$$

waarin: H_{man} : de opvoerhoogte van de pomp in mWk = 55 mWk.
 Q : het debiet in l/sec
 η : rendement van de pomp = 0.70
 N : vermogen aan de as

zodat: $N = 1,05 * Q \quad [\text{pk}]$.

Berekening traject I (lengte 1750 m)

Hoewel op traject I ook fijne deeltjes meegevoerd worden, wordt de drukverhoging, die optreedt ten gevolge van de schijnbare viscositeit als gevolg van de fijne deeltjes niet meegenomen in de berekening (het effect hiervan is < 5% verhoging op de leidingweerstand).

Het gemiddelde mengseldebiet is afhankelijk van het percentage vaste stof in het mengsel. Voorbeeld: Een mengsel met 10 gewichtsprocent vaste stof bevat 4,02 volumeprocent ofwel 106,6 ton vaste stof per m³ mengsel. Bij een behoefte van 780 ton per m³ is het mengseldebiet 7314 m³ per uur ofwel 2,03 m³/s. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gewenste mengseldebieten bij verschillende concentraties.

percentage vaste stof		hoeveelheid vaste stof	soortelijk gewicht mengsel	gemiddeld mengseldebiet	
[gew%]	[vol%]	[ton/m ³]	[ton/m ³]	[m ³ /uur]	[m ³ /s]
5	1,95	0,051	1,032	15.114	4,20
10	4,02	0,107	1,066	7.314	2,03
15	6,24	0,165	1,102	4.714	1,31
20	8,62	0,228	1,142	3.414	0,95
25	11,17	0,269	1,184	2.634	0,73
30	13,92	0,369	1,230	2.114	0,59
35	16,82	0,448	1,277	1.743	0,48

tabel A3.1 Bepaling van gewenste mengselsnelheden en mengseldebieten bij verschillende mengselconcentraties.

In tabel A3.1 wordt de kritieke snelheid, de werkelijke stroomsnelheid en de leidingweerstand per m⁵ gegeven bij verschillende mengsels, waarbij de gewenste leidingdiameter is bepaald aan de hand van de meest economische mengselsnelheid, die juist boven de kritieke snelheid ligt.

De beste combinaties van concentratie en leidingdiameter zijn:

vaste stof [gew%]	diameter leiding [mm]	kritieke snelheid [m/sec]	werkelijke snelheid [m/sec]	leiding weerstand [mWk/m']
5%	900	6,24	6,61	0,03
10%	650	5,30	6,14	0,04
15%	550	4,88	5,52	0,06
20%	500	4,65	4,84	0,07
25%	450	4,41	4,61	0,08
30%	400	4,16	4,68	0,10
35%	350	3,89	5,04	0,11

tabel A3.2 Leidingweerstand bij diverse mengselconcentraties en leidingdiameters (traject I).

Voor de berekening van de is het aantal haakse bochten geschat op 3, het aantal bochten van 45° op 2 en het aantal kogelscharnieren eveneens op 2. Het equivalent aantal bochten van 90° komt zodoende op $3 + (2 \cdot 0,5) + (2 \cdot 2) = 8$.

Tabel A3.2 geeft de uitkomsten van de pompcapaciteitsberekening bij een leidinglengte van 1750 m. en een benodigde produktie van 1.250.000 ton per winwerktuig per jaar met een werktijd van 1600 uur.

De weerstand van de leiding is bepaald met de formule van blz....

$$I: L_{\text{leiding}} * (\text{weerstand/m}') + (\Delta h * \text{equiv. aantal bochten}) + 4 * \gamma_m + 17$$

gew%	leiding-diameter	v [m/s]	H [mWk/m']	γ_m [ton/m³]	H	aantal pompen	N [pk]
5	900	6,60	0,03	1,032	78	2	4400
10	650	6,12	0,04	1,066	95	2	2410
15	550	5,51	0,06	1,102	129	3	1555
20	500	4,84	0,07	1,142	146	3	1127
25	450	4,61	0,08	1,184	164	4	866
30	400	4,68	0,10	1,230	199	4	700
35	350	5,04	0,11	1,277	217	4	570

tabel A3.3 Overzicht van het benodigd aantal pompen en benodigd pompvermogen bij diverse mengselconcentraties en leidingdiameters (traject I).

Nogmaals moet worden opgemerkt dat het hier nog steeds om een benadering gaat voor een globale bepaling van het aantal pompen en het gewenste vermogen. Indien voor de betreffende methode wordt gekozen verdient het aanbeveling dieper op deze materie in te gaan.

Berekening traject II

Over traject II dient tenminste 90% van 5.000.000 ton ofwel 4.500.000 ton grind per jaar te worden getransporteerd. De overige 10% (grove grind) wordt op alternatieve wijze naar doorgaand vaarwater getransporteerd.

In tabel A3.4 wordt een overzicht gegeven van de benodigde mengseldebieten bij verschillende mengselconcentraties. Aan de hand van deze benodigde mengselconcentraties kunnen de leidingweerstand, leidingdiameter en mengselsnelheid worden bepaald (tabel A3.5), overeenkomstig de op blz. A3-3 getoonde wijze. Voor het mengsel met een gewichtspercentage vaste stof van 5% blijkt de mengselsnelheid en de leidingdiameter te hoog te worden, zodat dit alternatief niet verder is onderzocht.

percentage vaste stof		hoeveelheid vaste stof	soortelijk gewicht mengsel	gemiddeld mengseldebiet	
[gew%]	[vol%]	[ton/m ³]	[ton/m ³]	[m ³ /uur]	[m ³ /s]
5	1,95	0,051	1,032	55.137	15,32
10	4,02	0,107	1,066	26.280	7,30
15	6,24	0,165	1,102	17.042	4,73
20	8,62	0,228	1,142	12.333	3,43
25	11,17	0,269	1,184	10.453	2,90
30	13,92	0,369	1,230	7.621	2,12
35	16,82	0,448	1,277	6.277	1,74

tabel A3.4 Bepaling van gewenste mengselsnelheden en mengseldebieten bij verschillende mengselconcentraties.

vaste stof [gew%]	diameter leiding [mm]	kritieke snelheid [m/sec]	werkelijke snelheid [m/sec]	leiding weerstand [mWK/m']
5%				
10%	1150	7,05	7,06	0,05
15%	950	6,41	6,66	0,06
20%	800	5,88	6,81	0,08
25%	750	5,70	5,98	0,10
30%	700	5,50	5,51	0,13
35%	600	5,09	6,18	0,14

tabel A3.5 Leidingweerstand bij diverse mengselconcentraties en leidingdiameters (traject II).

Ook voor traject II kan vervolgens een schatting worden gemaakt van het benodigd aantal pompen met bijbehorende capaciteit.

gew%	leiding- diameter	v m/s	Δh [mWk]	H [mWk/m']	γ_m [ton/m ³]	H	aantal pompen	N [pk]
5			niet van toepassing					
10	1150	7,06	0,57	0,05	1,066	392	8	7665
15	950	6,41	0,51	0,06	1,102	465	9	4967
20	800	5,88	0,53	0,08	1,142	615	12	3602
25	750	5,70	0,41	0,10	1,184	759	14	3045
30	700	5,50	0,35	0,13	1,230	985	18	2226
35	600	5,09	0,44	0,14	1,277	1062	20	1827

tabel A3.6 Overzicht van het benodigd aantal pompen en benodigd pompvermogen bij diverse mengselconcentraties en leidingdiameters (traject I).

HET SPOOR

Inleiding

Het spoor wordt, zoals in de modal split analyse al is vermeld, alleen op traject II toegepast.

Berekening van het benodigde materieel voor de afvoer van het grind uit gebied 10.

Ingezet worden wagons Fals met een vervoerscapaciteit van 50 ton. Als locs wordt de 2201 - 2350 serie gebruikt. Aangezien op het traject een gemiddelde snelheid van 20 km/uur kan worden gerealiseerd zal de trekkracht van deze serie zijn : 8350 kg

De benodigde trekkracht hangt af van het aantal wagons, dat achter de loc gekoppeld wordt en of deze al of niet beladen zijn. Verder is de benodigde trekkracht eveneens afhankelijk van de baanweerstand, de baanweerstand in de bogen en de luchtweerstand. Deze laatste is te verwaarlozen.

Wanneer een helling in het traject opgenomen is, dan komt er nog een extra weerstand bij. In dit geval komt er wel een helling voor in het traject, maar deze helling zal voor de beladen trein juist in het voordeel werken, omdat gebied 10 hoger ligt dan het overslagterrein aan de Maas.

Baanweerstand: $W = W_h + W_s + W_r + W_l$ [in kg/ton treingewicht]

waarin: W totale weerstand in kg per ton treingewicht

W_h baanweerstand op horizontaal recht spoor

W_s extra baanweerstand op een helling

W_r extra baanweerstand in bogen

W_l luchtweerstand

De rolweerstand (W_h) in kg per ton treingewicht is voor zowel de beladen trein als voor de onbeladen trein 3.5 o/oo hetgeen overeenkomt met 3.5 kg/ton. De extra rolweerstand ten gevolge van een helling (W_s) wordt hier verwaarloosd, evenals de luchtweerstand.

De extra rolweerstand in de bogen bedraagt $700/r$ o/oo, waarbij de r de straal van de boog is. Als straal wordt hier voor elke boog genomen 700 m, zodat de boogweerstand 1 o/oo bedraagt ofwel 1 kg/ton.

De totale weerstand bedraagt dus 4.5 kg/ton.

Voor een wagon Fals met een vulgewicht van 50 en een eigen gewicht van 24.5 ton zal de totale benodigde trekkracht moeten zijn:

$$74.5 * 4.5 = 335 \text{ kg.}$$

De totaal af te voeren hoeveelheid materiaal uit gebied 10 is 5 miljoen ton per jaar. Dat wil zeggen, dat per uur 3125 ton afgevoerd moet worden. ($5.000.000/40 * 40 = 3125 \text{ ton/uur}$)

Enige andere uitgangspunten zijn:

- de laadtijd van één wagon fals wordt op 2 minuten gesteld
- de lostijd van één wagon fals wordt op 1/2 minuut gesteld
- het verschuiven van de wagons bij het laden en het lossen wordt op 10 minuten per treineenheid van 1 loc gehouden.
- de snelheid, waarmee de treinen, beladen en onbeladen over het baanvak rijden bedraagt 20 km/uur
- de snelheid, waarmee de treinen over het baanvak rijden is gelijk ongeacht of er 1 of 2 of 3 locs ingezet worden per trein. De trein wordt namelijk bij toepassen van steeds 1 loc extra, verlengd met 24 wagons extra.
- de snelheid, waarmee de treinen in het rangeergebied rijden bedraagt 4 km/uur.
- tussen de laatste trein op het baanvak en de eerste trein in tegenovergestelde richting zit een tijd van 3 minuten.

Een zo gunstig mogelijk gebruik van het baanvak houdt direkt in, dat er in konvooi gereden moet worden. Anders gezegd: de treinen rijden achter elkaar, terwijl alle treinen óf beladen óf onbeladen zijn. De tijd tussen twee opeenvolgende treinen, dat wil zeggen tussen de staart van de ene trein en de kop van de volgende trein, bedraagt 1 minuut. De eigenlijke volgtijd van kop tot kop, is afhankelijk van de lengte van de trein.

In een berekening zal nu het aantal in te zetten treinen bepaald worden aan de hand van het aantal locs, dat per trein ingezet wordt. Achtereenvolgens zullen treinen met 1 loc en 2 locs behandeld worden.

1 loc

Achter één loc van het bovengenoemde type kunnen dus maximaal $8350 / 335 = 24$ wagons van het type Fals gekoppeld worden.

De totale lengte van de trein bedraagt $24 * 13.5 \text{ m} + 1 * 14 \text{ m} = 338 \text{ m}$
De tijd, die een trein erover doet om een eindpunt van het baanvak te passeren bij een snelheid van 4 km/uur bedraagt 6 minuten.

De volgtijd van twee achtereenvolgende treinen bedraagt 7 minuten.

De hoeveelheid materiaal, die met één trein vervoerd wordt bedraagt $24 * 50 = 1200 \text{ ton}$.

Uit bovenstaande gegevens blijkt, dat men per uur $3125 / 1200 = 2.60$ treinen moet vullen om 3125 ton af te voeren.

Met deze gegevens is de cyclustijd van één trein te bepalen:

reistijd heen	:	22.5	minuten
reistijd terug	:	22.5	minuten
rangeertijd	:	5	minuten (laadzijde) *2
rangeertijd	:	5	minuten (loszijde) *2
laadtijd	:	48	minuten
schuiftijd	:	10	minuten
lostijd	:	12	minuten
schuiftijd	:	10	minuten
<hr/>			
totaaltijd	:	145	minuten

Hierbij moet nog de tijd opgeteld worden, die er nodig is om de gehele trein van het baanvak te rijden aan het einde van het rangeergebied. Deze bedraagt in dit geval $2 * 6$ minuten = 12 minuten.

De totaaltijd bedraagt dus : 157 minuten.

Vanwege de cyclustijd, die meer dan een uur bedraagt, zullen er meerdere treinen ingezet moeten worden dan bovengenoemd aantal van 2.60. Het totaal aantal in te zetten treinen bedraagt $157/60 * 2.60 = 7$ treinen.

Wanneer 7 treinen achter elkaar vertrekken, dan is er een tijdsduur van 52 minuten verstreken tussen het passeren van de eerste trein over het eindpunt tot het passeren van de laatste trein over het eindpunt van het baanvak. Aan de zijde van het lossterrein staat inmiddels de eerste trein 30 minuten te wachten alvorens te kunnen vertrekken.

Aan de zijde van het laadterrein is de eerste trein nog 6 minuten bezig met laden, alvorens te kunnen vertrekken.

De cyclustijd van de treinen wordt door de wachttijd verlengd tot 187 minuten, hetgeen onaanvaardbaar is, want men zou dan $187/60 * 2.60 = 9$ treinen in moeten zetten.

Men zal meer treinen in moeten zetten; na een iteratie blijkt, dat het gewenst aantal treinen 10 is.

Het gebruikte materieel is samenvattend: 10 locs en 240 wagons.

Wanneer het laden en het lossen beide binnen een tijdsduur van 52 minuten zouden kunnen plaatsvinden, dan zou het voldoende zijn om 7 treinen in te zetten.

Het benodigde materieel is dan : 7 locs en 168 wagons.

Zou het laden en het lossen toch niet binnen 52 minuten kunnen geschieden dan bestaat het alternatief van een dubbelspoor met een benodigd materieel van eveneens 7 locs en 168 wagons.

2 locs

Een alternatief op een enkelspoor is het gebruik van tweemaal zo lange treinen. Bij het gebruik van twee locs wordt verondersteld, dat zij een tweemaal zo grote trekkracht hebben als 1 loc.

Achter twee locs van het bovengenoemde type kunnen dus maximaal $16700 / 335 = 48$ wagons van het type Fals gekoppeld worden. De hoeveelheid materiaal, die met 1 trein vervoerd kan worden bedraagt nu 2400 ton.

De totale lengte van de trein bedraagt $48 * 13,5 \text{ m} + 2 * 14 \text{ m} = 680 \text{ m}$
De tijd, die een trein erover doet om een eindpunt van het baanvak te passeren bij een snelheid van 4 km/uur bedraagt 11 minuten.

De volgtijd van twee achtereenvolgende treinen wordt 12 minuten. De overige uitgangspunten blijven gelijk aan de uitgangspunten, die zojuist genoemd zijn. Om een goed overzicht te behouden over het baanvak is het gewenst de twee locs aan weerszijden aan de trein te koppelen; één voor de trein en één achter de trein. Zo is het mogelijk zowel op de heenreis als op de terugreis met een loc aan de kop van de trein te rijden.

De cyclustijd van één trein bedraagt:

reistijd heen	: 22.5	minuten
reistijd terug	: 22.5	minuten
rangeertijd	: 10	minuten (loszijde) *2
rangeertijd	: 10	minuten (laadzijde) *2
laadtijd	: 96	minuten
schuiftijd	: 20	minuten
lostijd	: 24	minuten
schuiftijd	: 20	minuten
<hr/>		
totaaltijd	: 245	minuten

Hierbij moet nog opgeteld worden de tijd, die er nodig is om de gehele trein van het baanvak te rijden aan het einde van het rangeergebied. Deze bedraagt in dit geval $2 * 10 = 20$ minuten.

De totaaltijd bedraagt dus: 265 minuten.

De hoeveelheid materiaal, die nu met één trein vervoerd wordt, bedraagt: 2400 ton, hetgeen neerkomt op een gebruik van $3125 / 2400 = 1.30$ treinen per uur als de cyclustijd 1 uur zou bedragen.

Het totaal in te zetten treinen bedraagt nu $265 / 60 * 1.30 = 6$ treinen. Als er 6 treinen achter elkaar vertrekken, dan zijn er 75 minuten verstreken tussen het moment, waarop de eerste trein het rangeerpunt is gepasseerd en de laatste trein het rangeerpunt is gepasseerd. Aan de zijde van het losterrein staat inmiddels de eerste trein 31 minuten te wachten alvorens te kunnen vertrekken. Aan de zijde van het laadterrein is de eerste trein nog bezig met het laden en het zal nog 41 minuten duren eer deze trein zal vertrekken.

De cyclustijd wordt door de wachttijd van 31 minuten verlengd tot 296 minuten, hetgeen ontoelaatbaar is, want dan zou men $296 / 60 * 1.30 = 7$ treinen in moeten zetten.

Na deze iteratie blijkt, dat 7 treinen het gewenste aantal is om 3125 ton per uur af te voeren.

Het gebruikte materieel is samenvattend: 14 locs en 336 wagons.

Wanneer men het laden en het lossen binnen 75 minuten zou kunnen volbrengen, dan zouden er 6 treinen ingezet hoeven te worden met als materieel: 12 locs en 288 wagons.

Zou het laden en het lossen niet binnen 75 minuten kunnen geschieden, dan zou men over kunnen gaan tot het toepassen van een dubbelspoor met een benodigde hoeveelheid materieel van eveneens 12 locs en 288 wagons.

lengte sporen

Aan de beide kopeinden van het baanvak moeten er rangeerterreinen aangelegd worden, waar een soepel verloop van het laad- en losgebeuren moet plaatsvinden. Er is gekozen, uitgaande van 5 fracties als er verwerkte specie vervoerd wordt, voor twee evenwijdige sporen per fractie, zodat enig oponthoud door twee treinen, die dezelfde fractie vervoeren tot een minimum beperkt wordt. Er wordt hierbij vanuitgegaan dat de fracties alle even groot zijn qua volume.

Een bijkomend nadeel van deze aanpak ligt in de verlenging van de laad- en de lossterreinen. Als men stelt, dat de lengte van de korte trein (1 loc) ± 325 m bedraagt, dan is er bij de laad- en losplaats een lengte van de eindsporen nodig van 640 m.

Als de treinen tweemaal zolang gemaakt worden, dan wordt deze lengte ± 640 m en de lengte van de eindsporen aan de laad- en aan de loszijde 1280 m.

De lengte van de sporen op het rangeerterrein bedraagt (geschat) 3000 m.

De benodigde lengte van de sporen en de benodigde ruimte, die deze sporen met de losfaciliteiten innemen worden in onderstaande berekeningen weergegeven.

Uitgangspunten voor het bepalen van de ingenomen ruimte zijn:

- * op het baanvak en in het rangeerterrein neemt het spoor een ruimte van 5 m breed in beslag
- * op de eindsporen neemt het spoor een breedte van 7.5 m in beslag
- * het laadterrein in gebied 10 neemt wel ruimte in beslag, maar deze ruimte is een onderdeel van gebied 10, zodat deze niet extra aangekocht moet worden.

LENGTE SPOOR BIJ TOEPASSING VAN 1 LOC.

LENGTE SPOOR BIJ TOEPASSING VAN 1 LOC.		INGENOMEN RUIMTE	
baanvak	: 7500 m	7500 * 5	= 37500 m ²
laadterrein	: 10 * 640 = 6400 m		
losterrein	: 10 * 640 = 6400 m	6400 * 7.5	= 48000 m ²
rangeerterreinen	: 2 * 3000 = 6000 m	6000 * 5	= 30000 m ²
overige ruimte			5000 m ²
<hr/>		<hr/>	
totale lengte	: 26300 m	totale ruimte	: 120500 m ²

Bij toepassing van een dubbelspoor wordt de totale lengte : 33800 m
 en de totale ruimte : 158000 m²

LENGTE SPOOR BIJ TOEPASSING VAN 2 LOCS.

baanvak	: 7500 m	7500 * 5	= 37500 m ²
laadterrein	: 10 * 1280 = 12800 m		
losterrein	: 10 * 1280 = 12800 m	12800 * 7.5	= 96000 m ²
rangeerterreinen	: 2 * 3000 = 6000 m	6000 * 5	= 30000 m ²
overige ruimte			5000 m ²
<hr/>		<hr/>	
totale lengte	: 39100 m	totale ruimte	: 168500 m ²

Bij toepassing van een dubbelspoor wordt de totale lengte : 46600 m
 en de totale ruimte : 206000 m²

alternatief

Een alternatief is gelegen in de vorm van het emplacement, waar het materiaal geladen en gelost wordt. Tot nu toe is er vanuitgegaan, dat de eindsporen, waar de laad- en de losinstallaties aan gelegen zijn, evenwijdig aan elkaar zouden liggen.

Bij dit alternatief wordt ervan uitgegaan, dat de eindsporen de vorm van een lus hebben, één aan elke kant van het baanvak. Het voordeel van dit alternatief is drieledig:

- * men rijdt altijd vooruit
- * de lengte van de treinen heeft geen sterke invloed meer op de lengte van het laad- en het loosterrein (hierover verderop meer)
- * organisatie wordt eenvoudiger

Er wordt nu uitgegaan van een totaal aantal in te zetten treinen van 3.
 1 trein is aan het laden
 1 trein is aan het lossen
 1 trein is onderweg van het laadterrein naar het loosterrein of omgekeerd

In de figuur A4.1 wordt een en ander verduidelijkt.



figuur A4.1 Emplacement in de vorm van een lus.

De hoeveelheid af te voeren materiaal bedraagt 3125 ton/uur.

Hiervoor zijn nodig $3125 / 50 = 63$ wagons.

Wanneer men per trein 63 wagons zou toepassen, dan zou men 3 locs per trein nodig hebben en dan zou de tijd, die deze trein nodig heeft om geheel van het baanvak af te komen (afrijksnelheid 4 km/uur), 14 minuten bedragen. Het baanvak is derhalve $22.5 + 14 = 36.5$ minuten bezet.

De cyclustijd is afhankelijk van de bezettingstijd van het baanvak door twee treinen en bedraagt dus 73 minuten.

Door deze verhoging van de cyclustijd van 60 minuten naar 73 minuten, zal de lengte van de trein vergroot moeten worden.

Door de lengte van de trein te vergroten tot 76 wagons per trein is het mogelijk de gestelde norm van 3125 ton/uur te halen. De cyclustijd bedraagt in dat geval: 77 minuten, hetgeen wederom een aanpassing behoeft van het aantal wagons. Na enige iteraties blijkt het aantal wagons, dat ingezet moet worden om 3125 ton/uur af te voeren, 84 te zijn.

Om dit grote aantal wagons per trein te kunnen trekken zijn 4 locs nodig per trein. Het totaal aantal locs bedraagt 12 en het totaal aantal wagons bedraagt 252.

De lengte van de laad- en loslus moet tweemaal de lengte van een trein bedragen, omdat zowel op de lengte van de lossende trein gerekend moet worden als op de aankomende trein.

De lengte van de lus is $2 * (84 * 13.5 + 4 * 14) = 2380$ m.

Dit houdt in een cirkel met een straal van 380 m.

Een voorwaarde voor het toepassen van de lus is dat het laden en het lossen van de treinen niet zodanig veel tijd in beslag mag nemen, dat de cyclustijd hierdoor verlengd wordt.

Uitgangspunt bij het bepalen van de ingenomen ruimte:

- * op het baanvak neemt het spoor een breedte van 5 m in beslag
- * ter plaatse van de lus bedraagt de breedte van de ingenomen ruimte 15 m
- * omdat bij toepassing van de lus de naast elkaar liggende eindsporen niet gecombineerd kunnen worden, zoals bij het traditionele emplacement het geval is, zal nu een ingenomen ruimte van 7.5 m aan weerszijden van het spoor aangehouden worden

LENGTE VAN HET SPOOR BIJ TOEPASSING VAN DE LUS		INGENOMEN RUIMTE
baanvak	: 7500 m	$7500 * 5 = 37500 \text{ m}^2$
laadterrein	: 2380 m	
losterrein	: 2380 m	$2380 * 15 = 35700 \text{ m}^2$
overige ruimte		5000 m ²
<hr/>		<hr/>
totale lengte	: 12260 m	totale ruimte : 78200 m ²

Bij toepassing van een dubbelspoor is de cyclustijd afhankelijk van de laad- en lostijd van de treinen. Aangezien de laad- en lostijd van de treinen in dit geval langer zal duren dan de rijtijd over het baanvak, moet hier rekening gehouden worden met een ruimte voor twee treinen in één lus.

De totale lengte van de sporen bedraagt : 19760 m.
en de totale ingenomen ruimte bedraagt : 115700 m²

Opbouw van het spoor

constructie onderbouw

Hier wordt vanwege de eis snelheden < 40 km/uur baanklasse II toegepast. Basis van de onderbouw is een zandlaag met daar bovenop een grindlaag van ca. 10 cm dik (korreldiameter 5/40 mm). Hierboven wordt het ballastbed aangebracht.

Het ballastbed bestaat uit een laag grofkorrelig en ongebonden materiaal met een dikte van 30 cm, gerekend vanaf de onderkant van de dwarsligger tot aan de bovenkant van de tussenlaag.

Een mogelijkheid voor een materiaal, dat geschikt is voor toepassing in het ballastbed is steenslag met een korreldiameter van 30/60 mm.

Op dit moment past de N.S. voor het ballastbed voornamelijk steenslag toe in plaats van grind.

De toe te passen railsoort is de vingoleraail.

De levensduur van deze rails is zodanig, dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met een vervanging van de rails in de loop van de werkzaamheden in gebied 10.

De dwarsliggerafstand voor betonnen tweebloksdwarsliggers (lengte 2.20 - 2.30 m) wordt op 75 cm gehouden.

Voordelen van betonnen dwarsliggers zijn:

- groot gewicht → hoge stabiliteit (nadeel hiervan: moeilijk hanteerbaar)
- lange levensduur
- eenvoudige fabricage

bogen

Volgens de VTG worden door de N.S. bij het ontwerpen van baanvakken bij voorkeur de boogstralen zodanig gezoen, dat geen verkanting behoeft te worden toegepast.

De maximum snelheid, die op dit traject toelaatbaar is bedraagt 40 km/uur, waardoor het transport in de door de N.S. gehanteerde spoorklasse D terecht zal komen.

Bij dergelijke lage snelheden kunnen bogen met een boogstraal van 700 m toegepast worden.

Conclusie

Het transport per trein vergt enige inpassingsmoeilijkheden in het landschap. Vanwege het drukke treinverkeer op het baanvak is het van essentieel belang, dat er veel aandacht aan de veiligheid besteed wordt. Men zal op meerdere punten in het traject spoorwegovergangen of zelfs ongelijkvloerse kruisingen moeten toepassen, hetgeen grote investeringen met zich mee brengt.

Naast de aanleg van een spoorlijn tussen gebied 10 en het losterrein oostelijk van de spoorlijn Roermond-Sittard zal er bovendien een aanvullend vervoer gemaakt moeten worden om het materiaal te transporteren van het losterrein naar het overslagpunt aan de Maas. Dit houdt in feite in, dat het gehele emplacement in het losterrein extra aangelegd moet worden.

Bij gebruik van een enkelspoor en van treinen, die getrokken worden door 1 loc bedraagt de ingenomen ruimte 12 ha. (inzet materieel: 10 locs en 240 wagons). Bij gebruik van een dubbelspoor en 1 loc: 15.8 ha. Dit extra ruimtebeslag wordt gecompenseerd door een verminderde inzet van materieel van 3 locs en 72 wagons.

Bij gebruik van een enkelspoor en van treinen, die getrokken worden door 2 locs bedraagt de ingenomen ruimte 16.9 ha. (inzet materieel 14 locs en 336 wagons). Bij gebruik van een dubbelspoor en 2 locs: 20.6 ha. Dit extra ruimtebeslag wordt gecompenseerd door een verminderde inzet van materieel van 2 locs en 48 wagons.

Bij gebruik van de lus en enkelspoor bedraagt de ingenomen ruimte 7.8 ha en bij dubbelspoor 11.6 ha. (bij enkelspoor is de inzet van het materieel 12 locs en 252 wagons). Hierbij gaat men er van uit, dat het middendeel van de lus niet gebruikt wordt.

Bij het toepassen van een traditioneel emplacement zonder lus lijkt het gebruik van treinen met 1 loc de voorkeur te verdienen boven het gebruik van treinen met 2 locs. Of hierbij verder enkelspoor of dubbelspoor toegepast moet worden is afhankelijk van een kostenvergelijking. Hetzelfde geldt voor de keuze tussen het toepassen van treinen met 1 loc en het toepassen van treinen met 4 locs met een lusvormig losspoor.

Qua ruimte geniet het alternatief met de lus de voorkeur. Het zou interessant kunnen zijn om voor dit project zware locs en grotere wagons aan te schaffen, mits de spoorbaan hieraan aangepast is. Men zou dan kortere treinen krijgen en tevens een kleiner aantal treinen.

