

## 4 RULES FOR THE USE OF BUILDING MATERIALS

The category into which a building material falls determines what is or is not permitted or required with a building material and what conditions must be complied with for its use. The category also determines the procedural requirements the owner or principal has to comply with. These include reporting the use of building materials. This is summarised in the table below.

	REMOVING BUILDING MATERIALS (DUTY OF REMOVAL)	MINIMUM QUANTITY TO BE USED	REPORT TO COMPETENT AUTHORITY BEFORE USING BUILDING MATERIAL (DUTY TO REPORT)		SUBMITTING INFORMATION ON REQUEST OF AUTHORITY (DUTY TO PROVIDE INFORMATION)	ISOLATION MEASURES
			SOIL	WATER		
CLEAN EARTH	no	no	no	yes, 2 days prior to use	yes, up to 1 year after initial use	no
CATEGORY 1 BUILDING MATERIAL (excluding earth)	yes	no	no	yes, 2 days prior to use	yes, up to 5 years after initial use	no
CATEGORY 1 EARTH	yes	50 m <sup>3</sup>	yes, 2 days prior to use or via permit application <sup>1)</sup>	yes, 2 days prior to use	n/a, already done via report	no
CATEGORY 2 BUILDING MATERIAL	yes	10,000 tonnes (1,000 tonnes in the case of road foundations)	yes, 1 month prior to use or via permit application <sup>1)</sup>	n/a (WVO <sup>2)</sup> permit)	n/a, already done via report	yes
SPECIAL CATEGORY bottom ash from waste incinerators	yes	10,000 tonnes	yes, 1 month prior to use or via permit application <sup>1)</sup>	n/a (WVO <sup>2)</sup> permit)	n/a, already done via report	yes
TARRY ASPHALT AGGREGATE	yes	10,000 tonnes (1,000 tonnes in the case of road foundations)	yes, 1 month prior to use or via permit application <sup>1)</sup>	n/a (WVO <sup>2)</sup> permit)	n/a, already done via report	yes
1) Permit granted under Housing Act, Environmental Management Act or Spatial Planning Act 2) Pollution of Surface Waters Act						

Figure 6. Overview of the rules applying to the various categories of building materials

Figure 6 shows the rules from the Building Materials Decree that apply to the various categories of building materials. Except for the duty to provide information, these rules are explained in this section. The duty to provide information is elaborated in section 5. The use

of building materials in surface water is sometimes governed by different rules to those that govern the use of building materials on the soil. These different rules are explained in a separate part of this section.

#### DUTY OF REMOVAL

All building materials, except clean earth, are subject to the duty of removal. This duty was imposed to ensure that during the life of the work, or when it becomes redundant, the building materials do not mix with the soil. As soon as a work is no longer in use and being maintained, the owner must remove the building materials used. To enable them to be removed the building materials must be used in a manner that allows their removal. This therefore needs to be taken into account as early as the design stage. This duty of removal has been in force since 1 July 1996, incidentally. Exemption from the duty to remove materials applies to the use, on the following conditions, of slightly contaminated earth on terrestrial soils where there is active soil management:

- adequate system of soil management, set out in a soil management plan (approved by the competent authority)
- insight into the quality of the soil, recorded on a soil quality map (approved by the competent authority)
- the earth to be used is of a quality similar to or better than the receiving soil
- it does not jeopardise the function of the soil in question
- adequate reporting and recording system. Earth used subject to this exemption is permitted to become a permanent part of the soil.

#### MINIMUM QUANTITIES TO BE USED

Category 1 earth has to be used in minimum quantities of 50 m<sup>3</sup> in a work. For category 2 building materials, tarry asphalt aggregate and the special category of bottom ash from waste incinerators the minimum quantity that has to be used in a single work is 10,000 tonnes. If the work involves road foundations and a category 2 building material or tarry asphalt aggregate is being used, the minimum quantity is 1,000 tonnes. These minimum quantities are intended to avoid small quantities of category 2 building materials being found all over the Netherlands.

This would make the situation complex and uncontrollable. Local authorities are permitted to increase the minimum quantity for category 1 earth in their own policy.

#### DUTY TO REPORT

The owner or principal of a work must report the intended use of category 1 earth, category 2 building materials, special category bottom ash from waste incinerators and tarry asphalt aggregate to the competent authority. It is not necessary to report the use of clean earth and category 1 building materials (excluding earth). (Other reporting rules apply to the use of building materials in surface water. See elsewhere in this section.)

Standard report forms have been prepared, which can be obtained from the department of the municipal authority (for use on land) or the water authority (for use in surface water) to which the report must be submitted.

#### Report to whom and when?

If the municipality is the competent authority, the report must be submitted, if possible, together with other reports and/or permit applications required for the work, e.g.:

- application for a building permit
- report required under the Housing Act
- application for a permit under the Environmental Management Act
- report required under the Environmental Management Act
- application for a construction permit under the Spatial Planning Act.

The above sequence is not arbitrary. The building permit heads the list. This means that if a building permit is also required, the owner or principal should submit the report required under the Building Materials Decree at the same time as applying for the building permit, and so on down the list. The link between the type of report or permit determines when the report must be submitted.



If a work is being built in or near surface water, e.g. the bank of a river, the owner or principal must apply to the municipal authority for the building permit. Under the Building Materials Decree he is required to report the use of building materials to the water authority. So in this case the report is not linked to the building permit.

If no other permits or reports are required, the report of the use of category 1 earth (and clean earth and category 1 building materials in surface water) must be made no later than two working days prior to its use. A period of one month applies to the use of other building materials. If the information on the environmental quality of the building materials to be used is not known at the time the report is submitted, it may be submitted up to two working days prior to the use of the materials at the latest.

#### What happens to the report?

The competent authority assesses whether all the necessary approvals have been obtained and whether they are correct (recognised approvals or results of batch inspections). If necessary, it will request the owner or principal of the work for supplementary information. If it has reason for doing so, the competent authority can request supplementary environmental information following submission of a report, e.g. on uses of clean earth not subject to the reporting requirement and uses of category 1 building materials being used on or in the soil.

#### ISOLATION MEASURES

Measures to protect the soil (isolation) must be taken for category 2 building materials and the special categories, e.g. use at least 0.5 metre above the highest mean groundwater level (to prevent contact with groundwater), and provisions to isolate the materials from contact with rainwater. The owner of a work containing these building materials is responsible for the

inspection and maintenance of these isolation facilities, to ensure they continue to function properly. The ministerial decision to the Building Materials Decree contains details of the requirements for soil-protection facilities.

#### USE IN SURFACE WATER

The Building Materials Decree also covers the use of building materials in surface water and protects the aquatic sediment. For this purpose the Building Materials Decree is also based on the Pollution of Surface Waters Act (WVO). The term 'surface water' also covers the floodplains, for example. Examples of the use of building materials in surface water include bridges, quays and dykes. For category 1 building materials and earth the Building Materials Decree pre-empt the permit requirement under the WVO. There are a number of differences in respect to the use of building materials on land:

- the water authority and not the municipality is the competent authority
- category 2 and special category building materials can only be used in surface water with a WVO permit, which must stipulate requirements for isolation, control and management (ICM) measures and the maximum quantities to be used. These building materials will only be used by way of an exception, seeing that it is difficult to take these isolating measures in surface water.
- the use of clean earth and category 1 building materials must be reported at least two days prior to their use.
- a special form is available for reporting the use of building materials in surface water. This form can be obtained from the water authority.

## 5 PROVING THE QUALITY OF BUILDING MATERIALS

The owner or principal of the construction or other work must provide sufficient proof of the environmental quality of each building material used (duty to provide information). This is necessary to be able to prove into which category the building material falls. Owners and principals will therefore require foreign manufacturers to prove the quality of their building materials. This section explains what is considered sufficient proof of environmental quality.

### RECOGNISED APPROVAL

The most obvious way for a manufacturer to prove that his building material meets the requirements of the Building Materials Decree is to have it certified. If a building material is certified and the certificate is recognised by the Environment Minister (VROM) and the Transport Minister (V&W), the manufacturer can then on the basis of this submit a recognised approval issued by a certification body. These recognised approvals are enough to comply with the duty to provide information to the competent authority.

When a manufacturer has obtained a recognised approval for a building material the coordination committee for the construction sector of the Council for Accreditation, the SBK, will publish this in a list. Up-to-date information on the list of recognised approvals can be found on the Environment Ministry's web site (see section 6).

There are two marks a manufacturer may display when he has a recognised approval: the NL-BSB mark and the KOMO mark. The NL-BSB mark (see figure 7) can be put on the recognised approval for a building material or on the product itself (or the packaging). The NL-BSB mark shows that the building material satisfies the requirements of the Building Materials Decree.

The KOMO mark (see figure 8) is a well-known Dutch quality mark for products that satisfy a large number of requirements. The intention is that in time only those building materials that also meet the requirements of the Building

Materials Decree will carry the KOMO mark. However, it will be some time yet before this point is reached. For the time being a KOMO mark is not a guarantee that the product unquestionably satisfies the Building Materials Decree. So, for products carrying a KOMO mark it is also necessary to check whether the manufacturer is listed among those with a recognised approval.



Figure 7. NL-BSB mark



Figure 8. KOMO mark



If a building material has neither an NL-BSB nor a KOMO mark, the product does not have a recognised approval and other forms of proof will need to be submitted, e.g. a batch inspection.

#### BATCH INSPECTION

It is also possible in practice to comply with the duty to provide information by means of a batch inspection, which must be carried out in compliance with a standard, accurate method (see box). The owner or principal cannot turn to any testing agency it wishes. Only bodies (laboratories and samplers) designated by the Environment and the Transport Ministers may officially test the quality of building materials in the context of the Building Materials Decree. The Decree draws a distinction between bodies accredited for sampling and bodies accredited for analysing building materials. In their reports to customers these bodies use a mark (see figure 9). This 'Building Materials Decree quality guarantee' shows that the samples were taken and/or the analyses carried out properly and reliably in compliance with protocols and programmes drawn up by the government and that the requirements of the Building Materials Decree have been met. Interpretation of the results remains the work of the assessors (the government or consultancies).



Figure 9. Building Materials Decree quality guarantee

#### OTHER MEANS OF PROOF

In addition to a batch inspection or recognised approval other means of proving the environmental quality of building materials are possible. The owner or principal of a work can, for example, prove to the competent authority that although a batch for use has not been separately inspected it does have the same properties as another batch manufactured in the same way, all of which was inspected as a whole by means of a batch inspection as required under the Building Materials Decree. The owner or principal will in that case be required to prove the relationship between the two batches.

In the case of other means of proof there must always be a connection with a batch inspection carried out in compliance with the requirements of the Building Materials Decree. The competent authority must be satisfied that there is sufficient connection. If it is not entirely satisfied, it may demand additional information up to the level of a recognised approval or batch inspection at most.

#### Test protocols

THE MINISTERIAL DECISION ON THE BUILDING MATERIALS DECREE DESCRIBES HOW THE VARIOUS TESTS ARE TO BE CARRIED OUT. PROTOCOLS HAVE BEEN DRAWN UP FOR SPECIFIC TESTS. THE TEST PROTOCOLS OF THE BUILDING MATERIALS DECREE CONTAIN DETAILED INSTRUCTIONS FOR ALL ACTIONS REQUIRED TO TEST A BUILDING MATERIAL. THE MINISTERIAL DECISION INCLUDES USER PROTOCOLS FOR CLEAN EARTH AND BUILDING MATERIALS, ENFORCEMENT PROTOCOLS FOR CLEAN EARTH AND ENFORCEMENT PROTOCOLS FOR CONTAMINATED EARTH AND BUILDING MATERIALS. THE COMPETENT AUTHORITY CAN USE THE ENFORCEMENT PROTOCOLS TO PROVE WITH A LARGE DEGREE OF RELIABILITY THAT THE COMPOSITION AND IMMISSION VALUES OF THE BUILDING MATERIALS DECREE HAVE BEEN EXCEEDED.

## POINTS FOR THE ATTENTION OF OWNERS OR PRINCIPALS

### Avoiding rejection of building materials

If the information gathered to comply with the duty to provide information reveal that use of the material in question is barely within the bounds of what is permitted, caution is advised. There is a slight risk of the ban being nonetheless infringed. The enforcing body has its own enforcement protocol which it can use on site to test whether the quality of the building materials complies with the Building Materials Decree. If the enforcing body decides to carry out an inspection and tests the material using the enforcement protocol, the material may be rejected even though the owner or principal has complied with the duty to provide information. This risk can be reduced or removed by opting for materials that are well within the bounds of what is permissible as regards composition and immission values or by carrying out more tests oneself.

### Being alert to reliability

It should also be borne in mind that the results of a batch inspection or recognised approval stem from a single inspection. After that inspection and prior to its actual use much can happen to a building material, deliberately or otherwise. For example, it is conceivable - depending on the building material - for it to be mixed or confused with other batches. Contamination during storage, transport and use can certainly not be ruled out.

The owner or principal and his supplier must themselves remain alert to these possibilities. Choosing a reliable supplier can reduce the risks considerably. However, there is plenty of experience available in the civil and hydraulic engineering industry for checking whether material that has been supplied meets the required specification. Users are naturally at liberty to choose their method of checking; they are not required to confine themselves to the user protocol.



## 6 FURTHER INFORMATION

Queries concerning the Building Materials Decree can be put to the following bodies:

### HELPDESK RSW/DWW

(Directorate General for Public Works and Water Management/Road and Hydraulic Engineering Division)

Tel.: +31 15 25 18 205 (Tuesdays and Thursdays)

Fax: +31 15 25 18 555

e-mail: [bsb@dww.rws.minvenw.nl](mailto:bsb@dww.rws.minvenw.nl)

### HELPDESK INFOMIL

(Information Centre for Environmental Permits)

Tel.: +31 70 36 10 575

Fax: +31 70 36 33 333

e-mail: [mail@infomil.nl](mailto:mail@infomil.nl)

### STICHTING BOUWKWALITEIT (SBK)

Tel.: +31 70 30 72 929

Fax: +31 70 39 02 947

e-mail: [info@bouwkwaliteit.nl](mailto:info@bouwkwaliteit.nl)

### INTERNET

Up-to-date information on the Building Materials Decree can be found on the Environment Ministry's (VROM) web site, which also contains the full text of the Decree and various ministerial and other decisions. The site also contains specific information for foreign manufacturers, such as lists of designated bodies for sampling and analysis and information on the list of recognised approvals. The address of the VROM web site is:

[www.minvrom.nl/milieu/bodembouwstoffenbesluit/](http://www.minvrom.nl/milieu/bodembouwstoffenbesluit/)

The address of the SBK web site is: [www.bouwkwaliteit.nl](http://www.bouwkwaliteit.nl)

### VROM PUBLICATIONS

The following Environment Ministry publications can be obtained from:

Distributiecentrum VROM

P.O. Box 2727

3430 GC Nieuwegein

The Netherlands

Please state the distribution number.

### Building Materials Decree Brochure:

The Building Materials Decree affects the entire industry

(May 2000, no. 23021)

### Information sheet:

Exporting building materials to the Netherlands. Rules of the Building Materials Decree

(April 2000, no. 13948)

### Environment in general:

National Environmental Policy Plan 3. The summary (March 1998, no. 13093)

Environmental Policy of the Netherlands (April 1999, no. 22652)

Towards a sustainable Netherlands (September 1999, no. 22655)

Publication:  
Ministry of Housing,  
Spatial Planning and the Environment  
Communications Directorate  
P.O. Box 20951  
2500 EZ, The Hague  
The Netherlands  
Print 00 0225/11/05-00 23021/211





## ANLAGE 4 ABLAGERN VON BAGGERGUT IN GRUBENDEPOTS

*Quelle: Storten van baggerspecie in open putdepots, Eindrapport, concept, Rijkswaterstaat, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems/AKWA/RIZA, 2000*

*Siehe auch: [www.waterland.net](http://www.waterland.net)*

*Status: Konzept, (noch) kein Politisches Dokument*

### Hintergrund

In den vergangenen Jahren hat sich deutlich gezeigt, dass die große Menge an Baggergut, die bei der Sanierung von verunreinigten Gewässerböden und Unterhaltungsarbeiten frei gesetzt werden kann, zu hohen Kosten für Lagerung und/oder Verarbeitung des Schlammes führen kann. Es besteht demnach ein großer Bedarf an kostengünstigen Alternativen mit der Möglichkeit, größere Mengen Baggergut zu entsorgen oder ab zu lagern. Die Unterbringung von Baggergut in Grubendepots stellt in diesem Zusammenhang möglicherweise eine gute Lösung dar, unter der Bedingung jedoch, dass auch den Anforderungen des Umweltschutzes Rechnung getragen wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass dies möglich ist. Zur Zeit wird ein Prüfrahen entwickelt, auf dessen Grundlage in der Praxis die Auswirkungen der Ablagerung von Baggergut in Grubendepots abgewogen und mögliche emissionsbegrenzende Maßnahmen und Akzeptanzkriterien festgelegt werden können. Weitere Untersuchungen müssen diesen Prüfrahen noch untermauern.

### Was versteht man unter einer offenen Grubendepots?

Grubendepots sind künstliche Senken im Gewässerboden, die häufig als Folge der Sandgewinnung aufgetreten sind. In manchen Fällen sind solche Gruben bereits verfügbar, in anderen Fällen müssen sie noch gegraben werden. Die Gruben können sich in ausgedehnten offenen Gewässern befinden, aber auch entlang großer Flüsse. Gruben in großen Gewässern, wie sie zur Zeit eingesetzt werden können, sind beispielsweise häufig bis zu 45 m tief und besitzen einen Umfang von einem bis zwei Kilometer. So entsteht ein Deponierungsvolumen von etwa 10 Mio. m<sup>3</sup> bis zu mehr als 30 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut. Die große Tiefe dieser Gruben weckt die Vorstellung, es handele sich dabei um Senken mit steil abfallenden tiefen Wänden, in Wirklichkeit ist jedoch eher der Vergleich mit einem großen Pfannkuchen angebracht, der eine sehr große Oberfläche besitzt. Beispiele für solche Standorte sind Hollandsch Diep und IJmeer. Entlang von Flüssen wie Maas, Waal und Lek liegen alte Sandgruben, die häufig über eine kleine Zufahrt in ständiger Verbindung mit dem Fluss stehen und die bei Hochwasser komplett zu einem Teil des Wassersystems werden können. Umfang und Tiefe dieser Gruben sind häufig geringer, und sie besitzen demnach auch eine geringere Depotkapazität.

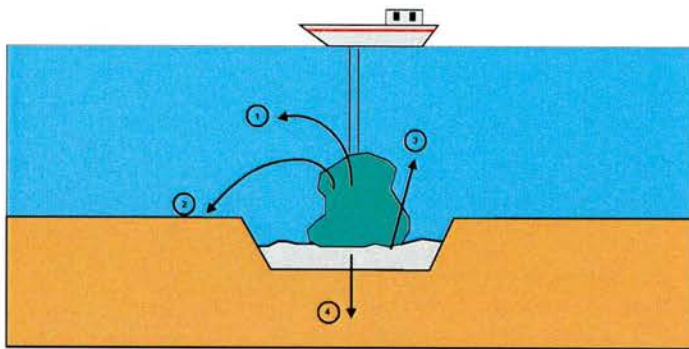
### Die Auswirkungen der Baggergutunterbringung in Grubendepots

Die Unterbringung verunreinigten Baggerguts in Grubendepots ist wieder stärker in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, nachdem sich herausgestellt hatte, dass sich die im Schlamm enthaltenen Schadstoffe nicht so leicht lösen wie man erwartete. Das Risiko, das von kontaminiertem Baggergut ausgeht, hängt dann auch nicht so stark von den hohen Schadstoffkonzentrationen ab, sondern von dem Ausmaß, in

dem diese Verunreinigungen aus dem Baggergut in Kontakt mit anderen Umweltkompartimenten treten.

Beim Lagern von Baggergut in Grubendepots sind eine Reihe von Emissionsrouten für das Ausmaß der Verbreitung von Verunreinigungen relevant. Es sind

**Abbildung A - 6: Emissionspfade**



nacheinander:

- 1.) Die Verbreitung von Schadstoffen beim Einleiten in das Oberflächengewasser. Dabei handelt es sich sowohl um gelöste als auch nicht gelöste Schadstoffe.
- 2.) Die Verbreitung von verunreinigten Schwebstoffen in den umliegenden Gewässerboden. Diese Schwebstoffe werden in erster Linie als Folge der Ablagerung von Baggergut freigesetzt, aber auch strömungsbedingte Erosion kann dabei eine Rolle spielen.
- 3.) Austritt der Schadstoffe mit dem Porenwasser als Folge von Konsolidierung und Diffusion von Schadstoffen. Durch das Absetzen des Schlammes wird Wasser mit den darin gelösten verunreinigten Stoffen frei gesetzt. Dieses Wasser gelangt in erster Linie in das Oberflächenwasser, könnte sich aber auch auf das Grundwasser auswirken (Emissionsroute 4).
- 4.) Verteilung im Grundwasser. Diese Route unterscheidet sich faktisch nicht von derjenigen bei geschlossenen Depots. In geschlossenen Depots ist mittels einer Füllspiegelkontrolle im Depot die Grundwasserströmung beeinflussbar. In einer offenen Grube ist dies jedoch nicht möglich.

Emissionsrouten eins und zwei tragen offensichtlich den größten Teil zur Gesamtbelastung des Oberflächenwassers bei. Insbesondere während der Einlagerung kann die Wiederaufschwemmung des Baggerguts eine Trübung und damit ein Freiwerden der Schadstoffe zur Folge haben. Diese Einlagerungsphase kann jahrelang dauern, und es sollte daher sorgfältig erwogen werden, welche Maßnahmen zur Beschränkung der Emissionen notwendig sind und welches Baggergut gelagert werden kann.

#### **Maßnahmen und Akzeptanzkriterien**

Messungen haben gezeigt, dass im Falle geringen Strömungseinflusses sich die beim Einlagern ausgeschwemmten Schwebstoffe im Durchschnitt innerhalb einer halben Stunde wieder gesetzt haben. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass in dieser Zeit der größte Teil der gebundenen Schadstoffe nicht mehr aufgeschwemmt wird. Ein



geringen Teil dieser Schwebstoffe kann sich außerhalb des Depots absetzen. Bei geringen Strömungseinfluss sinkt der größte Teil des Schlammes innerhalb des Depots ab.

Bei der Messung der Emissionen in die Umgebung müssen dann auch Einzelheiten über den Umfang der einzelnen Emissionsrouten bekannt sein. Ganz wichtig ist es, dass das Einleiten selbst mit größter Sorgfalt geschieht und dabei möglichst wenig Emissionen auftreten. Mit dem Einsatz bestimmter Einleitungstechniken und/oder Anpassungen bei der Einrichtung (Warften, Kais usw.) des Depots kann sicher gestellt werden, dass ein möglichst großer Anteil an Baggergut mit gebundenen Verunreinigungen auch tatsächlich im Depot landet. Wenn sich zeigen sollte, dass die Emissionen vor Ort die Wasserqualität negativ beeinflussen könnten, besteht die Möglichkeit, durch Aufstellen von Schadstoff-Konzentrationsgrenzen für Baggergut diese Emission weiter zu begrenzen.

### **Untersuchung und Planentwicklung**

Die Verteilung von Schwebstoffen und das eventuelle Freiwerden von Stickstoff aus dem Baggergut erweisen sich zur Zeit als wichtigste Problemfelder bei der Lagerung von Baggergut in Grubendepots. Von geschlossenen Depots weiß man bereits, dass beim Einlagern des Schlammes relativ große Mengen an Stickstoff über das Rückwasser freigesetzt werden können. Im Falle einer offenen Grube lässt sich eine unmittelbare Belastung des Oberflächenwassers nicht vermeiden. Ob dies bei Grubendepots tatsächlich ein großes Problem darstellen wird, ist weiter zu untersuchen.

Ein anderer Untersuchungspunkt stellt der Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung des Baggerguts, den einzusetzenden Bagger- und Einlagerungstechniken und den Schwebstoffemission beim Einbringen dar. Es wird eine Methode gesucht, um den Umfang dieser Emissionsroute vorhersagen zu können und Empfehlungen für mögliche emissionsbegrenzende Maßnahmen zu formulieren. Des weiteren werden relevante Parameter, die von Einfluss auf die Verteilung der Schwebstoffe sind, stärker untermauert. Andere Untersuchungsgegenstände sind die Erstellung eines Modell-Überwachungsplans für Wasserqualität sowie das Verfassen eines Referenzentwurfes. Diese Informationen werden Ende 2001 in einer Abschlussnote zusammengefasst, in der außerdem ein Vorschlag für die definitive Planung für den Umgang mit dem Einlagern in Grubendepots formuliert wird.

### Verteilung von verunreinigten Schwebstoffen aus Grubendepots in das Oberflächengewässer

Quelle: *Storten van baggespecie in open putdepots, Deelrapport 1: Referentie Ontwerp Putdepots, Rijkswaterstaat/Advies- en Kenniscentrum Waterbodems, November 2000*

Die Unterbringung von Baggergut in einem offenem Grubendepot bildet ein Glied der Beseitigungskette von verunreinigten Sedimenten. Die Kette besteht aus dem Baggern, Transportieren und Unterbringen von Baggergut in einem speziell dazu eingerichteten Depot. Die Unterbringung umfasst 2 Phasen: die Einlagerung (Einlagerungsphase) und die Endphase (Nachsorgephase). Bei der Einlagerung des Baggerguts bleibt ein kleiner Teil in der Form von Schwebstoffen (Schlammwolke) vorübergehend in der Wassersäule zurück: der potentielle Absetzverlust. Wie hoch dieser Verlust ist, hängt in erster Linie von der Einlagerungsmethode und den physikalischen Eigenschaften des Baggerguts ab.



Das Ziel des Projekts „Bezugsentwurf offenen Grubendepots“ ist die Qualifizierung und, wo möglich, die Quantifizierung kritischer Entwurfsparameter zur Realisierung eines offenen Grubendepots.

Das Projekt soll möglichst zu einem *generell* anwendbaren Bezugsentwurf zur Realisierung eines Depots für die Unterbringung von verunreinigtem Baggergut führen.

Auf der Basis von Messdaten wurde der potentielle Absetzverlust bei verschiedenen Einlagerungsmethoden verglichen. Alle Schwebstoffwolken haben im Großen und Ganzen die gleiche Glockenform; die Schwebstoffe breiten sich nach unten hin aus. Auch die Konzentration der Schwebstoffe ist nach unten hin stärker. In Tabelle 1 sind die potentiellen Absetzverluste der meist üblichen Absetztechniken aufgelistet. Mechanische Techniken mit niedrigen potentiellen Absetzverlusten sind Bodenentleerschuten (circa 3%) und Schütten (circa 4%). Bei den hydraulischen Techniken zeigt der Diffusor den geringsten potentiellen Absetzverlust (circa 1,5%). Bei den Eigenschaften des Baggerguts gilt, dass der potentielle Absetzverlust bei hoher Absetzdichte, hoher Kohäsion und grobem Stoff (sandhaltiges Baggergut) niedriger ist.

**Tabelle A - 6: Potentiellen Absetzverluste (in Anteilen der Gesamtmasse des Trockenstoffs)**

Potentieller Absetzverlust	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
<b>Mechanische Einlagerungstechnik</b>											
• Bodenentleerschute											
• Schütte											
• Greifer über Wasser											
• Greifer unter Wasser											
<b>Hydraulische Einlagerungstechnik</b>											
• Über Wasser, gerades Rohr											
• Unter Wasser, gerades Rohr											
• Unter Wasser, Diffusor											

 = Gemessener Verlust  
 = Geschätzter Verlust



Der **aktuelle Absetzverlust** ist der Teil des potentiellen Absetzverlustes, welcher tatsächlich aus der Grube ausfließt. Für den aktuellen Absetzverlust sind zwei Prozesse maßgeblich: die Mitführung durch die Strömung und die Verlagerung der Schwebstoffwolke. Die Verlagerung der Schwebstoffwolke lässt sich auf einfache Weise verhindern, indem man zwischen der Absetzstelle und dem Rand der Grube einen Zwischenraum lässt. Die Mitführung eines Teils der Schwebstoffwolke nach außerhalb des Depots durch die Strömung hängt von vielen Faktoren ab; im allgemeinen gilt jedoch, dass bei zunehmender Strömungsgeschwindigkeit der aktuelle Absetzverlust größer wird.

Auch durch **Ausschwemmung** kann Baggergut aus dem Depot gelangen. Ursachen für diese Ausschwemmung können die Schifffahrt, die Strömung und der Wellengang sein. Dabei wird der Schlamm mit solcher Gewalt aufgeschwemmt, dass er aus der Grube heraustransportiert wird. Der aktuelle Absetzverlust und die Ausschwemmung machen zusammen den **gesamten Verlust** aus.

Anhand einer Empfindlichkeitsanalyse eines Bezugsentwurfs wurde ermittelt, welche Faktoren für den gesamten Verlust maßgeblich sind. Diese Analyse ergab, dass sich von allen Umgebungsaspekten die Strömung am meisten auf den gesamten Verlust an Baggergut aus einer Grube auswirkt. Bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten (im Schnitt höher als 0,5 - 1,0 m/s) nimmt bei Absetzhöhen von über 5 - 10 m unter dem Grubenrand das Verlustrisiko durch Ausschwemmung stark zu. Wenn die Ausschwemmung erst einmal erfolgt, dann ist der Gesamtverlust erheblich: 10% - 30% der abgesetzten Masse. Bei Strömungsgeschwindigkeiten unter 0,5 m/s ist auch der Gesamtverlust erheblich geringer. Bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten erfolgt keine Ausschwemmung und ist für den Gesamtverlust nur der aktuelle Absetzverlust maßgeblich. Bei der Einlagerung sind die Absetzmethode und -position von wesentlichem Einfluss auf den Gesamtverlust an Baggergut aus einem Depot. Bei den Schlamm- und Schwebstoffeigenschaften sind die Fraktionsverteilung des Schwebstoffs und die Dichte des Schlammes in der oberen Schicht für den Gesamtverlust maßgeblich. Dagegen wirkt sich nur ein einziger Entwurfsparameter auf den Gesamtverlust aus: die Absetzhöhe.

Die besten Maßnahmen zur Einschränkung der Verluste sind:

- Anwendung von Absetzmethoden mit einem geringen potentiellen Absetzverlust;
- Anlage eines vorübergehenden Schutzes, wie Dämme oder Spundwände;
- Das Baggergut weitmöglichst stromaufwärts in die Grube schütten;
- Bei Ausschwemmungsgefahr die Absetzhöhe und die Grubenfläche beschränken/die Grube vertiefen.

Wenn die Aspekte, die für den Gesamtverlust an Baggergut aus einem Depot maßgeblich sind, berücksichtigt werden, ist ein Verlustanteil von circa 1 % der Gesamtmenge an eingelagertem Baggergut realistisch.





## **ANLAGE 5 VERWERTUNG VON BAGGERGUT IN DEN NIEDERLANDEN (IMPULS B2)**

*Quelle: Verwerking van Baggerspecie, basisdocument voor besluitvorming, Rijkswaterstaat / Advies- en Kenniscentrum Waterbodems AKWA, September 2000 / Impuls B2*

*Status: Basisdokument für den Entscheidungsprozess*

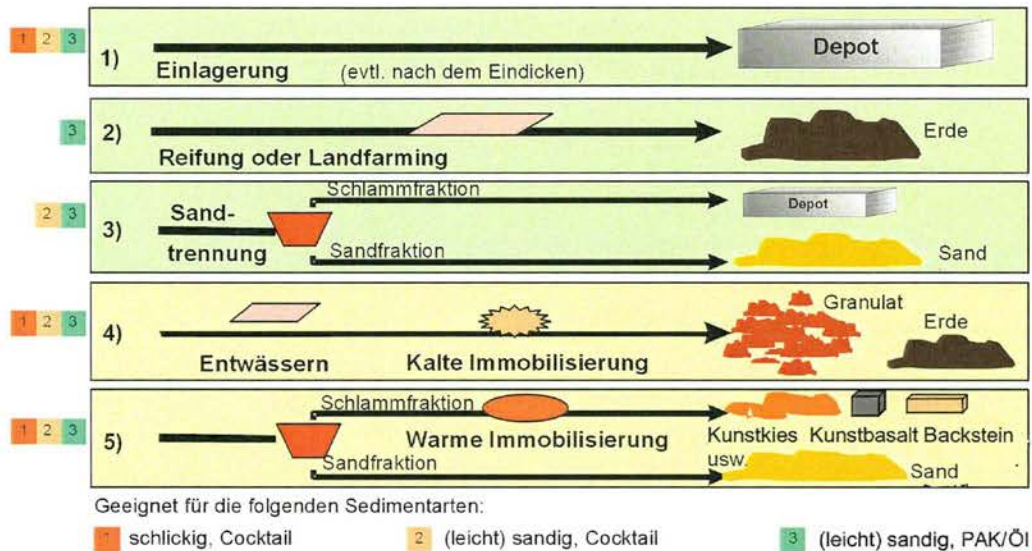
### **Verschiedene Verwertungsmöglichkeiten**

Die Verwertung und Wiederverwendung werden der Ablagerung in Depots gegenüber bevorzugt. In den letzten Jahren hat man die Verwertungstechniken für verunreinigte Sedimente weiter entwickelt. Dadurch wird ein immer breiterer Anwendungsbereich für aufbereitetes Baggergut geschaffen und kann die Unterbringung in Depots weiter eingeschränkt werden.

Für die technischen Möglichkeiten der Verwertung sind in erster Linie die Eigenschaften des Baggerguts maßgeblich. Nur ein kleiner Teil kann mit einfachen Techniken wie Sandtrennung, Landfarming, Reifung und kalte Immobilisierung zu einem brauchbaren Produkt verarbeitet werden (siehe auch Hauptbericht Kapitel 4). Die Einschränkungen bei Techniken wie Landfarming, Reifung und insbesondere kalte Immobilisierung sind in den Anforderungen des niederländischen Baustoffbeschlusses begründet. Mit aufwendigen Techniken wie zum Beispiel warmer Immobilisierung könnten auch stärker verunreinigtes Baggergut und nach einfacher Verwertung anfallende Reststoffe verarbeitet werden.

Eine Kombination von Ablagerung in Depots und Verwertung nach den erfolgreichsten Techniken wurde zu fünf in der Praxis anwendbaren Verfahrensabläufen zusammengestellt (siehe Abbildung A - 7). Die Verfahrensabläufe beginnen mit der Beseitigung der verunreinigten Sedimente und wurden nach ihrer gesellschaftlichen Plattform, den Kosten, dem Umweltrang und den Unsicherheiten bewertet.

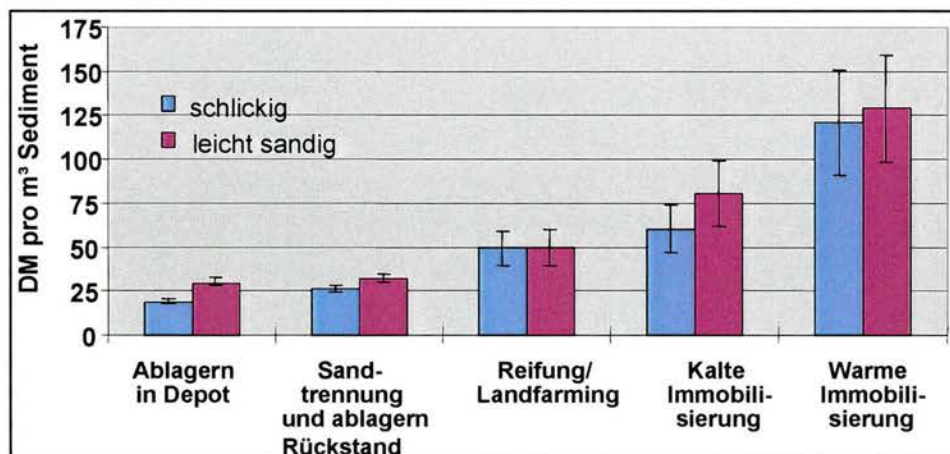
Abbildung A - 7: Technisch durchführbare Verfahrensabläufe



### Gesellschaftliche Akzeptanz

National ist die Akzeptanz für die Verwertung breiter als für die Ablagerung in Depots. Auf regionaler Ebene kann es jedoch sowohl gegen Depots als auch gegen Verwertungsanlagen Widerstand geben. Deshalb ist die Auswahl des Standorts wichtig. Darüberhinaus ist die Akzeptanz für die Anlage eines Depots größer, wenn dies nach einem öffentlichen Planungsprozess erfolgt und Raum für die Verwertung von Baggergut geboten wird.

Abbildung A - 8: Kosten der Verfahrensabläufe (inklusive 17,5% Steuer und 25% unvorhergesehene Ausgaben)



### Kosten

Die Kosten für die verschiedenen Verfahrensabläufe wurden durch Vergleich mit den Marktparteien festgestellt. Bei der Sandtrennung, Reifung und beim Landfarming liegen alle Kosten etwas höher als bei der Ablagerung in Depots (inklusive



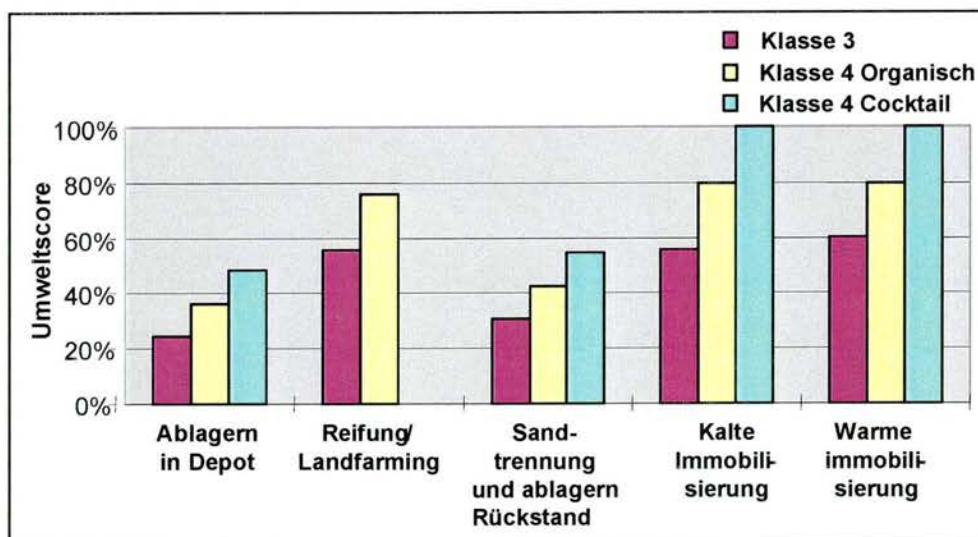
Nachsorgekosten). Die kalte Immobilisierung ist viel aufwendiger als die Ablagerung in Depots und die warme Immobilisierung ist noch teurer (siehe Abbildung A - 8).

Die Kosten der warmen Immobilisierung entstehen nicht nur durch die Technik an sich, sondern größtenteils durch die Vorbehandlung. Dabei müssen zunächst die groben Verschmutzungen entfernt und muss das Baggergut getrocknet werden. Meistens muss erst auch noch der Sand entfernt werden. Nur bei sehr feinkörnigem Baggergut ist die Sandtrennung nicht nötig. Bei warmer Immobilisierung ist eine solche Vorbehandlung jedoch unerlässlich.

### Umweltrang

Sowohl die Ablagerung in Depots als auch die Verwertung von Baggergut wirkt sich auf die Umwelt aus. Diese Auswirkungen umfassen die Gefahr für die Umwelt, den Flächenverbrauch bei der Ablagerung in Depots und der Verwertung, den Energie- und Grundstoffverbrauch, Emissionen, Belästigung und Einsparung von Rohstoffen durch die Produktion von Sekundärrohstoffen. Bei der Verwertung werden die Verunreinigungen abgebaut oder fest eingebunden, so dass die schädlichen Auswirkungen beseitigt werden. Depots erfordern jedoch eine langfristige Nachsorge.

**Abbildung A - 9:   Umweltrang der Verfahrensabläufe (Reduktion Depotvolumen und Reduktion des Risikos gegenüber dem Liegenlassen der Sedimente)**



Die Einschränkung der gesamten Umweltauswirkung Depots wird in einem sogenannten Umweltrang ausgedrückt. Der Umweltrang hängt zunächst von der Verunreinigung des Baggerguts ab: je stärker die Verschmutzung, desto höher ist der Rang. Für die Umwelt ist es also besser, das am meisten verunreinigte Baggergut zu verwerten statt es abzulagern. Ein erster Umwelterfolg wird bereits erzielt, wenn die verunreinigten Sedimente abgegraben werden. Der Erfolg besteht in der Reduzierung der aktuellen Gefahr für die Umwelt, die vorhanden ist, solange die verunreinigten Sedimente auf dem Gewässerboden liegen bleiben. Des weiteren wird der Umweltrang der verschiedenen Beseitigungs-/Entsorgungsverfahren bestimmt. So ist der Umweltrang für die Verwertung höher als der für die Ablagerung

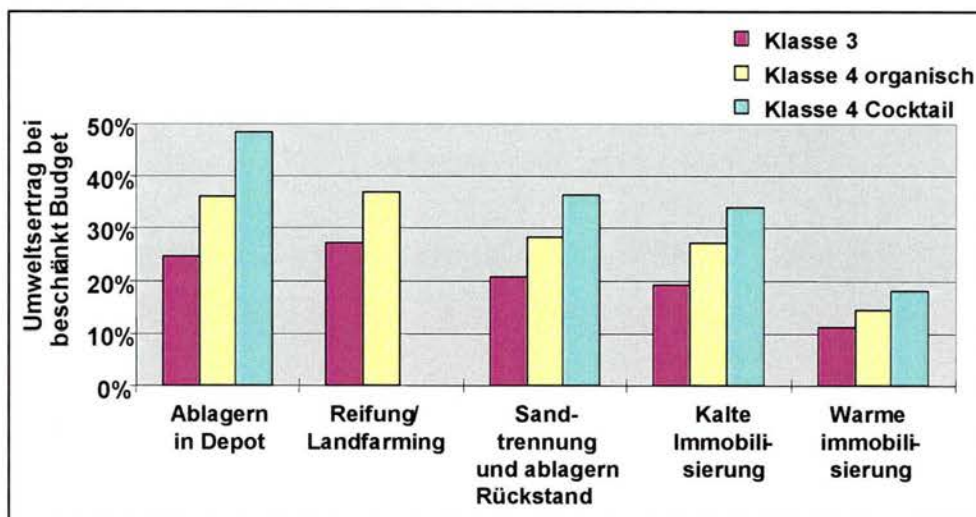
in Depots. Der Umweltrang steigt von der Reifung/Landfarming, der Sandtrennung bis zur kalten und warmen Immobilisierung an (siehe Abbildung A - 9)

### Umweltertrag

Der Umweltertrag bei jedem Verfahren ist der Ertrag pro investiertem Gulden. Der Ausgangspunkt dabei ist, dass das verfügbare Budget begrenzt ist und das Geld nur einmal ausgegeben werden kann. Bei kostspieligeren Techniken kann für die gleiche Summe weniger Baggergut entsorgt werden; somit bleibt mehr verunreinigtes Baggergut liegen und bildet eine Gefahr für die Umwelt.

Gehen wir von einem festen, begrenzten Budget aus, dann wird der Umweltertrag von der Ablagerung in Depots und einfachen Techniken bis zur warmen Immobilisierung immer geringer (siehe Abbildung A - 10). Daraus ist zu schließen, dass die Verwertung nicht auf Kosten der Abgrabung verunreinigter Sedimente, das heißt der Sanierung der Gewässerböden, gehen darf.

Abbildung A - 10: Umweltertrag der Verfahrensabläufe (bei beschränktem Budget)



### Unsicherheiten

Unsichere Faktoren, die bei der Beurteilung der verschiedenen Verfahren maßgeblich sind, sind unter anderem der Anfall an Baggergut, die technischen Verwertungsmöglichkeiten und der Absatz des gewonnenen Produktes. Die Unsicherheiten nehmen der Reihe nach von der Ablagerung in Depots, der Sandtrennung, der Reifung/Landfarming bis zur kalten und warmen Immobilisierung zu.

### Marktannäherung

Durch Befragung von Marktparteien wurde ein Eindruck der Bedingungen, die Unternehmen an die Verwertung von Baggergut stellen, sowie des Kostenpreises der verschiedenen Verwertungsmethoden erhalten. Darüberhinaus führt die Marktannäherung zu gegenseitigem Verständnis der Standpunkte und der Plattform für die Ausformulierung möglicher Lösungen (Szenarios).

Die wichtigste Bedingung der Unternehmer war, Klarheit über die Grundbedingungen der Behörden zu erhalten. Dabei geht es unter anderem um die Verfügbarkeit von



Budgets, die Gewährleistung, dass Baggergut verfügbar ist, die Absatzgarantie für wiedergewonnene Produkte und die Abgaben für die Ablagerung von ungereinigtem Baggergut. Diese Abgaben zuzüglich der Abgaben für das Absetzen betrachten die Unternehmer meistens als allgemeine finanzielle Verwertungsgrenze. Im Grunde ist dies jedoch ein falscher Ausgangspunkt, da die Kriterien der Reinigungsmöglichkeit noch nicht bestimmt sind.

Damit zur Implementierung der Verwertung von Baggergut übergegangen werden kann, wurden gemeinsam mit den Branchenorganisationen Vertragsentwürfe für verschiedene Verfahren vorbereitet.

Diese Vertragsentwürfe enthalten Vorschläge und Schwerpunkte für künftige Verträge. Die Ergebnisse der Befragung der Marktparteien sind darin verarbeitet. Der Ausgangspunkt dabei ist, dass den Unternehmen genügend Freiheit für kreative und innovative Lösungen bleibt – selbstverständlich im Rahmen der niederländischen Gesetze und Regeln.

### **Folgerungen und Empfehlungen**

Eine wichtige allgemeine Schlussfolgerung dieser Studie ist, dass die Verwertung von Baggergut zur Einschränkung der Ablagerung in Depots nicht auf Kosten der Abgrabung von verunreinigten Sedimenten gehen darf. Darüberhinaus hat sich gezeigt, dass Investitionen in einfache Techniken zur Verwertung von Baggergut den größten Umweltertrag erbringen.

Weitere Schlüsse sind:

- **Kosten**

Die Verwertung ist teurer als die Ablagerung in Depots, auch wenn sie in großem Rahmen erfolgt. Einfache Techniken wie Sandtrennung, Landfarming und Reifung sind begrenzt kostspieliger als die Ablagerung in Depots, die Kosten für kalte Immobilisierung liegen bedeutend höher. Fortschrittliche Techniken sind viel teurer als die Ablagerung in Depots.

- **Umweltrang**

Die Verwertung hat einen höheren Umweltrang als die Ablagerung in Depots, warme Immobilisierung hat den höchsten Rang.

- **Umweltertrag**

Der Umweltertrag wurde von zwei Gesichtspunkten aus betrachtet, und zwar bei einem begrenzten Budget und bei einem ausreichenden Budget.

Bei einem begrenzten Budget bleibt bei der Anwendung der kostspieligeren Techniken ein Teil des verunreinigten Sediments auf dem Gewässerboden liegen. Die dadurch entstehenden negativen Auswirkungen auf die Umwelt übersteigen die positiven Effekte der Verwertung. Die Verwertung darf also keinesfalls auf Kosten der Abgrabung verunreinigter Sedimente gehen.

Reicht das Budget aus, dann können alle verunreinigten Sedimente abgegraben und die verschiedenen Szenarios durchgeführt werden. Einfache Techniken erbringen dann den größten Ertrag.

- **Techniken**

Nicht jede Art von Baggergut ist für die Verwertung mit einfachen Techniken geeignet. Der Absatz von Produkten, die durch kalte Immobilisierung gewonnen werden, ist derzeit noch problematisch. Die Intensivierung der Anwendung von Techniken, die sich inzwischen bewährt haben, wie Sandtrennung, Reifung und Landfarming sowie Probeprojekte mit kalter

Immobilisierung sind zu empfehlen.

Das alles bedeutet, dass überall in den Niederlanden die laufenden regionalen Initiativen intensiviert und neue Verwertungsstandorte ausgewählt werden müssen. Eine Kombination von Verwertung und Ablagerung in Depots ist vom logistischen und technischen Blickpunkt aus günstig. Warme Immobilisierung in kleinem Umfang kann am besten für das am meisten verunreinigte Baggergut (Hot spots) eingesetzt werden; dies ist jedoch wegen der Maßstabseinflüsse relativ teuer und liefert nur einen geringen Beitrag zur Depoteinsparung.

#### ▪ **Entscheidungsprozess**

Die Verwertung von allem Baggergut zu vertretbaren Kosten ist nicht möglich, so dass die Anlage neuer Depots in jedem Fall weiterhin notwendig ist.

Je mehr Baggergut verwertet wird, desto mehr finanzielle Mittel müssen zur Verfügung gestellt werden. Für die Durchführung des Votums Herrebrugh, welche für die weiterführende Verwertung von Baggergut plädiert, wird also ein größeres Budget benötigt.

Die nationale Akzeptanz für die Verwertung ist breiter als die für die Ablagerung in Depots, auf regionaler Ebene kann es jedoch sowohl gegen Depots als auch gegen Anlagen zur Verwertung in großem Umfang Widerstand geben. Dies hängt insbesondere von dem ausgewählten Standort ab und kann durch einen öffentlichen Planungsprozess verringert werden.

Bei dem Entscheidungsprozess sind die festgestellten Unsicherheiten und eventuelle künftige Alternativen zur Ablagerung zu berücksichtigen.

Es wird empfohlen, in Fortsetzung dieser Studie im Rahmen des Zehnjahresszenarios für die Sedimentproblematik die folgenden Maßnahmen auszuarbeiten:

#### ▪ **Nutzung offener Gruben**

Aufgrund des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo) wurde bis vor kurzem angenommen, dass die Ablagerung von erheblich verunreinigtem Baggergut in offenen Depots nicht möglich war. Dies würde mit dem Schutz der Qualität des Oberflächenwassers nicht übereinstimmen. Weiterführende Untersuchungen [Rop, Akwa/Wau, 2000] haben inzwischen ergeben, dass die Einlagerung von Baggergut der Klassen 1 bis 3 in Grubendepots keine besonderen Auswirkungen auf das Umfeld hat. Anlage 6 enthält einen Untersuchungsbericht über das bei der Einlagerung in eine Grubendepot verlorene und durch die Strömung, den Wellengang und Schiffe ausgewaschene Baggergut.

#### ▪ **Nutzung vorhandener Depots**

Die beiden großen Depots Slufter und IJsseloog bieten derzeit keine Lösung für die Unterbringung von zusätzlichem Baggergut; in Zukunft könnte in den nachstehenden Fällen jedoch Kapazität frei werden:

- Beim Einlagerungszenario im Depot Slufter wurde ein Puffer zur Unterbringung von salzhaltigem Baggergut eingerichtet; wenn die Umlagerungs-Grenzwerte für Salzwassersedimente im Meer nicht verschärft werden, kann dieser Puffer zur Einlagerung von Süßwassersedimente benutzt werden.



- In den Niederlanden wird das Baggergut qualitativ besser (sauberer). Wenn diese Entwicklung sich fortsetzt, kann mehr Baggergut im Wasser und an Land umgelagert werden.
- Die Entwicklung der Kenntnisse über die Risiken von verunreinigtem Baggergut könnte dazu führen, dass im Ketelmeer weniger Baggergut ausgehoben wird.
- Wenn es in Zukunft möglich ist, mit einfachen Techniken mehr Baggergut aus den Depots Slufter und IJsseloog zu behandeln als bisher, bleibt dort mehr Einlagerungsvolumen.

▪ **Optimierung der Depotnutzung**

Die Optimierung der Nutzung vorhandener und neu einzurichtender Depots beinhaltet die Einschränkung des Depotvolumens durch effizientere Nutzung der Einlagerungskapazität und Stimulierung der Behandlung. Politische und technische Maßnahmen, die dazu beitragen, sind:

- Erweiterung der Annahmekriterien für die Herkunft und die Art des Baggerguts (zum Beispiel das Depot IJsseloog auch für Baggergut aus dem Norden der Niederlande freigeben)
- Harmonisierung der Einlagerungspreise, um zu verhindern, dass auf Depots mit niedrigeren Preisen ausgewichen wird sowie die Nivellierung der Mehrkosten für die Behandlung
- Verdichtung von Schlamm in vorhandenen Depots, um Raum zu gewinnen
- Bei geplanten Depots die Möglichkeiten zur Behandlung im Entwurf berücksichtigen

▪ **Absatzförderung von aus Baggergut gewonnenen Produkten**

Wir schlagen vor, eine Qualitätssicherung für Umweltschutz und Bautechnik und die Zertifizierung für Produkte aus behandeltem Baggergut einzuführen, die an die Zertifizierung für Roh- und Baustoffe anschließt. Die Technik der kalten Immobilisierung ist noch nicht einsatzfähig. Eine nähere Untersuchung zur Förderung des Absatzes von Produkten, hauptsächlich kalter Immobilisate, ist erforderlich. Das Ziel ist, die Wiederverwendung dieser Produkte zu fördern.

Des weiteren schlagen wir vor, behördlich zu vereinbaren, dass alle Behörden bei Bauarbeiten grundsätzlich die Produkte aus verwertetem, im eigenen Verwaltungsbezirk abgegrabenen Baggergut verwenden.





## **ANLAGE 6    BERECHNUNG UND ÜBERPRÜFUNG DER VERTEILUNG VON SCHADSTOFFEN AUS BAGGERGUTDEPOTS AN LAND**

*Quelle: Anlage 2 der ministeriellen Richtlinie für Baggergutdepots an Land,  
Entwurf 2001*

*(Implementierung der EU-Richtlinie für Baggergutdepots an Land) [Ministerie  
van VROM, 2001]*

*Status: Diskussionspapier.*

1.	ALLGEMEINES	186
2.	DIE BESCHAFFENHEIT DES AUSTRETENDEN PORENWASSERS	186
2.1	Allgemein	186
2.2	Ermittlung von Porenwasserkonzentrationen	187
2.2.1	Organische Schadstoffe	187
2.2.2	Schwermetalle	188
2.3	Prüfung	188
3.	DER AUS DEM DEPOT AUSTRETENDE SCHADSTOFFFLUSS	189
3.1	Allgemein	189
3.2	Berechnungen	189
3.3	Prüfung	190
4.	DAS DEPOTBEEINFLUSSTE GEBIET	190
4.1	Berechnungen	190
4.2	Prüfung	190
4.3	Prüfung im Falle spezifischer geohydrologischer Bedingungen	190
5.	ISOLIERENDE MAßNAHMEN UND GEOHYDROLOGISCHE ISOLATION	191
5.1	Allgemeine Maßnahmen	191
5.2	Geohydrologisches Isolationssystem und Monitoring	191



## **1. ALLGEMEINES**

Bei der Beantragung der Genehmigung für ein Depot hat der Antragsteller die Auswirkungen der Ablagerung von Baggergut in einem Depot auf das Grundwasser (einschließlich der ungesättigten Zone) zu berechnen und zu überprüfen. Das Verfahren umfasst drei Schritte.

- 1.) Überprüfung der Qualität des aus dem Depot austretenden Porenwassers als Bestandteil des Baggerguts am Zielwert für Grundwasser;
- 2.) Überprüfung des aus dem Depot austretenden Schadstoffflusses am zulässigen Flusswert;
- 3.) Überprüfung des Umfangs des durch das Depots beeinträchtigten Gebietes nach 10.000 Jahren am zulässigen Wert für die Beeinträchtigung des Gebietes.

Mit Hilfe von Modellberechnungen und, wenn möglich, anhand von Praxisdaten werden diese drei Schritte durchlaufen und kann eine Aussage hinsichtlich der Frage getroffen werden, ob das Depot am geplanten Standort angelegt werden kann und ob den Bedingungen der Richtlinie entsprochen wird.

Es ist von Belang, die Berechnungen auf der Grundlage der Annahme durchzuführen, dass das Grundwasser in der Nullsituation keinerlei Verunreinigungen enthält. Werden nun die tatsächlich ermittelten Grundwasserkonzentrationen in das Modell eingeführt, würde die in Schritt 3 durchgeführte Überprüfung (das zulässige beeinträchtigte Gebiet) zu Problemen führen. Der Hintergrundwert im Grundwasser kann bereits über dem Grundwasser-Zielwert liegen, so dass die Überprüfung in Schritt 3 bezüglich der Auswirkungen des Depots auf das zulässige beeinträchtigte Gebiet (Zielwert-Kontur) unmöglich wird.

Die Modellberechnungen müssen des weiteren für die Untermuerung eines Entwurfs für ein geohydrologisches Isolationssystem und ein Messnetz zur Grundwasserkontrolle verwendet werden.

## **2. DIE BESCHAFFENHEIT DES AUSTRETENDEN PORENWASSERS**

### **2.1 Allgemein**

Schadstoffe können sich in gelöster Form über das aus dem Depot austretende Porenwasser in das Grundwasser verteilen. Die Beschaffenheit dieses Porenwassers im Depot stellt demnach den Ausgangspunkt bei der Berechnung der Auswirkungen auf das Grundwasser dar (Fluss in die wasserführende Schicht und Verteilung in dieser ).

Bei der Ermittlung der Gesamtkonzentration (gelöst) an Schadstoffen im Porenwasser sind die voraussichtlich im Depot herrschenden Bedingungen zu Grunde zu legen. Es wird angenommen, dass ab einer Tiefe von 1 Meter unter der Baggergutoberfläche anaerobe Bedingungen herrschen.



Die Bestimmung der Gesamtkonzentration eines Schadstoffs im Porenwasser kann einerseits durch deren direkte Messung in Schlammproben aus dem Herkunftsbereich des Baggerguts ermittelt werden. Andererseits können Porenwasserkonzentrationen aus den Gesamtkonzentrationen im Sediment und den Literaturdaten für die Parameter errechnet werden, die für die Mobilität von Stoffen ausschlaggebend sind.

Da die Verteilung von Stoffen über die feste Phase und das Porenwasser regional große Unterschiede aufweisen kann, genießt die direkte Messung der Porenwasserkonzentrationen in Schlammproben aus dem Herkunftsgebiet den Vorzug.

## **2.2 Ermittlung von Porenwasserkonzentrationen**

### **2.2.1 Organische Schadstoffe**

#### **Untersuchung im Herkunftsgebiet**

##### *Gesamtkonzentrationen im Sediment*

Bei Sedimentproben aus dem Herkunftsgebiet sind die Gesamtkonzentrationen (mg/kg Sediment) eines breiten Schadstoffspektrums zu analysieren. Unter der Annahme, dass alle verunreinigten Stoffe an organischen Kohlenstoff gebunden sind, ist je Probe die Konzentration der Schadstoffe in "mg/kg organischer Kohlenstoff" auszudrücken.

##### *Gesamtwert an gelösten Konzentrationen im Porenwasser*

Im Porenwasser, das durch Zentrifugieren von Sediment gewonnen werden kann, lässt sich in der Folge die Konzentration an insgesamt gelösten Mengen für eine Reihe ausgewählter Stoffe ermitteln. Die Auswahl der Stoffe, deren Konzentration im Porenwasser gemessen wird, hat auf den Messungen der Gesamtkonzentrationen der Schadstoffe im Schlamm sowie auf Literaturangaben zu beruhen, die einen Hinweis auf die Mobilität der vorhandenen Schadstoffe geben.

##### *Begrenzung der Anzahl von Messungen der Gesamtkonzentrationen im Porenwasser*

Wenn man die Zahl der Messungen der Porenwasserkonzentrationen begrenzen möchte, kann für eine als repräsentativ anzusehende Anzahl von Sedimentproben der Verteilungskoeffizient ( $K'_{oc}$ ) berechnet werden. Unter diesem Verteilungskoeffizienten versteht man: das Verhältnis [l/kg] zwischen der an organischem Kohlenstoff [mg/kg] in der festen Phase absorbierten Konzentration an Verunreinigungen und der gelösten Gesamtkonzentration [mg/l] im Porenwasser.

Mit Hilfe dieser für den Herkunftsbereich berechneten scheinbaren Verteilungskoeffizienten können in der Folge aus den ermittelten Gesamtkonzentrationen der Schadstoffe und der organischen Kohlenstoffgehalte im Sediment die Porenwasserkonzentrationen für die übrigen Sedimentproben errechnet werden.



### **Verwendung von Literaturangaben**

Sollte die Durchführung von Feldmessungen am Sediment und Porenwasser aus irgendwelchen Gründen nicht opportun sein, können nach Genehmigung der zuständigen Behörde Porenwasserkonzentrationen auch mit Hilfe von Literaturwerten für die scheinbaren Verteilungskoeffizienten, vermutlichen Gesamtkonzentrationen im Sediment und des darin enthaltenen Kohlenstoffgehalts errechnet werden. Die Verteilungskoeffizienten können regional starke (bis zu einem Faktor 1000) Unterschiede aufweisen; der Gebrauch von Literaturdaten kann deshalb große Fehler bei der Ermittlung von Porenwasserkonzentrationen nach sich ziehen.

#### **2.2.2 Schwermetalle**

##### **Untersuchung im Herkunftsgebiet**

Auf dieselbe Weise wie bei organischen Schadstoffen kann auch der Gesamtgehalt an Schwermetallen in Schlammproben aus dem Herkunftsgebiet gemessen und die Porenwasserkonzentrationen ermittelt werden. Das physikalisch-chemische Verhalten von Schwermetallen ist jedoch viel anfälliger für Veränderungen der Bedingungen, denen der Schlamm unterliegt. Bei Porenwasseruntersuchungen sind daher die zukünftigen Bedingungen im Depot zu berücksichtigen. Große Veränderungen beispielsweise treten dann auf, wenn Boden aus dem Deichvorland, der die meiste Zeit des Jahres nicht von Wasser bedeckt war, in einem Depot gelagert wird, in dem anaerobe Bedingungen herrschen.

In Schlamm, der immer unter Wasser gelegen hat, sind die meisten Schwermetalle (Ausnahmen sind Chrom und Arsen) vollständig oder zum größten Teil in Form sehr schlecht löslicher Sulfide gebunden. Was Chrom anbelangt, so kann bei dem relativ hohen pH-Wert der meisten Baggergutarten davon ausgegangen werden, dass keine hohen Chromkonzentrationen auftreten werden.

##### **Speziationsberechnungen**

Sollte die Durchführung von Feldmessungen am Porenwasser aus irgendwelchen Gründen nicht opportun sein, können nach Genehmigung der zuständigen Behörde Porenwasserkonzentrationen auf der Grundlage von Sedimentkonzentrationen errechnet werden, die in jüngeren Gewässerbodenuntersuchungen festgesetzt worden sind. Bei den durchzuführenden Speziationsberechnungen und den Berechnungen der Gesamtkonzentrationen der gelösten Fraktion ist die voraussichtliche Änderung der Schlammbedingungen zu berücksichtigen.

### **2.3 Prüfung**

Im Genehmigungsantrag ist anzugeben, auf welche Weise die Porenwasserkonzentrationen gewonnen worden sind. Bei Einsatz von Feldmessungen ist zu spezifizieren, wo und wie diese Messungen durchgeführt worden sind und inwieweit die gewonnenen Werte für das im Depot zu lagernde Baggergut repräsentativ sind.



Die Beschaffenheit des (austretenden) Porenwassers muss mit den Zielwerten für das Grundwasser laut Tabelle 1 von Anlage 1 dieser Studie verglichen werden. Werden diese Zielwerte nicht überschritten, ist der Schluss zu ziehen, dass das Depot die Grundwasserqualität nicht negativ beeinflusst. Werden die Zielwerte für das Grundwasser überschritten, muss für diese Parameter die Berechnung entsprechend der Beschreibung in den folgenden Paragraphen fortgeführt werden.

### **3. DER AUS DEM DEPOT AUSTRETENDE SCHADSTOFFFLUSS**

#### **3.1 Allgemein**

Im Porenwasser vorhandene Schadstoffe können durch advektiven Transport (mit der Grundwasserströmung) oder durch Diffusion (Nivellierung von Konzentrationsdifferenzen) aus dem Depot treten. Die Gesamtmenge an gelösten Schadstoffen, die sich vom Depot aus in den Untergrund bewegt, wird als Fluss in Gramm pro Hektar pro Jahr ausgedrückt.

Der aus dem Depot austretende Schadstofffluss ist anhand der in der Praxis gängigen numerischen Modelle zu berechnen. Diese Modelle müssen dazu geeignet sein, sowohl das (lokale) geohydrologische System, das Konsolidierungsverhalten des Schlamms sowie des auftretenden Stofftransportes zu beschreiben. Hierzu können auch einzelne Modelle aneinander gekoppelt werden.

Wenn im ersten Schritt in Feldversuchen ermittelte Werte für den scheinbaren Verteilungskoeffizienten verwendet worden sind, müssen diese auch im Rahmen der weiteren Beurteilung der Beeinflussung des Grundwassers benutzt werden.

#### **3.2 Berechnungen**

Die Modellierung des lokalen geohydrologischen Systems hat auf mindestens den folgenden Angaben zu beruhen:

- lithologischer Aufbau des Untergrunds (wasserführende Schichten, Trenn- und Abschlussschichten)
- geohydrologische Systemmerkmale (wie: Durchlässigkeit, Widerstände)
- chemische Eigenschaften (insbesondere der organische Kohlenstoffgehalt des Untergrunds (OC): Retardierung)
- in der Umgebung ermittelte Anstiegshöhen für die Kalibrierung des geohydrologischen Modells.

Anhand geohydrologischer Feldstudien müssen die im Modell verwendeten Daten überprüft werden und ist das geohydrologische Modell zu kalibrieren.

Geeignete Modelle zur Beschreibung des Konsolidierungsverhaltens von Baggergut im Depot sind beispielsweise FSCONBAG und DELCON.

Durch Einführung der in Schritt 1 ermittelten Porenwasserkonzentrationen in das Modell ist die Emission (Fluss) aus dem Depot für mehrere Zeiteinheiten

(beispielsweise 100, 1000 und 10.000 Jahre) in Gramm pro Hektar pro Jahr zu berechnen. Die Berechnung des Flusses für die Stoffe, die die Zielwerte im Porenwasser überschreiten, reicht dabei aus.

### **3.3 Prüfung**

Die je Zeitraum errechneten Flusswerte müssen an den in Spalte 2, Tabelle 1 von Anlage 1 dieser Richtlinie aufgenommenen Werte für den "zulässigen Fluss" überprüft werden. Wenn die Kontrollwerte nicht überschritten werden, kann eine weitere Prüfung entfallen. Werden die Kontrollwerte überschritten, muss die Prüfung für diese Stoffe entsprechend den Beschreibungen im folgenden Abschnitt fortgeführt werden.

## **4. DAS DEPOTBEEINFLUSSTE GEBIET**

### **4.1 Berechnungen**

Der aus dem Depot austretende Schadstofffluss kann zu einer Verunreinigung des Grundwassers führen. Mit dem numerischen Modell laut Beschreibung in Abschnitt 3 muss diese Beeinträchtigung für diejenigen Parameter quantifiziert werden, die den zulässigen Fluss überschreiten.

Mit dem 'Umfang des durch das Depot beeinträchtigten Gebietes' ist das Bodenvolumen gemeint, das sich innerhalb des Kontur-Zielwertes für einen bestimmten verunreinigten Stoff befindet. Das Gebiet bezeichnet demnach im Prinzip ein Erreichvolumen ( $m^3$ ).

### **4.2 Prüfung**

Je Leitstoff muss das durch das Depot beeinträchtigte Gebiet ( $m^3$  innerhalb des Kontur-Zielwertes nach 10.000 Jahren) am zulässig beeinträchtigten Gebiet überprüft werden.

Die Größe des zulässig beeinträchtigten Gebietes entspricht der Größe des Nutzvolumens des Depots (Volumenkriterium). Mit dem Nutzvolumen des Depots ist das Depotvolumen ( $m^3$ ) gemeint, das für die Unterbringung von Baggergut verfügbar ist.

Ist das beeinträchtigte Gebiet nach 10.000 Jahren (Berechnung) kleiner als das zulässig beeinträchtigte Gebiet (Nutzvolumen des Depots), dann sind die Auswirkungen des Depots auf das Grundwasser zulässig.

### **4.3 Prüfung im Falle spezifischer geohydrologischer Bedingungen**

Je nach lokaler geohydrologischer Lage können Umstände auftreten, bei denen das Volumenkriterium nicht überschritten wird, während es doch zu bedeutenden Emissionen aus dem Depot kommt. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn ein



Depot in der Nähe von Oberflächengewässern betrieben wird und sich die aus dem Depot austretenden Schadstoffe zum Oberflächengewässer bewegen. Auch im wasserführenden Paket auftretende Verdünnung (hohe Grundwasserströmungsgeschwindigkeit) könnte zur Folge haben, dass die Zielwerte im Grundwasser nicht überschritten werden. In solchen Fällen muss die jährliche Fracht (mg) an Verunreinigungen zum Grund- und Oberflächengewässer quantifiziert werden (mg).

Wenn es auf Grund spezifischer (geohydrologischer Bedingungen unmöglich ist, mit Hilfe eines geohydrologischen Dichtungssystems die Verteilung verunreinigender Stoffe zu verhindern, ist eine Genehmigung zu verweigern.

## **5. ISOLIERENDE MAßNAHMEN UND GEOHYDROLOGISCHE ISOLATION**

### **5.1 Allgemeine Maßnahmen**

Wenn die Berechnungen zeigen, dass die ermittelten Auswirkungen nicht zulässig sind, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die diese Auswirkungen auf das Grundwasser beschränken. Die entsprechende(n) Maßnahme(n) sind in das numerische Modell einzuführen. Danach werden die Flussberechnungen und die Berechnung des beeinträchtigten Gebietes wiederholt, damit die Wirksamkeit der Maßnahmen ersichtlich gemacht werden können.

Für an organischen Stoffen reiche isolierende Schichten ist eine Durchschlagszeit zu berechnen. Unter Durchschlagszeit wird der Zeitpunkt verstanden, an dem die Schicht ihre Isolationswirkung verloren hat, da die Adsorptionskapazität für Verunreinigungen vollständig ausgeschöpft worden ist.

### **5.2 Geohydrologisches Isolationssystem und Monitoring**

Die Richtlinie schreibt vor, dass ein geohydrologisches Isolationssystem jederzeit in Funktion gesetzt werden können muss, beispielsweise wenn isolierende Maßnahmen versagen. Auch kann ein geohydrologisches Isolationssystem eine der isolierenden Maßnahmen des Entwurfs für das Depot darstellen. Die Funktion des geohydrologischen Isolationssystems ist im Genehmigungsantrag mittels einer Berechnung zu verdeutlichen (Zahl der Pumpgruben, Standort, Durchfluss je Pumpgrube, Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Isolationssystems, Monitoring des Grundwassers usw.). Ein guter Leitfaden stellt die "Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen [Richtlinie geohydrologische Isolation bestehender Depots] (1997)" und der Bericht "Ontwerp-procedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen [Entwurfsverfahren Grundwassermonitoring in Depots] (1995)" dar. Beide Dokumentationen wurden vom Verband der Abfallverwerter (Vereniging van Afvalverwerkers, VVAV) herausgegeben.

Da ein geohydrologisches Isolationssystem (siehe Anmerkung 1) auf der Grundlage von Modellberechnungen entworfen werden muss, mit dem die Wirklichkeit lediglich schematisiert nachgebildet wird, wird sich die eigentliche Notwendigkeit der

Inbetriebnahme des Systems anhand der Ergebnisse des Monitorings der Grundwasserqualität (siehe Anmerkung 2) zeigen müssen

Anmerkung 1:

Ein geohydrologisches Isolationssystem ist nicht wirksam, wenn große Durchflusskapazitäten abgezogen werden müssen und keine Möglichkeit besteht, das abgezogene Grundwasser zu reinigen. Dies kann beispielsweise bei einer starken Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers der Fall sein. In solchen Fällen muss man zu dem Schluss kommen, dass der betreffende Standort für den Bau eines Baggergutdepots ungeeignet ist.

Anmerkung 2:

Das Abfangen von sich Richtung Oberflächengewässer bewegendes Grundwassers mit Hilfe einer Brunnengalerie erweist sich als nicht wirksam, wenn sich die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser, das das Oberflächenwasser erreicht, unterhalb des MZR-Oberflächenwasserwertes befinden. Unter solchen Umständen fungiert das Oberflächenwasser im Prinzip als natürliches geohydrologische Isolationssystem.



## ANLAGE 7 DIE WIRKSAMKEIT VON ISOLATIONSMAßNAHMEN FÜR BAGGERGUTDEPOTS

**Vergleich der EG-Richtlinie 1999/31/EG (Deponierichtlinie) und dem niederländischen Entwurf einer Richtlinie für Baggergutdepots an Land (*“Nederlandse Richtlijn voor baggerspeciedepots op land”*).**

*Quelle und Status:*

*Dieses Papier wurde von einer Arbeitsgruppe erstellt, bestehend aus Mitgliedern des niederländischen Umweltministeriums (VROM), Rijkswaterstaat, den Provinzen, Wasserverbänden und der Hafenverwaltung Rotterdam. Abschließend wird das niederländische Umweltministerium verantwortlich sein. Ein Großteil der Arbeit wurde durch AKWA (Beratungszentrum für Sedimente in den Niederlanden, Rijkswaterstaat) gemacht (Notitie 965 WAU.EDC-3-99025, juli 1999).*

1.	EINLEITUNG	194
2.	DIE ALLGEMEINEN ANFORDERUNGEN DER EG-RICHTLINIE	195
2.1	Allgemeines	195
2.2	Maßnahmen	195
2.3	Relevanz und Wirksamkeit dieser Maßnahmen	196
2.4	Spezifische Probleme bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots	199
2.5	Fazit	199
3.	DER NIEDERLANDÄNDISCHE RICHTLINIENENTWURF	200
3.1	Vorbemerkung	200
3.2	Bestimmung der Notwendigkeit von Isolationsmaßnahmen	200
3.3	Isolationsmaßnahmen	201
3.4	Funktionsweise und Wirksamkeit	201
3.5	Spezifische Probleme bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots	203
3.6	Fazit	203
4.	VERGLEICH DER WIRKSAMKEIT DER ANFORDERUNGEN LAUT DEN JEWEILIGEN RICHTLINIEN UND FAZIT	205
4.1	Tabellarischer Vergleich	205
4.2	Fazit	208



## 1. EINLEITUNG

Schadstoffbelastetes Baggergut kann in gesicherten Einrichtungen für Baggergutdepots „an Land“ gelagert werden. Die Sohle diesen Depots kann über oder unter dem Grundwasserspiegel (und / oder dem Wasserspiegel im Grundwasserleiter) sowie in Depots mit oder ohne Wällen im Oberflächenwasser liegen. Bei derartigen Depots kann eine Emission von im Baggergut enthaltenen Substanzen in den angrenzenden Unterboden und das Grundwasser erfolgen. Wenn solche Emissionen als nicht akzeptabel angesehen werden, müssen Isolationsmaßnahmen eingesetzt werden, mit denen diese Emissionen verhindert oder auf ein akzeptables Maß eingegrenzt werden können.

Die Substanzen können über die Bewegung des schadstoffbelasteten Porenwassers (advektiver Transport von Substanzen = Transport von Substanzen mit dem Wasser, in dem sie gelöst sind) und durch die Bewegung von Substanzen durch das Wasser infolge von Konzentrationsunterschieden zwischen dem Porenwasser im Baggergut und dem Porenwasser im angrenzenden Substrat / Unterboden (Diffusion) aus dem Depot austreten. Bei der Entwicklung von Isolationsmaßnahmen zur Eingrenzung der Emission aus Depots für Baggergut oder aus Abfalldepots und bei der Formulierung der entsprechenden Anforderungen müssen beide Transportmechanismen berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist eine dauerhafte Wirksamkeit der Isolationsmaßnahmen über sehr lange Zeiträume (mehrere Jahrtausende) zu gewährleisten.

Bei der Entwicklung von Isolationsmaßnahmen für Baggergutdepots müssen die spezifischen Eigenschaften von Baggergut berücksichtigt werden. Hierbei bestehen eindeutige Unterschiede zu trockenen Abfällen, die zumeist höhere Konzentrationen an auswaschbaren Substanzen enthalten als Baggergut und sich durch eine verhältnismäßig hohe Permeabilität auszeichnen. In Baggergut enthaltene Schadstoffe sind zumeist in gewissem Umfang an die Feststoffphase gebunden oder liegen schwach löslich vor, sodass die Konzentration dieser Schadstoffe im Porenwasser des Baggerguts erheblich niedriger sind als die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser von Abfällen. Darüber hinaus ist die Permeabilität von Baggergut zumeist niedrig. Aufgrund der Unterschiede in der Beschaffenheit von Baggergut müssen oft auch unterschiedliche Isolationsmaßnahmen eingesetzt werden.

In Baggergutdepots herrschen in den untersten Lagen reduzierte Bedingungen vor; dies gilt für unter und über dem Grundwasserspiegel liegende Anlagen (zumindest sofern die Mächtigkeit mehr als 2,5 m beträgt). Unter diesen Bedingungen sind Schwermetalle mit Ausnahme von Arsen und Chrom unbeweglich. Da im Baggergut im Allgemeinen basische Bedingungen vorherrschen, tritt im Porenwasser selbst Chrom nicht in hohen Konzentrationen auf. Arsen tritt nur in solchen Konzentrationen auf, die auch unter natürlichen Bedingungen vorkommen. Im Hinblick auf die potenziellen Schadstoffemissionen von Depots für Baggergut gilt die Sorge daher in der Hauptsache organischen Schadstoffen sowie möglicherweise Arsen und Ammonium.

In den folgenden Abschnitten dieses Memorandums wird dargestellt, in welchem Umfang die Emissionen zum einen durch Anhang 1, „Allgemeine Anforderungen für



alle Depotkategorien“ (im vorliegenden Memorandum\*\* bezeichnet als „allgemeine Anforderungen“) der EG-Richtlinie\* und zum anderen durch die Anforderungen für den Bau geschlossener Baggergutdepots laut dem niederländischen Entwurf einer Richtlinie wirksam eingegrenzt werden.

## **2. DIE ALLGEMEINEN ANFORDERUNGEN DER EG-RICHTLINIE**

### **2.1 Allgemeines**

Bei den Anforderungen werden gefährliche, ungefährliche und Inertabfälle unterschieden. Im Rahmen des vorliegenden Memorandums wird nur auf ungefährliche Abfälle eingegangen. Den allgemeinen Anforderungen liegt die Annahme zugrunde, dass der Einbau der Abfälle oberhalb des Wasserspiegels erfolgt.

Die in den Anforderungen genannten Maßnahmen orientieren sich nicht an den spezifischen Eigenschaften von Baggergut und der darin enthaltenen Substanzen, den ablaufenden Prozessen oder den Transportmechanismen. Die Maßnahmen verfolgen das Ziel einer möglichst weitgehenden Eingrenzung des Einsickerns von Wasser in das Depot / Halde sowie des Abfließens von Wasser aus dem Depot / Halde, oder, anders ausgedrückt, die Eingrenzung des advektiven Transports von Substanzen aus dem Depot in das Substrat. Diffusion wird nicht berücksichtigt.

### **2.2 Maßnahmen**

Während der „Betriebs- bzw. aktiven Phase“, d. h. der Einlagerungsphase, müssen in einem geschlossenen Depot für Baggergut vorhanden sein:

- eine geologische Barriere (Durchlässigkeit  $k \leq 10^{-9}$  m/s, Mächtigkeit  $D \geq 1$  m) oder eine gleichwertige künstliche *geologische* Barriere
- eine künstliches Basisabdichtungssystem in Verbindung mit einem Sammel- und Drainagesystem für das Sickerwasser.

Während der „passiven Phase“, d. h. nach der Einlagerungsphase, müssen vorhanden sein:

- dieselbe geologische Barriere wie in der Einlagerungsphase
- Oberbodenabdeckung / Abdeckungsschicht / Deckschicht gegen das Einsickern von Wasser in dem Depot.

Anmerkung: Es wird offenkundig davon ausgegangen, dass die vorgeschriebene künstliche Basisabdichtungsschicht und das Sammelsystem für das Sickerwasser nach der Einlagerungsphase nicht mehr vollständig funktionsfähig sind; eine

---

\*\* Directives for Dredged Material Disposal Facilities With Regard to Protection of the Groundwater [Richtlinien für Baggergutdepots im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers]; Memorandum 849, WAU.EDC-3-99008 vom Februar 1999.

\* EG-Richtlinie 98/EG, laut Formulierung im Gemeinsamen Standpunkt 49/98, Amtsblatt 98/C333/02 vom 30. 10. 1998.



möglicherweise weiterhin gegebene Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird nicht berücksichtigt.

## 2.3 Relevanz und Wirksamkeit dieser Maßnahmen

### Während der Einbauphase

In dieser Phase, in der noch keine obere Dichtung bzw. Abdeckschicht aufgetragen wurde, liegt der Zweck eines Sammel- und Drainagesystems für Sickerwasser darin, schadstoffbelastetes Wasser von der Sohle des gelagerten Abfalls / Baggerguts abzuleiten und somit ein mögliches Durchsickern durch die darunter liegende Basisabdichtungsschicht einzugrenzen. Bei Depots für Trockenabfälle muss dieses System verhindern, dass der Abfall im Wasser zu liegen kommt / sich mit Wasser voll saugt; bei Baggergut ist dies nicht erforderlich und in vielen Fällen auch nicht wünschenswert.

Auch wenn kein Sammel- und Drainagesystem für das Sickerwasser vorhanden ist, ist die geforderte Basisabdichtungsschicht, die aus einer künstlichen Abdichtung in Verbindung mit einer geologischen Barriere besteht, während der Einlagerungsphase am wirksamsten, insbesondere solange Sohle und Böschungen nur von geringen Mengen an Baggergut bedeckt werden. In dieser Phase wird der Ablauf / Ausfluss von schadstoffbelastetem Wasser und damit der advective Transport erheblich stärker eingegrenzt als ohne Abdichtung. Im Zuge der Abdeckung von Sohle und Böschungen durch eine zunehmend mächtiger werdende, verhältnismäßig wenig permeable Schicht aus Baggergut nimmt die Wirkung dieser Isolationsvorrichtung ab.

Das Sammel- und Abflusssystem für Sickerwasser in Verbindung mit einer künstlichen Basisabdichtung ist eine ausgesprochen kostenintensive Vorrichtung, die laut den Anforderungen nur für einen sehr kurzen Zeitraum benötigt wird und langfristig nicht funktionsfähig bleibt. Zur Eingrenzung der Schadstoffemission ist langfristig wirksam bleibenden Maßnahmen der Vorzug zu geben, wie etwa einer Adsorptionsschicht.

### Nach der Einbauphase, jedoch innerhalb der Konsolidierungsphase

Während der Konsolidierung des Baggerguts (die zugleich mit der Einbauphase beginnt) in einem Depot wird Wasser sowohl aus der Ober- als auch aus der Unterseite ausgetrieben. Bei mächtigen Schichten aus wenig permeablem Baggergut kommt dieser Vorgang erst nach sehr langer Zeit (möglicherweise erst nach mehreren Hunderttausend Jahren) zum Abschluss.

Laut den Anforderungen muss unmittelbar nach dem Ende der Einlagerungsphase eine *obere Dichtung* zur Eingrenzung des Einsickerns von Wasser aufgetragen werden. Allerdings ist das Auftragen einer Dichtung zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, da die Tragfähigkeit des Baggerguts noch nicht ausreicht. Darüber hinaus erfüllt diese Maßnahme ihren Zweck, nämlich das Einsickern von Wasser zu verhindern, nicht, solange sich das Baggergut noch in der Konsolidierungsphase befindet, da in deren Verlauf noch Wasser aus der Oberfläche ausgetrieben wird.

Die Anforderungen berücksichtigen nicht, dass die *künstliche Abdeckung* an der Unterseite auch nach dem Ende der Einbauphase noch wirksam ist. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass durch diese Maßnahme in Verbindung mit der





geologischen Barriere der advective Transport in gewissem Umfang eingegrenzt wird.

#### Nach der Konsolidierungsphase

Das Auftragen einer *oberen Dichtung* ist nur dann zweckmäßig, wenn hierdurch ein relevanter Beitrag zur Eingrenzung des Zu- und Abflusses durch das Depot geleistet wird. Untersuchungen von Konstruktionen für *derartige Dichtungen* haben ergeben, dass in der Praxis eine *Abdeckschicht* aus einem undurchlässigen Material wie etwa HDPE in Verbindung mit einer Sand-Bentonit-Schicht einen Wassertransport von bis zu 5 mm/Jahr ermöglicht. Die Zweckmäßigkeit der Auftragung einer solchen Dichtung nach Abschluss der Konsolidierung hängt von der Permeabilität des im Depot gelagerten Baggerguts ab (s. Textrahmen)

In der Praxis liegt die Durchlässigkeit von Baggergut im Bereich  $10^{-8}$  m/s –  $10^{-10}$  m/s. Das Auftragen einer Oberen Dichtung mit einer Durchsickerung von 5 mm/Jahr auf ein Depot für Baggergut, deren jährliche Durchsickerung ohne Abdeckung bei einigen wenigen Millimetern liegt, wie das bei Baggergut mit einer Durchlässigkeit von  $10^{-10}$  m/s der Fall ist, erbringt keinerlei Nutzen. In einem nicht abgedeckten Depot, in der Baggergut mit einer Durchlässigkeit von  $10^{-8}$  m/s gelagert wird, sickert der gesamte Niederschlag oberhalb von etwa 300 mm/Jahr ein. In diesem Fall kann durch Auftragen einer Oberen Dichtung / Abdeckschicht das Einsickern von Wasser in das Depot erheblich reduziert und somit der advective Transport verringert werden.

Zu berücksichtigen ist, dass die Durchlässigkeit von Baggergut nach Abschluss der Konsolidierungsphase schwer vorherzusehen ist. Somit ist auch schwierig zu bestimmen, ob das Auftragen einer *Abdeckschicht* überhaupt Vorteile erbringt. Darüber hinaus stellt sich das Problem, dass es im Lauf der Zeit zum Aufbrechen der *Dichtung* kommt und dass Undichtheiten der Abdeckschicht in der Praxis nur mittels eines stromabwärts von dem Depot gelegenen Überwachungssystems festgestellt werden können. Undichtheiten größeren Ausmaßes werden frühestens mehrere Jahrzehnte nach dem Auftreten erkannt. Außerdem ist auch bei Verwendung eines Gasableitungssystems davon auszugehen, dass die Gasentwicklung innerhalb des Depots zu Problemen führt.

Die geforderte *geologische Barriere* ( $k \leq 10^{-9}$  m/s) ist in den Niederlanden kein wirksames Mittel zur Eingrenzung des advectiven Transports von Schadstoffen von einem Depot in den Unterboden:

- wenn die Obere Dichtung / Abdeckschicht ordnungsgemäß funktioniert, d. h., wenn der Durchlass nicht mehr als 5 mm/Jahr beträgt. In diesem Fall leistet eine *geologische Barriere* der geforderten Art keinen oder nur einen geringen Beitrag zur Eingrenzung des Transport von schadstoffbelastetem Wasser.
- wenn die Obere Dichtung / Abdeckschicht Undichtheiten größeren Ausmaßes aufweist. In diesem Fall durchläuft das in das Depot einsickernde Wasser, auch auch die *geologische Barriere*.

Der diffusive Transport wird nur für den Fall eingegrenzt, wenn die fragliche Schicht adsorbierende Eigenschaften besitzt.

**In Depots gelagertes Baggergut bildet eine äußerst undurchlässige Schicht**

In subaquatischen Depots wird das Baggergut häufig mit Hilfe eines mobilen Diffusors hydraulisch in dünnen Lagen verteilt. Auf diese Weise lässt sich das Depot gleichmäßig mit einem homogenen Baggergutgemisch füllen.

Solange das Baggergut noch in starkem Umfang konsolidiert, kann eine wasserdichte Deckschicht nicht dauerhaft aufgebracht werden. Die Gefahr, dass darin Lecks auftreten, ist in diesem Falle sehr groß. Außerdem tritt bei der Konsolidierung kaum Wasserinfiltration auf, da sich Konsolidationswasser auch an der Oberseite sammelt. Der Versuch, Infiltration dann zu verhindern, wenn sie eigentlich nicht auftreten kann, ist unzweckmäßig. Man ging davon aus, dass die Beeinflussung des Grundwassers in dieser Phase insbesondere durch das Auspressen des Konsolidationswassers an der Unterseite bestimmt wird. Messungen der Wasser- und Bodenspannungen im Depot De Slufter haben jedoch gezeigt, dass derzeit nur eine geringe Baggergutschicht an der Unterseite des Depots konsolidiert ist. Die Durchlässigkeit dieser dünnen konsolidierten Schicht ist so gering, dass das Konsolidationswasser durch diese Lage nicht herausgepresst werden kann. Die Messungen in De Slufter zeigten außerdem, dass der hydraulische Widerstand des gesamten Depots 10 Jahre nach Füllbeginn auf 1.000.000 Tage angestiegen war. Das bedeutet, dass das aus dem Depot in das Grundwasser entweichende Porenwasservolumen in den Modellberechnungen überschätzt worden ist.

Die Messungen in De Slufter bekräftigen, dass in Depots gelagertes Baggergut eine äußerst undurchlässige Schicht bildet. (Quelle: Prognose gebruiksduur Slufterdepot 1997-1998 [*Prognose zur Gebrauchsdauer des Slufter-Depots*]; Consolidatie van baggerspecie in het Slufterdepot [*Konsolidierung von Baggergut im Slufter-Depot*] (GWR, Bericht Nr.97-124/C, Dezember 1998), Notiz 847, WAU.OWD-3-99087, G.E. Kamerling Februar 1999). Im Hinblick auf diese äußerst geringe Durchlässigkeit des Baggerguts verringert eine geologische Barriere an der Unterseite, die vergleichbare Durchlässigkeitseigenschaften besitzt, den advektiven Wassertransport durch die Baggergutschicht nicht.

Ein weiterer Aspekt, der die Durchlässigkeit eingelagerten Baggerguts von größter Bedeutung ist, stellt die Gasbildung ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) durch anaerobe Mineralisierungsprozesse dar. Das Ausmaß der Gasbildung wird durch die Art des organischen Stoffs im eingelagerten Baggergut bestimmt. Durch Gasbildung und Ansammlung im Schlamm verringert sich die Durchlässigkeit. Wird Gas gebildet, entweicht ein Teil davon an der Oberseite des Depots. Eine an der Oberschicht aufgebraute Sperrschicht wird dies verhindern, so dass die Baggergutschicht theoretisch anschwellen könnte. Zur Zeit ist die Gasbildung in Depots sowie deren Auswirkungen auf die Aufnahmekapazität und Füllstrategien Gegenstand ausführlicher Untersuchungen. WL Hydraulics hat ein Modell entwickelt (DELCON), mit dem die Auswirkungen der Gasbildung auf das Depotvolumen prognostiziert werden können. Dieses Modell wird mit Hilfe von Messungen in De Slufter verifiziert und validiert. Vorerst lassen die Ergebnisse der Untersuchung noch keine eindeutigen Aussagen bezüglich des Ausmaßes zu, in dem Gasansammlung in Großdepots auftreten kann und ob diese Gasansammlung tatsächlich zu einem Anschwellen der eingelagerten Baggergutschicht führen können ("Evaluatie van onderzoeksresultaten met betrekking tot mogelijke effecten van gasproductie in grootschalige depots" [*Auswertung der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf mögliche Effekte der Gasbildung in Großdepots*], WAU, 2001 in Vorbereitung). Bislang wird bei der Berechnung der Aufnahmekapazität von subaquatischen Großdepots jeweils ein durch Gasbildung entstandener Volumenanstieg von 10% mit berücksichtigt.





## 2.4 Spezifische Probleme bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots

Beim Bau von über dem Grundwasserspiegel liegenden Baggergutdepots müssen einige für Depots dieses Typs spezifische Aspekte berücksichtigt werden.

In Gebieten, in denen der Grundwasserspiegel nur einige Meter unterhalb des Erdbodens liegt, müssen Depots, deren Unterbau sich oberhalb des Grundwassers befindet, vollständig oder größtenteils oberhalb des Erdbodens liegen. Der Bau eines Depots oberhalb des Erdbodens mit einer Höhe von mehr als 20 Metern bzw. mehr als 30 Metern (zur Verringerung des Flächenbedarfs) bringt mehr Probleme mit sich als die Konstruktion eines Subaquatischen Depots mit einer Tiefe von mehr als 20 Metern. Im Hinblick auf die Stabilitätsanforderungen müssen die erforderlichen hohen Wälle eine hohe Fußbreite aufweisen. Darüber hinaus muss je nach Struktur des Unterbodens am gewählten Standort die Möglichkeit einer ungleichmäßigen Bodensetzung berücksichtigt werden. Wenn der Bau sehr hoher Wälle vermieden werden soll, ist der Flächenbedarf bei dieser Art von Depots sehr viel größer als bei unter dem Grundwasserspiegel liegenden tiefen Depots mit gleicher Volumenkapazität für Baggergut.

In Gebieten, in denen der Grundwasserspiegel erheblich unter der Erdoberfläche liegt, können oberirdische Depots errichtet werden (z. B. in Steinbrüchen), bei denen die Sohle weit über dem Wasserspiegel liegt. Dabei muss die Kontamination des ungesättigten Bereichs zwischen dem Unterbau des Depots und dem Grundwasserspiegel berücksichtigt werden (in den vorangegangenen Abschnitten wurde darauf verwiesen, dass der advective Transport durch die genannten Maßnahmen kaum oder gar nicht verhindert wird).

## 2.5 Fazit

Die für die Einlagerungsphase geforderten Maßnahmen, also die künstliche Basisabdichtung in Verbindung mit einem *Sammel- und Drainagesystem* für das Sickerwasser, sind äußerst kostenintensive Maßnahmen, die zwar während der Einlagerungsphase wirksam sind, jedoch nur für einen sehr kurzen Abschnitt der Lebensdauer eines Depots benötigt werden. Daher ist auch langfristig wirksamen Maßnahmen der Vorzug zu geben.

Die für die Zeit nach Abschluss der Einlagerungsphase geforderte obere Dichtung kann nicht unmittelbar nach dem Ende der Einlagerungsphase aufgetragen werden, sondern erst nach Abschluss der Konsolidierungsphase. Nach der Konsolidierungsphase trägt die *obere Dichtung* nur dann zur Eingrenzung des advectiven Transports bei, wenn die Durchlässigkeit des Baggerguts nach der Konsolidierung verhältnismäßig hoch ist. Da die Durchsickerung nach der Konsolidierung in der Konstruktionsphase unmöglich vorherzusehen ist, können auch bezüglich des Nutzwerts einer Abdeckschicht keine Prognosen angestellt werden. In der Praxis ist eine Überwachung auf Undichtigkeiten von Anfang an oder nach einiger Zeit nur mittels des Überwachungssystems im Grundwasserleiter möglich.

Die geforderte geologische Barriere mit den genannten Eigenschaften leistet keinen oder nur einen geringen Beitrag zur Eingrenzung des advectiven Transports.



Obgleich die Isolationsmaßnahmen entsprechend den allgemeinen Anforderungen darauf abzielen, den advektiven Transport von Substanzen aus dem Depot einzugrenzen, sind diese Maßnahmen bei Depots für Baggergut hinsichtlich der Eingrenzung dieser Form des Transports kaum oder gar nicht wirksam. Die genannten Maßnahmen haben keine Eingrenzung der Diffusion von Substanzen zum Ziel; sie sind hinsichtlich der Eingrenzung dieser Form der Schadstoffausbreitung kaum oder gar nicht wirksam.

Insgesamt gesehen, sind die in den allgemeinen Anforderungen der EG-Richtlinie genannten Maßnahmen somit nicht zur Eingrenzung der Schadstoffemission aus Depots für Baggergut geeignet.

Die allgemeinen Anforderungen beziehen sich auf über dem Grundwasserspiegel liegende Depots. Anders als bei unter dem Grundwasserspiegel liegenden Depots müssen bei vollständig oder überwiegend über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots ein größerer Flächenbedarf sowie mögliche Stabilitäts- und Bodensetzungsprobleme berücksichtigt werden. In Gebieten, in denen der Grundwasserspiegel weit unterhalb des Erdbodens liegt, muss die Kontamination bzw. mögliche Kontamination des ungesättigten Bereichs zwischen dem Unterbau des Depots und dem Grundwasserspiegel berücksichtigt werden.

### **3. DER NIEDERLANDÄNDISCHE RICHTLINIENENTWURF**

#### **3.1 Vorbemerkung**

Der Entwurf bezieht sich sowohl auf über dem Grundwasserspiegel als auch auf vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegende Depots für Baggergut. Zunächst ist festzustellen, ob Maßnahmen zur Eingrenzung der Emission von Substanzen aus dem Depot erforderlich sind. Wenn die Bewertung ergibt, dass solche Maßnahmen erforderlich sind, kann eine geeignete Auswahl unter den verfügbaren Maßnahmen im Hinblick auf ein optimales Isolationssystem entsprechend den jeweiligen Gegebenheiten getroffen werden.

#### **3.2 Bestimmung der Notwendigkeit von Isolationsmaßnahmen**

Die Richtlinie sieht ein mehrstufiges Bewertungssystem zur Bestimmung der Notwendigkeit von Isolationsmaßnahmen vor:

- Wenn die Schadstoffkonzentrationen im Porenwasser die Zielwerte für das Grundwasser übersteigen, müssen die Schadstoffbewegungen für die Böschungen und die Sohle des Depots berechnet werden.
- Wenn die berechneten Bewegungen die zulässigen Werte laut Richtlinie übersteigen, muss bestimmt werden, ob das Volumen des Bereichs, in dem während eines Zeitraums von 10.000 Jahren ein oder mehrere Zielwerte infolge dieser Emission überschritten werden, das zulässige schadstoffbelastete Volumen (das dem Volumen des Depots entspricht) übersteigt.



- Wenn das zulässige schadstoffbelastete Volumen überschritten wird, müssen geeignete Maßnahmen zur Erfüllung dieses Kriteriums ergriffen werden.

### 3.3 Isolationsmaßnahmen

Zweck der Maßnahmen ist es, die Emissionen aus dem Depot zu minimieren und / oder die Ausbreitung von Schadstoffen innerhalb des Grundwasserleiters so weit einzugrenzen, dass das zulässige schadstoffbelastete Volumen nicht überschritten wird. Dies gilt für Emissionen infolge advektiven Transports wie auch infolge Diffusion. Um die optimale Kombination von Isolationsmaßnahmen (Isolationssystem) entsprechend den jeweiligen Gegebenheit zu erreichen, kann eine Auswahl unter den folgenden Maßnahmen getroffen werden, die hinsichtlich des Stands der Technik und der aktuellen Erfahrungen mit dem ALARA-Prinzip vereinbar sind:

- Beeinflussung des Wasserspiegels zur weitestmöglichen Eingrenzung der Einsickerung durch Verringerung der Wasserspiegeldifferenz zwischen oberer und unterer Schichten des Depots.
- Dichten der Sohle mit bindigem Material mit hohem organischen Anteil.
- Dichten der Sohle und der Böschungen mit einer Sandschicht mit hohem organischen Anteil als Adsorptionsschicht.
- Einsatz eines wirksamen geohydrologischen Isolationssystems, bei dem die Versickerung unter dem zulässigen Durchfluss liegt.

### 3.4 Funktionsweise und Wirksamkeit

#### Beeinflussung des Wasserspiegels

Durch die Beeinflussung des Wasserspiegels wird das Einsickern von Wasser aus dem Depot in den Unterboden und somit der advektive Transport von Schadstoffen eingegrenzt oder sogar auf Null verringert. Diese Maßnahme eignet sich nur für an Land gelegene Depots sowie für Depots mit Wällen in Oberflächengewässern, in denen der Oberflächenbereich des Baggerguts niedriger liegt als der Grundwasserspiegel im Grundwasserleiter. Bei bestimmten Deponierungsverfahren ist eine Beeinflussung des Wasserspiegels während eines Teils des Einbauzeitraums und für einige Zeit danach nicht möglich. Während des verbleibenden Teils der Konsolidierungsphase wird der Wasserausstoß nur in sehr geringem Umfang verringert. Nach der Konsolidierungsphase kann die Beeinflussung des Wasserspiegels unter den genannten Gegebenheiten ein wirksames Mittel zur Eingrenzung oder sogar zur Beseitigung des advektiven Transports sein. Prinzipbedingt hat diese Maßnahme keinen Einfluss auf die Diffusion.

#### Adsorptionsschichten

Adsorptionsschichten enthalten Substanzen, die im Porenwasser vorhandene Schadstoffe binden können. Durch Verwendung solcher Schichten zum Adsorbieren der auf advektivem Wege oder durch Diffusion transportierten Schadstoffe kann die Emission von Schadstoffen in den Unterboden für sehr lange Zeit verhindert werden.

Nach sehr langer Zeit büßt die Beschichtung ihre Funktionsfähigkeit ein, d. h., von der Unterseite der Adsorptionsschicht her werden Schadstoffe freigesetzt. Da die Schadstoffe in Depots für Baggergut vorwiegend organischer Art sind, muss für diese Adsorptionsschichten Material mit organischem Kohlenstoffanteil verwendet werden. In der Praxis bieten sich als Lösung Lehm- oder Sandschichten mit hohem organischen Anteil an. Da es bei den meisten in Baggergut vorkommenden Schadstoffen Jahrtausende dauert, bis diese die Adsorptionsschicht durchdringen, stellen solche Schichten eine wirksame Isolationsmaßnahme für Baggergutdepots während und nach der Konsolidierungsphase dar. Ein Durchdringen verhältnismäßig beweglicher Substanzen bereits nach kurzer Zeit ist nicht auszuschließen; diesbezüglich werden weitere Untersuchungen angestellt.

Bei Depots mit über dem Grundwasserspiegel liegender Sohle wird die Isolation mittels einer Adsorptionsschicht durch ein verhältnismäßig hohes Aufkommen an einsickerndem Wasser beeinträchtigt, durch das der advective Transport von Substanzen zur Adsorptionsschicht höher liegt als bei vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegenden Depots. Durch den verhältnismäßig raschen Transport von Substanzen zur Adsorptionsschicht verringert sich der Zeitraum bis zu deren Aufbrechen. Um dies zu verhindern, müssen bei Depots mit über dem Grundwasserspiegel liegender Sohle dickere Adsorptionsschichten verwendet werden.

Durch das Einbinden einer Schicht mit hohem organischen Anteil und einer Mächtigkeit von mindestens 0,5 m oder das Zusetzen von Kompost über die gesamte Mächtigkeit der oberen Schicht von Sohle und Böschungen ergeben sich keine technischen Probleme hinsichtlich der Konstruktion von Depots in trockener Umgebung.

Bei vollständig oder größtenteils unterhalb des Wasserspiegels gelegenen Depots findet keine oder nur eine geringfügige Infiltration statt, die kaum oder gar nicht zu einem advectiven Transport führt. Eine 0,5 m dicke Schicht mit hohem organischen Anteil an der Sohle und an den Böschungen ist daher ausreichend. Bei Gruben (Depots ohne Wälle im Oberflächenwasser) kann, falls dies nach der Einbauphase für notwendig erachtet wird, der Diffusion von Schadstoffen zum Oberflächenwasser durch Auftragen einer Adsorptionsschicht über dem Baggergut (Capping) begegnet werden.

Bei vollständig oder größtenteils unterhalb des Wasserspiegels gelegenen Depots befinden sich die Adsorptionsschichten zumeist unter Wasser. Das Einbinden einer Lehmschicht mit hohem organischen Anteil an der Basis stellt keine Probleme; das Auftragen von Lehmschichten an den Böschungen führt hingegen zu Stabilitätsproblemen. Bei Sandschichten mit hohem organischen Anteil sollten diese Probleme prinzipbedingt wesentlich weniger schwerwiegend sein. Bei Sand, dem ein bestimmter organischer Anteil beigelegt wurde, etwa in Form von Kompost, kann es während der Schichtauftragung zur Trennung der Bestandteile kommen. Für die technischen und konstruktiven Probleme beim Auftragen von Schichten mit hohem organischen Anteil auf die Böschungen eines Depots wurde bislang noch keine geeignete Lösung gefunden.

### **Geohydrologische Isolation**

Ein geohydrologisches Isolationssystem besteht aus einem System von Pumpenbrunnen, die abstrom (bezogen auf den Grundwasserverlauf) oder in der



Umgebung eines Depots errichtet werden. Der Zweck eines solchen Systems besteht nicht darin, die Emissionen aus dem Depot zu minimieren, sondern vielmehr darin, eine weitere Ausbreitung von Substanzen aus dem Depot im Grundwasserleiter zu verhindern. Der Transport von nicht abgepumpten Substanzen (Undichtheitsfluss) lässt sich auf Werte unterhalb des zulässigen Durchflusses verringern.

Die geohydrologische Isolation kann als alleinige Maßnahme (wenn die Kontaminierung des zwischen Depot und Brunnengalerie gelegenen Teils des Grundwasserleiters akzeptabel ist) oder als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme für den Fall eingesetzt werden, dass die Überwachungsergebnisse langfristig darauf hindeuten, dass anderweitige Isolationsmaßnahmen nicht die gewünschten Ergebnisse erbracht haben. Bei der Wahl des Standorts für ein Depot muss daher festgestellt werden, ob die Installation eines geohydrologischen Isolationssystems möglich ist. Wenn die geohydrologischen Gegebenheiten dies zulassen (wie das zumeist der Fall ist), kann diese Maßnahme für alle Arten von Depots eingesetzt werden. Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass sich in den meisten Situationen die weitere Ausbreitung von Substanzen innerhalb des Grundwasserleiters mit verhältnismäßig geringen Kosten wirksam eingrenzen lässt.

### **3.5 Spezifische Probleme bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots**

Wie bereits in Abschnitt 2.4 ausgeführt, ist der Flächenbedarf bei vollständig oder teilweise über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots zumeist größer als bei vollständig oder teilweise unterhalb des Erdbodens erbauten Depots.

Bei Depots, die in Gebieten mit tiefem Grundwasserspiegel erbaut werden, liegt in manchen Fällen ein mächtiger ungesättigter Bereich zwischen der Sohle des Depots und dem Grundwasserspiegel vor. Vom Prinzip her sollte durch eine Isolation des Depots mittels einer Adsorptionsschicht die Schadstoffemission aus dem Depot für mehrere Jahrtausende verhindert werden können. Wenn diese Maßnahme nicht greift, kann es zur Kontamination des oben genannten ungesättigten Bereichs kommen. Durch eine geohydrologische Isolation kann die Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasserleiter eingegrenzt werden; dies gilt jedoch nicht für den kontaminierten Teil des ungesättigten Bereichs. Wenn dieser Teil verhältnismäßig groß ist, wird das zulässige schadstoffbelastete Volumen überschritten. Die Errichtung von Baggergut-depots an Standorten mit sehr tief gelegenem Grundwasserspiegel und sehr mächtigem Grundwasserleiter ist daher zu verhindern / zu untersagen.

### **3.6 Fazit**

Der niederländische Entwurf einer Richtlinie bezieht sich auf Baggergutdepots mit über dem Grundwasserspiegel liegender Sohle ebenso wie auf vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegende Baggergutdepots. Bei dieser Richtlinie wird sowohl der advective als auch der diffusive Schadstofftransport berücksichtigt. Wenn die Bewertung entsprechend dem mehrstufigen Schema der Richtlinie zu dem Ergebnis führt, dass ein Einsatz von Isolationsmaßnahmen in Betracht zu ziehen ist, stehen die Beeinflussung des Wasserspiegels, die Einbindung

einer Schicht aus Lehm mit hohem organischen Anteil oder von Sandschichten (Adsorptionsschichten) an den Böschungen und an der Sohle des Depots sowie eine geohydrologische Isolation als Optionen zur Verfügung.

Entsprechend den jeweiligen Gegebenheiten können die geforderten Maßnahmen entweder einzeln oder in Kombination eingesetzt werden. Mit Hilfe eines solchen Isolationssystems kann die Emission der meisten in Baggergut vorkommenden Schadstoffe für mehrere Jahrtausende wirksam verhindert und / oder deren weitere Ausbreitung im Grundwasserleiter eingegrenzt werden. Mögliche technische und konstruktive Probleme beim Anbringen von Dichtungen aus Lehm mit hohem organischen Anteil oder Sand an den Böschungen der Depots wurden bislang noch nicht vollständig gelöst.

Wie in Abschnitt 2 ausgeführt, müssen bei vollständig oder größtenteils oberhalb des Erdbodens gelegenen Depots – anders als bei unter dem Grundwasserspiegel liegenden Depots – der größere Flächenbedarf sowie mögliche Stabilitäts- und Bodensetzungsprobleme berücksichtigt werden. In Gebieten mit sehr tief gelegenem Grundwasserspiegel muss die Kontamination bzw. mögliche Kontamination des ungesättigten Bereichs zwischen dem Unterbau des Depots und dem Grundwasserspiegel berücksichtigt werden, die eintritt, wenn die Isolation durch eine Adsorptionsschicht ihre Funktionsfähigkeit einbüßt. Die kontaminierte Schicht ist als zum schadstoffbelasteten Volumen gehörig einzustufen.

Die Errichtung von Depots für Baggergut in Gebieten mit sehr tief liegendem Grundwasserspiegel muss vermieden werden.



## 4. VERGLEICH DER WIRKSAMKEIT DER ANFORDERUNGEN LAUT DEN JEWELIGEN RICHTLINIEN UND FAZIT

### 4.1 Tabellarischer Vergleich

Allgemeine Anforderungen der EG-Richtlinie	Anforderungen des niederländischen Entwurfs
<p><u>Einsatzbereiche:</u></p> <p>Über dem Grundwasserspiegel liegende Depots / Baggergutdepots.</p> <p><u>Merkmale:</u></p> <p>Nicht angepasst an die spezifischen Eigenschaften von Baggergut, die darin enthaltenen Substanzen, die ablaufenden Prozesse und die Transportmechanismen.</p> <p><u>Zweck der Maßnahmen:</u></p> <p>Weitestmögliche Eingrenzung des Einsickerns und der Emission von schadstoffbelastetem Ausfluss aus dem Depot, d. h. <i>Eingrenzung des advectiven Transports</i> aus dem Depot in den Unterboden / das Substrat.</p> <p><u>Verfahren:</u></p> <p>Natürliche und künstliche Abdichtungsschichten / <i>Dichtungen</i>, die den Durchfluss von Wasser und die Drainage eingrenzen / verhindern (Sammlung und Drainage von Sickerwasser).</p>	<p><u>Einsatzbereiche:</u></p> <p>Oberhalb und unterhalb des Grundwasserspiegels / des Erdbodens und Grundwasserspiegels gelegene Depots für Baggergut.</p> <p><u>Merkmale:</u></p> <p>Weitestmöglich angepasst an die spezifischen Eigenschaften von Baggergut, die darin enthaltenen Substanzen, die ablaufenden Prozesse und die Transportmechanismen.</p> <p><u>Zweck der Maßnahmen:</u></p> <p><i>Eingrenzung sowohl des advectiven als auch des diffusiven Transports</i> von Substanzen aus dem Depot und / oder Eingrenzung der weiteren <i>Ausbreitung</i> innerhalb des Grundwasserleiters im Falle einer Emission aus der Anlage.</p> <p><u>Verfahren:</u></p> <p><i>Beeinflussung des Wasserspiegels</i> (soweit aufgrund der jeweiligen Gegebenheiten möglich) zur Eingrenzung des advectiven Transports.</p> <p><i>Adsorptionsschichten</i>, mit denen die Schadstoffe sowohl beim advectiven als auch beim diffusiven Transport unbeweglich gemacht werden.</p> <p><i>Geohydrologische Isolation</i> durch einen Brunnenschirm, der eine weitere Ausbreitung innerhalb des Grundwasserleiters verhindert.</p>



Allgemeine Anforderungen der EG-Richtlinie	Anforderungen des niederländischen Entwurfs
<p><u>System</u></p> <p>Depots mit über dem Grundwasserspiegel liegender Sohle; während der Einbauphase</p> <p><i>Geologische Barriere</i> (<math>k \leq 10^{-9} \text{ m / s}</math>, <math>D \geq 1 \text{ m}</math>) oder eine entsprechende künstliche Barriere, ergänzt durch eine <i>künstliche Basisabdichtung / Dichtung</i> in Verbindung mit einem <i>Sammelsystem für Sickerwasser</i></p> <p>Nach der Einbauphase:</p> <p><i>Geologische Barriere</i> (wie oben), ergänzt durch eine <i>Obere Dichtung / Abdeckschicht</i> (man beachte, dass hierbei ein Entgasungssystem integriert werden muss).</p> <p><i>Ersatzmaßnahmen zur Eingrenzung der Emission</i>: nicht vorgesehen.</p>	<p><u>System</u></p> <p>Depots mit über dem Grundwasserspiegel liegender Sohle während der Einbau- und der Konsolidierungsphase sowie im Anschluss daran; Maßnahmen, die wahlweise einzeln oder in Kombination eingesetzt werden können:</p> <p><i>Adsorptionsschichten</i> an der Sohle und an den Böschungen, die eine Beschichtung aus <i>Lehm- oder Sandschichten mit hohem organischen Anteil</i> bilden.</p> <p><i>Geohydrologische Isolation</i> als alleinige Maßnahme oder als ergänzende Maßnahme, wenn die Überwachungsergebnisse nach einiger Zeit auf einen entsprechenden Bedarf hindeuten.</p> <p>Vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegende Anlagen (alle Phasen); Maßnahmen, die wahlweise einzeln oder in Kombination eingesetzt werden können:</p> <p>Zusätzlich zu den vorstehend genannten Maßnahmen: <i>Beeinflussung des Wasserspiegels</i> (nur möglich bei Anlagen mit unter Wasser gelegener Oberfläche des Baggerguts, die, sofern sie im Oberflächenwasser liegen, durch Wälle eingeschlossen sind), wenn eine weitere Eingrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit des Wasserspiegels notwendig erscheint.</p>
<p><u>Wirksamkeit bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Anlagen</u></p> <p>Während der Einbauphase:</p> <p>Durch die <i>Sickerwasserdrainage</i> in Verbindung mit der <i>Basisabdichtung / Beschichtung</i> (+ <i>geologische Barriere</i>) wird der <i>Ausfluss</i> von schadstoffbelastetem Wasser und somit der advective Transport weitgehend eingegrenzt. Letztendlich handelt es sich um eine sehr kostenintensive Maßnahme, die nur für einen kurzen Zeitraum erforderlich ist.</p> <p>Nach der Einbauphase und vor der Konsolidierungsphase:</p>	<p><u>Wirksamkeit bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Anlagen</u></p> <p>Während der Einbauphase- und der Konsolidierungsphase sowie nach der Konsolidierungsphase:</p> <p><i>Adsorptionsschichten aus Sand- und / oder Lehmschichten mit hohem organischen Anteil an der Sohle und an den Böschungen</i>: Weitgehende Eingrenzung der Emission (durch advektiven wie auch durch diffusiven Transport) der meisten in Baggergut vorkommenden organischen und anorganischen Schadstoffe für mehrere Jahrtausende.</p>





Allgemeine Anforderungen der EG-Richtlinie	Anforderungen des niederländischen Entwurfs
<p><i>Obere Dichtung / Abdeckschicht:</i> Auftragen während der Konsolidierungsphase nicht möglich und ohne Nutzen.</p> <p><i>Geologische Barriere:</i> Trägt möglicherweise zur Eingrenzung des advectiven Transports bei, nicht jedoch zur Eingrenzung des diffusiven Transports.</p>	<p>Man beachte, dass bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots die Infiltrationsrate im Vergleich zu unter dem Grundwasserspiegel liegenden Depots recht hoch liegt. Daher sind bei über dem Grundwasserspiegel liegenden Depots dickere Adsorptionsschichten erforderlich.</p>
<p>Nach der Konsolidierungsphase:</p> <p><i>Obere Dichtung / Abdeckschicht</i> (ermöglicht einen Wassertransport von mindestens einigen Millimetern / Jahr): Trägt bei Baggergut mit niedriger Permeabilität nicht zur Eingrenzung der Infiltration oder des advectiven Transports bei. Funktioniert gut bei permeablem Baggergut, wobei allerdings eine Überwachung auf Undichtheiten ausschließlich anhand von langfristigen Qualitätsveränderungen des Wassers im Grundwasserleiter möglich ist.</p> <p><i>Geologische Barriere:</i> je nach Permeabilität des Baggerguts nur geringfügige oder gar keine Begrenzung des advectiven Transports.</p> <p>Keine Begrenzung des diffusiven Transports.</p>	<p><i>Geohydrologische Isolation:</i> Ob eine geohydrologische Isolation möglich ist, hängt von den jeweiligen Gegebenheiten ab. An den meisten Standorten kann diese Form der Isolation jedoch als wirksame Maßnahme zur Eingrenzung des Umfangs des schadstoffbelasteten Bereichs eingesetzt werden. Sie kann als alleinige Maßnahme oder auch als langfristige ergänzende Maßnahme eingesetzt werden, wenn die Überwachungsergebnisse auf einen entsprechenden Bedarf hindeuten.</p>
<p><u>Konstruktive Gesichtspunkte:</u></p> <p>Das Auftragen einer <i>Oberen Dichtung / Abdeckschicht</i> ist während der Konsolidierungsphase nicht möglich.</p>	<p><u>Wirksamkeit bei vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegenden Depots,</u> alle Phasen:</p> <p><i>Adsorptionsschichten und geohydrologische Isolation (siehe oben).</i></p> <p><i>Beeinflussung des Wasserspiegels (sofern möglich):</i> Wirksame weitere Eingrenzung des advectiven Transports; dieser Effekt tritt allerdings während der Konsolidierungsphase nur eingeschränkt und in manchen Fällen während eines Teils der Einlagerungs- und der Konsolidierungsphase überhaupt nicht auf.</p> <p><u>Konstruktive Gesichtspunkte:</u></p> <p>Die Probleme im Zusammenhang mit dem Auftragen von <i>Schichten mit hohem organischen Anteil</i> unter Wasser an den Böschungen des Depots wurden bislang noch nicht vollständig gelöst.</p>



## 4.2 Fazit

Die allgemeinen Anforderungen der EG-Richtlinie konzentrieren sich ausschließlich auf die Eingrenzung und, soweit möglich, die Verhinderung des advektiven Transports von Substanzen aus der Anlage in das Substrat/den Unterboden. Eine kritische Untersuchung der geforderten Maßnahmen führt jedoch zu dem Ergebnis, dass sie bei Depots für Baggergut in vielen Fällen und insbesondere während der Einbauphase nicht zur Eingrenzung dieser Form des Transports geeignet sind.

Die Maßnahmen tragen entweder zu wenig zur weiteren Eingrenzung des advektiven Transports von Substanzen bei (wenn dieser aufgrund einer niedrigen Permeabilität des Baggerguts bereits in nur sehr geringem Umfang stattfindet) oder verfehlen das Ziel der Eingrenzung des advektiven Transports, wenn diese wegen einer verhältnismäßig hohen Permeabilität des Baggerguts erforderlich ist.

Ein sehr großer Nachteil ist, dass die Maßnahmen die Diffusion von Substanzen nicht berücksichtigen, sodass diese ungehindert stattfinden kann.

Nur während der Einbauphase kann die Schadstoffemission wirksam durch ein Sammel- und Drainagesystem für Sickerwasser und die in diesem Zusammenhang geforderte künstliche Basisabdichtung verhindert werden. Dies sind jedoch extrem kostenintensive Maßnahmen, die nur für einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum während der Einbauphase erforderlich sind.

Das Ziel des niederländischen Entwurfs einer Richtlinie ist die Eingrenzung und nach Möglichkeit die Beseitigung von Emissionen, die infolge advektiven und diffusiven Transports auftreten können, und / oder die Eingrenzung der Folgen solcher Emissionen. Die Richtlinie befasst sich mit der Formulierung eines standortspezifisch optimierten Systems aus Isolationsmaßnahmen, das sich aus den folgenden Maßnahmen zusammensetzt:

- Beeinflussung des Wasserspiegels,
- Auftragen von Lehm- oder Sandschichten mit hohem organischen Anteil (Adsorptionsschichten) sowie
- geohydrologische Isolation.

Mit Hilfe eines derartigen Systems kann die Emission eines Großteils der im Porenwasser von Baggergut vorkommenden Schadstoffe für mehrere Jahrtausende minimiert werden. Alternativ kann die Ausbreitung von Schadstoffen auf ein akzeptables Maß begrenzt werden. Die Probleme im Zusammenhang mit dem Auftragen von Lehm- oder Sandschichten mit hohem organischen Anteil unter Wasser an den Böschungen und an der Sohle des Depots wurden bislang noch nicht vollständig gelöst.

Somit hat das System des niederländischen Entwurfs einer Richtlinie die folgenden Vorteile gegenüber den allgemeinen Anforderungen der EG-Richtlinie:

- Die Maßnahmen gelten auch für vollständig oder teilweise unter dem Grundwasserspiegel liegende Anlagen.
- Die Emission eines Großteils der Schadstoffe wird auch nach der Einbauphase für mehrere Jahrtausende wirksam eingegrenzt, oder die Ausbreitung von Schadstoffen wird auf ein akzeptables Maß eingegrenzt.



**Literatur**

1. Richtlijn 1999/31/EG van de Raad betreffende het storten van afvalstoffen. Brussel, 3/4 1998 6819/98.
2. Notitie 849: Richtlijnen voor baggerspeciedepots met betrekking tot bescherming van grondwater WAU.EDC-3-99008; G.E.Kamerling en F.G.Bisschop, februari 1999.
3. Notitie 787: Nieuwe ontwikkelingen met betrekking tot de achtergronden van notitie 786 (en 666); WAU.EDC-3-98043; G.E.Kamerling, oktober 1998. N.B.: [2] Notitie 849 is the adapted version of notitie 786.
4. Themarapport: baggerspeciedepots voor definitieve berging (bijlage bij MER berging dredged material) Raadgevend ingenieurs Witteveen en Bos/ DG Rijkswaterstaat, DG Milieubeheer, maart 1996 (Notitie 271).
5. Notitie 628: Ontwerp Speciedepots; Deelnota Isolatie onderzoek van Speciedepots, WRO Projectgroep Speciedepots, januari 1998.
6. Handleiding voor ontwerp en constructie van dichte eindafdekkingen van afval- en reststofbergingen; Rapport 91, Staringcentrum, Wageningen en Heidemij Adviesbureau B.V., 1990
7. Richtlijnen dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen,; Heidemij/Ministerie van VROM D.G. Milieubeheer, Publicatiereeks bodembescherming nr 1991/2, juli 1991.







## ANLAGE 8 DIFFUSION VON SCHADSTOFFEN

*Quelle: Variant Sanering Malburgerhaven; Gevolgen voor de grondwaterkwaliteit, Projectbureau WAU, 2001*

*Status: Endgültig*

*Diese Anlage enthält ein Beispiel für eine qualitative Analyse von Auswirkungen auf das Grundwasser. Es handelt sich um eine spezifische Situation. In Umweltverträglichkeitsstudien werden Modelle verwendet, die in Anlage 5 beschrieben werden. Allgemeine Informationen über den Stofftransport in das Grundwasser werden beschrieben in Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Isolatie-onderzoek van Speciedepots (Entwurf Aspekte Baggergutdepots, Teilnote Isolationsuntersuchung von Baggergutdepots) [Werkgroep Referentie Ontwerp – Arbeidsgruppe Referenzmodell, 1998].*

1.	RETARDIERUNG	211
2.	DIFFUSION	212

### 1. RETARDIERUNG

Bevor wir auf die Diffusion von Schadstoffen eingehen, soll zunächst einmal das Phänomen der 'Retardierung' beleuchtet werden. Retardierung ist eine Verzögerung der Verteilung organischer Mikroschadstoffe durch Anhaftung an organische Stoffe.

#### Organische Mikroverunreinigungen

Wenn durch vertikalen advektiven Transport durch eine Schlammschicht Porenwasser in einen Wasserleiter (WL) gelangt, wird die Ausbreitung der organischen Mikroverunreinigungen verzögert, weil sie an den im Sand und Kies enthaltenen organischen Stoff haften. Dieses Phänomen der partiellen Bindung gelöster Mikroverunreinigungen wird Retardierung genannt; es sorgt dafür, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit geringer ist als die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers. Die Retardierungskoeffizienten eines WL's für die verschiedenen organischen Mikroverunreinigungen sind durch den wahrscheinlich sehr niedrigen Gehalt an organischem Stoff eines groben Sandes verhältnismäßig niedrig.

Auch die durch Diffusion aus dem Schlamm austretenden Verunreinigungen werden durch die Sorption in den Feststoff, bei organischen Mikroverunreinigungen in den organischen Stoff, retardiert.

In Tabelle A werden die bei einer Grundwasserqualitätsstudie im Hafen von Malburg, Niederlande, ermittelten Feld- $K'_{oc}$ -Werte und Retardierungsfaktoren als Beispiel angegeben [Varianten Sanering Malburgerhaven; Gevolgen voor de



grondwaterkwaliteit (Konsequenzen für die Grundwasserqualität), WAU.MAL-3-00028, AKWA/WAU, 2000].

Die beweglichsten Stoffe sind die mit dem niedrigsten  $K_{oc}$ , also dem niedrigsten Verhältnis des an den Feststoff gebundenen Anteil zu dem insgesamt im Porenwasser oder Grundwasser vorhandenen Anteil und somit dem niedrigsten Retardierungsfaktor im 1. WL. Bei den organischen Mikroverunreinigungen wurde von jeder Stoffgruppe, die den Prüfwert überschreitet, die beweglichste als Leitstoff gewählt. Das sind Naphtalin, PCB-28 und DDE.

**Tabelle A: Log  $K_{oc}$ ,  $K_d$  und Retardierungsfaktoren im 1. WL (vollständige Anaerobie)**

	Log $K_{oc}$ grober Sand-Kies [l/kg]	$K_d$ [l/kg]*	R grober Sand
1,2DCB	3,60		3
BHCH	4,72		30
GHCH	4,08		8
DDE	5,02		59
DDD	5,09		69
DDT	5,42		146
Naphtalin	3,80		4
Anthrazen	4,85		40
Fluoranthren	5,29		108
Benzo(a)pyren	5,46		159
PCB-28	5,35		126
PCB-118	5,49		173
PCB-153	5,48		167
Arsenit $H_2AsO_3^-$		500*	750
Blei		1000*	1500
Cadmium		1000*	1500
Kupfer		1000*	1500
Zink		1000*	1500

\* Grobe Schätzung, weil das Verhalten von Metall zu komplex ist zu einer Charakterisierung mit einem  $K_d$

### Schwermetalle

Für die Retardierung von Schwermetallen in grobem Sand des 1. WL sind nicht nur der organische Stoffgehalt und die Porosität maßgeblich, sondern auch verschiedene Sorptionsphasen. Deshalb bilden die in Tabelle A dargestellten  $K_d$  und Retardierungsfaktoren eine Indikation der Größenordnung auf der Basis in der Literatur angegebener Feldbeobachtungen.

## 2. DIFFUSION

Bei der Einlagerung des verunreinigten Baggerguts unter dem Grundwasserspiegel ist die Strömung durch das Baggergut durch dessen hohen Widerstand praktisch gleich Null. Der advective Transport durch das Baggergut ist vermutlich geringer als 2 mm im Jahr, so dass sich die Verunreinigungen hauptsächlich durch Diffusion verteilen. In der Ausgangslage ist der Unterschied der Schadstoffkonzentrationen des Porenwassers der verunreinigten Sedimentschicht und des sauberen





umgebenden Wasserleiters in einem kurzen Abstand relativ hoch. Das Konzentrationsgefälle ist dann steil, so dass die Diffusionsflüsse verhältnismäßig groß sind. Der Abstand, in dem dieser Konzentrationsunterschied besteht, wird durch die Diffusion größer, so dass das Konzentrationsgefälle weniger abflacht und der Diffusionsfluss abnimmt. Das Konzentrationsgefälle flacht ab, weil eine „Verunreinigungsfahne“ entsteht. Da der Diffusionsfluss mit der Zeit geringer wird, wird auch die Zunahme der Verunreinigungsfracht in der Fahne mit der Zeit abflauen.

Das Konzentrationsgefälle in der Tiefe infolge der Diffusion wird nach Appelo, Postma und Crank zu einem bestimmten Zeitpunkt mit der folgenden Formel berechnet:

$$C(x,t) = \frac{1}{2} C_0 * \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{4D_L * t}}\right)$$

wobei:  $C_0$  die Konzentration im Porenwasser im Depot [z.B.  $\mu\text{g/l}$ ]  
 $x$  Tiefe zur Unterseite des Depots [m]  
 $t$  Zeit [Jahr]  
 $D_L$  der effektive Diffusionskoeffizient des Stoffes [ $\text{m}^2/\text{Jahr}$ ]  
 $\operatorname{erfc}$  Errorfunktion, bewertet nach Abramowitz und Stegun (1964)

$D_L$  wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$D_L = \frac{D_0 * \theta}{\tau * R}$$

wobei:  $D_0$  der Diffusionskoeffizient [ $\text{m}^2/\text{Jahr}$ ]; vgl. Tabelle B  
 $\theta$  Porosität [-]; 0,53  
 $\tau$  Krümmungsfähigkeit [-]; 2  
 $R$  Retardierungsfaktor des Stoffes im Gewässerboden [-] (Tabelle A)

In Tabelle B sind die in dieser Studie angewendeten Diffusionskoeffizienten dargestellt. In der Literatur ist nur von Naphtalin ein Diffusionskoeffizient bekannt [Lyman, W.J., W.F. Reehl und D.H. Rosenblatt (1990). *Handbook of chemical property estimation methods: environmental behavior of organic compounds*. American Chemical Society, Washington, DC]. Der  $D_0$  für die anderen organischen Mikroverunreinigungen wurde diesem gleichgesetzt. Für  $\text{Pb}^{2+}$  wurde eine Analogie mit  $\text{Ca}^{2+}$  gesucht, für Arsenit mit Sulfat. Da die Annahmen äußerst unsicher sind, müssen die Diffusionsflüsse bei Arsen und Blei als Indikation der Größenordnung betrachtet werden und nicht als genau berechnet. Der Diffusionskoeffizient für Blei ist etwas niedriger als der für Arsen, und Blei hat einen höheren  $K_d$ -Wert. Die Diffusionsgeschwindigkeit von Blei ist dadurch viel niedriger als die von Arsen.



**Tabelle B:** In dieser Studie angewendete Diffusionskoeffizienten  $D_0$ 

Stoff	Gleichgesetzt mit	$D_0$ [m <sup>2</sup> /Jahr]
Naphtalin, PCB-28, DDE	Naphtalin	0,0315
Arsenit	Sulfat $\text{SO}_4^{2-}$	0,0347
Blei	Calcium $\text{Ca}^{2+}$	0,0117

Die folgende Abbildungen zeigen die Konzentrationsgefälle verschiedener Schadstoffe.

Die Abbildungen gelten für ein fiktives Depot in einem grobsandigen Wasserleiter mit niedrige Grundwasserstromgeschwindigkeit.

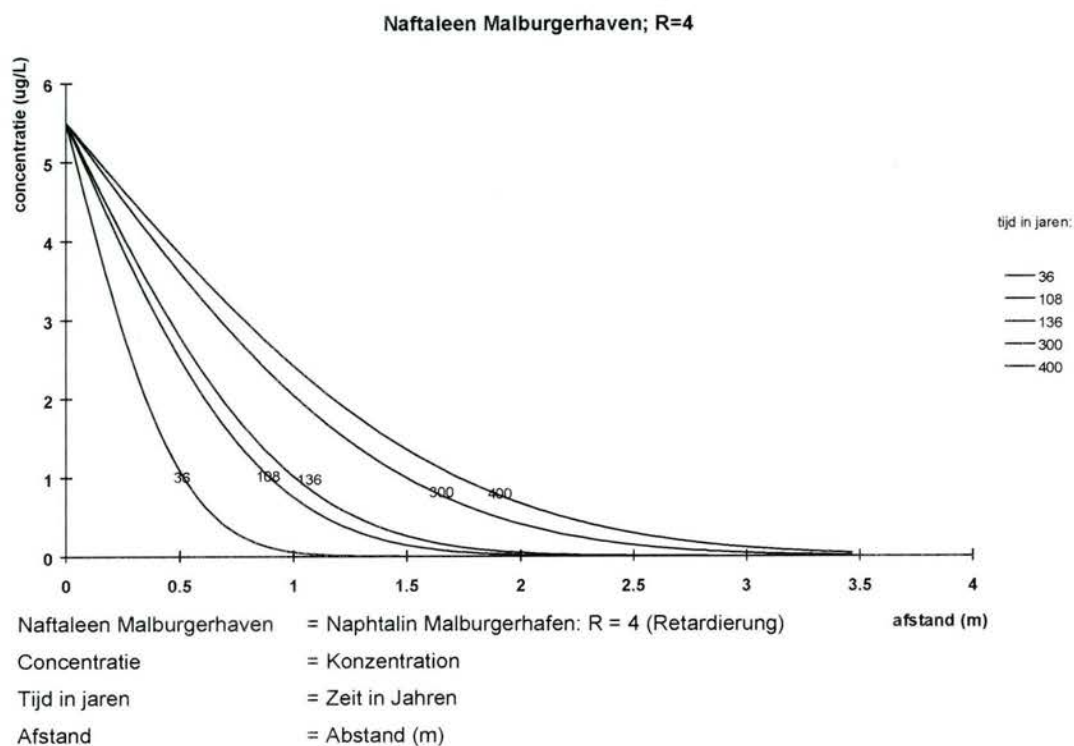
In Abbildung A ist das Konzentrationsgefälle von Naphtalin unter dem Sediment zu verschiedenen Zeitpunkten dargestellt. Anfangs ist der Diffusionsfluss auf der Grenzfläche des verunreinigten Sediments/Wasserleiters relativ groß, die Diffusionsgeschwindigkeit nimmt jedoch mit der Zeit ab, weil der Abstand, in welchem der Konzentrationsunterschied besteht, länger wird (Abflachen des Konzentrationsgefälles).

In den Abbildungen B bis D sind die Konzentrationsgefälle für PCB-28, DDE und Blei dargestellt.

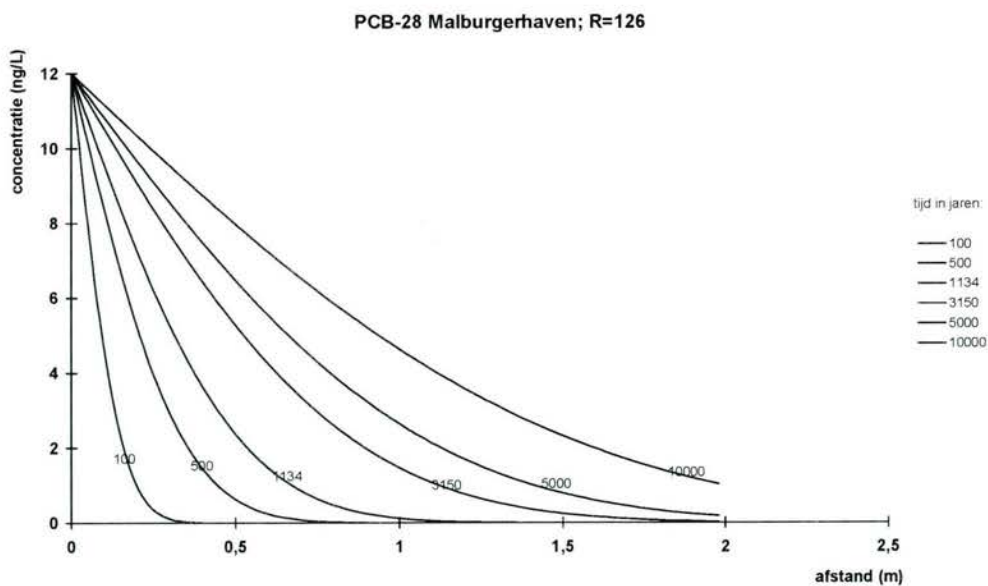




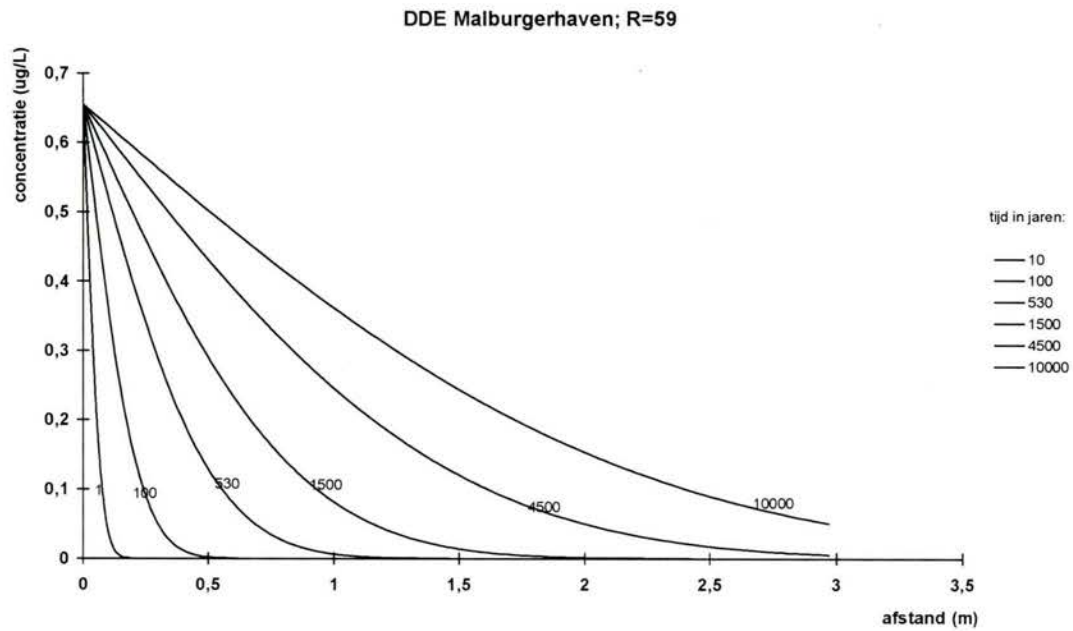
**Abbildung A:** Konzentrationsgefälle durch Diffusion von Naphtalin im 1. WL zu verschiedenen Zeitpunkten



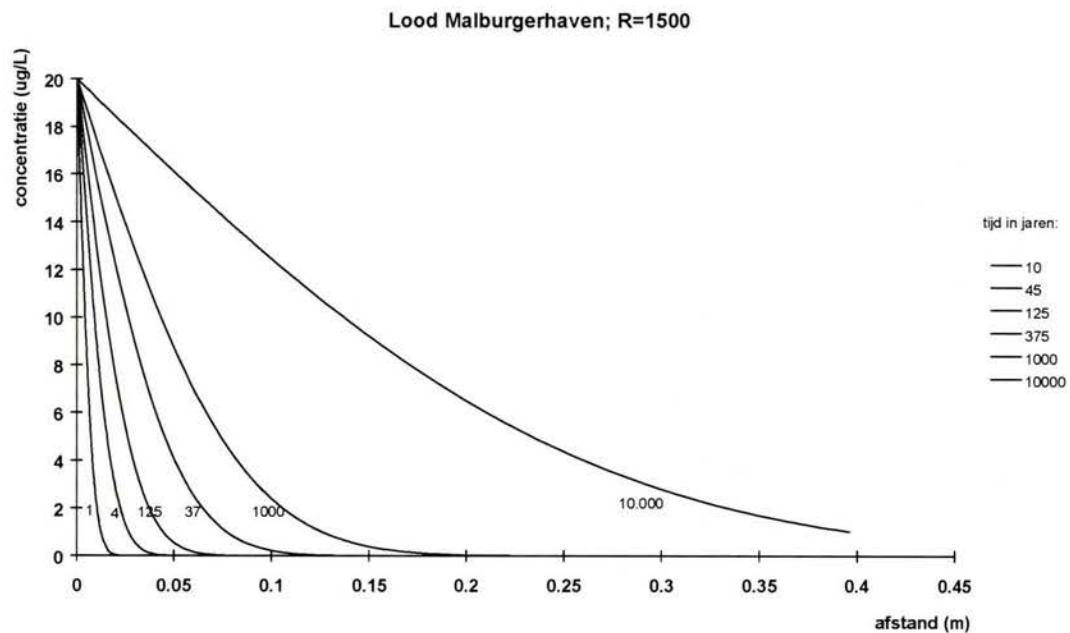
**Abbildung B:** Konzentrationsgefälle durch Diffusion von PCB-28 im 1. WL zu verschiedenen Zeitpunkten



**Abbildung C:** Konzentrationsgefälle durch Diffusion von DDE im 1. WL zu verschiedenen Zeitpunkten



**Abbildung D:** Konzentrationsgefälle durch Diffusion von Blei im 1. WL zu verschiedenen Zeitpunkten





## ANLAGE 9 NUMERISCHE MODELLE

*Hier werden wesentliche Inhalte einiger numerischer Modelle anhand von Auszügen aus Informationsschriften vorgestellt.*

1.	MODELLE FÜR AUSFLUSS IN DAS GRUNDWASSER	218
1.1	MODFLOW: Modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model	218
1.2	MT3D: A Modular Three-Dimensional Transport Model	219
2.	OBERFLÄCHENWASSEREMISSIONEN	220
2.1	Strömungs- und Wasserqualitätsmodelle	220
2.2	WESTSIDE	220
3.	KONSOLIDIERUNG VON BAGGERGUT	222



## 1. MODELLE FÜR AUSFLUSS IN DAS GRUNDWASSER

In den Niederlanden wird zur Berechnung von Ausflüssen in das Grundwasser oft das MODFLOW verwendet, ein Grundwasserströmungsmodell, das den Input für das MT3D generiert, ein Transportmodell für Verunreinigungen (siehe auch gesonderter Textrahmen „MODFLOW“ und „MT3D“)

### 1.1 MODFLOW: Modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model

MODFLOW is a three-dimensional finite-difference groundwater flow model. It has a modular structure that allows it to be easily modified to adapt the code for a particular application. Many new capabilities have been added to the original model. OFR 96-485 (complete reference below) documents a general update to MODFLOW, which is called MODFLOW-96 in order to distinguish it from earlier versions.

MODFLOW simulates steady and nonsteady flow in an irregularly shaped flow system in which aquifer layers can be confined, unconfined, or a combination of confined and unconfined. Flow from external stresses, such as flow to wells, areal recharge, evapotranspiration, flow to drains, and flow through river beds, can be simulated. Hydraulic conductivities or transmissivities for any layer may differ spatially and be anisotropic (restricted to having the principal direction aligned with the grid axes and the anisotropy ratio between horizontal coordinate directions is fixed in any one layer), and the storage coefficient may be heterogeneous.

The model requires input of the ratio of vertical hydraulic conductivity to distance between vertically adjacent block centers. Specified head and specified flux boundaries can be simulated as can a head dependent flux across the model's outer boundary that allows water to be supplied to a boundary block in the modeled area at a rate proportional to the current head difference between a "source" of water outside the modeled area and the boundary block.

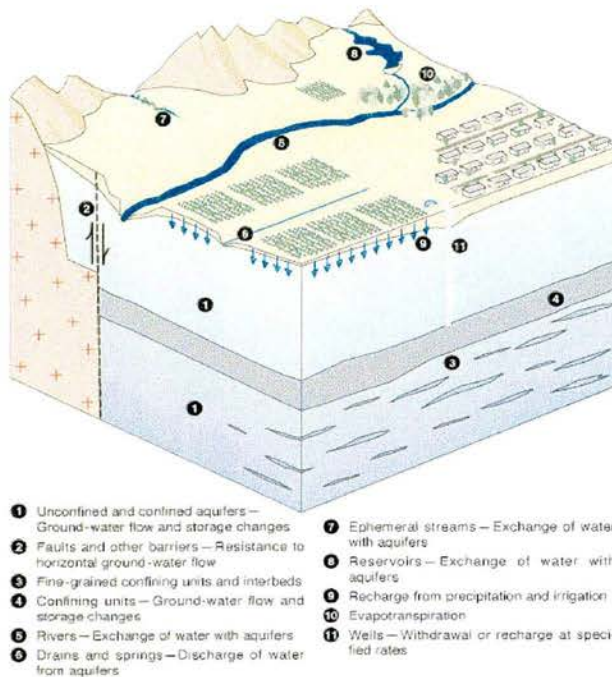
MODFLOW is currently the most used numerical model in the U.S. Geological Survey for groundwater flow problems. An efficient contouring program is available (Harbaugh, 1990) to visualize heads and drawdowns output by the model.

**METHOD**  
The ground-water flow equation is solved using the finite-difference approximation. The flow region is considered to be subdivided into blocks in which the medium properties are assumed to be uniform. The plan view rectangular discretization results from a grid of mutually perpendicular lines that may be variably spaced.

The vertical direction zones of varying thickness are transformed into a set of parallel "layers". Several solvers are provided for solving the associated matrix problem; the user can choose the best solver for the particular problem.

Mass balances are computed for each time step and as a cumulative volume from each source and type of discharge.





- 1 Unconfined and confined aquifers—Ground-water flow and storage changes
- 2 Faults and other barriers—Resistance to horizontal ground-water flow
- 3 Fine-grained confining units and interbeds
- 4 Confining units—Ground-water flow and storage changes
- 5 Rivers—Exchange of water with aquifers
- 6 Drains and springs—Discharge of water from aquifers
- 7 Ephemeral streams—Exchange of water with aquifers
- 8 Reservoirs—Exchange of water with aquifers
- 9 Recharge from precipitation and irrigation
- 10 Evapotranspiration
- 11 Wells—Withdrawal or recharge at specified rates

Figure 1. Features of an aquifer system that can be simulated by MODFLOW.

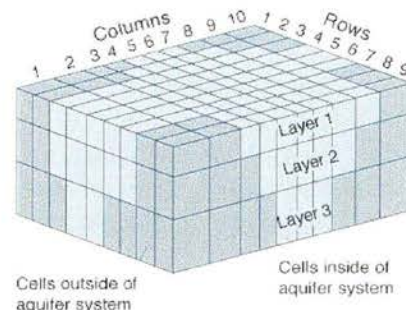


Figure 2. Example of model grid for simulating three-dimensional ground-water flow

## 1.2 MT3D: A Modular Three-Dimensional Transport Model

MT3D is a comprehensive three-dimensional solute transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. MT3D was first developed by Chunmiao Zheng in 1990 at [S.S. Papadopoulos & Associates, Inc.](#) with partial support from the U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Since 1990, MT3D has been available as a public domain code from the USEPA. Commercial versions with enhanced capabilities have also been available from S.S. Papadopoulos & Associates, Inc. and its distributors.

MT3D is based on a modular structure to permit simulation of transport components independently or jointly. MT3D interfaces directly with the U.S. Geological Survey finite-difference groundwater flow model, [MODFLOW](#), for the head solution, and supports all the hydrologic and discretization features of MODFLOW. MT3D has been widely accepted by practitioners and researchers alike and applied in numerous field-scale modeling studies in the United States and throughout the world. The MT3D code has a comprehensive set of solution options, including the method of characteristics (MOC), the modified method of characteristics (MMOC), a hybrid of these two methods (HMOC), and the standard finite-difference method (FDM). The availability of these solution options in one program, and the continuing enhancement and expansion of its capabilities, makes MT3D uniquely suitable for handling a wide range of field problems of very different natures. Furthermore, MT3D is supported by all major commercial graphical user interface developers, and many other companion codes for risk assessment, parameter estimation, and remediation design optimization.

## **2. OBERFLÄCHENWASSEREMISSIONEN**

In den Niederlanden werden zur Berechnung von Ausflüssen in das Oberflächenwasser oft Strömungsmodellen (WAQUA, Delft2D) verwendet. Diese Wasserbewegungsmodelle generieren den Input für das Wasserqualitätsmodell DELWAQ, zwei 2D-Modelle zur Berechnung der Ausbreitung von Emissionen (bei der Einlagerung von Baggergut) über das Oberflächenwasser (siehe auch gesonderter Textrahmen „Strömungs- und Wasserqualitätsmodellen“). Auch wird oft das Modell WESTSIDE verwendet zur Berechnung von Wasserqualitätseffekte beim Einleiten von Baggergut in Depots.

### **2.1 Strömungs- und Wasserqualitätsmodelle**

WAQUA is a water movement and waterquality simulation system, able to perform two-dimensional computations. A part called TRIWAQ is incorporated for three-dimensional computations. The system enables the user to simulate stationary as well as non-stationary flow patterns, transport of dissolved substances, temperature distribution and sediment transport. Waqua is developed by the Dutch Ministry of Transport and Public Works. DHV Environment and Infrastructure used WAQUA often in repayment studies for Dutch Ministry of Transport and Public Works.

Delft2D is a numerical software package developed by WL/Delft Hydraulics. The package consists of four modules: a short-wave module (WAVE), a hydrodynamic module (FLOW), a sediment module (SED) and a water quality module (WAQ). Part of the package is a graphical user interface which accommodates easy and structured application of the modules including data entry, data management, visualisation of model data and control of the computations.

DHV Environment and Infrastructure used Delft2D in repayment studies for clients.

Delft2D-FLOW simulates the non-steady flow and water level variation from a tidal, a wave or meteorologic forcing. The model allows a 2D horizontal flow field, and accounts for wave effects and density effects by salinity and non-uniform temperature distribution.

Delft2D-FLOW solves the unsteady shallow water equations in two (depth-averaged) or three dimensions. In horizontal directions the model offers the opportunity to use Cartesian rectangular co-ordinates, orthogonal curvilinear co-ordinates or spherical coordinates.

The water quality module Delft2D-WAQ simulates biological, bacteriological and/or chemical processes in two dimensions for given hydrodynamic conditions.

The model facilitates the simulation of numerous water quality parameters e.g. salinity, temperature, suspended matter, age fractions, coliform bacteria, heavy metals, organic micro pollutants, BOD, DO, nutrients and algae species.

### **2.2 WESTSIDE**

WESTSIDE Modell für Berechnung von Wasserqualitätseffekte beim Einleiten von Baggergut in Depots.



Dieses numerische Modell beschreibt auf der Grundlage bestimmter Ausgangspunkte und Annahmen:

- den zeitlichen Verlauf der Qualität des Depotwassers;
- den Verlust von Schadstoffen durch Strömung oder Austausch mit der Umgebung in das Oberflächenwasser.

Die Ausgangspunkte und Annahmen beziehen sich insbesondere auf den potentiellen Einleitungsverlust und die damit einher gehende Lösung der Schadstoffe, die sich, adsorbiert aus den feinen Teilchen des Baggerguts, aus der Einleitungswolke verteilen. Dieser Verlust kann durch Desorption auftreten: die Wiederlösung von Stoffen. Das Ausmaß der Desorption hängt nicht nur von den Stoffen ab, sondern auch von verschiedenen Umgebungsfaktoren. So kann sich die gelegentliche Verteilung von Stoffen aus der Schlickwolke zum größten Teil auf die unmittelbare Nähe der Einleitungsstelle begrenzen bzw. sich schnell über das gesamte Depotvolumen verbreiten.

Die Fracht, die infolge des Phänomens der Schadstoffdesorption frei wird, wird sich in relativ kurzer Zeit mit dem Depotwasservolumen vermischen. Die Konzentrationen im Depotwasser nehmen durch diese Beimischung demnach zu, und der Austausch mit der Umgebung findet auf der Grundlage der errechneten Konzentrationen nach Aufmischung des Desorptionsverlustes über das Grubenvolumen statt. Da während der Füllphase immer wieder Baggergut hinzukommt, nimmt das Wasservolumen in der Grube ab; das Modell berücksichtigt diesen Sachverhalt.

Das Ergebnis dieser Modellberechnungen ist eine kumulative Verunreinigungsfracht aus dem Depot in das umgebende Oberflächenwasser, entweder direkt durch Strömungsverlauf über das Depot oder indirekt durch den Austausch von Wasser durch die Öffnung eines eingedeichten Depots mit Öffnung.

### 3. KONSOLIDIERUNG VON BAGGERGUT

Der Konsolidierungsfaktor und die austretende Porenwassermenge wird oft in den Niederlanden errechnet mit Hilfe eines eindimensionalen Computermodells mit dem Namen FSCONBAG (siehe auch Modellbeschreibung „FSCONBAG: a computer program for simulation of large strain consolidation“, G. Greeuw & A. Van Ommen, Delft Geotechnics, december 1992).

**FSCONBAG** a computer program for simulation of large strain consolidation

G. Greeuw & A. van Ommen

Delft Geotechnics, December 1992

Developing the computer program FSCONBAG and conceiving this manual was commissioned by Rijkswaterstaat, Road and Hydraulic Engineering Division

#### **Preface**

In the Netherlands, future disposal of contaminated dredged sludge is restricted to specially constructed disposal sites. In the design and management of such sites, the consolidation of the sludge plays an important role.

FSCONBAG is a computer program for the simulation of consolidation behaviour of sludge. As such, it aims to be a tool for the support of design and management decisions. Depending on boundary conditions, material parameters and production rates the following quantities are calculated:

- development of the height of the sludge layer during deposition as well as after exploitation of the site;
- development of the hydraulic properties of the sludge layer;
- quantities of water expelled from the sludge either to the surface water or to the groundwater

With these quantities the consequences of decisions on disposal site capacity, land reuse possibilities, waste water treatment capacity, groundwater contamination etc can be assessed in a quantitative way.

As with any mathematical modelling tool, results are only valid as long as the processes modelled are the most relevant, the parameters and boundary conditions are interpreted correctly, and so on. Therefore, results should be used prudently, especially when proper data availability is limited. However, FSCONBAG can always be used as a tool for comparing the effects of various design and management alternatives.



## ANLAGE 10 ÜBERSICHT ZUSÄTZLICHER REINIGUNGSTECHNIKEN FÜR RÜCKWASSER

Quelle: Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Zuiveringstechnieken,  
Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995

Status: endgültig

Die Arbeitsgruppe Bezugsentwurf [WRO, 1995] hat eine große Zahl von Abwasserreinigungstechniken inventarisiert und ihre Anwendbarkeit zur Reinigung von Rückwasser in der Einlagerungsphase eines Depots bewertet. Der Wirkungsgrad und die Kosten der Reinigungstechniken wurden auf der Basis einer globalen Dimensionierung miteinander verglichen. In dem vorliegenden Teilbericht wird auf diese Studie verwiesen. Einige relevante Aspekte dieser Studie werden hier kurz dargestellt.

Bei der Inventarisierung (Tabelle A - 7) der verfügbaren Reinigungstechniken wurde auf Techniken zurückgegriffen, die auch für die Grundwasserreinigung, die Bodensanierung und die Trinkwasseraufbereitung angewendet werden. Die Reinigungsproblematik von Rückwasser gleicht in mancher Hinsicht nämlich der der Bodensanierung und der Trinkwasseraufbereitung.

**Tabelle A - 7: Inventarisierung relevanter Reinigungstechniken für verunreinigtes Rückwasser**

Technik	Wirkungsgrad der Entfernung von Verunreinigungen aus Rückwasser in %				
	Schwebstoffe	Schwermetalle	PAKs	PCBs	Stickstoff
Absetzen	30-90	30-90	10-30	10-50	0
Koagulation/Ausflockung	90-98	40-90	10-50	10-75	0
Sandfiltration	>95	50-90	30-90	40-75	0
Aktivkohle-Filtration	nicht zutr.	nicht zutr.	99	99	0
Hyperfiltration	100 <sup>2)</sup>	>98	>99	>99	50-90
Nanofiltration	100 <sup>2)</sup>	?	50-70 <sup>1)</sup>	50-70 <sup>1)</sup>	0
Mikrofiltration	>99	50-95	30-60	40-70	0
Ozon-/Katalysatortechn.	0	0	>90	>90	>90*
Aktivschlammsystem	nicht zutr.	?	?	?	>90**
Scheibentropfkörper	0	?	>90	>90	>90*
Fließ-Festbettssysteme	0	?	?	?	>90*
Tropfkörperanlage	10	5	60	60	>80
Schwefel-Kalkstein-verfahren	nicht zutr.	nicht zutr.	nicht zutr.	nicht zutr.	>90**

<sup>1)</sup> bezieht sich auf die gelöste Komponente

<sup>2)</sup> Vorbehandlung zur Schwebstoffentfernung erforderlich

\* Ammonium-Stickstoffentfernung/Umsetzung

\*\* Nitratentfernung

### Anzuwendende Reinigungstechnik

Auf der Basis der Qualität des Rückwassers und der Bewertung der Reinigungstechniken nach Kosten und Wirkungsgrad kann die bevorzugte Reinigungstechnik gewählt werden.

Im ersten Zeitraum der Einlagerungsphase, wenn die Wasserscheibe eine Dicke von mehr als 5 Metern hat, kann die natürliche Sedimentierung genutzt werden. Die voraussichtlichen Schwebstoffkonzentrationen werden niedriger sein als das hier



gewählte Einleitungskriterium von 50 mg/l oder sich um diesen Wert bewegen. Die Einleitung kann dann voraussichtlich ohne weiteres erfolgen.

Im zweiten Zeitraum der Einlagerungsphase, wenn die Wasserscheibe 5 Meter oder kleiner ist, kann bei ungünstigen Verhältnissen (hohe Schüttproduktion, viel Wind) ebenfalls natürliche Sedimentierung angewendet werden. Während dieser ungünstigen Zeit kann die Einleitung von Rückwasser eingestellt werden; der Wasserspiegel im Depot kann dann etwas höher werden. Sollte die Einleitung unbedingt nötig sein, dann kann diese über ein auf dem Betriebsgelände eingerichtetes Absetzbecken erfolgen.

Falls Messungen ergeben, dass der Stickstoffgehalt im Rückwasser zu hoch ist, dann ist nach der Sedimentierung die Stickstoffentfernung erforderlich. Die dazu meistgeeignete Technik ist wahrscheinlich die Reinigung mit Scheibentropfkörpern. Da die Reinigung von Rückwasser in bezug auf Stickstoff möglicherweise erst in der letzten Einlagerungsphase wichtig ist, gehören auch andere/neuere Reinigungsmethoden zu den Möglichkeiten. Auf der Basis des Wirkungsgrades, der Anforderungen an die Rückwasserqualität und der Kosten muss dann eine Auswahl getroffen werden.



## **ANLAGE 11 METHODIK DER BEWERTUNG UND DES VERGLEICHS DER DEPOTVARIANTEN IM UMWELTVERTRÄGLICHKEITSBERICHT (UVB)**

*Quelle: Projektnota/MER Baggerspecieberging Hollandsch Diep/Haringvliet  
Ost, Projectbureau WAU, 2001*

*Status: endgültig*

1.	ZWECK DES VERGLEICHS	226
2.	HILFSMITTEL: MULTIKRITERIENANALYSE	226
3.	BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN	226
4.	DIE ZUWEISUNG VON AUSWIRKUNGSWERTEN (NORMIERUNG)	227
5.	STANDARDISIERUNG: UMRECHNUNG IN VERGLEICHBARE EINHEITEN	228
6.	DIE ZUWEISUNG DES GEWICHTS	228
7.	DIE GEWICHTE AUF DER ASPEKT- UND KRITERIUMSSTUFE	229
8.	RECHENMETHODE: GEWICHTETE SUMMIERUNG	231



## 1. ZWECK DES VERGLEICHS

Die Entscheidung, welche Depotvariante(n) in der Einrichtungs-UVS ausgearbeitet werden soll(en), erfordert einen Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten.

Ein integraler Vergleich der Varianten, bei dem alle Aspekte berücksichtigt werden, die für die Bewertung maßgeblich sind, vermittelt einen Eindruck der bevorzugten oder weniger wünschenswerten Varianten, beziehungsweise der aussichtsreichen und der weniger günstigen Möglichkeiten.

## 2. HILFSMITTEL: MULTIKRITERIENANALYSE

Ein integraler Vergleich der Varianten auf der Basis zahlreicher verschiedener Themen, Aspekte und Kriterien macht immer den Eindruck, dass man 'Äpfel mit Birnen' vergleicht. Wenn ein Vergleich objektiv und reproduzierbar sein soll, muss die Art und Weise, in der die verschiedenartigen Auswirkungen vergleichbar gemacht werden, einsichtig sein. Darüber hinaus muss angegeben werden, welche Bedeutung den verschiedenen Themen und Aspekten beigemessen wird. Bei dem integralen Vergleich kann eine Multikriterienanalyse (MKA) zu Hilfe genommen werden.

Bei einer MKA werden die Auswirkungen der verschiedenen Aspekte in erster Linie durch Normierung (= Zuweisung eines Auswirkungswerts, der nach einer Bewertung der Auswirkungen festgesetzt wird) und Standardisierung (= rechnerische Bearbeitung der Auswirkungswerte zu vergleichbaren Einheiten) vergleichbar gemacht. Die standardisierten Werte können (eventuell gewichtet) summiert werden, so dass sich für jede Variante ein (gewichteter) Gesamtwert ergibt.

Aus einem integralen Vergleich ergibt sich dann eine Übersicht der nach 'Bevorzugung' geordneten Varianten.

## 3. BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNGEN

### Art und Weise der Beschreibung

Je nach der Art des Subkriteriums ist eine bestimmte Auswirkung *quantitativ* oder *qualitativ* messbar:

- *Quantitative Messeinheit*  
Der Umfang der Auswirkung kann entweder geschätzt, berechnet oder gemessen werden; quantitative Messeinheiten sind zum Beispiel: die Fläche ( $m^2$ ), das Fassungsvermögen ( $m^3$ ) usw.
- *Qualitative Messeinheit*  
Der Umfang der Auswirkung kann nur beschrieben werden; qualitative Messeinheiten sind dann zum Beispiel: keine Auswirkung, geringe Auswirkung, große Auswirkung usw., oder eine Angabe in 'Plus' und 'Minus'.





## 4. DIE ZUWEISUNG VON AUSWIRKUNGSWERTEN (NORMIERUNG)

### Allgemeines Verfahren

Des weiteren ist für die Einstufung der Varianten eine Bewertung der gemessenen oder geschätzten Auswirkungen wichtig - die Zuweisung eines *Auswirkungswerts*. Dazu werden die Auswirkungen in Beziehung zu einer Maßstab gesetzt (normiert), mit der die relative Bedeutung einsichtig gemacht wird, zum Beispiel hinsichtlich eines Hintergrundwerts. Deshalb wird an jedes Kriterium ein Maßstab angelegt, die an Hand von Extremwerten (Mindest- und Höchstwert), einer Maßeinteilung und einer Orientierung festgelegt wird.

Bezüglich der Merkmale der Maßstäbe ist folgendes zu erläutern:

- *Norm:*  
Bei der Bestimmung der Extremwerte wurde in erster Linie geprüft, ob es um eine interne oder eine externe Norm geht. Es handelt sich um eine **interne Norm**, wenn der Extremwert von den tatsächlichen oder den prognostizierten Auswirkungen abgeleitet wird. Bei einer **externen Norm** wird der Extremwert zum Beispiel von dem Maßstab eines Hintergrundwerts oder einer gesetzlichen Norm abgeleitet.
- *Extremwert:*  
Für beide Fälle (sowohl die interne als die externe Norm) wurde ein Extremwert ermittelt, mit dem der Vergleich der Varianten in den richtigen Kontext gestellt werden kann.
- *Maßeinteilung:*  
Außer den Extremwerten ist der Maßstab mit einer Maßeinteilung für die Auswirkung von der ungünstigsten bis zur günstigsten Lage versehen. Dabei hat man die Wahl zwischen einer **linearen Einteilung**, einer **nicht linearen Einteilung** und einem Auswirkungswert, der in **Intervallen** verläuft.
- *Orientierung:*  
Des weiteren ist die Orientierung der Messlatte angegeben. Im Zusammenhang mit den Extremwerten wird eine Auswirkung mit einem positiven oder einem negativen Auswirkungswert bewertet.

### Angewendete Skala

Zur Normierung der qualitativen Auswirkungen wurde eine 21-Punkte-Skala von -10 (negativer Extremwert) bis +10 (positiver Extremwert) angewendet. Diese großzügige Skala wurde gewählt, um falls erwünscht oder notwendig, eine nuancierte Differenzierung der Varianten zu ermöglichen.

### Beispiele

Tabelle A - 8 teilt einige Beispiele für die Normierung verschiedener Kriterien dar. Für jedes Kriterium sind die Messskala, die Messeinheit und die gemessene/prognostizierte Auswirkung angegeben. Des weiteren sind die Merkmale

des Maßstabes spezifiziert (Normtyp, Extremwert, Maßeinheit, Orientierung) und ist der sich ergebende Auswirkungswert angegeben.

**Tabelle A - 8: Darstellung der Normierung: von der Auswirkung bis zum Auswirkungswert [aus: Projektnote/UVB-Hollandsch Diep, 2001]**

Nr	Subkriterium	Messskala Auswirkung	Mess- einheit	Gemessene/ progn. Auswirkung	Messlatte für die Normierung				Auswirkungswert
					Normtyp	Extremwert	Maßeinteilung	Richtwert	
23 81	Maßstab der Landschaft 30 m unter dem NAP untergebrachte Menge Baggergut	qualitativ quantitativ	Klasse Mio. m <sup>3</sup>	- 7 2,7	intern extern	-10/+10 30	Intervall linear	neg./pos. neg.	-7 -1

### Erläuterung zu den Rechenbeispielen

Die Methode der Ermittlung der definitiven Auswirkungswerte für diese Variante (kleines eingedeichtes Depot West) wird für die drei Beispiele der Subkriterien nachstehend erläutert.

- *‘Maßstab der Landschaft’*  
Für dieses Kriterium ist die Bewertung nach Klassen erfolgt. Die Auswirkung 7- wird in der 21-Punkte-Skala in einen Auswirkungswert von (-7) umgesetzt.
- *‘30 m unter dem NAP untergebrachte Menge Baggergut’*  
Für dieses Kriterium wurde eine externe Norm genommen, die der Gesamtmenge des Baggerguts entspricht, für die in dieser UVS eine Unterbringungsmöglichkeit gesucht wird: 30 Millionen m<sup>3</sup>. Die Auswirkung ist negativ. Das bedeutet, dass der Extremwert einem Auswirkungswert von -10 gleichkommt.  
Die gemessene Auswirkung von 2,7 Millionen m<sup>3</sup> hat somit einen Wert von:  
 $(2,7/30) * (-10) = (-1)$ .

## 5. STANDARDISIERUNG: UMRECHNUNG IN VERGLEICHBARE EINHEITEN

Bei der beschriebenen Normierung wurden alle Auswirkungen in Werte von -10 bis +10 umgesetzt. Dadurch sind die Auswirkungswerte dimensionslos geworden und lassen sich qualitative und quantitative Auswirkungen direkt vergleichen. Weitere Standardisierung ist nicht notwendig.

## 6. DIE ZUWEISUNG DES GEWICHTS

Bei der Zuweisung des Gewichts ist zu unterscheiden zwischen:

- der fachinhaltlichen Untermauerung auf Kenntnisbasis;
- der nicht fachinhaltlichen Untermauerung auf Vorzugsbasis.

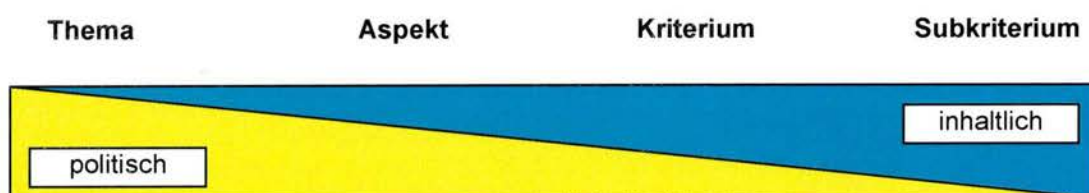




Die erstgenannten werden auch als Expertengewichte bezeichnet. Dabei geht es um die Verteilung der Gewichte im Rahmen eines bestimmten Fachbereichs. Die zweite Gruppe bezieht sich auf die Verteilung der Gewichte nach einem Vergleich der verschiedenen Belange. Diese Gewichte sind politischer Art.

In der Bewertungsstruktur des UVB wurden vier Stufen unterschieden, auf welchen die Gewichte zugewiesen wurden. In Abbildung A - 11 ist dargestellt, wie der Anteil der *inhaltlichen* bzw. der *politischen* Motive bei der Zuweisung der Gewichte verläuft. Auf der untersten Stufe der Subkriterien erfolgt die Zuweisung aufgrund *fachinhaltlicher* Argumente. Auf den höheren Stufen herrschen die *politischen* Motive mehr und mehr vor.

**Abbildung A - 11: Anteil der politischen und inhaltlichen Motive bei der Zuweisung der Gewichte**



## 7. DIE GEWICHTE AUF DER ASPEKT- UND KRITERIUMSSTUFE

Tabelle A - 9 zeigt ein Beispiel für die Endgewichtsverteilung beim Thema "Natürliche Umwelt".

Bei der Zuweisung der Gewichte wurde der Umfang der Auswirkungen grundsätzlich nicht berücksichtigt. Diese Methode würde zu ortsbedingten Gewichtssätzen führen, wodurch der Vergleich der Varianten weniger transparent wird. Im UVB sind deshalb ortsunabhängige Gewichtsverteilungen einzuhalten. Die Verteilung der Gewichte basiert dabei auf der allgemeinen oder der regional vorwiegenden Politik. Bei der Beschreibung der Auswirkungen und der Ermittlung der Auswirkungswerte wurde die Ortsabhängigkeit bestimmter Auswirkungen wohl berücksichtigt.

**Tabelle A - 9: Beispiel für die Gewichtsverteilung beim Thema Natürliche Umwelt**

Aspekt		Kriterium		Subkriterium	
Umweltqualität (abiotische Umwelt)	25%	Grundwasserqualität	45%	• inhärente Sicherheit	50%
				• Beeinträchtigung der Grundwasserqualität	50%
		Oberflächenwasserqualität	45%	• Zunahme der Verschmutzungen der Flussfracht	20%
				• Ökotoxikologische Risiken	80%
		Luftqualität	5%	• Beeinträchtigung der Luftqualität	100%
Flussmorphologie	15%	Katastrophale Emissionen	5%	• Ausfluss von Baggergut in der Einlagerungs- und Nachsorgephase	100%
		Sedimentation und Erosion	100%	• großangelegte Abführung von Sediment	30%
				• örtliche flussmorphologische Prozesse	70%

Aspekt		Kriterium		Subkriterium	
Flora und Fauna (Biota / Ökosysteme und/oder Arten)	25%	Vernichtung	30%	• Biotopverlust Makrofauna (Oberfläche)	15%
				• Biotopverlust Makrofauna (Tiefenwert)	15%
				• Verlust an Lebensraum von Wasser- und Uferpflanzen	30%
				• Verlust an Lebensraum für Fische	20%
				• Verlust an Ruhegebiet für Vögel	20%
		Störung	20%	• Störung der Vögel in der Umgebung (einschl. Lärmbelästigung Naturgebiete)	50%
		Verschmutzung	15%	• Lärmbelästigung in Lärmschutzgebieten	50%
				• potentielle Bioakkumulation	100%
		Austrocknung/Verwässerung	15%	• Ha Naturgebiet mit vorübergehender GWS-Änderung > 0,05 m	25%
				• Ha Naturgebiet mit dauernder GWS-Änderung > 0,05 m	75%
		Entwicklung	20%	• Makrofauna im Depot und auf dem Substrat	25%
				• Lebensraum Wasser- und Uferpflanzen	30%
Landschaft	25%	Landschaftsstruktur	100%	• Lebensraum für Fische	25%
				• Lebensraum für Säugetiere	20%
				• Maßstab	70%
Kulturgeschichte und Archäologie	10%	Historisch geographischer Wert	50%	• Charakter	30%
				• Elemente und Muster	100%
		Archäologischer Wert	50%	• Gewässerbodenspur	70%
				• Grundwasserempfindliche Spuren	30%

### Gewichte auf Thema-Stufe

Für den Vergleich der Varianten auf der Thema-Stufe können zum Beispiel verschiedene Gewichtssätze gewählt werden. In Tabelle A - 10 sind fünf verschiedene Sätze dargestellt.

- 1.) Natürliche Umwelt; dem Thema Natürliche Umwelt wird das gesamte Gewicht (100%) zugewiesen. Den anderen Themen wird kein Gewicht beigemessen.
- 2.) Wohn- und Lebensraum; diesem Thema wird das gesamte Gewicht (100%) zugewiesen.
- 3.) Raumnutzung und Wirtschaft; diesem Thema wird das gesamte Gewicht (100%) beigemessen.
- 4.) Dauerhaftigkeit; dem Thema Dauerhaftigkeit wird das gesamte Gewicht (100%) zugewiesen.
- 5.) Gleich; dabei ist das Gewicht gleichmäßig auf die verschiedenen Themen verteilt: jedem Thema wird 25% Gewicht beigemessen.

**Tabelle A - 10: Gewichtssätze und Verteilung der Gewichte auf die Themen**

Thema	Satz 1 Natürliche Umwelt	Satz 2 Wohn- und Lebensraum	Satz 3 Raumnutzung & Wirtschaft	Satz 4 Dauerhaftigkeit	Satz 5 gleich
Natürliche Umwelt	100%	0%	0%	0%	25%
Wohn- und Lebensraum	0%	100%	0%	0%	25%
Raumnutzung & Wirtschaft	0%	0%	100%	0%	25%
Dauerhaftigkeit	0%	0%	0%	100%	25%
Kosten	0%	0%	0%	0%	0%





Zu den Gewichtssätzen gehören noch die folgenden Bemerkungen:

- *Kostenunabhängig*  
Die verschiedenen Sätze werden unabhängig von den Kosten dargestellt. Deshalb wurde das Gewicht der Kosten bei den verschiedenen Sätzen auf 0% gesetzt. Die Kosten der verschiedenen Varianten werden gesondert dargestellt. Das Thema wird separat in den Entscheidungsprozess einbezogen.
- *Keine Änderung der Gewichtsverteilung*  
Bei allen Sätzen bleibt die Gewichtsverteilung auf den niedrigeren Stufen (Aspekte, Kriterien und Subkriterien) unverändert.

### Endgewichte

Das den einzelnen Subkriterien zugewiesene Endgewicht ergibt sich aus der Multiplikation der Gewichte auf den verschiedenen Stufen. Tabelle A - 11 zeigt ein Rechenbeispiel für das Subkriterium 'Bewertung inhärente Sicherheit Grundwasser'. Das Endgewicht für dieses Subkriterium beträgt dann: (25%) \* (25%) \* (40%) \* (50%) = 1,25%.

**Tabelle A - 11: Rechenbeispiel für das Endgewicht**

	Stufe				
	Thema Gewicht	Aspekt Gewicht	Kriterium Gewicht	Subkriterium Gewicht	Endgewicht
Beschreibung:	Natürliche Umwelt	Umwelt-qualität	Grundwasser- qualität	Inhärente Sicherheit	-
Gewicht:	25%	25%	40%	50%	1,25%

## 8. RECHENMETHODE: GEWICHTETE SUMMIERUNG

Bei einer Multikriterienanalyse muss ein Rechenkniff angewendet werden, um die verschiedenen Auswirkungen addieren und die Varianten so vergleichen zu können. Die 'gewichtete Summierung' ist eine einfache Methode, wobei die standardisierten Auswirkungswerte mit den zugewiesenen Gewichten multipliziert und danach pro Variante addiert werden. Auf der Basis der sich daraus ergebenden Gesamtwerte pro Variante können die Varianten dann angeordnet werden. Die gewichtete Summierung kann formelmäßig folgendermaßen dargestellt werden:

$$\text{Gesamtwert} = \sum_{i=1}^n (\text{Eff}_n \cdot \text{Gew}_n)$$

wobei:  $\text{Eff}_n$                       Wert der Auswirkung n  
 $\text{Gew}_n$                       Gewicht der Auswirkung n  
n                                  Anzahl der Auswirkungen



Der Vorteil der gewichteten Sommierung anderen Rechenmethoden gegenüber ist, dass die Methode einfach und nachvollziehbar ist. Mit dieser Methode lässt sich direkt der Anteil der einzelnen Auswirkungen am Endwert ableiten.

Ein Nachteil ist, dass alle Auswirkungen in quantitativen Einheiten ausgedrückt werden müssen, bevor eine Berechnung möglich ist. Im UVB kann eine 21-Punkte-Skala von -10 (sehr negative Auswirkung) bis +10 (sehr positive Auswirkung) angewendet werden, um die qualitativen Auswirkungen möglichst genau in einer quantitativen Einheit auszudrücken.

Beispiel für eine Bewertungsstruktur des Themas Natürliche Umwelt (siehe Tabelle A - 12)



Tabelle A - 12: Thema Natürliche Umwelt

Thema	Aspekt	Bewertungskriterium	Subkriterium	Einheit
Natürliche Umwelt	Umweltqualität (Abiotische Umwelt)	Qualität Grundwasser	• inhärente Sicherheit (Grundwasser)	kg/Jahr
			• Beitrag zur Veränderung der Grundwasserqualität	Beschr.
		Qualität Oberflächenwasser	• Beitrag Verschmutzung Flussfracht	%
			• Ökotoxikologische Risiken Oberflächengewässer	Beschr.
		Luftqualität	• Frachtverunreinigungen vom Depot in die Luft	Beschr.
	Flussmorphologie	Katastrophale Emissionen	• Ausfluss von Baggergut in der Einlagerungs-/Nachsorgephase	m3
			• großangelegte Abführung von Sediment	Beschr.
	Flora und Fauna	Sedimentation und Erosion	• Örtliche flussmorphologische Auswirkungen	%
			• Biotopverlust Makrofauna (Oberfläche)	ha
			• Biotopverlust Makrofauna (Tiefenwert)	-10 / +10
			• Verlust an Lebensraum von Wasser- und Uferpflanzen	-10 / +10
			• Verlust an Lebensraum für Fische	Mio. m <sup>3</sup>
		Verlustrückbau	• Verlust an Ruhegebiet für Vögel	ha
			• Störung der Vögel in der Umgebung (einschl. Lärmbelästigung Naturgebiete)	-10 / +10
		Störung	• Lärmbelästigung in Lärmschutzgebieten	-10 / +10
			• potentielle Bioakkumulation	Beschr.
		Verschmutzung	• Naturgebiet mit vorübergehender GWS-Änderung > 0,05 m	ha
			• Naturgebiet mit dauernder GWS-Änderung > 0,05 m	ha
		Entwicklung	• Makrofauna im Depot und auf dem Substrat	-10 / +10
			• Lebensraum Wasser- und Uferpflanzen	ha
			• Lebensraum Fische	Mio. m <sup>3</sup>
			• Lebensraum Säugetiere	-10 / +10
	Landschaft	Landschaftsstruktur	• Maßstab	Beschr.
			• Charakter	ha
	Kulturgeschichte & Archäologie	Historisch geographischer Wert	• Elemente und Muster	Beschr.
		Archäologischer Wert	• Gewässerbodenspur	Beschr.
			• Grundwasserempfindliche Spuren	Beschr.



## ANLAGE 12 SUBAQUATISCHE DEPOTS IN DER PRAXIS

### Einleitung

In dieser Anlage werden vier bestehende oder sich in der Entwicklung befindliche subaquatische Depots erläutert. In der nachstehenden Tabelle sind die Namen der Depots aufgeführt. Der jeweilige Buchstabe verweist auf den Standort entsprechend der Angaben in der nachstehenden Abbildung. Die Bezeichnung "subaquatischer Typ" verweist auf Abbildung 4-1 und den dazu gehörigen Text in Kapitel 4.1.

Die Depots wurden oder werden zur Lagerung von verunreinigtem Baggergut aus der näheren Umgebung gebaut. Daneben besteht die Möglichkeit, eventuelle Überkapazitäten für gebietsfremdes Baggergut zu nutzen. In der Tabelle wird unter der Überschrift "Primäre Herkunft des Baggerguts" ein Hinweis auf das Herkunftsgebiet des Baggerguts gegeben.

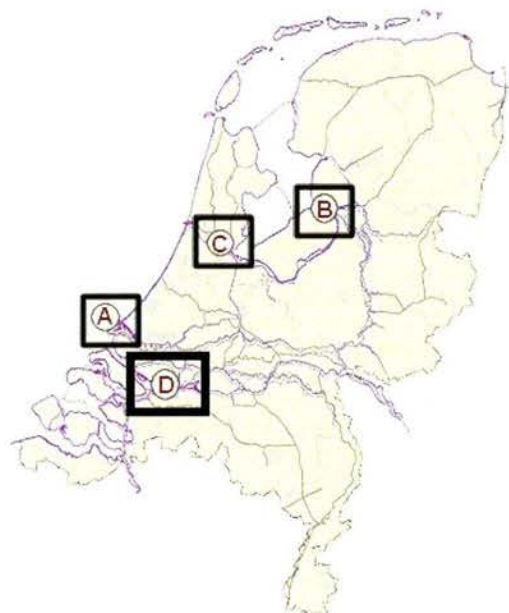
**Tabelle A - 13: Übersicht der Namen der subaquatischen Baggergutdepots**

Depotname	Standort	Subaquatischer Typ	Primäre Herkunft des Baggerguts
Slufter <sup>1</sup>	A	B3	Rotterdammer Hafen
IJsseloog <sup>1</sup>	B	B3	Ketelmeer und IJssel
Averijhaven <sup>1</sup>	C	B3	Hafen IJmuiden
Hollandsch Diep <sup>2</sup>	D	B1 / B2	Provinzen Nordbrabant und Südholland

1 bestehende subaquatische Depots

2 In der Entwicklung befindliche subaquatische Depots

**Abbildung A - 12: Lage der subaquatischen Baggergutdepots**



Jedes der nachfolgend beschriebenen Depots ist einzigartig. Die in den Fallstudien erläuterten Aspekte beziehen sich unter anderem auf:

- Entscheidungsprozess
- Grundbedingungen und Ausgangspunkte
- Entwurf
- Betrieb des Depots
- Isolation
- Auswirkung auf die Umwelt
- Genehmigungen
- Kosten

Die Fallstudien konzentrieren sich auf eine möglichst genaue Erläuterung der Einzigartigkeit des Depots. Das hat zur Folge, dass sich der Aufbau der Fallstudien in bestimmten Details voneinander unterscheiden kann.



## 1. DEPOT ‚DE SLUFTER‘ IN ROTTERDAM

### Quellen:

*Projectnota/Milieu-effectrapport; Grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie uit het benedenrivierengebied, Gemeentewerken Rotterdam/Rijkswaterstaat, 1984*

*Evaluatie milieu-effectrapportage ‘Slufter’, periode 1986 tot en met 1996, Werkgroep Evaluatie Slufter, 1997*

*MER Herziening Acceptatiecriteria en het scheiden van zand in het depot de Slufter, Rapportnr. 1997-0231, Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Milieu, concept, 1998*

*Einlagerung von Baggerschlick aus dem Flussmündungsgebiet, Gemeentewerken Rotterdam, 1989*

*Status: Allen endgültig*

INHALT	SEITE
1.1 EINLEITUNG	238
1.2 ENTSCHEIDUNGSPROZESS	238
1.3 STANDORTWAHL UND RANDBEDINGUNGEN	238
1.4 ENTWURF UND AUSFÜHRUNG	239
1.5 BETRIEB DES DEPOTS	240
1.6 ISOLATION	240
1.7 PROGNOTIZIERTE AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT	241
1.7.1 Auswirkungen auf Organismen	242
1.7.2 Auswirkungen auf die Umgebung	243
1.8 TATSÄCHLICH EINGETRETENE UMWELTAUSWIRKUNGEN	245
1.9 GENEHMIGUNGEN	253
1.10 ÖKOLOGISCHE AUSGLEICHS- UND ERSATZMAßNAHMEN	253
1.11 KOSTEN	253



## 1.1 Einleitung

An der Maasvlakte in Südwestholland wurde im Meer ein 260 ha großes Absatzdepot eingerichtet: 'de Slufter'. In diesem Depot wird Baggeraushub aus den Häfen von Rotterdam und von Rijkswaterstaat untergebracht (siehe auch Broschüre 'Deponierung von Baggerschlick aus dem Flussmündungsgebiet [Gemeentewerken Rotterdam, 1989]). De Slufter hat einen Depotinhalt von 90 Millionen m<sup>3</sup> und wurde 1987 in Betrieb genommen. Jährlich wurden circa 10 Millionen m<sup>3</sup> verunreinigtes Baggergut der Klassen 2 und 3 in diesem Depot untergebracht. Durch Konsolidation des eingelagerten Baggergutes kann fast 150 Million m<sup>3</sup> *in situ* Volumen Baggergut in dem Depot untergebracht werden.

Abbildung A - 13: Lage des Depots 'de Slufter'



## 1.2 Entscheidungsprozess

1982 wurde mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) begonnen, die 1984 abgerundet wurde. In den Entscheidungsprozess wurde eine Mitsprache- und Beschwerdeschriftregelung einbezogen. Nach neuen Erkenntnissen und Messungen der Verteilung der Verunreinigungen wurde die UVP 1994 revidiert, so dass künftig auch Baggergut der Klasse 4 im Depot de Slufter untergebracht werden kann (Siehe auch Kapitel 1.8 „Änderung der Annahmekriterien für einzulagerndes Baggergut“)

## 1.3 Standortwahl und Randbedingungen

Zahlreiche Standorte an Land, an der Küste und im Meer wurden untersucht (siehe Abbildung A - 18), bis sich schließlich zwei als meistgeeignet herauskristallisierten: das mit der Maasvlakte verbundene Ufer einer Rinne und eine Insel in der Mündung des Haringvliet. Schließlich entschied man sich für die Alternative westlich der Maasvlakte, weil die Umwelt der Voorner Küste (im Südosten der Maasvlakte gelegen) dann am wenigsten beeinträchtigt wird. Der Boden besteht bis in eine Tiefe von 22 m unter dem NAP m aus feinem Sand (holozäner Sand). Darunter befindet



sich eine etwa zwei Meter dicke Tonschicht: die Velzer Schicht. Dann folgen grober Sand bis in eine Tiefe von 40 m unter dem NAP (pleistozäner Sand) und eine schlecht durchlässige Tonschicht: die Kedichemer Schicht. Das Depot befindet sich außerhalb der Fahrrinne des Nieuwe Waterweg.

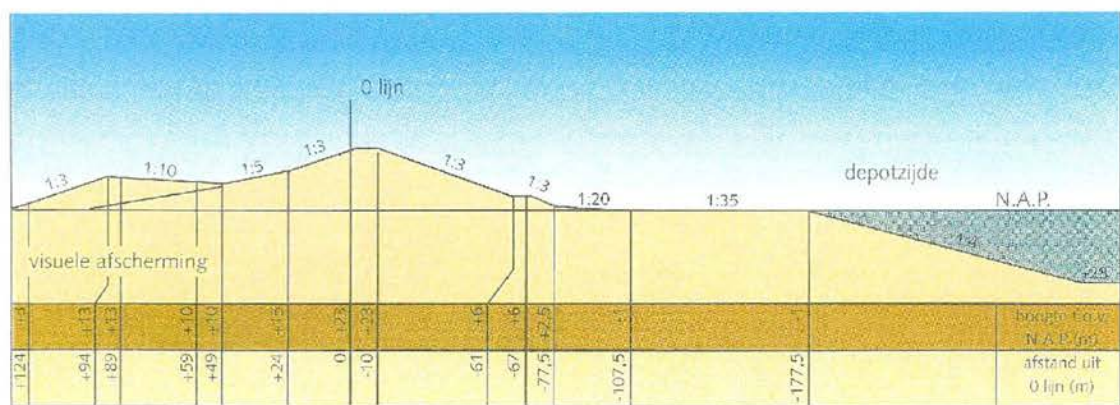
**Abbildung A - 14: Lage des Depots im Maasvlaktegebiet**



## 1.4 Entwurf und Ausführung

Das Depot hat eine Fläche von 260 ha und besteht aus einer bis 28 m unter dem NAP ausgehobenen Grube, die von einem Ringdeich von NAP+24 m umgeben ist (siehe Abbildung A - 15). Die schlecht durchlässige Kedichemer Schicht in einer Tiefe von 40 m unter dem NAP durfte bei der Anlage nicht berührt werden. Der Ringdeich wurde mit aus der Grube ausgehobenen Sand errichtet. Die Sanddeiche sind mit Helmgras bepflanzt, um Zerstäuben zu verhindern. Der Bau hat 1,5 Jahre gedauert.

**Abbildung A - 15: Querschnitt des Ringdeiches, bis NAP+24 m höhe**





## 1.5 Betrieb des Depots

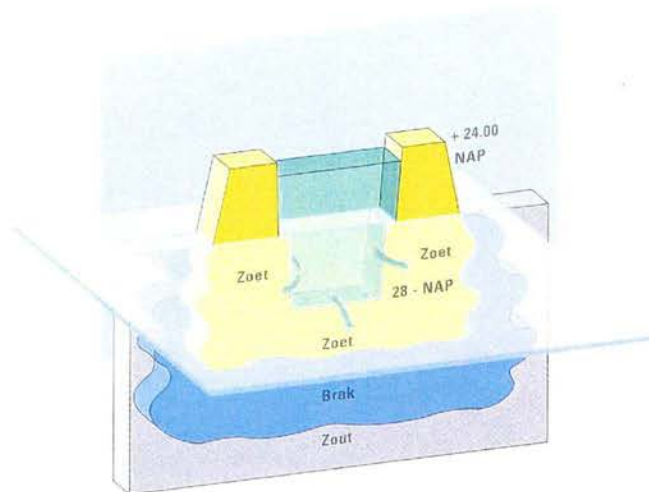
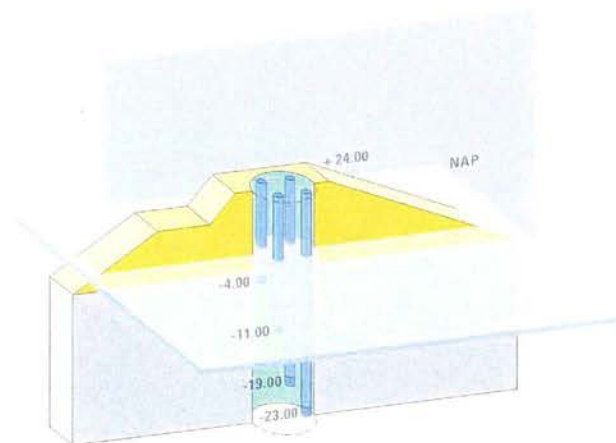
Die Einlagerung im Depot hat zwei Phasen: die Unterwasserphase, in welcher das Baggergut unter Wasser eingelagert wird und die Überwasserphase, in welcher das Baggergut über dem NAP zu liegen kommt. Das Baggergut wird mit Hopperbaggern antransportiert; diese werden im nordöstlich vom Depot gelegenen Mississippihafen an eine Rohrleitung angekuppelt. Von dort aus wird das Baggergut über eine Schwimmleitung zum Depot transportiert. Das Umpumpen des Baggerguts vom Baggerschiff in das Depot erfolgt mit Förderwasser ('Verdünnungswasser'), das danach beseitigt werden muss. Wenn in der Unterwasserphase im Depot der Wasserstand auf dem NAP bleiben soll, müssen pro Woche circa 200.000 m<sup>3</sup> Wasser beseitigt werden. Bei einem zu hohen Schwebstoffgehalt wird das Rückwasser erst zu einem Absetzbecken auf der Maasvlakte transportiert.

Das Monitoringsystem besteht aus einem Kreis von 17 Bohrlöchern (15 im Ringdeich und 2 im Depot). In diese Bohrlöcher sind 3 oder 4 Pegelstäbe mit Filtern in verschiedenen Tiefen eingebracht (siehe Abbildung A - 17). Die Verteilung der Verunreinigungen wird gemessen, indem zu festgesetzten Zeiten in verschiedenen Tiefen Proben entnommen und analysiert werden.

## 1.6 Isolation

Das Grundwasser beim Depot de Slufter ist salzig. Das aus dem Depot austretende Wasser dagegen ist süßer als dieses salzige Grundwasser. Durch diesen Unterschied entsteht eine Süßwasserblase, die auf dem salzigen Grundwasser schwimmt (siehe Abbildung A - 16). Das Wasser, das an der Oberseite dieser Blase hinzukommt, fließt an den Seiten wieder ab in das de Slufter umgebende Oberflächenwasser.

Die Isolation an den Böschungen besteht aus einer 1 m dicken verdichteten Tonschicht über dem NAP, um die Menge des abfließenden Wassers zu minimieren. De Slufter ist bereits zur Hälfte mit verhältnismäßig sauberem Baggergut gefüllt. Auf dieser schwerdurchlässigen Schicht wird Baggergut der Klasse 4 abgesetzt. Die Verteilung von Verunreinigungen des Baggerguts der Klasse 4 wird dadurch gehemmt (siehe auch den Textrahmen in Anlage 7).

**Abbildung A - 16: Isolation durch Süß-/Salzunterschied****Abbildung A - 17: Bohrlöcher mit Pegelstäben und Filtern in verschiedenen Tiefen**

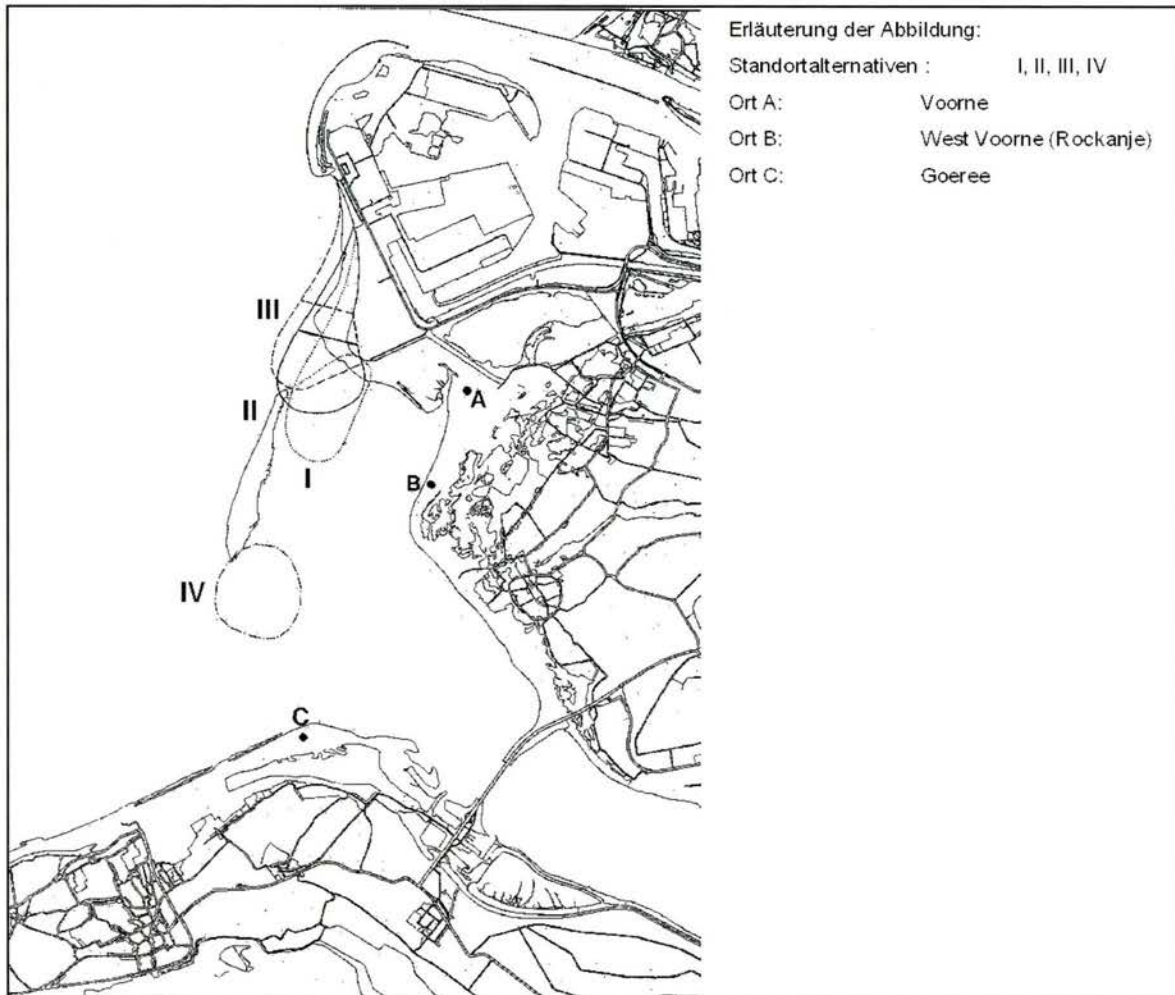
## 1.7 Prognostizierte Auswirkungen auf die Umwelt

Die in dieser Anlage beschriebenen Auswirkungen auf die Umwelt basieren auf der Projektnote/UVP, die 1984 [Gemeentewerken Rotterdam, 1984] verfasst wurde. Da es 1984 für Großdepots noch keine Richtlinien gab, wurden damals die folgenden Auswirkungen auf die Umwelt beschrieben:

- Auswirkungen auf Organismen;
- Auswirkungen auf die Umgebung.

[Projektnote/UVP: „Grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie uit het benedenrivierengebied“, (Großflächiger Standort für die Unterbringung von Baggergut aus dem Flussunterlaufgebiet) Gemeentewerken Rotterdam/Rijkswaterstaat, 1984]

Abbildung A - 18: Standortalternativen



### 1.7.1 Auswirkungen auf Organismen

Die wichtigsten Auswirkungen auf Organismen sind:

- Da sich das Meerwasser beim Bau des Depots trübt, nimmt die Lichtdurchlässigkeit und somit das Algenwachstum ab (bei allen Alternativen: 30-60%).

Beim Bau des Depots (mit Sand aufspülen) nimmt die Trübung des Meerwassers zu:

- in einem Radius von 1 Kilometer um das Depot: + 20-100 mg/l;
- in einem Radius von 3 Kilometer um das Depot: +15-20 mg/l;
- in einem Radius von 5 Kilometer um das Depot: < +15 mg/l.

- Tiere, die sich von Planktonalgen ernähren, geraten hierdurch in eine schlechtere Ernährungssituation.



- Das gelöste Material kann sich u.a. in den Kiemen von Fischen festsetzen und diese schädigen. Fische im Jungstadium reagieren hierauf empfindlicher als ältere Tiere.
- Durch die schnelle Sedimentation wird ein Teil des Lebens auf dem Gewässerboden mit Sediment bedeckt. Insbesondere feiner Schlamm beeinträchtigt die Lebensbedingungen zahlreicher Bodentiere negativ.
- Fischfressende Vögel können auf Grund angestiegener Trübung bei der Jagd nach Beute beeinträchtigt werden.
- Auf Grund der kurzen Verweildauer des Wassers im Mündungsgebiet des Haringvliets (bis zu einigen Tagen) sind die Auswirkungen auf das Zooplankton begrenzt.
- Mobile Bodenfaunarten (Garnelen und Fische) werden Gebiete mit ungünstigen Lebensumständen meiden. Die Lebensumstände ortsgebundener Bodentiere werden negativ beeinflusst.
- Die Produktion von Biomasse im Bereich der Herzmuschelbänke östlich der Hinterplatte und die Schlammböden der Westplatte geht um 10-20% zurück.
- Auf Grund der partiellen Zerstörung des Gewässerbodens wurde die Erholungsphase für Organismen an den Depotstandorten auf 1 bis 10 Jahre eingeschätzt: Bei einer Totalzerstörung des Gewässerbodens stellte sich in amerikanischen Gewässern nach etwa anderthalb Monaten eine erste Neubesiedlung ein; nach zwei Jahren war eine vollständige Wiederherstellung erreicht. Auf den Platten im Wattenmeer dauert die Erholungsphase sehr viel länger, nämlich 5-10 Jahre.
- Die verringerte Erzeugung und die Reduzierung der Biomasse von bodenlebenden Tieren können auch Auswirkungen auf Vögel haben, insbesondere die Tauchenten.
- Nach dem Bau des Depots wird eine Zunahme der bodenlebenden Tieren im zwischen Depot und Küste liegenden Abschnitt zu erwarten sein. Es wird jedoch ein Lebensraum von etwa 300 ha verloren gehen. Unterm Strich wird dies einen Rückgang der Bodentierpopulation zur Folge haben (bei Alternative I am stärksten, anschließend in absteigender Reihenfolge weniger bei II, III und IV).

### **1.7.2 Auswirkungen auf die Umgebung**

Die wichtigsten Auswirkungen auf die Umgebung sind:

- Die Lärmbelastung für Wohngebiete auf dem Festland in der Nähe der Depotstandorte (siehe auch Abbildung Standortalternativen) bleibt auf 30-35 dB(A) beschränkt.
- Bei den Alternativen I, II und III entsteht zwischen dem Depot und der Küste von Voorne ein Speicherflächengebiet. In diesem so genannten 'Slufter-Gebiet' (Priel) ist ein höherer Schutz vor den Einflüssen des Wellengangs gegeben. Auch bei Alternative IV ist ein höherer Schutz vor den Wellen in der Mündung des Haringvliets zu beobachten.



- Bei den Alternativen I, II und III (siehe auch Abbildung Standortalternativen) wird sich das gesamte Gebiet zwischen dem Depot und der Nordseeküste von Voorne durch Sedimentierung mit Sand füllen. Diese Entwicklung verläuft bei Alternative I schneller als bei Alternative II und III. Bei Alternative IV werden sich über einen Zeitraum von 20 Jahren wahrscheinlich keine Platten über dem durchschnittlichen Wasserspiegel bilden. Langfristig wird dies jedoch sehr wohl der Fall sein. Lage und Umfang dieser Platten lassen sich nicht angeben.
- Wasserqualität: die 'natürliche' Varianz der Wasserqualität ist im betreffenden Gebiet sehr groß und wird durch die Größe der Durchflussmenge der Haringvlietschleusen, die Qualitätsunterschiede zwischen dem Seewasser und dem Wasser des Haringvliets und einem raschen Wasseraustausch bestimmt. Bau und Betrieb des Depots werden hier kaum Auswirkungen zeigen.
- Veränderungen der Vegetation im angrenzenden Umland sind nur in den Dünenwäldern von West-Voorne zu erwarten. Dank der geschützten Lage des Gebiets wird sich der Einfluss des 'Saltspray' (Salzverwehung durch sich brechende Wellen) auf den Abschnitt reduzieren. Die Vegetation wird sich den Veränderungen anpassen. Des weiteren sind nur wenige Konsequenzen zu erwarten.
- Im Slufter-Gebiet (zwischen Depot und Küste) ist bei den Alternativen I, II und III mit einer Zunahme der Oberfläche des Zwischengezeitenraumes zu rechnen. Verschiebungen bei der Artenzusammensetzung und der Biomasse von bodenlebenden Tieren können sich auf Artenvielfalt und Quantität des Vogelbestands auswirken.
- Optische Beeinträchtigung: Beim Bau eines Depots laut Alternative I, II oder III bleibt die landschaftliche Grundstruktur (eine durch Dünen und Dämme begrenzte offene Küstenlandschaft) erhalten. Vom südwestlichen Küstenabschnitt Voornes ab Goeree üben diese Alternativen kaum Einfluss auf das Landschaftsbild aus. Alternative IV würde die vorhandene räumliche Grundstruktur ganz wesentlich verändern und gilt demnach als weniger geeignete Möglichkeit. Abbildung A - 19 gibt eine Fotoanimation von Alternative III wieder.

**Abbildung A - 19: Fotoanimation der bevorzugten Alternative (Alt. III) des Depots De Slufter (Alternative B in Abbildung 1-6)**





## 1.8 Tatsächlich eingetretene Umweltauswirkungen

Die tatsächlich eingetretenen Auswirkungen wurden auf der Grundlage des Berichtes Auswertung der Umweltverträglichkeitsprüfung 'Slufter' über den Zeitraum 1986 bis 1996 beschrieben [Werkgroep Evaluatie Slufter, 1997].

[Evaluatie milieu-effectrapportage 'Slufter' over de periode 1986 tot en met 1996, Werkgroep Evaluatie Slufter, 1997].

### Monitoring Grundwasser Slufter

#### Quellen:

*Monitoring Grundwasser Slufter, 1989-1996, Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Milieu, 1997*

*Baggergutdepot Slufter, Auswertung Monitoring Rückwasser 2000, Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 2000*

*Bericht über die Rückwasserdaten der vergangenen 3 Jahre, Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 2000*

An acht Messstellen im Ringdeich wird jedes Jahr die Konzentration an Schwermetallen, EOX und VOX und alle zwei Jahre die Konzentrationen an PAK, PCB und OCB ermittelt. In den Filtern in und unter dem Depot werden die EOX- und VOX-Werte alle 6 Monate gemessen, die Werte für PAK, PCB und OCB alle zwei Jahre.

#### Grundwasserqualität im Ringdeich

Die Schwermetall- und Arsengehalte im Grundwasser des Ringdeichs liegen an zahlreichen Messpunkten unterhalb der Nachweisgrenze. Tabelle A - 14 zeigt eine Übersicht der gemessenen Schwermetallgehaltswerte im Grundwasser. Zum Vergleich enthält die Tabelle des weiteren die Gehaltswerte vor dem Bau von De Slufter sowie die Hintergrund-Gehaltswerte der Nordsee.

**Tabelle A - 14: Vergleich der Monitoring-Ergebnisse Grundwasser im Ringdeich mit (natürlichen) Hintergrundwerten und Zielwerten für Grundwasser [ µg/l ]**

	Monitoring 1990-1996		vor Bau Slufter	Nordseewasser im Boden	Zielwert
	Medianwert	95%-Perzentil*			
Arsen	4	50	0,3	8	10
Cadmium	< 0,3 **	0,5	0,2	n.b.	1,5
Chrom	1,5	10	2,6	n.b.	1
Kupfer	3	20	1	< 6	15
Quecksilber	0,05	0,25	n.b.	n.b.	0,05
Blei	< 5 **	10	n.b.	< 3	15
Nickel	< 4 **	12	n.b.	4	15
Zink	15	100	17	26	150

\* Gehalt, der von 5% der Messungen überschritten wird

\*\* Nachweisgrenze

n.b. = nicht bekannt

Die Medianwerte für die meisten Metalle sind mit denen des Nordseewassers und / oder der Grundwasserqualität vor dem Bau von De Slufter vergleichbar. Auch die Zielwerte für Grundwasser werden für die meisten Metalle nicht oder kaum





überschritten (95-prozentiger Wert für Quecksilber und Kupfer). Ausnahmen bilden Chrom und Arsen (siehe Tabelle A - 14). Die Chrom- und Arsenkonzentrationen im Grundwasser entspricht in den Niederlanden fast nirgends den Zielwerten. Das ist auch hier der Fall. Der Medianwert von Chrom überschreitet den Zielwert, liegt jedoch unter der Hintergrundkonzentration vor dem Bau von De Slufter und kann daher als natürliche Konzentration angesehen werden.

Die Arsenkonzentrationen liegen über dem vor dem Bau gemessenen Hintergrundwert, sie lassen sich jedoch mit den Konzentrationen im Nordseewasser vergleichen und können daher als natürliche Konzentration betrachtet werden.

Ein Anstieg der Konzentrationen an PCBs, OCBs, EOX und VOX wurde nicht festgestellt.

#### *Grundwasserqualität unter dem Depot*

Die Medianwerte der meisten Metalle im Grundwasser unter dem Depot sind, wie beim Ringdeich der Fall, mit denen des Nordseewassers und/oder der Grundwasserqualität vor Bau von De Slufter zu vergleichen. Nur der Zielwert für Kupfer wird leicht überschritten.

Ein Anstieg der Konzentrationen an PCBs, OCBs, EOX und VOX wurde nicht festgestellt.

### **Monitoring Rückwasser aus dem Slufter**

#### *Schwebstoffe*

Laut geltender Wvo-Genehmigung darf der durchschnittliche Schwebstoffgehalt über einen Zeitraum von 24 Stunden nicht über 50 mg/l steigen, und keine einzige Probe darf einen Gehalt von mehr als 100 mg/l aufweisen.

Der durchschnittliche Schwebstoffgehalt wurde im Zeitraum zwischen April 1998 bis August 1999 wiederholt überschritten. Diese Überschreitungen sind in vollem Umfang auf die Aktivitäten in den Sedimentationsbecken zurückzuführen, in denen die Sandtrennung stattfindet. Im betreffenden Zeitraum wurde eine große Menge an sandigem Baggergut mit hoher Geschwindigkeit aus dem Schutensauger in die Sedimentationsbecken geleitet. Das Prozesswasser wurde mit einer relativ großen Menge an feinem Material aus den Sedimentationsbecken in De Slufter verklappt. Da der Einleitungspunkt des Sedimentationsbeckens in der Nähe der Pumpgruben des Rückwassers gelegen hat, wurde in der Folge eine hohe Konzentration an Schwebstoffen im Rückwasser gemessen.

#### **Rückwasserquantität in 2000**

##### *Eingeleitete Menge an Rückwasser*

Die tatsächlich in den Mississippihafen eingeleitete Rückwassermenge beläuft sich auf 9,8 Mio. m<sup>3</sup>. Die Mengen variieren zwischen 21.000 bis 480.000 m<sup>3</sup> pro Woche. Als Verweildauer im Wasser wurden 168 Tage errechnet.

##### *Wasserbilanz*

<i>Zufluss</i>	<i>[Mio. m<sup>3</sup>]</i>	<i>Verbleib</i>	<i>[Mio. m<sup>3</sup>]</i>
Niederschlag	2,6	Verdunstung	1,5
Konsolidationswasser	1,6	Rückwasser	9,8
Förderwasser Hopperbagger	1,2		
Förderwasser Schutensauger	5,9		
<b>Summe</b>	<b>11,3</b>	<b>Summe</b>	<b>11,3</b>



### Ammonium

Der Ammoniumgehalt variierte im Zeitraum von 1997 - 1999 zwischen 1 und 33 mg/l. In der Zeit bis August 1998 wurden verhältnismäßig höhere Werte gemessen als in der sich daran anschließenden Periode. Der Rückgang des Ammoniumgehalts fällt mit dem Heranschaffen von Sandschlamm zusammen, was mit einer relativ großen Menge einher ging. Die Ammoniumkonzentration hängt in erheblichem Maße von der Qualität und der Menge des Baggerguts ab.

### Änderung der Annahmekriterien für einzulagerndes Baggergut

**Abbildung A - 20:**  
**Papegeienschnabel-**  
**Depot**



Anfangs war die Qualität des einzulagernden Baggerguts für die Eingrenzung von Emissionen aus einem Depot maßgeblich. Das heißt: gesonderte Depots für Baggergut der Klassen 2-3 und der Klasse 4. Im Depot de Slufter wurde Baggergut der Klassen 2 und 3 untergebracht. Das schwer verunreinigte Baggergut (Klasse 4) wurde im Papegaaienbek untergebracht. Inzwischen hat es sich gezeigt, dass die Belastung der Umgebung in vielen Fällen von der Qualität des in dem betreffenden Depot eingelagerten Baggerguts kaum abhängig ist (inhärente Sicherheit). Die Emissionen verunreinigten Schlammes erwiesen sich oft bedeutend niedriger als anfangs vorhergesagt (siehe auch den Textrahmen in Anlage 7).

Diese Einsichten veranlassten die Verwalter von de Slufter, an Hand einer Umweltverträglichkeitsprüfung festzustellen, ob es vertretbar wäre, die Annahmekriterien so zu ändern, dass auch das schwerer verunreinigte Baggergut der Klasse 4 in diesem Depot untergebracht werden könnte (Umweltverträglichkeitsbericht "Herziening acceptatiecriteria en het scheiden van zand in het depot de Slufter" (Neufestlegung der Annahmekriterien und Sandtrennung im Depot „de Slufter“, Dezember 1998).

Maßgebend für die Vertretbarkeit dieser Neufestlegung der Annahmekriterien war, dass das Depotumfeld nicht erheblich mehr oder anders beeinträchtigt werden durfte als im UVB Slufter (1984) festgelegt. Die maßgeblichen Wvo- und WM-Genehmigungen boten die Möglichkeit, ein Gesuch zur Anpassung der Annahmekriterien einzureichen.

**Tabelle A - 15:**      **Auswirkungen auf das Grundwasser: Modellberechnungen der verschiedenen Unterbringungsmöglichkeiten von schwer verunreinigte Baggergut (Klasse 4) im Depot de Slufter.**

Grundwasserfluss (g/ha/J)	Null-alternative	Zentrale Unter-bringung	Integrale Unter-bringung	Prüfkriterium
Arsen	11,52	12,44	12,44	4
PCB	0,072	0,072	0,075	-
FL	0,47	0,47	0,52	0,01
Dieldrin	0,0032	0,0032	0,0046	0,00004
Menge des verunreinigten Grundwassers nach 10.000 Jahren (% Volumen Slufter)	0,35	0,35	0,35	1





Im Umweltverträglichkeitsbericht "Neufestlegung der Annahmekriterien und Sandtrennung im Depot „de Slufter“ (Dezember, 1998) wurden für zwei Unterbringungsmöglichkeiten die Auswirkungen auf das Grundwasser mit der Situation bei Fortsetzung der jetzigen Unterbringung verglichen. Die geprüften Möglichkeiten sind 1) Integrale Unterbringung, wobei Baggergut der Klassen 2-3 und 4 zusammen im Depot de Slufter untergebracht werden und 2) Zentrale Unterbringung, wobei schwer verunreinigtes Baggergut der Klasse 4 in der Mitte des Depots eingelagert wird. Die Auswirkungen auf das Grundwasser wurden an Hand von Modellberechnungen dargestellt und an den Richtlinien für große Depots geprüft (BVB). Die Berechnungen (siehe Tabelle A - 15) ergaben, dass die Effekte der verschiedenen Unterbringungsmöglichkeiten fast gleich sind, und dass keine davon die Umgebung mehr beeinträchtigt als im UVB 1984 vorausgesagt. Obwohl die ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten höher sind als die zulässigen, bleibt der Einfluss des Grundwassers auf ein Gebiet beschränkt, das viel kleiner ist als das zulässige Einflussgebiet. Deshalb sind die Auswirkungen nach den Richtlinien für Großdepots zulässig (BVB).

### **Sonstige Auswirkungen auf die Umwelt**

Der Bau des Depots hat offensichtlich über einige Kilometer hinweg einschneidende Veränderungen im Hinblick auf das Sohlenniveau des umringenden Küstengebietes, dem Vordelta, zur Folge. Am Depot ist ein kleiner Strandhaken entstanden. Der Aufbau einer großen Sandbank, der Hinderplatte, hat sich strukturell verändert, die Platte ändert darüber hinaus rasch ihre Lage. Zwischen dem Depot und Voorne (dem 'Sluftergebiet') ist das Wasser seichter geworden; ein bereits bestehendes Schlick- und Marschlandgebiet hat sich jedoch noch nicht weiter ausgeweitet. Es sieht danach aus, als ob die Auswirkungen des Depots auf das Sohlenniveau noch einige Jahrzehnte anhalten werden. Diese morphologischen Auswirkungen stimmen annäherungsweise überein mit der prognostizierte Auswirkungen [Evaluatie 'milieueffectrapportage 'Slufter' over de periode 1986 tot en met 1996', 1997].

Auswirkungen auf bodenlebende Tiere, Schalentiere, Sandpiere und ähnliches im Seeboden des Vordeltas zeigten sich in erster Linie in Form von Verschiebungen im Vorkommen verschiedener Bodentiergesellschaften. Arten und Gesellschaften auf dynamischeren und sandigeren Böden nehmen dabei offenbar zu. Das Gesamtgewicht (die Biomasse) der bodenlebenden Tiere ging an den meisten Stellen deutlich zurück. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die natürliche Variabilität dieses Ökosystemes sehr groß ist. Deshalb ist es die Frage, ob diese Auswirkung im Zusammenhang mit dem Bau des Depots 'de Slufter' steht oder durch Rückwirkungen von natürlicher Art verursacht wird.



Abbildung A - 21: Das Untersuchungsgebiet 'de Slufter' und weitere Umgebung 1995

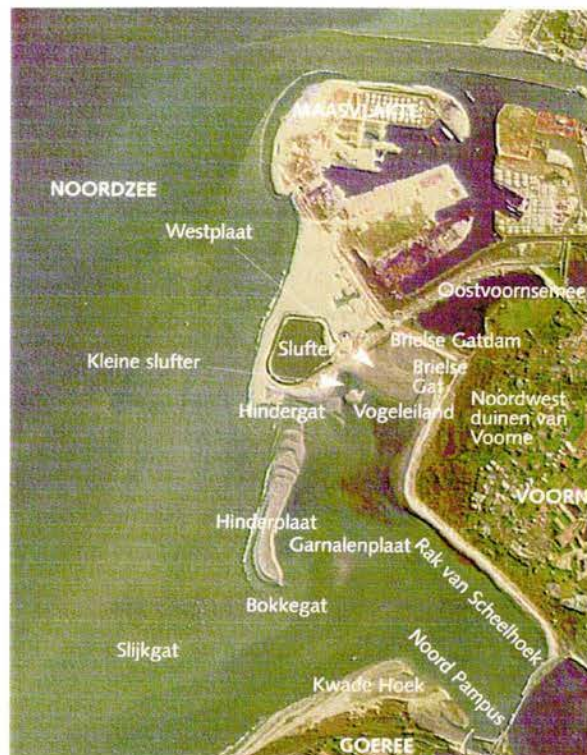


Abbildung A - 22: Morphologie der Umgebung von 'de Slufter' im Jahr 1970

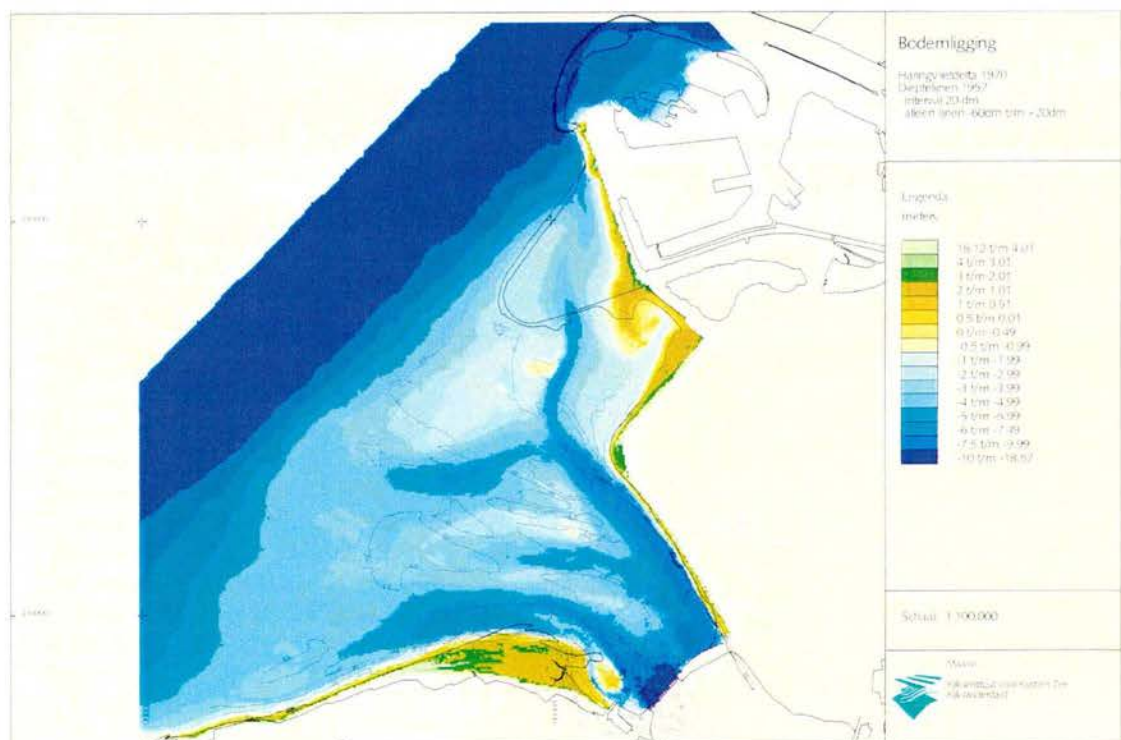


Abbildung A - 23: Morphologie der Umgebung von 'de Slufter' im Jahr 1990

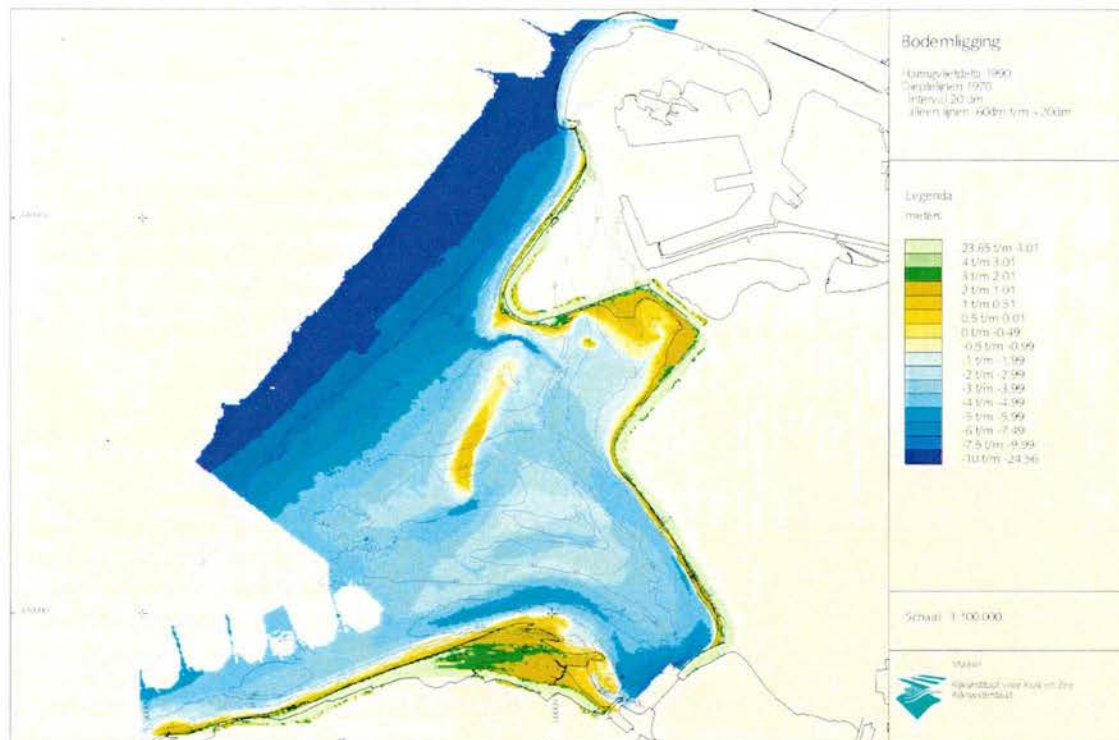
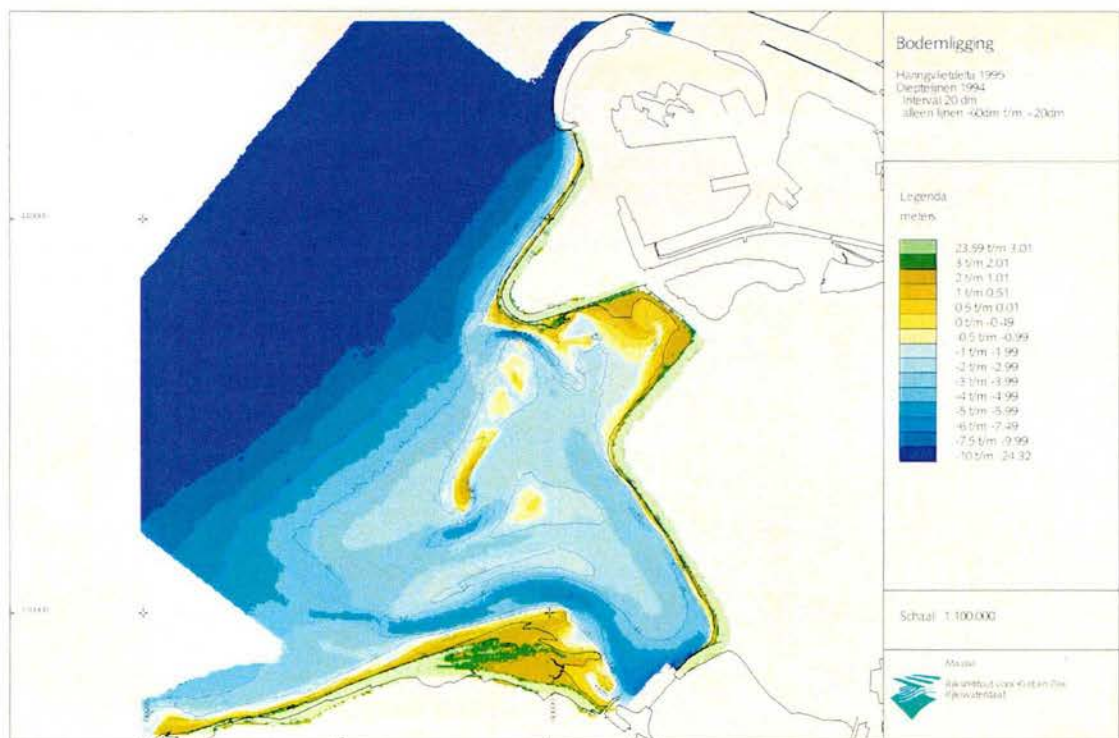
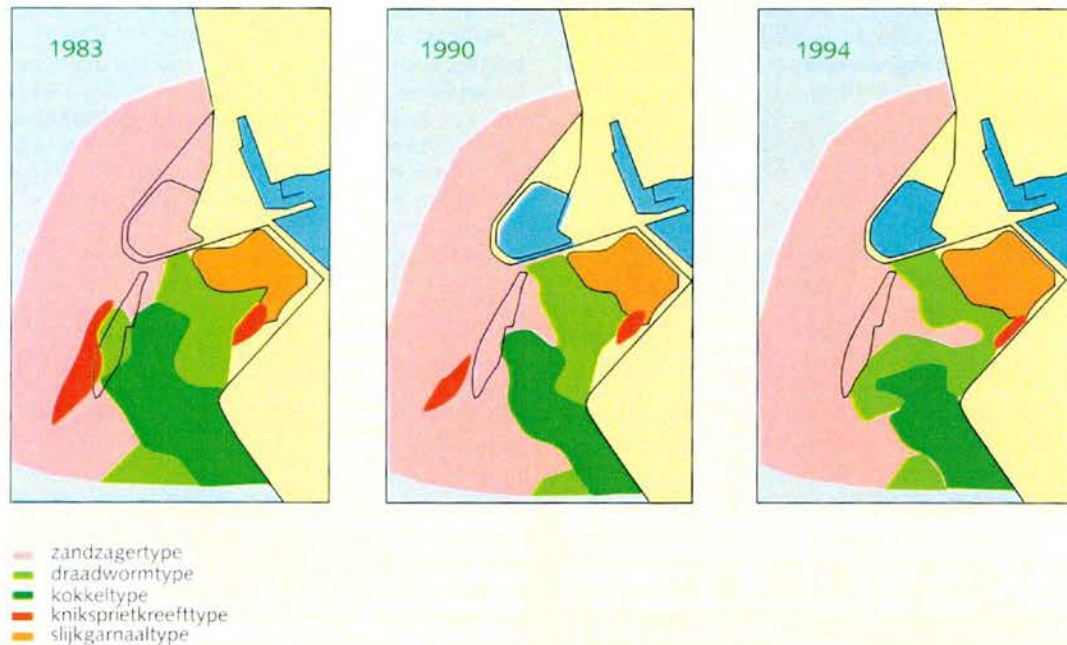


Abbildung A - 24: Morphologie der Umgebung von 'de Slufter' im Jahr 1995





**Abbildung A - 25: Verbreitung der Bodentiergesellschaften in der Haringvliet-Mündung in den Jahren 1983, 1990 und 1994**



Die wertvollen Vegetationsarten auf den Groden um das Brielse Gat zeigten eine deutliche Zunahme im Hinblick auf Vielfalt und Artenreichtum. Möglicherweise hat die abschirmende Wirkung von 'de Slufter' einen Beitrag zu dieser Entwicklung geleistet. Die Gesamtoberfläche des Grodengebietes blieb jedoch mehr oder weniger unverändert. Es ist nicht auszuschließen, dass sich die bereits 1984 erwartete Ausweitung dieser Groden erst langfristig durchsetzen wird.

Die Flora der Dünen von Voorne zeigt im Zeitraum nach dem Bau von 'de Slufter' nur geringe Veränderungen. Nachdem sich zunächst dieses für Pflanzen so außergewöhnlich wertvolle Gebiet in den sechziger und siebziger Jahren zurück entwickelt hat, lässt sich in mancherlei Hinsicht heute sogar eine gewisse Erholung beobachten. Vermutlich stellt eine Intensivierung der Gebietsverwaltung durch Einschlag, Abmähen und Beweiden die wichtigste Ursache für diese Verbesserung dar.



**Abbildung A - 26: Groden am Brielse Gatdam**

Die Zahl der auf dem seichten Meer überwinternden Tauchenten ist zurückgegangen, wahrscheinlich zum Teil durch die Schalentierfischerei bedingt. Die doch schon sehr hohen Zahlen an seltenen Zugvögeln und Überwinterern, u.a. zahlreiche Stelzenläufer auf den Groden am Brielse Gat, sind weiter angestiegen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die natürliche Variabilität dieser Tiere sehr groß ist. Deshalb kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob diese Entwicklungen mit dem baubedingten Rückgang der Herzmuschelpopulation zusammenhängen oder natürlichen Ursachen zuzuschreiben sind. Die Ursache dieser Entwicklungen ist somit unklar.

Die Zahl seltener Küstenbrutvögel auf und um 'de Slufter' war starken Schwankungen unterworfen. Vor allem in den Jahren 1989-1991 gab es sehr rege Brutaktivitäten von außergewöhnlichen Arten wie Regenpfeifer, Seeschwalben und Säbelschnäbler. Auch in diesem Fall ist es unklar, ob dies mit dem Baggergutdepot 'de Slufter' zusammenhängt oder natürlichen Ursachen zuzuschreiben ist.

Die Voraussagen in der Umweltverträglichkeitsprüfung aus dem Jahr 1984 scheinen sich nur zum Teil zu bewahrheiten. Vor allem der Einfluss sich bereits vor dem Bau abzeichnender Trends und unterschiedlicher externer Faktoren wie Naturentwicklung, Gebietsverwaltung und Schalentierfischerei wurde offensichtlich in der Prognose nicht richtig berücksichtigt. Bisher wurden diese Entwicklungen im Hinblick auf künftige Planungen nicht bewertet.

Des weiteren stellte die Entstehung des Ruheplatzes einer kleineren Gruppe Seehunde in 'de Kleine Slufter', einem Naturbauprojekt am südlichen Rand von 'de Slufter', eine wertvolle und unerwartete Entwicklung dar.

Es ist recht schwierig, festgestellte Veränderungen einer spezifischen Ursache zuzuschreiben. Das täuscht jedoch nicht darüber hinweg, dass dank der nach dem Bau von 'de Slufter' ins Leben gerufenen Auswertungsstudie wertvolle und brauchbare Daten zur Beurteilung von Veränderungen im natürlichen Reichtum am Depot verfügbar gemacht werden konnten.

## 1.9 Genehmigungen

Um die Anlage von de Slufter, die Unterbringung von Baggergut in diesem Depot und die Einleitung von überschüssigem Rückwasser zu ermöglichen, haben die Stadt Rotterdam und Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland 1985 unter anderem die folgenden Genehmigungen beantragt und erhalten:

Eine Konzession aufgrund des Gesetzes über Trockenlegungen und Eindeichungen (Gesetz 1904), erteilt am 7. Oktober 1985 durch das Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und öffentliche Arbeiten für die Anlage des Depots de Slufter

Eine Genehmigung aufgrund des Abfallgesetzes (Aw), erteilt am 30. September 1985 durch das Ministerium für Wohnungsbau, Raumordnung und Umwelt für die Unterbringung von Baggergut der Klassen 2-3

Eine Genehmigung aufgrund des Umweltschutzgesetzes (Wm), in Kraft tretend am 30. September 1995 und mit einer Gültigkeitsdauer von 10 Jahren zur Fortsetzung der Unterbringung von Baggergut der Klassen 2-3 im Depot de Slufter nach Ablauf der Aw-Genehmigung am 30. Oktober 1995

Eine Genehmigung aufgrund des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo), unbefristet, erteilt am 7. Oktober 1985 durch das Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und öffentliche Arbeiten, geändert durch eine Verfügung vom 7. November für die Einleitung von Rückwasser aus dem Depot in den Mississippihaven, gültig bis zum 31. Dezember 2000

Die Wm-Genehmigungen enthalten die Bedingung, dass ein geohydrologisches Isolationssystem angebracht werden muss, wenn aus Messungen hervorgehen sollte, dass die Verteilung von Verunreinigungen eine bestimmte, vorab festgesetzte Menge oder einen festgelegten Wert übersteigt. Der Entwurf dieses Systems liegt bereit, so dass nötigenfalls sofort Maßnahmen getroffen werden können.

Die Wvo- und Wm-Genehmigungen wurden aufgrund der Konklusionen im Umweltverträglichkeitsbericht „Neufestlegung der Annahmekriterien und Sandtrennung im Depot de Slufter“ (Dezember 1998) im Jahre 2000 so geändert, dass auch schwer verunreinigtes Baggergut der Klasse 4 im Depot untergebracht werden darf.

## 1.10 Ökologische Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Durch die Anlage des Depots de Slufter ist ein neuer Meeresstrand entstanden, der durch eine Asphaltstraße für die Erholung erschlossen wurde. Auf der Südseite des Depots ist ein Teil der Anlage als Naturlandschaft eingerichtet worden. Dieses Gebiet ist besonders wertvoll als Schutzgebiet für Vögel. Weitere ökologischen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind nicht getroffen.

## 1.11 Kosten

Die Baukosten der Anlage betrugen ca. 68 Mio. €. Die Betriebskosten – ohne Kosten für das Verspülen des Baggergut – liegen bei 9 Mio. € p.a. und sind mehr oder weniger unabhängig von der eingelagerten Menge. Insgesamt ergeben sich Einheitskosten von 4,5 €/m<sup>3</sup>.





## 2. DEPOT IJSSELOOG

### Quellen:

*Studie ten behoeve van de Projectnota/MER voor de baggerspeciebergingslocatie Ketelmeergebied (fase 2); Stap 3 rapport: Vergelijken en Selecteren, DHV Milieu en Infrastructuur / Witteveen + Bos raadgevende ingenieurs, 1993*

*Achtergrondstudie voor Milieu-effectrapport en projectnota deel 1, werkstap I, II en III, Ingenieursbureau Oranjewoud'bv, 1991*

*Jaarverslag 1999 depot IJsseloog, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, 2000, RDIJ-Rapport 2000-5*

*Jaarverslag 2000 depot IJsseloog, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, 2001, RDIJ-Rapport 2001-6*

*Baggerspeciebergingslocatie Ketelmeergebied; Depotontwerp, Projectbureau Depotbouw, 1995, Rapportnr. PDB.PKE-4-95073*

*Beheer en Monitoring Depot IJsseloog: Ontwerp geohydrologische isolatie, Projectbureau WAU, 1999*

*Beschikking van Gedeputeerde Staten van Flevoland n.a.v. aanvraag Wm- en Wvo-vergunning, Rapportnr. MB/95/050903/A, Provincie Flevoland*

*Zur weiteren Information über Depot IJsseloog siehe: [www.waterland.net/rdij](http://www.waterland.net/rdij)*

2.1	EINLEITUNG	256
2.2	ENTSCHEIDUNGSPROZESS	256
2.3	RAHMENBEDINGUNGEN UND AUSGANGSPUNKTE	257
2.4	ENTWURF DES DEPOTS	261
2.5	BETRIEB DES DEPOTS	268
2.6	ISOLATION	270
2.7	BETRIEB UND MONITORING	273
2.8	DIE AUSWIRKUNGEN AUF DAS UMFELD	275
2.9	GENEHMIGUNGEN	281
2.10	KOSTEN	282





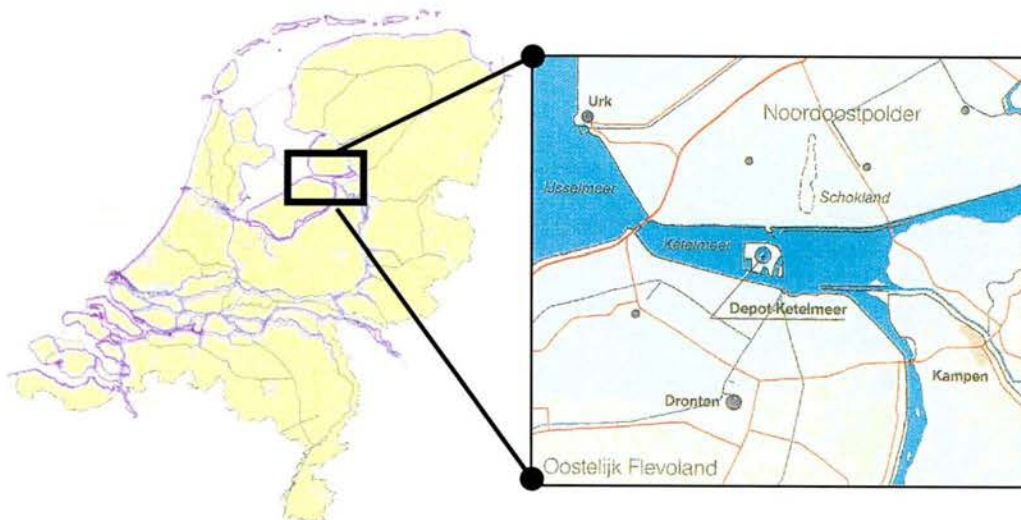
## 2.1 Einleitung

Das Ketelmeer liegt zwischen dem Noordoostpolder und Oostelijk Flevoland an der Mündung der IJssel, einem Nebenfluss des Rheins. Das Wasser der IJssel hat viele Jahre lang verseuchte Sedimente mitgeführt, die sich im Ketelmeer absetzten und deren Belastung hauptsächlich durch die oberstromigen Rheinanlieger verursacht worden. Auf einer Fläche von über 2800 ha des 3800 ha großen Ketelmeers hat sich so eine durchschnittlich 50 cm dicke Schicht aus verunreinigten Sedimenten ( $\leq 63 \mu\text{m}$ ) angesammelt.

Um einer unkontrollierten Verbreitung dieser Sedimente und einer weiteren Verunreinigung der Umwelt entgegenzuwirken, wurde seitens des niederländischen Verkehrsministeriums die Sanierung des Ketelmeeres beschlossen.

Zur Ablagerung des verseuchten Bodenmaterials ist ein entsprechendes Depot im Ketelmeer eingerichtet worden. Im östlichen Teil des Ketelmeers, an der IJsselmündung, wird gleichzeitig ein Naturentwicklungsprojekt realisiert. Zudem werden dort Fahrrinnen ausgebaggert.

Abbildung A - 27: Lage des Depots 'IJsseloog'



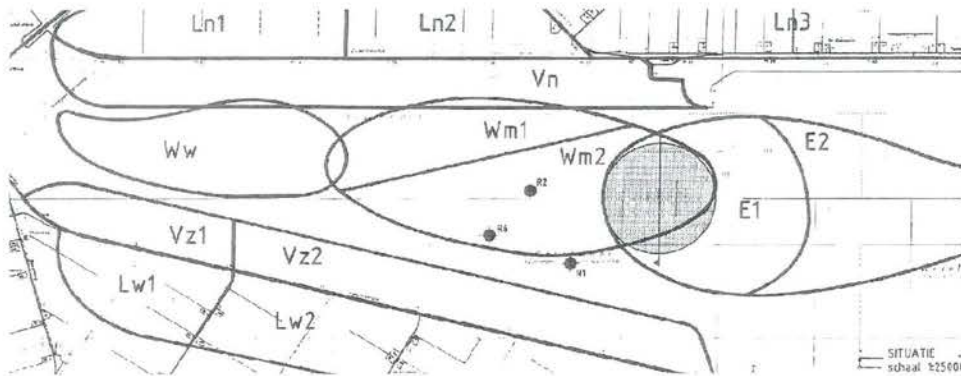
## 2.2 Entscheidungsprozess

Das Depot IJsseloog befindet sich im Ketelmeer; dort wird verunreinigtes Baggergut der Klassen 3 und 4 eingelagert, das hauptsächlich aus der IJssel und aus dem Ketelmeer stammt. Das Depot ist ein eingedeichtes Depot im offenen Gewässer (Ketelmeer), wobei das Baggergutniveau bis über den Wasserstand ansteigen kann. Das Fassungsvermögen des Depots beträgt 23 Millionen  $\text{m}^3$ .

1990 wurde das Startzeichen für die Verfahrensvorbereitungen gegeben, die bei einem Projekt dieses Umfangs unbedingt nötig sind. In diesem Rahmen wurde zunächst ein umfassendes UVP-Verfahren eingeleitet. Namentlich die Verhandlungen über den Standort und die Art der Dichtung des Depots beanspruchten viel Zeit und Aufwand. Nach einem kritischen, offenen Dialog mit allen Mitsprechern und den zuständigen Behörden wurde endlich die optimale Lösung gefunden: ein Depot mitten im Ketelmeer in der Form einer möglichst tiefen Grube, deren Boden aus einer Tonschicht besteht, wobei Wasserstandregulierung

angewendet wird, um die Migration von Verunreinigungen in das Grundwasser zu verhüten. Die Standortalternativen und der gewählte Standort ist in Abbildung A - 28 wiedergegeben.

**Abbildung A - 28: Verschiedene in Erwägung gezogene Standorte im Ketelmeer [der grau eingezeichnete Standort ist der bevorzugte].**



Diskussionen über wichtige Angelegenheiten erfordern Zeit; daher konnten die Genehmigungen erst im Sommer 1995 erteilt werden. Die technischen Vorbereitungen hielten jedoch mit dem behördlich-rechtlichen Entscheidungsprozess Schritt, so dass sofort nach der Erteilung der Genehmigungen mit der Ausschreibung der Depoteinrichtung begonnen werden konnte.

Die Anlage des Depots kostet über 200 Millionen niederländische Gulden. Die Verwaltung obliegt der obersten niederländischen Straßen- und Wasserbaubehörde Rijkswaterstaat. Das heißt jedoch nicht, dass das Depot nur für Rijkswaterstaat-eigene Gewässer bestimmt ist. Auch Baggergut, das bei Unterhaltungsarbeiten oder der Sanierung von Gewässerböden anfällt, die unter der Verwaltung anderer Behörden oder Institutionen stehen, darf in diesem Depot untergebracht werden.

## 2.3 Rahmenbedingungen und Ausgangspunkte

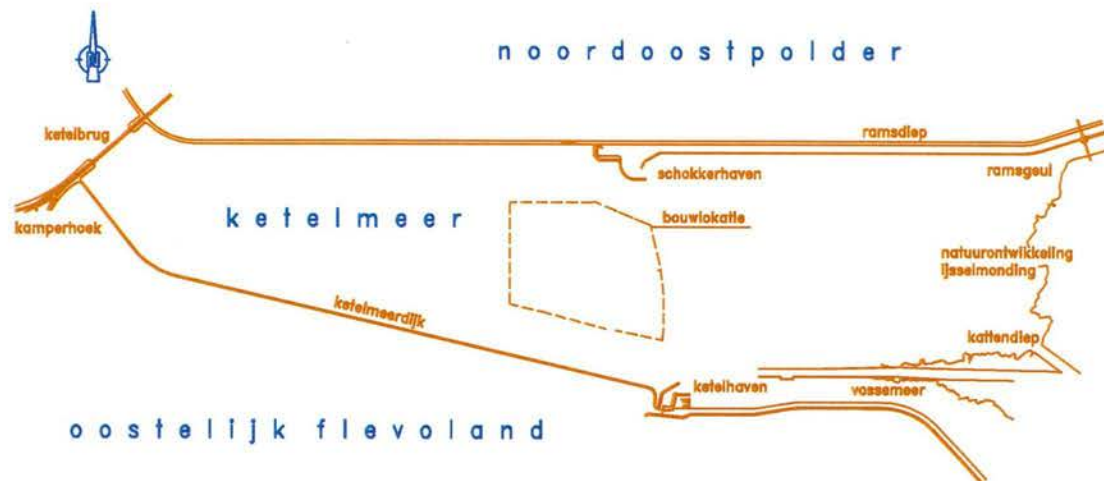
### 2.3.1 Rahmenbedingungen

#### Der bevorzugte Standort

Das bevorzugte Gebiet für den Standort des Depots war mitten im Ketelmeer zwischen dem Ketelhafen und dem Schokkerhafen. Der westliche Teil des Gebiets ist für die Erholung eingerichtet, der östliche ist eine Naturlandschaft. Der Standort des Depots ist im westlichen Teil. Die einzige feste Begrenzung des Standorts bildet ein 650 m breiter freier Streifen am Südufer des Ketelmeer, welcher der Vergnügungs- und der Handelsschifffahrt am Depot entlang Raum bietet. Der bevorzugte Standort ist in Abbildung A - 29 dargestellt.



Abbildung A - 29: Der bevorzugte Standort für das Depot

**Erläuterung Abbildung**

Kamperhoek	= Kamperhoek
Ketelbrug <sup>A</sup>	= Ketelbrücke
Ketelmeer	= Ketelmeer
Ketelmeerdijk	= Ketelmeerdeich
Schokkerhaven	= Schokkerhafen
Bouwlocatie	= Baustelle
Ketelhaven	= Ketelhafen
Ramsdiap	= Ramsdiap (Tief)
Natuurontwikkeling IJsselmonding	= Naturentwicklung IJsselmonding
Vossemeer	= Vossemeer

**Baggergut***Angebot und Unterbringung*

Bei der Sanierung des Ketelmeer fallen insgesamt circa 15 Millionen m<sup>3</sup> verunreinigtes Baggergut an. Darüber hinaus steht voraussichtlich ein Angebot von ungefähr 6 Millionen m<sup>3</sup> Sedimenten aus den umliegenden Regionen an. Das gesamte Angebot an Baggergut beläuft sich somit auf 21 Millionen m<sup>3</sup>. Bei dem Entwurf wurde von dem sogenannten "schnellen Füllszenario" ausgegangen. Dieses Szenario sieht einen Einlagerungszeitraum von 20 Jahren vor (1995-2015), wobei von 1995-2000 80 % des gesamten Angebots (16 Millionen m<sup>3</sup>) und von 2000-2015 die restlichen 20 % (4 Millionen m<sup>3</sup>) eingelagert werden sollen.

*Zusammensetzung*

Die physikalische Zusammensetzung und Dichte des Baggerguts aus dem Ketelmeer wurden aufgrund zahlreicher Probenahmen ermittelt. Die mittlere Zusammensetzung ist folgendermaßen:

- Gehalt an organischem Stoff: 11%
- Tongehalt: 16%
- Trockenstoffanteil: 50%
- Dichte Trockenstoff: 2500 kg/m<sup>3</sup>



- Dichte Wasser: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Dichte in situ: 1430 kg/m<sup>3</sup>
- Sedimentationsdichte: 1245 kg/m<sup>3</sup>

Mit Ausnahme des sandigen Teils im Osten bestehen die Sedimente im Ketelmeer aus Baggergut der Verunreinigungsclassen 3 und 4. Die durchschnittliche Qualität des einzulagernden Schlamms ist anhand verschiedener Leitparameter in Tabelle A - 16 dargestellt. Darüber hinaus enthält das Baggergut zahlreiche andere Verunreinigungen.

**Tabelle A - 16: Mittlere Baggergutqualität für verschiedene Leitstoffe**

Leitstoff	Mittlere Konzentration	Zielwert ( <i>Streefwaarde</i> )
DCB	0,8 mg/kg Trockenstoff	0,01 mg/kg Trockenstoff
Cadmium	11,6 mg/kg Trockenstoff	0,80 mg/kg Trockenstoff
PCB 153	69,2 µg/kg Trockenstoff	4,00 µg/kg Trockenstoff

#### *Behandlung/Verwertung*

Das Baggergut wird auf dem Anlagengelände in Sandtrennungsbecken behandelt. Für die Sandtrennung kommt nur Baggergut mit einem Sandgehalt von mehr als 50% in Betracht.

#### **Aufbau des Bodens und Bodenschichten**

Der Boden des Ketelmeer besteht aus einer Schicht aus holozänem Material auf dickem pleistozänem Sand. Der schematische Schichtenaufbau mit den dazugehörigen geotechnischen Parametern ist in Tabelle A - 17 dargestellt. Anhand dieser Parameter wurden die Deichstabilität berechnet und der hydraulische Widerstand der Bodenschichten ermittelt.

**Tabelle A - 17: Schematisierter Schichtenaufbau am Depotstandort**

Tiefe zum NAP	Bezeichnung	Volumengewicht nass [kN/m <sup>3</sup> ]
Holozän:		
3,5 – 4,0	Lehm	14,0
4,0 – 4,6	Lehm	16,0
4,6 – 5,2	Humoser Ton	13,0
5,2 – 6,7	Torf	10,2
Pleistozän:		
> 6,7	Sand	20,0

#### **Hydraulische Grundbedingungen**

- *Wasserstände:* Der Wasserstand im Ketelmeer variiert zwischen 1,0 unter und 2,25 m über dem NAP (Wasserstand einmal in 1000 Jahren), je nach Windstau- und Windsenkungsverhältnissen.
- *Wellen:* Die Belastung der Außenseite des Depots durch Wellen (1/1000 Verhältnis) ist je nach der Stelle verschieden. Die Wellenhöhe variiert von  $H_s = 1,0$  m bis  $H_s = 1,3$  m, die dazugehörige Wellenperiode ist  $T_p = 4,4$  s bis  $T_p = 5,1$  s. Die maximale Wellenbelastung der Innenseite des Depots wurde im 1/100 Verhältnis ermittelt:  $H_s = 0,75$  m und  $T_p = 2,9$  s.



- *Strömungsgeschwindigkeiten:* Im Ketelmeer treten nur geringe Strömungsgeschwindigkeiten auf. Bei extremen Verhältnissen (hohe IJsselfrachten, Sturm) können an den Rändern des Depots stellenweise höhere Strömungsgeschwindigkeiten vorkommen.

### Annahmekriterien

- 1.) Im Absetzdepot IJsseloog werden verunreinigte Sedimente der Klassen 3 und 4 untergebracht. Baggergut mit dem Verunreinigungsgrad Klasse 2 darf dort nicht eingelagert werden. Bis heute darf nur Baggergut mit dem Verunreinigungsgrad Klasse 2 im Oberflächengewässer umgelagert werden (siehe auch Hauptbericht Abbildung 2-2 Kapitel 2.2.2).
- 2.) Die Herkunft des Baggerguts wird aufgrund der Wm-Genehmigung folgendermaßen definiert:
  - Kategorie A : Baggergut aus dem Ketelmeer ohne Mengenbegrenzung
  - Kategorie B : Baggergut aus dem Verwaltungsgebiet der Rijkswaterstaat, Abteilung IJsselmeergebied ohne Mengenbegrenzung
  - Kategorie C : Baggergut aus der Provinz Overijssel und aus dem Twentekanal. Die Annahme erfolgt während der gesamten Betriebszeit
  - Kategorie D : Baggergut aus anderen Gebieten, wofür circa 500.000 m<sup>3</sup> Depotraum zur Verfügung steht. Die Annahme erfolgt während der gesamten Betriebszeit
  - Kategorie E : Baggergut das nicht zu den Kategorien A bis D gehört, sondern aufgrund einer Austauschpflicht der Provinzen angenommen wird.

### 2.3.2 Ausgangspunkte beim Entwurf

#### Entwurfsphilosophie

Die Basis der Entwurfsphilosophie ist eine Risikoanalyse, wobei die maßgeblichsten Risikomechanismen grob ausgewertet werden:

- *Allgemein:* Die Kriterien, die für die Bestandteile des Depots gelten, sind von verschiedenen allgemeinen Anforderungen an große Ingenieurbauten abgeleitet. So muss vor allem die Sicherheit des Menschen gewährleistet sein und die Funktion des Depots darf auch bei Störungen möglichst nicht beeinträchtigt werden.
- *Sicherheit:* Die Bruchgefahr des Ringdeiches des Depots muss geringer sein als  $10^{-3}$  im Jahr, damit für die Menschen in der Umgegend des Depots kein größeres Sicherheitsrisiko entsteht.



- *Emissionen von Verunreinigungen:* In Anbetracht der strengen Normen hinsichtlich der Dichtung des Depots ist für die Bruchgefahr des Ringdeiches eine strengere Norm anzulegen als die sich aus der Sicherheitsanalyse ergebende: geringer als  $5 \cdot 10^{-4}$  pro Jahr.
- *Ökonomische Optimierung:* Der wirtschaftliche Schaden (Wiederherstellungskosten), der durch den Bruch des Ringdeiches erlitten würde, ist verhältnismäßig gering.

### Die Lebensphasen des Depots

- Die Bauphase dauert schätzungsweise ca. 2 Jahre.
- Die Einlagerungsphase dauert 20 Jahre.
- Die Konsolidationsphase beginnt eigentlich schon während der Einlagerung in das Depot, wird jedoch als der Zeitraum definiert, der beginnt, wenn das Depot ganz gefüllt ist und endet, wenn das Baggergut sein Endniveau erreicht hat: 6,5 m unter dem NAP. Die Konsolidationsphase dauert 75 bis 125 Jahre.
- Die Nachsorgephase kennzeichnet sich durch den halbstationären Zustand des Depots; das Baggergut hat sein Endniveau erreicht und wird mit einer sauberen Bodenschicht abgedeckt. Diese Phase ist sehr langanhaltend.

### Nutzvolumen

Der Nutzinhalt des Depots soll circa 23 Millionen  $\text{m}^3$  betragen. Diese Menge wurde im Vorentwurf festgelegt und daraus übernommen. Bei der Bestimmung der Depotmaße ist deshalb folgendes zu berücksichtigen:

- Die Bemessungsgrundlage des Nutzinhalts ist das maximale Füllniveau des Baggerguts und die maximale Grubentiefe
- Der Nutzinhalt des Depots 6,5 m unter dem NAP muss groß genug sein für die Einlagerung allen (konsolidierten) Baggerguts in der Nachsorgephase.

## 2.4 Entwurf des Depots

### 2.4.1 Depotinhalt

Die *in-situ*-Menge ist die Menge Baggergut, die ausgehoben werden muss, um die verunreinigte Sedimentschicht gänzlich zu beseitigen und umfasst die theoretische Menge (15 Mio.  $\text{m}^3$ ), die Anschwemmung bis zum Ende des Sanierungszeitraums 1998 (2,375 Mio.  $\text{m}^3$ ) und die Baggermarge (3,5 Mio.  $\text{m}^3$ ). Somit beträgt die *in-situ*-Menge des auszuhebenden Sediments 20,875 Mio.  $\text{m}^3$ .

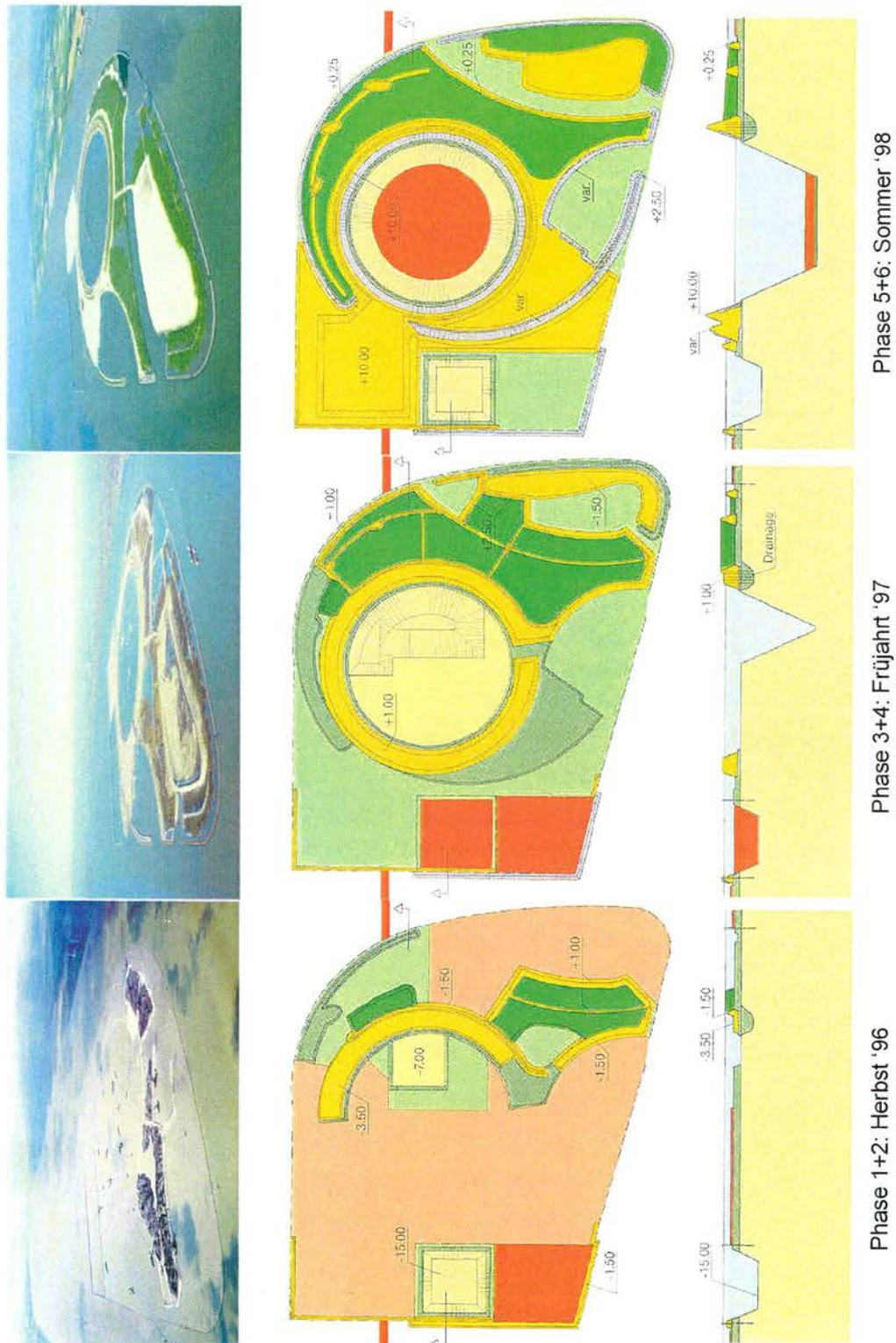
Der benötigte Depotinhalt wird durch die Multiplikation der *in-situ*-Menge des ausgehobenen / eingelagerten Sediments mit einem Volumenfaktor errechnet. Wie der Volumenfaktor bestimmt wird, ist in Kapitel 4 des Hauptdokuments dargelegt.

Der Ausdehnungsfaktor, der Konsolidationsfaktor und der Gasfaktor wurden auf 1,8; 0,45 und 1,1 festgesetzt. Der theoretisch benötigte Depotinhalt beträgt somit 18,6 Mio.  $\text{m}^3$ . Mit Rücksicht auf ungenaue Parameter wurde eine Entwurfsmarge von 25 % eingehalten, so dass der Entwurf-Depotinhalt rund 23 Mio.  $\text{m}^3$  beträgt.





Abbildung A - 30: Baumethode Depot IJsselooog (Quelle: Combinatie Ketelmeer, 2000)



## 2.4.2 Formgebung und Dimensionierung

### Einleitung

Am Standort des Absetzdepots für Baggergut befinden sich die folgenden Hauptanlagen:

- das endgültige Depot für die Einlagerung von verunreinigtem Baggergut;
- das Anlagengelände;
- der Werkhafen;
- ein Natur- und Erholungsgebiet.

Die Anlagen liegen nahe beisammen in einem tropfenförmigen Gebietsteil, dessen Lage und Landschaftsbild in die räumliche Vorstellung des Ketelmeer passt und dessen jetzigen und künftigen Funktionen gerecht wird. Der Standort hat eine Gesamtfläche von fast 250 ha; davon nimmt das Depot ungefähr 140 ha und die Naturlandschaft/das Erholungsgebiet ca. 110 ha ein.

Außer den oben genannten Hauptanlagen sind in der Ausführungsphase noch einige vorübergehende Einrichtungen notwendig, und zwar:

- das Arbeitsgelände für den Bauunternehmer;
- eine abschirmende Konstruktion rund um die Baustelle;
- ein vorübergehendes Depot als Zwischenlager für das verunreinigte Baggergut;
- ein Zwischenlager für überschüssigen Sand;
- ein Verwaltungsgelände im Ketelhafen.

Abbildung A - 33 stellt den allgemeinen Entwurf des Depots für Baggergut mit Nebenanlagen dar.

**Abbildung A - 31: Baggergutdepots IJsseloog (November 1996)**





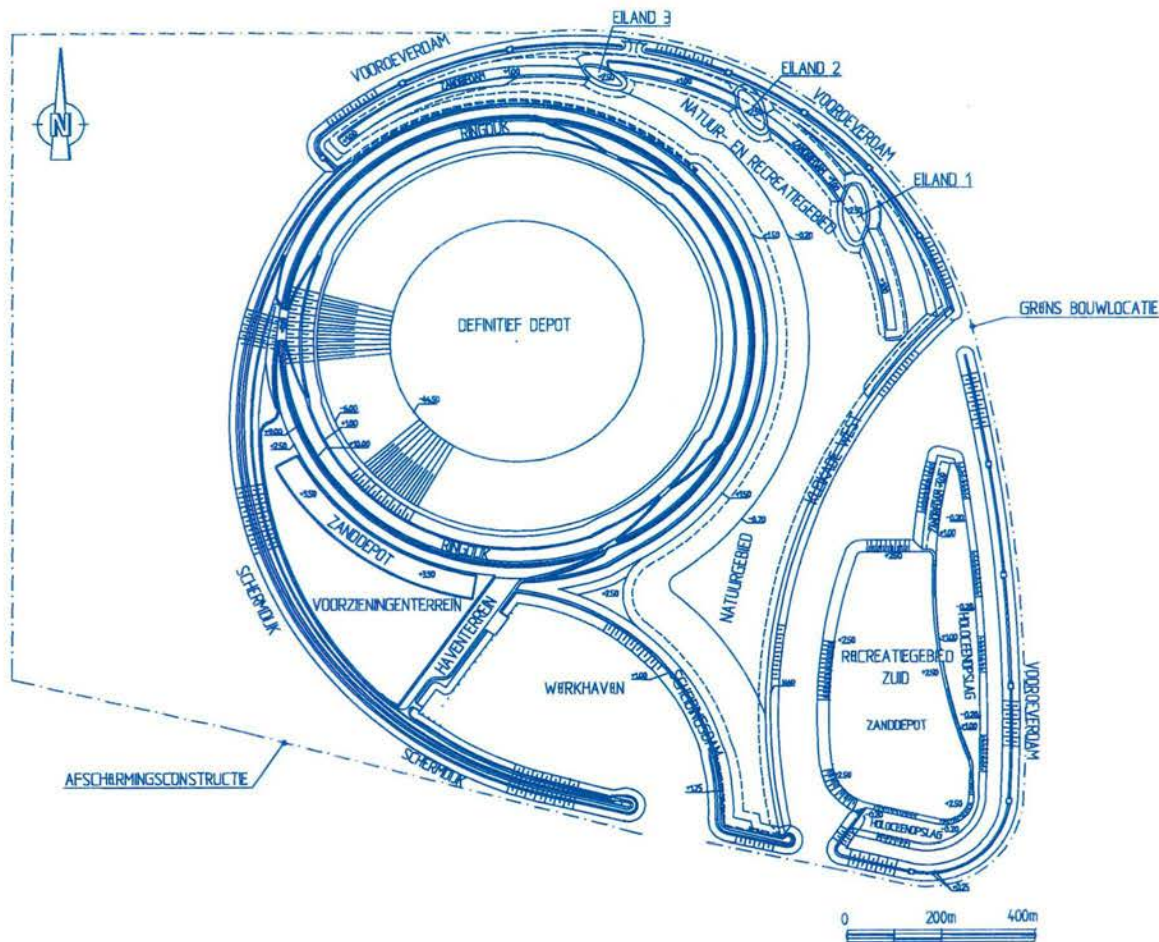
**Abbildung A - 32: Baggergutdepots IJsseloog (März 1999)****Das endgültige Depot**

Das endgültige Absatzdepot für verunreinigtes Baggergut besteht aus einer im Ketelmeer ausgehobenen Grube mit einer Tiefe von ca. 44,5 m unter dem NAP, die von einem 10 m hohen Ringdeich umgeben wird. Das Depot hat einen Nutzinhalt von circa 23 Mio. m<sup>3</sup>. Die runde Form wurde gewählt, weil die Einlagerung des Baggerguts dann so kompakt wie möglich erfolgen kann. Die Bruttofläche des Depots ist ungefähr 95 ha.

Aus der Grube werden ca. 15 Mio. m<sup>3</sup> sauberer Boden ausgehoben; ca. 3 Mio. m<sup>3</sup> sind holozänes Material (Ton und Torf) und ungefähr 12 Mio. m<sup>3</sup> sind pleistozäner Sand. Das holozäne Material wird zum Teil als Dichtungsschicht in die Grube zurückgeschüttet, der Rest wird für die Anlage des Natur- und Erholungsgebiets am Depot verwendet. Für die Anlage des Depots werden insgesamt ca. 5 Mio. m<sup>3</sup> Sand benötigt; den übrigen beim Aushub der Grube anfallenden Sand behält der Bauunternehmer. In das Leistungsverzeichnis werden Anregungen zur Verwendung als Industriesand aufgenommen. Auf der Baustelle ist Platz für die vorübergehende Lagerung (ca. 5 Jahre) dieses Sandes vorgesehen.



**Abbildung A - 33: Übersicht des subaquatischen Baggergutdepots IJsseloo**



- Definitief Depot = Endgültige Depot
- Voorzieningenterrein = Anlagengelände
- Werkhaven = Werkhafen
- Natuur- en recreatiegebied = Natur- und Erholungsgebiet
- Eiland = Insel

InTabelle A - 18 sind die Hauptmaße des endgültigen Depots dargestellt.

**Tabelle A - 18: Hauptmaße des Depots**

Stelle im Querschnitt	NAP-Niveau [m]	Radius [m]	Nutzhalt [m³]
Grubenboden	-44,5	268	-
Oberkante der dichtenden Tonschicht	-42,5	276	0
Baggergutniveau nach der Konsolidation	- 6,5	420	13.900.000
Stützkörper/theoretische Oberkante der Grube	-6,0	422	14.200.000
Berme	+1,0	460	18.600.000
Maximales Baggergut-Einlagerungsniveau	+7,5	483	23.150.000
Binnenkronenlinie Ringdeich	+10,0	491	



### **Entwurf des Ringdeichs**

Der Ringdeich rund um die Grube ist aus Sand aufgebaut. Die Böschungen des Ringdeiches werden in der Wellenzone mit Bruchstein befestigt, um Erosion zu verhüten. Darüber hinaus wird der Ringdeich mit Ton verkleidet und mit Gras eingesät. In der Betriebsphase wird der Ringdeich auf der Binnenseite durch Anbringung einer Dichtungswand und Verkleidung (zum Beispiel Folie) wasserdicht gemacht, um die Verteilung von Verunreinigungen zu verhindern. Abbildung 4-2 stellt den Querschnitt des Ringdeichs dar. Der Deich wird durch eine Böschungsverkleidung innen und außen gegen Wellenbelastung und Strömung geschützt.

Von der Unterwasserböschung bis zur Sturmberme (2,25 m über dem NAP) wurde eine Bruchsteinverkleidung angebracht. Weiterhin besteht die Verkleidung bis zur Wellenaufbauhöhe (4,50 m über dem NAP) aus einer 80 cm dicken Tonschicht, die mit Gras eingesät ist. Darüber wurde bis 10 m über dem NAP noch eine 30 cm dicke Tonschicht angebracht, die den Sandkörper ausreichend schützt.

Die Binnenböschung des Ringdeichs ist mit 10 kg – 60 kg Bruchstein verkleidet (von 6,0 unter dem NAP bis 1,0 m über dem NAP). Darüber befindet sich eine 30 cm dicke Tonschicht.

### **Betriebsgelände**

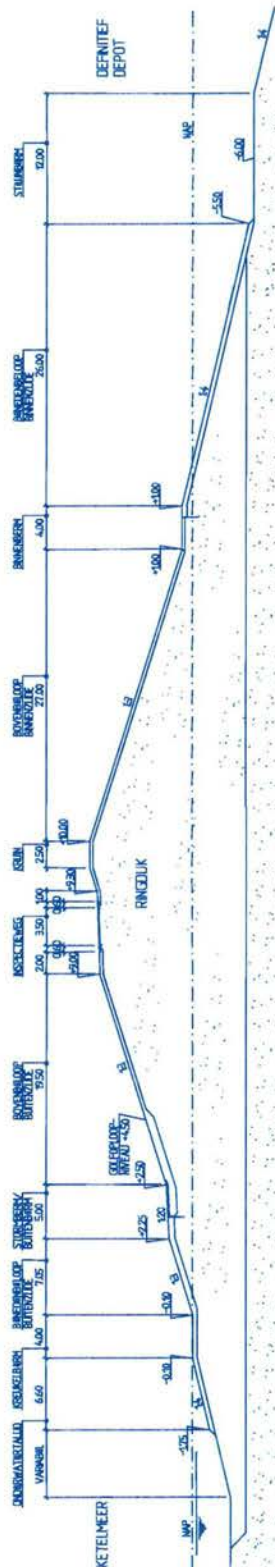
Das Betriebsgelände befindet sich im Südwesten des endgültigen Depots zwischen dem Ringdeich und dem sogenannten Vordeich. Auf diesem keilförmigen Gelände werden die Einrichtungen für den Betrieb und die Unterhaltung des Depots untergebracht, wie Anlagen zur Ableitung von Überschusswasser, ein Absetzbecken und Baulichkeiten für den Verwalter. Des weiteren ist Raum geplant für Anlagen für die Reinigung von Schlamm beziehungsweise die Klassierung in saubere und verunreinigte Fraktionen. Die Bauhöhe des Anlagengeländes ist 2,5 m über dem NAP, die Bruttofläche beträgt ca. 10 ha.

### **Werkhafen**

An das Anlagengelände anschließend wird ein Werkhafen angelegt, wo das mit Schiffen mit offenem Laderaum oder Schuten antransportierte Baggergut gelöscht und in das endgültige Depot umgelagert wird. Zu diesem Zweck wird ein Löschkai angelegt und Anlegevorrichtungen angebracht. Des weiteren ist eine Roll-on-Roll-off-Anlage für das Ausladen des Materials für den Betrieb, die Unterhaltung und die Verwaltung vorgesehen.







**Abbildung A - 34: Querschnitt Ringdeich**

Der Werkhafen wird im Westen vom Vordeich und im Osten vom Trennungsdamm eingeschlossen und liegt somit größtenteils außer Sicht. Der Zugang zum Werkhafen befindet sich im Süden, nordwestlich vom Ketelhaven, und ist über die Hauptwasserstraße im Ketelmeer erreichbar. Der Werkhafen ist 4,0 m tief und ist somit befahrbar durch Schiffe mit einem Tiefgang von ca. 3,5 m.

## Natur- und Erholungsgebiet

Das östlich vom endgültigen Depot gelegene Natur- und Erholungsgebiet besteht aus Sumpfgebiet, einer höher gelegenen, durch ein Sandriff verbundenen Inselgruppe am Nordostrand entlang, und einer größeren Insel am Südostrand. Über die Sandriffe kann man von einer Insel zur anderen gelangen; man könnte dort zum Beispiel Wanderwege abstecken. Darüber hinaus schützen die Sandriffe das Sumpfgebiet vor Erosion durch den Wellenschlag.

Das Sumpfgebiet soll in erster Linie die "natürliche" Entwicklung des Gebiets und somit die Erholungsfunktion fördern; es ist nur begrenzt für die Öffentlichkeit zugänglich.

Der Kanal im Natur- und Erholungsgebiet ermöglicht kleinen Vergnügungsschiffen eine sichere Überfahrt vom Schokkerhafen zum Ketelhafen. An den Inseln sollen später einmal Anlegestellen eingerichtet werden.

Im Norden, Osten und Süden wird das Natur- und Erholungsgebiet durch einen niedrigen, mit Bruchstein verkleideten Uferdamm umschlossen. Dieser schützt die Inseln vor der Abbröckelung durch Wellen.

## Verwaltungsgelände Ketelhafen

Im Westen des Ketelhofen wurde ein Außendeichgelände für die Verwaltung durch Rijkswaterstaat eingerichtet. Auf diesem Gelände befinden sich ein Verwaltungsgebäude und ein Besucherzentrum.

### Abschirmende Konstruktion

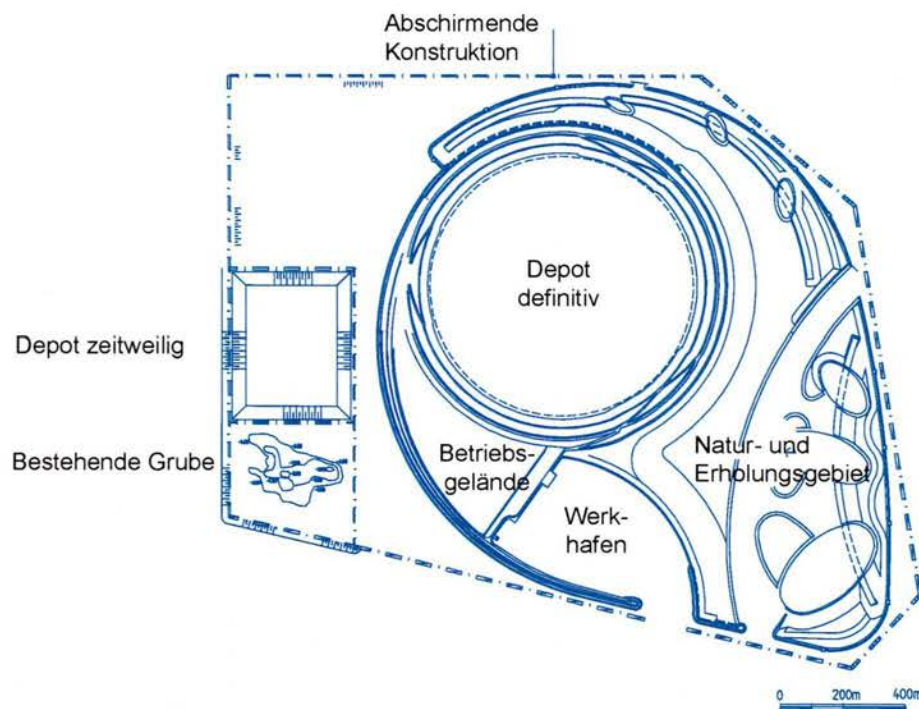
Bevor mit dem Bau des Depots begonnen werden kann, muss die Baustelle durch Abgrabung der verunreinigten Schlammschicht saniert werden. Die Sanierungsarbeiten müssen weitgehend innerhalb einer vorübergehenden abschirmenden Konstruktion erfolgen, um die Verteilung von Verunreinigungen zu verhüten. Diese Konstruktion besteht aus Spundwänden.



### Vorübergehendes Depot

Bei der Sanierung der Baustelle (circa 350 ha) fallen fast 2 Millionen m<sup>3</sup> verunreinigtes Baggergut an. Dieses Baggergut muss (größtenteils) in einem vorübergehenden Depot untergebracht werden, weil das endgültige Depot dann noch nicht fertig ist. Ein solches vorübergehendes Depot wird auf der Baustelle eingerichtet und wieder abgebrochen, wenn die Bauarbeiten beendet sind. Im Entwurf wird von einem Depot ausgegangen, das aus einem Spundwandbecken mit einem oder mehreren Abteilen besteht. In diesem Becken wird das Baggergut zum Teil auf dem bestehenden Boden untergebracht und zum Teil in eine auszuhebende Grube eingelagert. Letzteres ist erforderlich, um in dem begrenzten Raum genügend Einlagerungskapazität zu schaffen. Das Baggergut wird aus umwelttechnischen Gründen unter dem mittleren Wasserstand des Ketelmeer unter Wasser gelagert.

Abbildung A - 35: Überblick über die zeitweiligen Einrichtungen auf der Baustelle



## 2.5 Betrieb des Depots

### Einleitung

Der Betrieb des Depots findet größtenteils auf dem Anlagengelände und im Werkhafen statt. Die Fläche des Geländes beträgt insgesamt ca. 10 ha. Für die Basiseinrichtungen für den Betrieb würde eine kleinere Fläche ausreichen, man hat jedoch künftigen Platzbedarf für zusätzliche Reinigungsanlagen, die Behandlung und Trennung des Baggerguts usw. mit in Erwägung gezogen.

Auf dem Gelände sind vorläufig Büroräume, ein Labor, eine Werkstatt, Parkplätze, ein Vorratslager, Absetzbecken für die Behandlung von Rückwasser und



verschiedene Leitungstrassen für das einzulagernde Baggergut, Rückwasser, Wasser für den Baggerguttransport ("Jetwasser") sowie Wasser, Strom und Abwasser vorgesehen.

**Abbildung A - 36: Luftaufnahme des Anlagengeländes des Depots IJsseloog [RDIJ, 2000]**



### **Baggergut-Einlagerungseinrichtung**

Das Baggergut wird hydraulisch über eine Druckrohrleitung in das Depot eingelagert. Die Leitung ist eine flexible, schwimmende Leitung, die an einen Schüttponton angeschlossen ist, so dass das Baggergut möglichst tief unter dem Wasserspiegel eingebracht werden kann. Die Unterwasserschüttleitung ist mit einem Diffusor versehen, damit der Schlamm gleichmäßig verteilt wird (siehe Abbildung A - 37).

**Abbildung A - 37: Ein Diffusor**



Die Einlagerung des Baggerguts erfolgt mit einem festen oder schwimmenden Schüttsauger. Darüber hinaus kann auch Baggergut über eine über den Depotdeich verlegte Druckrohrleitung direkt in das Depot eingeleitet werden. Die Leitungen kreuzen den Ringdeich auf einem niedrigeren Niveau als die ursprüngliche Kronenhöhe.

Für die Sauganlagen werden Jetwasserleitungen verlegt; die Entnahmestelle(n) wird/werden entweder im Depot eingerichtet oder mit dem

Rückwasser kombiniert.

Die Einleitung in das Depot erfolgt über mobile Schüttpontons, die an Ankerstellen verankert werden. Im Depot werden 7 schwimmende und auf der Krone des Depotdeiches 12 feste Ankerstellen angebracht.

#### **Rückwasserbehandlung/Wasserstandsregulierung**

Auf der Westseite und am Fuß der Binnenböschung des Ringdeichs wird im Depot eine Pumpanlage für Rückwasser errichtet. Diese Anlage wird in Beton ausgeführt. Die Rückwasserleitung durchschneidet den Depotdeich in einer Höhe von 8,0 m über dem NAP.

Damit der in der Genehmigung enthaltenen Vorschrift für einen maximalen Schwebstoffgehalt von 50 mg/l im Abwasser entsprochen werden kann, wird ein Absetzbecken aus Beton gebaut. Mögliche Wasserreinigungstechniken werden noch näher untersucht und eventuell in einer folgenden Phase ausgearbeitet. Vorläufig werden 5 ha für den eventuellen Ausbau reserviert, um den strengeren Verordnungen, die wahrscheinlich künftig erlassen werden, entsprechen zu können.

#### **Betriebszeiten**

Der Betrieb des Depots kann montags bis freitags von 7.<sup>00</sup> Uhr bis 19.<sup>00</sup> Uhr erfolgen. Dies entspricht den in der Wm-Genehmigung enthaltenen Vorschriften in bezug auf die mögliche Lärmbelästigung für die Umwohner. An Sonn- und Feiertagen ist das Depot geschlossen.

## **2.6 Isolation**

Bei dem Depot wurden die folgenden Isolationsmaßnahmen getroffen:

- dichtende Tonschicht auf dem Grubenboden;
- schwer durchlässige Schicht unter dem Ringdeich;
- vertikale Dichtungswand in Kombination mit Abdichtung der Binnenböschung des Ringdeiches;
- Wasserscheibe über dem Baggergut und Wasserstandsregulierung (in der Füll- und in der Nachsorgephase);
- Rückwasserbehandlung;
- Baggergut abdecken mit einer sauberen Erdschicht;
- Geohydrologische Beherrschungsmaßnahmen.

#### **Dichtende Tonschicht auf dem Grubenboden**

Auf dem Boden der Grube wird eine dichtende Tonschicht entsprechend der Genehmigungsvorschrift angebracht. Diese Tonschicht reduziert durch seine adsorbierende Wirkung den advektiven Transport von Verunreinigungen in das Grundwasser. Der Großteil der Verunreinigungen bleibt an dem organischen Stoff in der Tonschicht haften, so dass unten aus der Schicht nur noch sauberes Wasser herausgepresst wird. Die wirksamen Gehalte der dichtenden Tonschicht sind folgende:

- Mindestgehalt an organischem Stoff 5%,



- Mittlere Dichte nach Konsolidation circa  $1800 \text{ kg/m}^3$ .
- Minimale Dicke nach Konsolidation 1 Meter.

Die Wirkungskraft dieser filtrierenden Tonschicht für die Diffusion ist begrenzt. Die kurzfristige (250 Jahre) Reduktion des diffusiven Transportes wurde auf circa 94% berechnet. Die mittelfristige (2500 Jahre) Auswirkung der Tonschicht auf den diffusiven Transport wurde auf 20% geschätzt.

#### **Schwer durchlässige Schicht unter dem Ringdeich**

Die holozänen Ton- und Torfschichten unter dem Ringdeich werden nicht völlig abgebaggert; dadurch bleibt eine verdichtete Schicht an holozänem Material zurück. Diese Schicht hat eine doppelte Wirkung:

- 1.) Sie hat einen verhältnismäßig großen hydraulischen Widerstand, wodurch die Versickerung von Drängewasser in das Grundwasser gehemmt wird. Der hydraulische Widerstand beträgt schätzungsweise 1000 Tage (1 m dicke Schicht mit einem k-Wert von  $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ )
- 2.) Die Ton- und Torfschichten adsorbieren die Verunreinigungen, so dass die DCB-Konzentration in dem übrigen Drängewasser in der Einlagerungs- und Konsolidationsphase fast gleich Null ist.

#### **Vertikale Dichtungswand in Kombination mit Abdichtung der Binnenböschung des Ringdeiches**

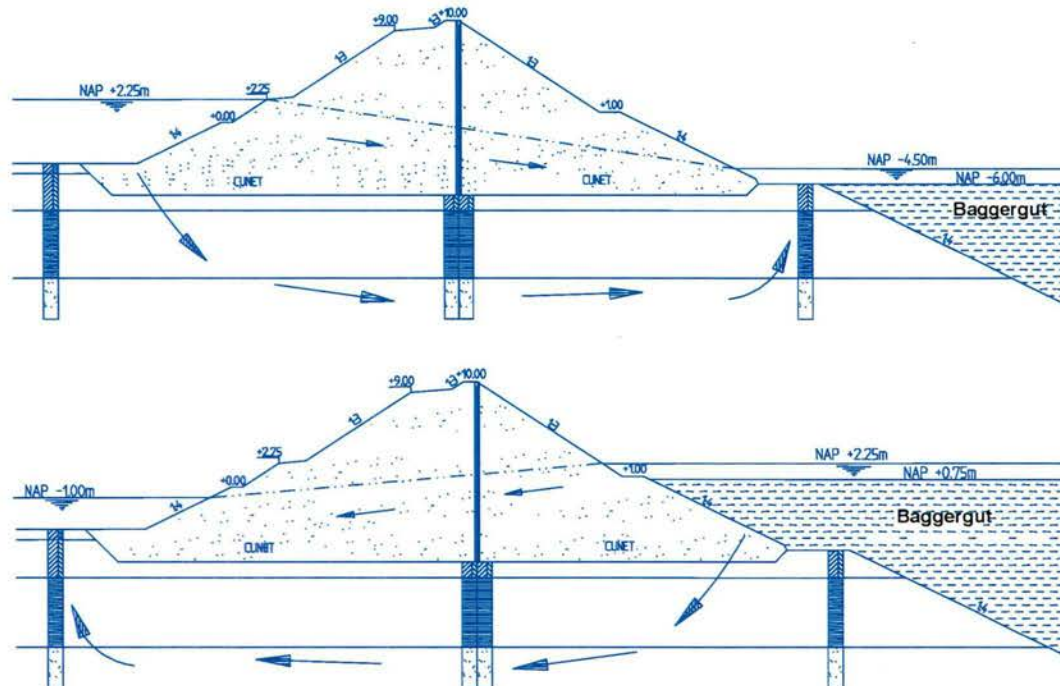
Um Einsickerung von Drängewasser von außen nach innen zu verhindern, wurde auf der Binnenseite des Ringdeiches an der Binnenberme eine Dichtungswand aus Stahl angebracht (von 1,0 m über dem NAP bis zur schwerdurchlässigen Schicht) und darüber hinaus die Böschung gedichtet. Zur Veranschaulichung ist in die Strömungsrichtung des Grundwassers bei verschiedenen Füllniveaus im Depot ohne Dichtungswand dargestellt.

#### **Wasserscheibe über dem Baggergut und Wasserstandregulierung**

Die Wasserscheibe über dem Baggergut verhindert Geruchsbelästigung und sorgt für anoxische Bedingungen im Depot, wodurch der Großteil der Schwermetalle am Baggergut haften bleibt. Die Wasserscheibe (1,5 Meter) bleibt in der ganzen Füll- und Konsolidationsphase sowie in der Nachsorgephase über dem verunreinigten Baggergut.

Der Wasserstand im Depot in der ersten Phase der Einlagerung und nach der Konsolidation des Baggerguts wird auf circa 4,5 m unter dem NAP gesenkt, so dass es im Depot keinen Potentialunterschied mehr gibt. Demzufolge fließt aus dem Depot kein Wasser mehr in den umgebenden Wasserleiter und ist der advective Stofftransport gleich Null. Sobald das Baggergutniveau im Depot circa 4,5 m unter dem NAP erreicht, beginnt die zweite Phase der Einlagerung, wobei Wasserstandregulierung nicht mehr möglich ist, weil sich über dem Baggergut immer eine Wasserscheibe befindet.

**Abbildung A - 38:** Strömungsrichtung des Grundwassers von außen nach innen (oben) und von innen nach außen (unten)



### Rückwasserbehandlung

Das Überschusswasser aus dem Depot (Rückwasser) wird erst gereinigt und dann in das Ketelmeer eingeleitet. Die primäre Reinigung erfolgt im Depot selbst durch die Sedimentierung der Schwebstoffe. Der dann noch im Rückwasser enthaltene Schwebstoff wird in einem Absetzbecken 'abgefangen'; die Sedimentierung kann dabei durch die Beigabe von Flockungsmitteln intensiviert werden. Aufgrund der Vorschriften der Wvo-Genehmigung wird in der Einlagerungsphase untersucht, ob zusätzliche Reinigung erforderlich ist. In der Wvo-Genehmigung sind die Schwebstoffmenge und der Ammoniumgehalt, die das einzuleitende Wasser enthalten darf, festgelegt. Die Schwebstoffmenge gilt als Leitparameter für die aus dem Depot ausfließende Schadstofffracht. Des weiteren schreibt die Wvo-Genehmigung vor, dass durch Monitoring verschiedener Schadstoffe geprüft werden muss, ob die Annahme, dass der Schwebstoff ein guter Leitparameter für die Depotwasserqualität ist, richtig ist. Der in der Genehmigung festgelegte Grenzwert für den Schwebstoffgehalt ist 100 mg/l. Darüber hinaus darf der mittlere Schwebstoffgehalt 50 mg/l nicht übersteigen. Des weiteren ist der Verwalter verpflichtet, zu untersuchen, ob dieser Mittelwert durch depotinterne Maßnahmen auf 20 mg/l und der mittlere Ammoniumgehalt auf 15 mg/l gesenkt werden kann.

### Abdeckschicht aus sauberer Erde

Die saubere Erdschicht wird angebracht, wenn das Baggergut im Depot ausreichend konsolidiert ist (circa 80 Jahre nachdem das Depot ganz gefüllt ist). Diese 0,5 m



dicke Schicht verhindert, dass Biota im Depot direkt mit dem verunreinigten Baggergut in Berührung kommen und wirkt dem darüberstehenden Wasser gegenüber als diffusionshemmende Schicht.

### **Geohydrologische Beherrschungsmaßnahmen**

Die Deponie und alle getroffenen Maßnahmen müssen während des gesamten Zeitraums, in dem das Baggergut eine potentielle Schadstoffquelle für die Umwelt ist, überwacht und gesichert werden. Da die Emissionen in die Umwelt aufgrund der eingesetzten Maßnahmen auf einer sehr geringen Stufe gehalten werden, verringert sich das potentielle Schadstoffbelastungsrisiko äußerst langsam. Deshalb ist eine Überwachung über einen sehr langen Zeitraum erforderlich. Ein Überwachungssystem ist daher so anzulegen, dass Umstände erkannt werden, die zu einer Beschädigung der Gesamtstruktur, einer reduzierten Effektivität der beabsichtigten Maßnahmen oder gar zum totalen Versagen dieser Maßnahmen führen könnten. Für diesen Fall kann eine weitere Ausbreitung durch den Einsatz speziell für die jeweilige Deponie ausgelegter geohydrologischer Isolationssysteme verhindert werden.

Ein geohydrologisches Isolationssystem besteht aus einem System von Pumpenbrunnen, die abstrom (bezogen auf den Grundwasserverlauf) errichtet werden. Der Zweck eines solchen Systems besteht darin, eine weitere Ausbreitung von Schadstoffen aus der Deponie im Grundwasserleiter zu verhindern. Die geohydrologische Isolation kann als alleinige Maßnahme (wenn die Kontaminierung des zwischen Deponie und Brunnen gelegenen Teils des Grundwasserleiters akzeptabel ist) oder als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme für den Fall eingesetzt werden, dass die Überwachungsergebnisse langfristig darauf hindeuten, dass anderweitige Isolationsmaßnahmen nicht die gewünschten Ergebnisse erbracht haben. Für das Depot IJsseloog wurde ein solches System entworfen. Die Erstellung eines solchen Entwurfes ist aufgrund der Wm-Genehmigung verpflichtend.

## **2.7 Betrieb und Monitoring**

Für die Verwaltungs- und Betriebsphase des Depots wurde ein Monitoringplan erstellt, um den Vorschriften der Wm- und Wvo-Genehmigung zu entsprechen. In diesem Plan wurde festgelegt, dass folgendes jährlich geprüft wird:

- die Qualität des Rückwassers;
- die Qualität des Baggerguts;
- die Qualität des Grundwassers;
- die Steighöhe des Grundwassers;
- das Baggergutniveau im Depot;
- die Konsolidation des Baggerguts;
- die Qualität des Sediments in den Trennungsbecken;
- die Grundwasserqualität unter den Trennungsbecken;
- die Qualität des Wassers aus dem Ölabscheider.

Die Berichte erscheinen viermal jährlich. Die Ergebnisse sind in zwei Jahresberichten dargestellt:

- Jahresbericht 1999 depot IJsseloog, RDIJ Rapport 2000-5, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied, 2000;
- Jahresbericht 2000 depot IJsseloog, RDIJ Rapport 2000-5, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied, 2001.

Im Antrag der Genehmigung wurden für die verschiedenen Schadstoffe Erwartungswerte angegeben. Diese Werte wurden aufgrund eines angenommenen Füllszenarios ermittelt, wobei die Wochenproduktion jedes Jahr verschieden ist. Man ist davon ausgegangen, dass das Depot in 10 Jahren gefüllt ist. Bei hohen Schwebstoffgehalten im Depotwasser ist auch die Schadstoffkonzentration hoch. Die höchsten Schwebstoffgehalte werden erwartet, so lange die Wasserscheibe dünn ist und wöchentlich noch große Mengen Baggergut eingelagert werden. Um einen Eindruck zu vermitteln, sind in Tabelle A - 24 die Konzentrationen an Schwermetallen im Depotwasser bei einem Schwebstoffgehalt von 100 mg/l und die erwarteten Mittelwerte dargestellt.

**Tabelle A - 19: Die Konzentrationen an Schwermetallen im Depotwasser bei einem Schwebstoffgehalt von 100 mg/l und die erwarteten Mittelwerte.**

As (µg/l)	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn
41	2,8	48,4	45,0	0,62	61,9	11,1	303
30	0,9	15	18	0,20	25	7,5	100

Im Füllzeitraum wird eine mittlere PCB-Konzentration von 0,06 µg/l erwartet, bei 100 mg/l Schwebstoff 0,19 µg/l. Der voraussichtliche mittlere NH<sub>4</sub>-N-Wert steigt in 4 Jahren von 0,13 auf 25,5 an und geht anschließend durch die Erhöhung des Wasserstands in der zweiten Einlagerungsphase wieder auf 0,1 µg/l zurück. NO<sub>2</sub>-N: 0,07 bis max. 4,6 und zurück nach 0 µg/l. NO<sub>3</sub>-N steigt längerfristig von 3,61 auf 12 an und geht nach circa 20 Jahren wieder auf 0,1 µg/l zurück.



## 2.8 Die Auswirkungen auf das Umfeld

### 2.8.1 Die Migration von Schadstoffen

#### Migration in das Oberflächenwasser

Die Migration von Verunreinigungen in das Oberflächenwasser erfolgt hauptsächlich durch die Einleitung von überschüssigem Wasser (Rückwasser) aus dem Depot. Die Rückwassermenge und der Einleitungszeitraum werden anhand der Wasserbilanz dargestellt (siehe Textbox Wasserbilanz).

##### **Wasserbilanz**

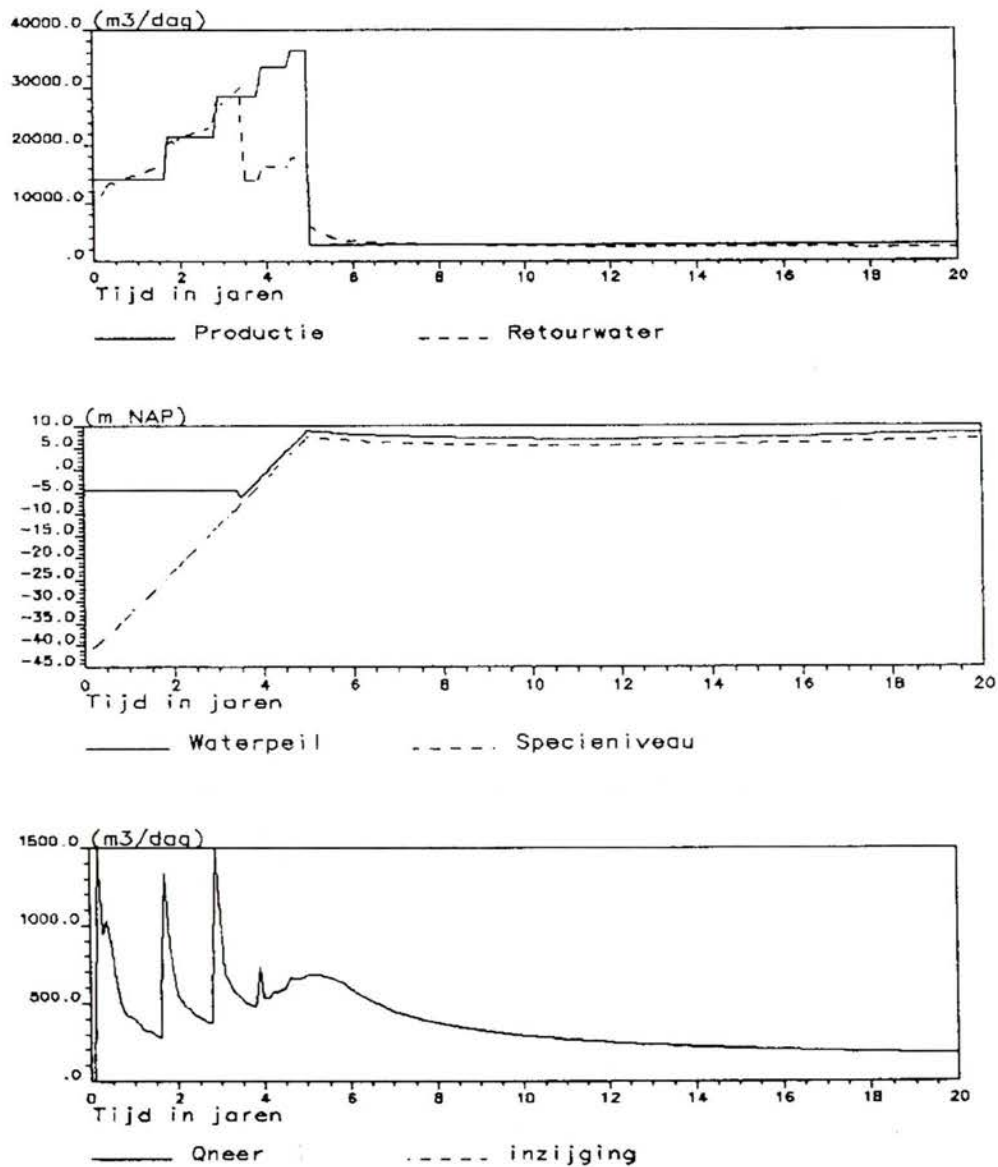
Aus der Wasserbilanz des Depots lässt sich ableiten, wieviel Wasser im Laufe der Zeit aus dem Depot gepumpt werden muss, damit der Wasserstand im Depot auf dem gewünschten Niveau bleibt: das sogenannte Rückwasser. (In Einzelfällen kann es sein, dass zusätzliches Wasser in das Depot gepumpt werden muss, zum Beispiel bei starker Einsickerung).

- Bei der Erstellung der Wasserbilanz werden die folgenden Faktoren berücksichtigt:
- Produktion: die täglich eingelagerte Menge des Baggerguts (Feststoff und Wasser).
- Das in das über dem Baggergut befindliche Wasser eingepresste Konsolidationswasser.
- Das in den umgebenden Wasserleiter eingepresste Konsolidationswasser.
- Sedimentierungswasser: das bei der Sedimentierung des eingelagerten Baggerguts ausfließende Wasser.
- Niederschlag und Verdunstung.
- Sickerwasser: Wasser, das (durch Potentialunterschied) durch die Ringdeiche in das/aus dem Depot fließt.
- Rückwasser: Wasser, das in das und aus dem Depot gepumpt werden muss, damit der Wasserstand im Depot auf dem gewünschten Niveau bleibt.
- Einsickerung durch die Böschung: Wasser, das durch einen Potentialunterschied durch den Teil der Böschung, wo sich kein Baggergut befindet, aus dem Depot in den darunterliegenden Wasserleiter fließt.

In Abbildung 2-13 ist die Wasserbilanz in der Einlagerungsphase dargestellt.

In die Wvo-Genehmigung für das Depot IJsseloog wurde die Bestimmung aufgenommen, dass das Rückwasser des Depots maximal 50 mg/l Schwebstoffe enthalten darf. Des weiteren darf keine Einzelprobe einen Schwebstoffgehalt von mehr als 100 mg/l aufweisen.

Abbildung A - 39: Wasserbilanz in der Einlagerungsphase



– **Erläuterung Abbildung**

- Productie = Produktion
- Retourwater = Rückwasser
- Waterpeil = Wasserspiegel
- Specieniveau = Baggergutniveau
- $Q_{\text{neer}}$  =  $Q_{\text{Nieder}}$  (Konsolidierungswasser)
- In zijging = Einsickerung
- Tijd in jaren = Zeitraum in Jahren
- $\text{m}^3/\text{dag}$  =  $\text{m}^3/\text{Tag}$



In den Jahresberichten 1999 und 2000 für das Depot IJsseloog [Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied, 2000/2001] sind die Messergebnisse der Rückwasserqualität von 1999 beziehungsweise 2000 aufgeführt. Daraus geht folgendes hervor:

- 1999 lag die gemessene Schwebstoffkonzentration im Rückwasser unter 50 mg/l (aufgrund der Wvo-Genehmigung der maximal zulässige Gehalt). Die gemessene mittlere Konzentration betrug 12 mg/l.  
Im September und Oktober 2000 wurde an sechs Tagen ein zu hoher Schwebstoffgehalt gemessen. Die Ursache waren wahrscheinlich eine zu hohe Strömungsgeschwindigkeit und die Resuspension von Bodenmaterial in dem Zuflussgerinne zur Pumpstation. Die Verwaltung hat Ende Oktober 2000 adäquate Maßnahmen (Vertiefung der Zuführungszone von Rückwasser) getroffen, um zu verhindern, dass sich dies wiederholt. Die Maßnahmen haben gewirkt. Seit November liegt der Schwebstoffgehalt unter 100 mg/l. Der Jahresdurchschnitt des Schwebstoffgehaltes beträgt 21,2 mg/l und entspricht somit der Genehmigung.
- 1999 und 2000 lag die im Rückwasser gemessene Ammoniumstickstoffkonzentration unter dem fiktiven zulässigen Gehalt von 15 mg/l. Dieser Grenzwert ist deshalb fiktiv, weil die Wvo-Genehmigung keine diesbezügliche Regelung enthält. Die mittlere Konzentration betrug 0,2 mg/l. Ende 2000 wurde ein geringer Anstieg auf 7 mg/l festgestellt.

#### **Migrationen in das Grundwasser**

Die gesamte aus dem Depot in das Grundwasser migrierende Schadstofffracht wird durch den Leitstoff DCB 1,2 (Dichlorbenzol) charakterisiert. Dichlorbenzol ist ein sehr mobiler organischer Mikroschadstoff, der in den Ketelmeer-Sedimenten in verhältnismäßig hohen Konzentrationen enthalten ist. Dieser Stoff verbreitet sich im Wasser schneller als andere Stoffe und wird deshalb zur Ermittlung des maximalen Umfangs der Schadstofffracht im Grundwasser benutzt. Die erwartete DCB-Konzentration im Porenwasser im Depot beträgt 32 µg/l, (Naphtalin 40, Chrom 50, Arsen 827, Fluoranthen 1,81, c-HCH 4,62.) Kalkulationen der aus dem Depot in das Grundwasser migrierenden DCB 1,2 Fracht ergaben, dass in einer sehr langen Zeit (2.500 Jahre) nur ein geringer Anteil der im Depot befindlichen Verunreinigungen in das Grundwasser sickert. In der Mitte unter dem Depot wird nach 750 Jahren in einer Tiefe von 52 m unter dem Wasserspiegel eine maximale Konzentration im Grundwasser von 3,5 µg/l DCB erwartet. Unter dem westlichen Teil des Depotdeiches liegt die DCB-Konzentration in einer Tiefe von 20 m unter dem Wasserspiegel nach 750 Jahren erwartungsgemäß bei circa 15 µg/l. Die physikalische Bedeutung der Fracht ist somit nur gering.

In den Jahresberichten 1999 und 2000 für das Depot IJsseloog sind die Messergebnisse der Grundwasserqualität von 1999 und 2000 aufgeführt. Die Grundwasserqualität in den verschiedenen Wasserkörpern unterschied sich nicht wesentlich von der 1995 und 1996 festgelegten Nullsituation. Des weiteren wurden bei den Probenahmen von Ende 1998, Ende 1999 und 2000 keine wesentlichen Unterschiede festgestellt.

### **Verteilung durch die Luft oder Biota**

Die Verteilung durch die Luft wird durch Erhaltung einer Wasserscheibe über dem Baggergut oder durch das Abdecken des Baggerguts mit Sand oder sauberer Erde in der Nachsorgephase verhindert.

Die Verteilung durch Biota (Vögel, Fische usw.) lässt sich schwer voraussagen. Ergebnisse aus der Praxis liegen nicht vor.

### **2.8.2 Natürliche Eingliederung**

Die Auswirkungen des Depots auf Natur und Landschaft sind einerseits negativ (Verlust und Störung von Natur und Landschaft) und andererseits positiv (Sanierung und Entwicklung von Natur und Landschaft).

Der Verlust und die Störung von Natur und Landschaft durch das Depot sind sehr gering. Ein Minuspunkt ist der indirekte Verlust an Ruhegebiet für Wasservögel durch die Verengung der Fahrrinne auf der Ost-West-Strecke im Ketelmeer. Dadurch sind die Fahrzeuge – namentlich die Vergnügungsschiffe – gezwungen, näher am Nord- oder Südufer des Ketelmeer entlang zu fahren, wodurch die Störung der in den Uferbereichen ruhenden Vögel zunimmt.

Die Verdrängung und Erneuerung von Flora und Fauna sind in der Textbox „kurz- und langfristige ökologische Auswirkungen“ beschrieben.

**Abbildung A - 40: Mögliches Aussehen des IJsseloog-Depots nach der Nachsorgephase**





### Kurz- und langfristige Auswirkungen

Bei den ökologischen Effekten ist zwischen kurzfristigen (bei der Anlage und Betrieb) und langfristigen Auswirkungen (in der Nachsorgephase) zu unterscheiden [DHV/Witteveen+Bos, 1993]:

#### Kurzfristige Auswirkungen

Ein kurzfristiger ökologischer Effekt kann im Prinzip die Verdrängung und die Störung von Flora und Fauna sein.

- Verlust der Dreikantmuschel: Es hat sich gezeigt, dass von der Gesamtpopulation der Dreikantmuschel im Ketelmeer (370 Milliarden) durch die Anlage eines Depots mitten im Gewässer maximal 0,04% - 0,17% verdrängt werden.
- Verdrängung sonstiger Fauna am Gewässerboden (Muscheln, Schnecken, Larven, Fische): Durch die Anlage eines Depots im Ketelmeer gehen 130 bis 230 ha Lebensraum verloren.
- Verlust an Rastgebieten für Wasservögel: Die Rastgebiete der Reiherente, Tafelente, Pfeifente und Haubentaucher befinden sich alle an den Ufern des Ketelmeer, während das Depot mitten im Gewässer liegt, wird das Rastgebiet also nicht berührt. Allerdings sind indirekte Effekte zu erwarten, weil Vergnügungsschiffe wegen des Depots gezwungen sind, am Ufer und somit näher an den Rastgebieten entlang zu fahren. Die Auswirkung der Effekt wird an Hand der Entfernung vom Nord- beziehungsweise Südrand des Depots bis zu den Rastgebieten am Nord- bzw. Südufer bemessen. Diese Entfernung beträgt bei allen Varianten 700 bis 800 m.

#### Langfristige Auswirkungen

Bei den langfristigen Auswirkungen lassen sich Effekte bezüglich der Erneuerung und Entwicklung außerhalb und innerhalb des Ringdeiches unterscheiden:

- Erneuerung der Vegetation und Gewässerbodenfauna innerhalb des Ringdeiches: Bei der Erneuerung ist hauptsächlich die Klarheit des Wassers maßgeblich für die Entwicklung von Vegetation und Makrofauna. Grundsätzlich werden die Erneuerungschancen für Vegetation und Makrofauna bei zunehmender Wassertiefe im Depot immer geringer. Die Varianten mit einer hohen Wassersäule bieten somit die kleinsten Erneuerungsmöglichkeiten.
- Wiederherstellung des Rastgebiets innerhalb des Ringdeiches: Bei den Wiederherstellungsmöglichkeiten von Rastgebieten innerhalb des Deiches ist die Depotfläche in der Kronenhöhe maßgeblich (je größer die Depotfläche, desto größer ist auch das potentielle Rastgebiet). Durch die Anlage eines Depots im Ketelmeer entsteht ein potentielles Rastgebiet für Wasservögel von 75 bis 165 Hektar.
- Erneuerung von Flora und Fauna außerhalb des Ringdeiches: Ob und inwiefern sich Flora und Fauna rund um das Depot erneuern, hängt von der Einrichtung nach der Fertigstellung und dem Charakter des Gebiets ab. Die Grundlage bei der Endeinrichtung ist die Anlage einer von einem Uferwall umgebenen, multifunktionalen Uferzone auf der Ostseite. Durch die Anlage eines Depots im Ketelmeer entsteht ein potentielles Rastgebiet für Wasservögel von 19 bis 31 ha.
- Erneuerung von Laichplätzen außerhalb des Ringdeiches: Bei allen Depotvarianten wird von einer solchen Landschaftsentwicklung auf der Ostseite ausgegangen, dass Fische durch Öffnungen in den Voruferdämmen die Landschaftsentwicklungszone erreichen können. Die Entstehung dieser eventuellen Laichplätze ist somit ein positiver Effekt.
- Wiederherstellung von Rastgebieten außerhalb des Ringdeiches: Durch die Anlage eines Absetzdepots entstehen möglicherweise neue Rastplätze für Wasservögel. Die Größe der verschiedenen Depots kann dabei maßgeblich sein, da die potentielle Fläche des Windschattengebiets bei einem größeren Depot ebenfalls größer ist.

### 2.8.3 Visuell-räumliche Eingliederung

Der Ausblick auf das Ketelmeer wird durch das Depot einigermaßen beeinträchtigt. Das gilt besonders für die vielen Fahrzeuge, die vom IJsselmeer aus über das Ketelmeer nach Kampen fahren. Dabei ist das Depot bei den meisten



Wetterverhältnissen am Horizont vage zu sehen. Die „endlose Weite“ des Ketelmeer wird dadurch ein wenig beeinträchtigt.

#### **2.8.4 Auswirkungen auf das Umfeld**

##### **Lärmbelästigung**

Schallmessungen ergaben, dass die Zielwerte für Wohngebiete in ländlichen Umgebungen (tagsüber 40 dB(A), abends 35 dB(A) und nachts 30 dB(A)) überschritten würden. Deshalb wurden im Gebiet selbst Grundgeräuschemessungen durchgeführt. Diese ergaben einen höheren Wert als die Zielwerte. Überschreitungen des Geräuschpegels (der Zielwerte) während der Anlage des Depots sind deshalb zulässig, sofern nach einer möglichst niedrigen Lärmerzeugung gestrebt wird (ALARA). Beim Betrieb des Depots sind keine Überschreitungen des zulässigen Geräuschpegels zu erwarten.

Der Jahresbericht 2000 für das Depot IJsseloog enthält weitere diesbezügliche Informationen.

##### **Sozialpsychologische Auswirkungen**

Die Anlage des Depots kann gesellschaftlichen Widerstand auslösen. Die Situation ohne Depot wurde jedoch im allgemeinen als „das schmutzige Ketelmeer hinterm Deich“ umschrieben. Deshalb wurde auf die Sanierung und den Bau des Depots grundsätzlich positiv reagiert und wurde der Eingriff als willkommene Bereicherung der geraden und langweiligen Landschaft betrachtet.

##### **Landschaftsentwicklung**

Die Landschaftsentwicklung wird gefördert durch:

- die Einrichtung eines Landstriches am Ufer rund um das Depot u.a. zur Landschafts-entwicklung.
- die Nutzung der bei der Anlage des Depots anfallenden Erde für Landschafts-entwicklungsprojekte im östlichen Teil des Ketelmeers (Landschafts-entwicklungsprojekt 'IJsselmündung').
- Eine Bedingung bei der Durchführung von Landschaftsentwicklungsprojekten in Gebieten mit verunreinigtem Boden ist die Sanierung dieser Sedimente.

##### **Erholung**

Durch die Anlage des Depots werden Möglichkeiten für Erholungseinrichtungen geschaffen, so dass die „Ausflugsfunktion“ des Ketelmeer vergrößert werden kann. Die Depotinsel bietet Möglichkeiten für alle möglichen Einrichtungen wie einen Hafen, Landungsstege für die Vergnügungsfahrt, Strände und Angelplätze. Darüber hinaus bietet das Depot im Osten des Ketelmeer Ausflugsschiffen Schutz vor hohen Windwellen.

##### **Sportfischen**

Durch die Anlage des Depots entstehen zusätzliche Laichplätze; das ist günstig für den Fischbestand im Ketelmeer und somit für den Angelsport. Des weiteren befinden sich auf dem Ufer rund um das Depot besondere Einrichtungen für den Angler wie Landungsplätze und -stege. Für die Qualität des Fisches ist selbstverständlich die Sanierung äußerst wichtig.



### **Sandgewinnung**

Der Sandüberschuss, der bei der Anlage des Depots entstanden ist, wird wegen der Sandgewinnungsfunktion des Ketelmeer positiv bewertet. Ein Teil des Sandes wurde inzwischen auf dem regulären Sandmarkt als Aufschüttungssand und Industriesand veräußert oder für andere Projekte im Ketelmeer-Gebiet verwendet. Ein weiterer Teil ist wegen der Vermengung mit anderen Bodenarten untauglich und konnte deshalb nicht verkauft werden.

## **2.9 Genehmigungen**

Im November 1993 wurden für die Anlage und den Betrieb des Absetzdepots für Baggergut aufgrund des Umweltschutzgesetzes (Wm) und des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo) Genehmigungen beantragt. Diese Genehmigungen wurden im Juni 1995 für einen Zeitraum von 10 Jahren erteilt. Die in den Genehmigungen enthaltenen Richtlinien sind in der Beschreibung des Depots Hollandsch Diep in dieser Anlage dargestellt.

Speziell für das Depot IJsseloog wurden in die Wm-Genehmigung die folgenden Richtlinien aufgenommen:

- In der Einrichtungsphase darf die Anlage montags bis freitags von 7.<sup>00</sup> Uhr bis 19.<sup>00</sup> Uhr in Betrieb sein.
- In der Betriebsphase darf die Anlage täglich von 19.<sup>00</sup> Uhr bis 7.<sup>00</sup> Uhr sowie an Sonn- und Feiertagen für den An- und Abtransport nicht geöffnet sein.
- Die Erstellung eines Entwurfes für ein geohydrologische Isolation System ist aufgrund der Wm-Genehmigung verpflichtet

Die Wvo-Genehmigung enthält unter anderem Richtlinien über die Einleitung von Rück- und Regenwasser. Einige dieser Richtlinien sind bzw. betreffen:

- Das Rückwasser aus dem Depot darf maximal 50 mg/l Schwebstoffe enthalten. Darüber hinaus darf der Schwebstoffgehalt in keiner Einzelprobe 100 mg/l übersteigen.
- die Einleitung von maximal 9,9 Mio. m<sup>3</sup> verunreinigtem, durch die Unterbringung von Baggergut in einem vorübergehenden Depot anfallendem Rückwasser in das Ketelmeer
- die Einleitung von 150.000 m<sup>3</sup> Regenwasser im Jahr vom Anlagengelände am Depot aus in das Ketelmeer
- die Einleitung von 86,89 Mio. m<sup>3</sup> Förderwasser in das IJsselmeer
- die Einleitung von maximal 119,4 Millionen m<sup>3</sup> bei der Ein- und Umlagerung oder beim Spülen von sauberem Sand für Bauarbeiten und die industrielle Sandgewinnung anfallendem Förderwasser auf der Baustelle

## 2.10 Kosten

In der nachstehenden Tabelle ist der 1995 erstellte Kostenanschlag der bevorzugten Variante (das spätere Depot IJsseloog) dargestellt. Die Gesamtkosten belaufen sich auf ungefähr 113 Millionen € netto.

**Tabelle A - 20: Kostenanschlag Depot IJsseloog (Preisniveau 1995, zuzüglich MwSt.)**

<b>Posten</b>	<b>Kosten (Mio. €)</b>
1 Projektvorbereitung	4,9
2 Vorbereitungsarbeiten	3,5
3 Sanierung Baustelle	
- vorübergehendes Depot	2,5
- Sanierungsbaggerarbeiten	3,1
- Spundwand	4,0
Gesamt Sanierung Baustelle	9,7
4 Anlage des Depots	
- Beseitigung Holozän	7,0
- Sandgewinnung + Deichbau	43,3
- Verkleidung Böschung	7,1
- Dichtung	4,6
- Einrichtungen	10,2
Gesamt Anlage des Depots	69,6
5 Betrieb	20,1
6 Fertigstellung	0,8
7 Verwaltung	4,5
<b>GESAMT</b>	<b>113,1</b>



### 3. DEPOT „AVERIJHAVEN“

#### Quellen:

*Milieu-effectrapport Baggerspeciestedtplaats Averijhaven Velsen, Rapportnr. Ijm.11.1, DHV Milieu en Infrastructuur/Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs, 1993*

*Baggerspeciestedtplaats Averijhaven Velsen; Gecombineerde vergunningaanvraag Wm/Wvo, Rapportnr. ISGT930539, DHV Milieu en Infrastructuur/Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs, 1993*

*Monitoring Waterkwaliteit Baggerspeciedepot Averijhaven, Uitvoering Wvo-vergunning, tussenrapport, Rapportnr. F0615.AO/R005/GGE/GKK, Haskoning, 1998*

*Isolatiestudie Averijhaven, Rapportnr. PDB.PIZA-4-95020, Projectbureau Depotbouw, 1995*

3.1	EINLEITUNG	284
3.2	ENTSCHEIDUNGSPROZESS	285
3.3	STANDORTWAHL	285
3.4	RAHMENBEDINGUNGEN UND AUSGANGSPUNKTE	286
3.5	ENTWURF	287
3.6	BETRIEB DES DEPOTS	289
3.7	ISOLATION	289
3.8	PROGNOSTIZIERTE UMWELTAUSWIRKUNGEN	290
3.9	TATSÄCHLICH AUFGETRETENE UMWELTAUSWIRKUNGEN	292
3.10	GENEHMIGUNGEN	293
3.11	ÖKOLOGISCHE AUSGLEICHS- UND ERSATZMAßNAHMEN	293
3.12	KOSTEN	293



### 3.1 Einleitung

Das Depot Averijhaven liegt im IJmuider Hafen am Gelände des Hüttenwerks (Hoogovens / Corus) und hat ein Fassungsvermögen von 2 Mio. m<sup>3</sup>. Im Depot ist und wird verunreinigtes Baggergut (Klassen 3 und 4) aus den Häfen von IJmuiden untergebracht. Es entstand durch die Absperrung des Hafenbeckens (der Averijhaven) durch einen Damm.

Abbildung A - 41: Lage des Averijhavendepots



Die Anlage des Depots erfolgte in drei Phasen.

- 1.) Von 1979 bis 1985 wurden 75.000 m<sup>3</sup> Baggergut der Klasse 4 aus dem Hoogovenhaven im Depot Averijhaven eingelagert. 1985 wurde bis 6 m unter dem NAP eine Schwelle aufgeworfen und wurden weitere 320.000 m<sup>3</sup> Baggergut der Klassen 3 und 4 im Depot untergebracht.
- 2.) In Phase 2 wurde das Depot durch einen Damm mit einer Höhe von 5 m über dem NAP vom Buitenhaven abgesperrt. Dann wurden noch einmal 100.000 m<sup>3</sup> Baggergut der Klassen 3 und 4 im Depot eingelagert. Von 1979 bis 1992 wurden insgesamt ca. 500.000 m<sup>3</sup> dort untergebracht. Das Niveau des Baggerguts liegt zwischen 16 und 2,5 m unter dem NAP.
- 3.) 1998 wurde in der dritten Phase der Ringdeich in einer Höhe von 15 m über dem NAP angelegt. Durch diese Maßnahme können noch weitere 1,5 Mio. m<sup>3</sup> salziges Baggergut im Depot untergebracht werden. Darüberhinaus wurde der Hafen neben dem Depot zugeschüttet; das so geschaffene Betriebsgelände wird derzeit für die Verarbeitung von Baggergut eingerichtet. Das Depot und das Betriebsgelände zusammen haben eine Fläche von ca. 15 ha. Das erweiterte Depot und die Sandtrennungsbecken werden Mitte 2001 in Betrieb genommen.



### 3.2 Entscheidungsprozess

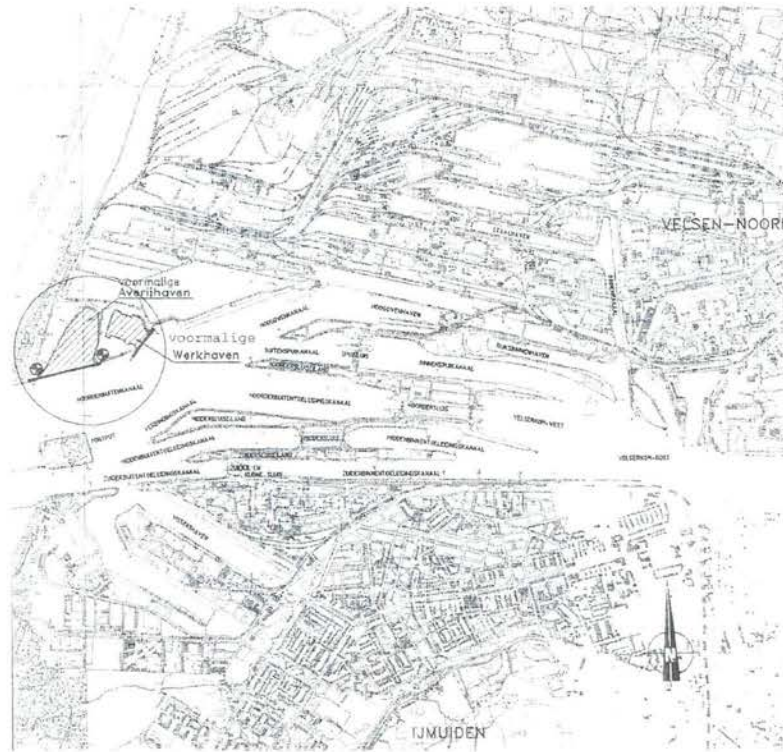
Nachdem 1992 beschlossen wurde, in erster Linie bei einer Schwellenhöhe von 5 m über dem NAP zusätzliche 590.000 m<sup>3</sup> Baggergut einzulagern, ist die Planung dieses größeren Depots UVP-pflichtig. Im gleichen Jahr wurde denn auch mit dem UVP-Verfahren begonnen. Die zuständige Behörde für die Erteilung der im Rahmen des Umweltschutzgesetzes und des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern erforderlichen Genehmigung ist der Provinzialausschuss der Provinz Nordholland. Transportwasser, das bei der Einlagerung anfällt, wird in den Noorderbuitenkanal eingeleitet. Dazu ist die Genehmigung im Rahmen des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern erforderlich. 1993 wurde das UVP-Verfahren abgerundet und wurden die Genehmigungen erteilt.

**Abbildung A - 42: Hafengelände IJmuiden und Lage des Depots Averijhaven**



### 3.3 Standortwahl

Der Averijhaven wurde bereits 1979 für die vorübergehende Unterbringung von verunreinigtem Baggergut aus den IJmuiden Häfen bestimmt. Das vorübergehende Depot wurde im Laufe der Jahre angepasst (vergrößert) und als ständige Absetzstelle in Gebrauch genommen. Das Depot Averijhaven befindet sich in der westlichsten Ecke des IJmuiden Hafens nah an der Küste (siehe Abbildung A - 42 und Abbildung A - 43).

**Abbildung A - 43: Lage des Depots Averijhaven im Hafen von IJmuiden**

### 3.4 Rahmenbedingungen und Ausgangspunkte

#### Baggergut

- Baggergutaufkommen: 590.000 vor Ort m<sup>3</sup> in 5 Jahren (2001-2006).
- Die durchschnittliche Zusammensetzung des angelieferten Baggerguts sieht wie folgt aus:
 

- Trockenstoffgehalt:	45 Gewichtsprozent
- Gehalt organische Stoffe:	10 Gewichtsprozent
- Tongehalt:	17 Gewichtsprozent
- Trockenstoffdichte:	2445 kg/m <sup>3</sup>
- Wasserdichte:	1024 kg/m <sup>3</sup>
- Dichte Nassschlamm vor Ort:	1375 kg/m <sup>3</sup>
- Sedimentationsdichte:	1250 kg/m <sup>3</sup>
- Die Beschaffenheit des Baggerguts entspricht in erster Linie der Klasse 4, wobei die Gehaltswerte an Zink, PAK und PCB die Ursache der Überschreitung der Grenze Klasse 4 darstellen.

#### Bodenaufbau und Bodendaten

Der Aufbau des Erdreichs am Averijhaven lässt sich wie folgt umschreiben:



- verunreinigtes Baggergut (bereits gelagert) zwischen NAP -2 m und NAP -16 m
- Ton/Moorpaket mit einer Dicke von 2 m bis 3 m
- feiner Sand bis NAP -20 m
- darunter leicht grobe bis grobe Sandablagerungen und eine Tonschicht
- Lehmlagerungen (Formation von Drenthe) mit höchstem Punkt auf etwa NAP -50 bis NAP - 70 m

### **Hydraulische Rahmenbedingungen**

Der Averijhaven ist mittels eines Dammes von der Nordsee abgetrennt. Als Folge davon tritt kein Gezeitenhub im Averijhaven auf. Der Wasserstand im Hafen beträgt NAP+0,5 m.

### **Abgrabungs-, Antransport- und Umschlagverfahren für das Baggergut**

Im Hinblick auf die Mengen und die dünnen Baggergutschichten eignen sich schwimmende Greif- oder Hydraulikkräne am besten zur Durchführung der Baggerarbeiten. Das Baggergut wird zum Arbeitshafen transportiert, wo die Kähne mit einem Schutensauger geleert werden. Mittels eines solchen wird das Baggergut in das Depot eingebracht.

### **Veränderung der Ablagerungsdichte**

Die Dichte des Materials vor Ort beträgt  $1375 \text{ kg/m}^3$ . Durch die Baggerarbeiten (mit einem Kran) wird nur wenig Wasser beigemischt. Die Dichte geht auf einen Wert von etwa  $1350 \text{ kg/m}^3$  zurück. Um das Baggergut über den Schutensauger pumpen zu können, wird weiteres Wasser hinzugegeben. Die Lagerdichte beträgt dann etwa  $1200 \text{ kg/m}^3$ . Das hinzugefügte Wasser wird bei der Sedimentierung und Konsolidierung wieder freigesetzt. Diese Wassermenge, höchstens  $600 \text{ m}^3$  pro Tag, wird als Rückwasser unbehandelt abgeleitet oder durch Rezirkulation zur Reinigung der Schuten wiederverwendet.

### **Keine Kompartimentierung**

Auf der Grundlage der Abmessungen des Averijhaven (relativ klein) und des Verunreinigungsgrades des Baggergutes (Gemisch aus Schwermetallen und organischen Mikroverunreinigungen) wurde auf eine Kompartimentierung des Depots verzichtet.

## **3.5 Entwurf**

Der Boden des Depots (der frühere Averijhaven) liegt 16 m unter dem NAP. Das Niveau des Baggerguts liegt derzeit 2,5 m unter dem NAP.  $0,5 \text{ Mio. m}^3$  Baggergut sind bereits im Depot eingelagert. Durch die Anlage eines Ringdeichs in einer Höhe von 15 m über dem NAP können weitere  $1,5 \text{ Mio. m}^3$  dort untergebracht werden (siehe Abbildung A - 44).







### 3.6 Betrieb des Depots

Die 1,5 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut der Klassen 3 und 4 sollen in einem Zeitraum von 12 Jahren eingelagert werden (bis 2013). Am Ende der Einlagerungsphase liegt das Baggergut auf einem Niveau von 15 m über dem NAP. Man erwartet, dass das Niveau nach der Konsolidationsphase (250 Jahre) auf 3,5 m über dem NAP abgesunken ist.

Das Baggergut wird mit Schuten mit einem Fassungsvermögen von ca. 500 m<sup>3</sup> antransportiert. Die Schuten legen auf der Ostseite des Depots am Betriebsgelände an; dort wird das Baggergut mit Schutensaugern über eine Rohrleitung in das Depot gepumpt. Die Leitung wird über den Ringdeich gelegt. Am Ende der Leitung befindet sich ein Diffusor, der die Austrittsgeschwindigkeit des Baggerguts reduziert, damit das Depotwasser möglichst nicht getrübt wird.

Zum Pumpen des Baggerguts mit dem Schutensauger muss Wasser beigegeben werden. Das beigegebene Wasser fällt bei der Sedimentation und der Konsolidation wieder an. Dieses Wasser, maximal 600 m<sup>3</sup> am Tag, ist entweder als Rückwasser zu entsorgen oder teilweise zum Aussaugen der Schuten mit Baggergut wiederzuverwenden. Die Betriebszeiten sind montags bis freitags von 6.<sup>00</sup> Uhr bis 21.<sup>00</sup> Uhr.

#### Wasserreinigung

Auf der Grundlage der Messungen wurde der Qualität des einzuleitenden Rückwassers festgestellt, dass dieses nicht den gestellten ökologischen Kriterien entspricht. Gemessen an den Zielwerten entsprechen Kadmium, Zink und PAKs nicht den gestellten Anforderungen. In der Umweltverträglichkeitsprüfung wird daher von einer physikalisch-/ chemischen Klärung des Rückwassers mittels folgender Methoden ausgegangen:

- Beseitigung der Schwebstoffe mit Hilfe von Sedimentierungsbecken (90%ige Ausbeute);
- Beseitigung von Metallen und Phosphat mit Hilfe einer Flockungs-/Sedimentierungseinheit (50-90%ige Ausbeute).

Sandhaltiges Baggergut (mehr als 50 % – 60 % Sand) wird erst zu großen Sandtrennungsbecken auf dem Betriebsgelände transportiert. Der Sand wird getrennt und vorübergehend auf dem Gelände gelagert. Der Rückstand wird zusammen mit dem Abwasser im Depot untergebracht.

### 3.7 Isolation

Die Isolation an der Unterseite besteht aus bereits eingelagertem Baggergut. Diese durch Konsolidierung schwer durchlässige Schicht hemmt den diffusiven und advektiven Transport des Depotwassers in den Boden (siehe auch Anlage 7 Textrahmen). Kommt das Baggergut im Depot über dem Grundwasserspiegel zu liegen, dann entsteht ein Potentialunterschied, wodurch ohne Isolationsmaßnahmen Drängewasser auftreten kann. Dies lässt sich durch die Anbringung einer Kunststoffolie verhindern (ALARA-Prinzip). Dann erfolgt nur vertikale Strömung. Der advektive Transport durch den Deich nach außen, der infolge des hohen Einlagerungsniveaus (bis 15 m über dem NAP) auftreten kann (Drängewasser), wird dadurch verhindert. Die Kunststoffolie wird von 2,5 m unter bis 15 m über dem NAP angebracht.

### 3.8 Prognostizierte Umweltauswirkungen

#### Auswirkungen auf die Grundwasserqualität

Das Lagern des Baggerguts bis zu einem Niveau von NAP + 15 m hat deutliche Veränderungen innerhalb der lokalen geohydrologischen Gegebenheiten zur Folge. Das vorhandene Baggergut behindert den Abfluss des Dünensandpakets in den Noorderbuitenkanal. An der Nordseite des Depots steigt hierdurch der Grundwasserspiegel stark von etwa NAP + 0,70 m auf circa NAP + 3 m an. Des weiteren stellt sich im Depot ein Grundwasserspiegel ein, der dem der Oberseite des Baggergutes entspricht, zunächst NAP + 15 m, abnehmend auf circa NAP + 3,5 m. Dies hat zur Folge, dass Wasser nach der Konsolidierungsphase durch das Depot perkoliert und sich mit dem Grundwasser im Dünensandpaket vermischt und teilweise über die erste Trennschicht zum ersten wasserführenden Paket läuft. Mit dieser Wasserströmung werden Stoffe aus dem Depot abgeleitet. Der Einfluss auf das Grundwasser bleibt auf ein Gebiet beschränkt, das viel kleiner ist als das zulässige Einflussgebiet. Deshalb sind die Auswirkungen nach den Richtlinien für Großdepots (BVB) zulässig.

#### Wasseremission in Richtung Grund- und Oberflächenwasser

Das zusätzliche Wasser wird wieder frei, wenn das Baggergut eingelagert ist, so dass sich das Volumen des deponierten Baggergutes reduziert. Das frei werdende Wasser fließt, je nach Einlagerungshöhe und Isolationsmaßnahmen, in den Dünensand oder wird abgepumpt. Das Wasser, das durch die Schwerkraft bedingt aus dem eingelagerten Material frei gesetzt wird, mischt sich mit dem Grundwasser, das im Depot hochquillt oder mit dem Niederschlagswasser auf dem Depot. Die aus dem Depot Richtung Grundwasser fließenden Wassermengen variieren zwischen 0 m<sup>3</sup> bei einer vollständigen Isolation und 1,1 Mio. m<sup>3</sup> (bei einer Konsolidierungszeit von 200 Jahren) bei Neueinrichtung des bestehenden Depots ohne hydrologische Isolation.

Die Wassermenge, die in einer Zeit von 200 Jahren Richtung Oberflächenwasser fließt (häufig durch Abpumpen des Wassers aus dem Depot), wird auf 2,5 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt, bei Rezirkulation des Rückwassers, und 3,9 Mio. m<sup>3</sup> ohne Rezirkulation des Rückwassers.

Tabelle A - 21 gibt die Auswirkungen des Stofftransports auf die geohydrologische Schichten unter dem Depot wieder.

**Tabelle A - 21: Höchstkonzentration von Stoffen in den geohydrologischen Schichten unter dem Baggergutdepot Averijhaven (Modellberechnungen)**

Ort	Name des Stoffs	Max. Konzentration [µg]	Referenzkonzentration [µg]	Zeit [in Jahren]
Baggergut	PAK 6 Borneff	68	-	0
3,5 m tief	Fluoranthen	55	0,006	0
9,9 m tief	Fluoranthen	1,3	0,006	0
Dünensandpaket	Fluoranthen	8,2 – 18	0,006	50 bis 200
1. Trennschicht	Fluoranthen	0,002 – 0,26	0,006	50 bis 200
1. wasserführende Schicht	Fluoranthen	< 0,002	0,006	50 bis 200
2. Trennschicht	Fluoranthen	0	0,006	50 bis 200
2. wasserführende Schicht	Fluoranthen	0	0,006	50 bis 200

Aus der Tabelle kann der Schluss gezogen werden, dass die Konzentrationen im Grundwasser bis einschließlich des Dünensandpaketes die Zielwerte in den ersten



200 Jahren überschreiten. Solange diese Überschreitungen nur im zulässigen Einflussgebiet auftreten, sind sie zulässig. Gehen sie jedoch über dieses Gebiet hinaus, dann ist geohydrologische Isolation angebracht. In den darunter liegenden Schichten werden die Zielwertkonzentrationen nicht überschritten.

### Auswirkungen auf die Oberflächenwasserqualität

Die freigesetzte Wassermenge, die, möglicherweise nach der Klärung, in den Noorderbuitenkanal eingeleitet wird, beläuft sich auf circa 3,9 Mio. m<sup>3</sup>. Das Rückwasser enthält Verunreinigungen aus dem Baggergut und der Atmosphäre. In Tabelle A - 22 ist dargestellt, welche Konzentrationen in einer Reihe von Stoffen im Rückwasser enthalten sind, sowohl vor als auch nach der Klärung.

**Tabelle A - 22: Qualität des einzuleitenden Rückwassers vor und nach der Klärung (ohne Rückwasserzirkulation)**

Verunreinigung	Vor der Klärung	Nach der Klärung	Grenzwert Oberflächenwasser
Cadmium [µg/l]	0,14 – 0,41	0,01 – 0,2	0,2
Blei [µg/l]	7 – 28	1 – 14	25
Zink [µg/l]	44 – 130	4 – 65	30
PCB 28 [ng/l]	6 – 10	0,6 – 1	kein Wert
PCB 52 [ng/l]	2 – 4	0,2 – 0,4	kein Wert
PCB 153 [ng/l]	1 – 2	0,1 – 0,2	kein Wert
B(a)pyren [µg/l]	0,8 – 1,5	0,08 – 0,15	0,005
B(k)fluoranthren [µg/l]	0,8 – 1,7	0,08 – 0,17	0,02
Fluoranthren [µg/l]	11 – 14	1,1 – 1,4	0,07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	100 – 250	100 – 250	kein Wert
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	50 – 80	50 – 80	kein Wert

Die im Verlaufe von 200 Jahren in den Noorderbuitenkanal einzuleitende Fracht an PAKs wurde auf 50-70 kg ohne und 5-7 kg mit Klärung berechnet.

### Auswirkungen auf die Luftqualität

Hinsichtlich der Umgebungsemissionen sind die durch die Aktivitäten entstehenden Luftemissionen vernachlässigbar.

### Auswirkungen auf die Lärmemissionen

Die durch die Aktivitäten entstehende Lärmbelästigung kann gegenüber der Lärmbelästigung durch die Hüttenindustrie (55 dB(A) Dauerwert über 24 Stunden) vernachlässigt werden.

### Auswirkungen auf die Landschaft

Bei der Ausführung wird um den ehemaligen Averijhaven und das östlich davon gelegene Gelände ein Deichkörper mit einer Kronenhöhe von NAP + 15 m angelegt. Diese Höhe schließt gut an die in der Umgebung bereits vorkommenden Höhen an: Kohle- und Erzlagerung (NAP + 15 m) und die höchsten Dünen mit Werten von NAP +15 m bis +17 m. Der Deichkörper ist dank seiner geraden Form eindeutig als Kunstbau zu erkennen. Da die Außenseite aus bewachsenem Sand besteht, passt sich der Körper optisch in das Umland ein. Auf der Westseite des Averijhaven

überragt der Deichkörper zum Teil das dort vorhandene junge Dünenbiotop mit Dünen in einer Höhe von höchstens 10 m Höhe.

**Abbildung A - 45: Das Depot und seine Umgebung**



Dank der guten Eingliederung in das Umfeld im Hinblick auf die Höhe und die Vegetation bleiben die negativen Auswirkungen auf das Landschaftsbild und für die Erholungssuchenden relativ beschränkt

#### **Auswirkungen auf die Natur**

Auswirkungen auf das natürliche Milieu treten insbesondere während der Einlagerungsphase und der Nachsorgephase auf, wenn das Depot nicht mit einer Schicht sauberer Erde abgedeckt wird.

Durch das Vorhandensein organischen Materials im Depot wird sich hier biologisches Leben in Form von Algenwachstum und anderer Kleinorganismen entwickeln. Diese werden insbesondere Futter suchende Vögel, aber auch andere höhere Organismen anziehen, so dass die Schadstoffe über die Nahrungskette in die Umwelt gelangen. Es ist daher geplant, das Baggergut abzudecken.

### **3.9 Tatsächlich aufgetretene Umweltauswirkungen**

Im Rahmen der Untersuchungspflicht aufgrund der Wvo-Genehmigung wurde die Qualität des eingeleiteten Rückwassers aus dem Depot gemessen. Die Messungen wurden von September 1997 bis Februar 1998 durchgeführt. Zu beachten ist, dass in diesem Zeitraum nur an 10 Tagen 93.000 m<sup>3</sup> Baggergut im Depot eingelagert wurde.

#### **Schwebstoffgehalt**

Mit Ausnahme zweier erheblicher Abweichungen wurde im gesamten Messzeitraum (September 1997-Februar 1998) der Einleitungsnorm für Schwebstoffe entsprochen (20 mg/l). Der mittlere Schwebstoffgehalt lag bei 10 mg/l.



### **Ammoniumstickstoff**

Die gemessene mittlere Ammoniumstickstoffkonzentration betrug 25 mg/l; somit wurde die Einleitungsnorm von 15 mg/l überschritten. Nach der Einlagerung Anfang Oktober stieg der Ammoniumstickstoffgehalt von 10 auf 35 mg/l an. Dies wird durch die 'Nachlieferung' von Ammonium direkt nach der Einlagerung, den biologischen Abbau von organischen Stoffen und das Austreten von Konsolidierungswasser aus dem eingelagerten Baggergut verursacht.

## **3.10 Genehmigungen**

1995 wurde die Genehmigung im Rahmen des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo-Genehmigung) erteilt; diese war wegen der Einleitung von Depotwasser in Oberflächengewässer erforderlich. Die Genehmigung schreibt die folgenden Einleitungskriterien vor:

- der maximal zulässige Schwebstoffgehalt ist 20 mg/l;
- der maximal zulässige Ammonium-Stickstoffgehalt beträgt 14 mg/l;
- die maximale Menge eingeleitetes Rückwasser darf 600 m<sup>3</sup> am Tag betragen.

Die Wvo-Genehmigung muss angepasst werden, weil das Depot 2001 erweitert wird und ein anderes Einlagerungsprogramm geplant ist (Unterbringung von nicht verwertbarem Baggergut, Rückständen von verarbeitetem Baggergut und Abwasser der Verarbeitung von Baggergut). Derzeit wird zur Untermauerung der Anpassung der Wvo-Genehmigung für das neue Averijhaven-Depot eine Studie der gemessenen Schwebstoff- und Stickstoffgehalte im Abwasser anderer Depots durchgeführt.

In den Antrag der Genehmigung im Rahmen des Umweltschutzgesetzes (Wm-Genehmigung) wurde eine Beschreibung der Einrichtung und der voraussichtlichen Auswirkungen auf die Umwelt im Sinne von Luftverschmutzung, Lärmbelastung, Abfall, Energieverbrauch, Boden und Grundwasser, Feuer- und Explosionsgefahr aufgenommen.

## **3.11 Ökologische Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen**

Da es sich hier um ein Industriegebiet handelt, wurden keine ökologischen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen getroffen.

## **3.12 Kosten**

Die Aufschüttung des vorhandenen Dammes in der Mündung des Averijhaven auf 5 m über dem NAP hat ca. 6,8 Mio. € gekostet; die Anlage des Ringdeichs um das Depot bis in eine Höhe von 15 m über dem NAP und die Einrichtung des Depots (u.a. die Trockenlegung des Betriebsgeländes, die Anlegevorrichtungen, Leitungen) belief sich auf ca. 9,1 Mio. €. Wie viel die Ausrüstung des Betriebsgeländes mit Sandtrennungsbecken gekostet hat, ist noch nicht bekannt. Grob geschätzt beläuft sich die Summe auf 4,5 Mio. €; das sind insgesamt 13,6 Mio. € Baukosten für 1,5 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut, macht 8,2 €/m<sup>3</sup>.





## 4. DEPOT „HOLLANDSCH DIEP“

### Quellen:

[Projectnota/MER Baggerspeciebergings Hollandsch Diep/Haringvliet Oost, Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering/WAU, 2000]

{Milieu-effectonderzoek Baggerspeciëstortingen Cromstrijen, Samenvatting, Heidemij Adviesbureau/ Waterloopkundig Laboratorium|WL, 1988, Rapportnr. 01CHR14/15}

### INHALT

4.1	EINLEITUNG	296
4.2	ENTSCHEIDUNGSPROZESS	296
4.3	GRUNDBEDINGUNGEN UND AUSGANGSPUNKTE	298
4.3.1	Allgemeine Grundbedingungen und Ausgangspunkte	298
4.3.2	Standortspezifische Grundbedingungen und Ausgangspunkte	303
4.3.3	Grube Cromstrijen und Grube Mitte	306
4.4	VORENTWURF DEPOT OST UND GRUBE MITTE	308
4.4.1	Das eingedeichte Depot Ost	308
4.4.2	Das Grubendepot Cromstrijen	314
4.4.3	Grubendepot ‚Mitte‘	315
4.5	DER BETRIEB DES DEPOTS	316
4.5.1	Das eingedeichte Depot Ost	316
4.5.2	Grubendepot Mitte	317
4.6	ISOLATION	317
4.6.1	Isolation ‚Depot Ost‘	317
4.6.2	Grubendepot Cromstrijen	318
4.6.3	Grubendepot Mitte	318
4.7	DIE AUSWIRKUNGEN DER DEPOTS	319
4.7.1	Natürliches Umfeld	319
4.7.2	Wohn- und Lebensumfeld	325
4.7.3	Raumnutzung und Wirtschaft	325
4.7.4	Dauerhaftigkeit	327
4.8	GENEHMIGUNGEN	328
4.9	ÖKOLOGISCHE AUSGLEICHS- UND ERSATZMAßNAHMEN	329
4.9.1	Rechtliche Grundlagen	329
4.9.2	Ausgleichsmaßnahmen	329
4.10	KOSTENSCHÄTZUNG	330



## 4.1 Einleitung

Die oberste niederländische Straßen- und Wasserbaubehörde Rijkswaterstaat, Abteilung Zuid-Holland und die Provinzen Südholland und Nordbrabant (gemeinsam die Initiatoren) haben die Einrichtung eines Depots für die Unterbringung von verunreinigtem Baggergut im Hollandsch Diep geplant. Die verschiedenen Alternativen zur Realisierung dieses Plans und die Auswirkungen dieser Alternativen auf das Umfeld werden in der Projektnota/UVB beschrieben.

Die Pläne zur Anlage eines Depots sind keineswegs neu. Schon 1990 begann man mit einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung. Daraus ging das 'Atoll-West' als bevorzugte Variante hervor: ein großes eingedeichtes Depot mitten im Hollandsch Diep bei Willemstad. Dieser Vorschlag wurde vom niederländischen Staatsrat, dem 'Raad van State' jedoch abgelehnt, weil nach diesem Gericht beim Entscheidungsprozess nicht alle Belange gleich beurteilt worden waren: den Umweltaspekten sei zu viel und der visuellen Beeinträchtigung der Landschaft zu wenig Bedeutung beigemessen worden.

Somit war das Problem der verunreinigten Sedimente noch nicht gelöst. Gewässerböden und Ufer konnten wegen des strukturellen Mangels an Unterbringungskapazität immer noch nicht genügend abgebaggert werden. Deshalb begannen Rijkswaterstaat und die beiden Provinzen 1998 mit einer neuen UVS, wobei man das Mitspracherecht von Umwohnern und anderen Interessengruppen nicht auf den formellen Mitbestimmungsanteil der UVS beschränkte, sondern diese durch einen öffentlichen Planungsprozess frühzeitig und aktiv an dem Projekt beteiligte.

Abbildung A - 46: Lage 'Hollandsch Diep'



## 4.2 Entscheidungsprozess

Die Anlage eines Baggergutdepots ist wegen möglicher tiefgreifender Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt nicht ohne weiteres zulässig, sondern kann nur nach einem (näheren) Entscheidungsprozess der zuständigen Behörden erfolgen. Für diesen Entscheidungsprozess wird eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchgeführt. Dabei ist der Provinzialausschuss der Provinzen Südholland und



Nordbrabant aufgrund des Umweltschutzgesetzes (Wm) zuständig und der Staatssekretär des Ministeriums für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten aufgrund des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo).

Das Verfahren beginnt mit der Einreichung des Bauvorhabens bei der zuständigen Behörde. Nach der Veröffentlichung dieses Bauvorhabens geht die Mitsprachefrist ein, in der jeder seine Meinung über das Vorhaben kenntlich machen kann. Außerdem gibt ein unabhängiger Sachverständigenausschuss (der UVS-Ausschuss) an die Behörde ein Gutachten ab. Diese legt die Richtlinien für den Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) fest. Der nach diesen Richtlinien erstellte UVB und die dazugehörigen Anträge auf die Genehmigung werden dann bei der Behörde eingereicht.

Außer dem UVB wird für die Anlage eines Depots eine Projektnota mit spezifischen Daten des Depotentwurfs erstellt.

Das Bauvorhaben umfasst die Anlage eines oder mehrerer (höchstens 3) Depots für die Unterbringung von insgesamt circa 30 Mio. m<sup>3</sup> verunreinigtem in-situ-Baggergut. Die diesbezügliche UVS betrifft sowohl den Standort als auch die Einrichtung. Die Standortwahl ist in zwei Abschnitte aufgeteilt, weil außer einem einzelnen großen Depot auch die Kombination mehrerer kleiner Depots eine gute Alternative wäre.

- **1A Standortauswahl**

Die Auswahl wurde auf sechs Standorte beschränkt, die den Vorschriften und den Ausgangspunkten entsprechen. Danach wurde untersucht, welche Depottypen hinsichtlich ihrer Einrichtung, Kapazität und möglicher Nebenfunktionen für diese Standorte realisierbar bzw. erwünscht sind. Es geht dabei sowohl um kleine (10 Mio. m<sup>3</sup>) als auch um große Depots (30 Mio. m<sup>3</sup>). Die Auswirkungen dieser Depots auf ihr Umfeld wurden dargestellt. Anschließend wurden aus der Gruppe der kleinen Depots verschiedene geeignete Möglichkeiten selektiert und auch aus der Gruppe der großen Anlagen ein angemessenes Depot gewählt. Die kleinen Depots wurden nicht mit den großen verglichen, weil nicht alle Anlagen, die untersucht wurden, die Voraussetzung einer Kapazität von 30 Mio. m<sup>3</sup> erfüllten.

- **1B Kombinationsauswahl**

Es wurden drei Möglichkeiten gefunden, die Anforderung der Unterbringung von 30 Mio. m<sup>3</sup> in-situ-Baggergut zu erfüllen: zwei Kombinationen von drei kleinen Depots oder ein einzelnes großes eingedeichtes Depot. Alle Möglichkeiten wurden miteinander verglichen und bewertet. Auf dieser Grundlage wurde schließlich eine Entscheidung getroffen.

Nach der in zwei Schritten erfolgten Standortwahl kommt die:

- **2. Einrichtungsauswahl**

In der Planungsphase der Einrichtung wird der gewählte Depottyp weiter ausgearbeitet und optimiert. Die Optimierung umfasst den Entwurf, die Anlage, die Einlagerung und die Nachsorge. Für die umweltfreundlichste Einrichtungsmöglichkeit wurde eine optimale Begrenzung der negativen Auswirkungen auf die Umwelt ausgearbeitet. Für die aufgrund der Ermittlungen bevorzugte Möglichkeit werden Genehmigungen beantragt.

Ist die zuständige Behörde der Meinung, dass die Projektnota/UVB vertretbar ist und die Anträge auf die Genehmigungen statthaft sind, dann werden diese veröffentlicht. Alsdann kann ein jeder auf die Projektnota/UVB reagieren. Anschließend beurteilt der UVS-Ausschuss den Bericht. Er prüft, ob darin ausreichend Information enthalten ist und ob diese den Tatsachen entspricht und gibt an die zuständige Behörde ein Gutachten ab. Die Behörde entscheidet dann aufgrund des Berichts, des Gutachtens des UVS-Ausschusses und des Ergebnisses der Mitsprache, ob die beantragten Genehmigungen erteilt werden und welche Vorschriften darin aufgenommen werden.

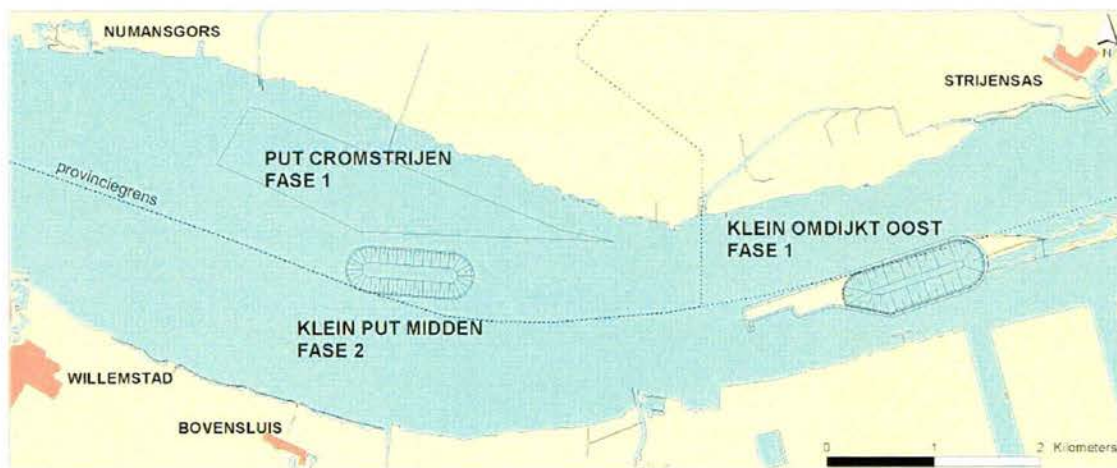
### 4.3 Grundbedingungen und Ausgangspunkte

#### 4.3.1 Allgemeine Grundbedingungen und Ausgangspunkte

##### Standort- und Kombinationsauswahl

Im Stadium der Standort- und Kombinationsauswahl der UVS entschied man sich für die Unterbringungsmöglichkeit 'Kombination Ost': drei Depots, die phasenweise angelegt und gefüllt werden (Abbildung A - 47). Es wird von zwei Einlagerungsphasen ausgegangen, in welchen insgesamt 30 Mio. m<sup>3</sup> in-situ-Baggergut untergebracht werden. Beide Phasen dauern 10 Jahre, so dass der gesamte Zeitraum der Einrichtung und Einlagerung etwa 20 Jahre in Anspruch nimmt. Dieser Zeitraum soll 2002 mit dem Füllen der Grube Cromstrijen ('Put van Cromstrijen') und der Anlage eines eingedeichten Depots am Standort Ost beginnen und 2022 enden, wenn alle Depots mit verunreinigtem Baggergut gefüllt sind.

Abbildung A - 47: Kombinationsmöglichkeit 'Ost': zwei Gruben und ein eingedeichtes Depot



##### Baggergut

##### Angebot und Unterbringung

In 20 Jahren werden insgesamt 30 Mio. m<sup>3</sup> Sedimente in situ ausgebaggert und angeboten. In jedem der drei Depots werden 10 Mio. m<sup>3</sup> in-situ-Baggergut untergebracht. In der ersten Phase werden zunächst die Grube Cromstrijen und das



eingedeichte Depot gefüllt, in Phase 2 erfolgt die Einlagerung in die Grube am Standort Mitte.

In Phase 2 muss verunreinigtes Baggergut, das aufgrund der festgesetzten Kriterien (siehe Annahmekriterien) nicht in einer der Gruben untergebracht werden darf, noch in das eingedeichte Depot eingelagert werden können.

In der ersten Phase sollen (in einem Zeitraum von 8 Jahren) 7,5 Mio. m<sup>3</sup> *in situ*-Sedimente in dem eingedeichten Depot untergebracht werden und in Phase 2 die restlichen 2,5 Mio. m<sup>3</sup>.

### Die Zusammensetzung des Baggerguts

#### *Die physikalische Zusammensetzung*

Das Baggergut stammt von verschiedenen Stellen im Deltagebiet in den südwestlichen Niederlanden (dem sogenannten 'Benedenrivierengebied'). Die Zusammensetzung des angebotenen Baggerguts ist daher auch verschieden. Bei der Bestimmung des Konsolidationsverhaltens des Baggerguts in den Depots wurde von Baggergut aus der Nieuwe Merwede (Maas) ausgegangen. Die folgende Zusammensetzung wird eingehalten (Tabelle A - 23):

**Tabelle A - 23: Die physikalische Zusammensetzung des Baggerguts**

Fraktion	Anteil
Trockenstoffgehalt	50 % Gewicht
Organischer Stoff	10 % Trockenstoff
Calcium	13 % Trockenstoff
Mineralbestandteile < 2 µm	21 % Trockenstoff
Mineralbestandteile < 63 µm	47 % Trockenstoff
Mineralbestandteile > 63 µm (Sand)	30 % Trockenstoff

Aufgrund dieser physikalischen Zusammensetzung und Erfahrungen wurden für die verschiedenen Berechnungen die folgenden Werte eingehalten: Wasserdichte = 1000 kg/m<sup>3</sup>; Korndichte = 2470 kg/m<sup>3</sup>; Sedimentdichte *in situ* = 1425 kg/m<sup>3</sup>.

#### *Die chemische Zusammensetzung*

Bei dem in die Grubendepots einzulagernden Baggergut wird von den Gehalten in Tabelle A - 24 ausgegangen. Des weiteren wird angenommen, dass der Verunreinigungsgrad von Baggergut, das in dem eingedeichten Depot untergebracht wird, zweimal so hoch ist wie das normative Baggergut.

**Tabelle A - 24: Gehalte im Baggergut im Hollandsch Diep und Zielwerte**

Verunreinigung	Gehalte [mg/kg Trockenstoff]	Zielwerte BvB <sup>1)</sup>
Naphtalin	0,94	0,1
Phenanthren	3,18	0,02
Fluoranthren	4,13	0,005
Benzo(k)fluoranthren	1,60	0,001
Benzo(a)pyren	1,51	0,001
PCB-28	0,18	0,01
PCB-153	0,16	0,01
γ-HCH (Lindan)	0,015	0,0002
2,4-DDT	0,045	0,0002
Cadmium	32	0,4

<sup>1)</sup>Beleidsstandpunt verwijdering Baggerspecie = Politischer Standpunkt zur Entsorgung von Baggergut

### *Die Behandlung von Baggergut*

Der Ausgangspunkt ist, dass auf dem Anlagengelände Baggergut durch Sandtrennung behandelt und dann wiederverwertet werden kann. Untersuchungen haben ergeben, dass nur 1 bis 2 Mio. m<sup>3</sup> des insgesamt angebotenen Baggerguts (30 Mio. m<sup>3</sup>) für die Behandlung in Frage kommt (Sandgehalt > 50-60%).

### **Annahmekriterien**

Anhand der Annahmekriterien wird bestimmt, welches Baggergut unter welchen Verhältnissen in einer offenen Grube untergebracht werden kann. Wenn das Baggergut oder die Verhältnisse den Annahmekriterien nicht entsprechen, wird das Baggergut in das eingedeichte Depot eingelagert.

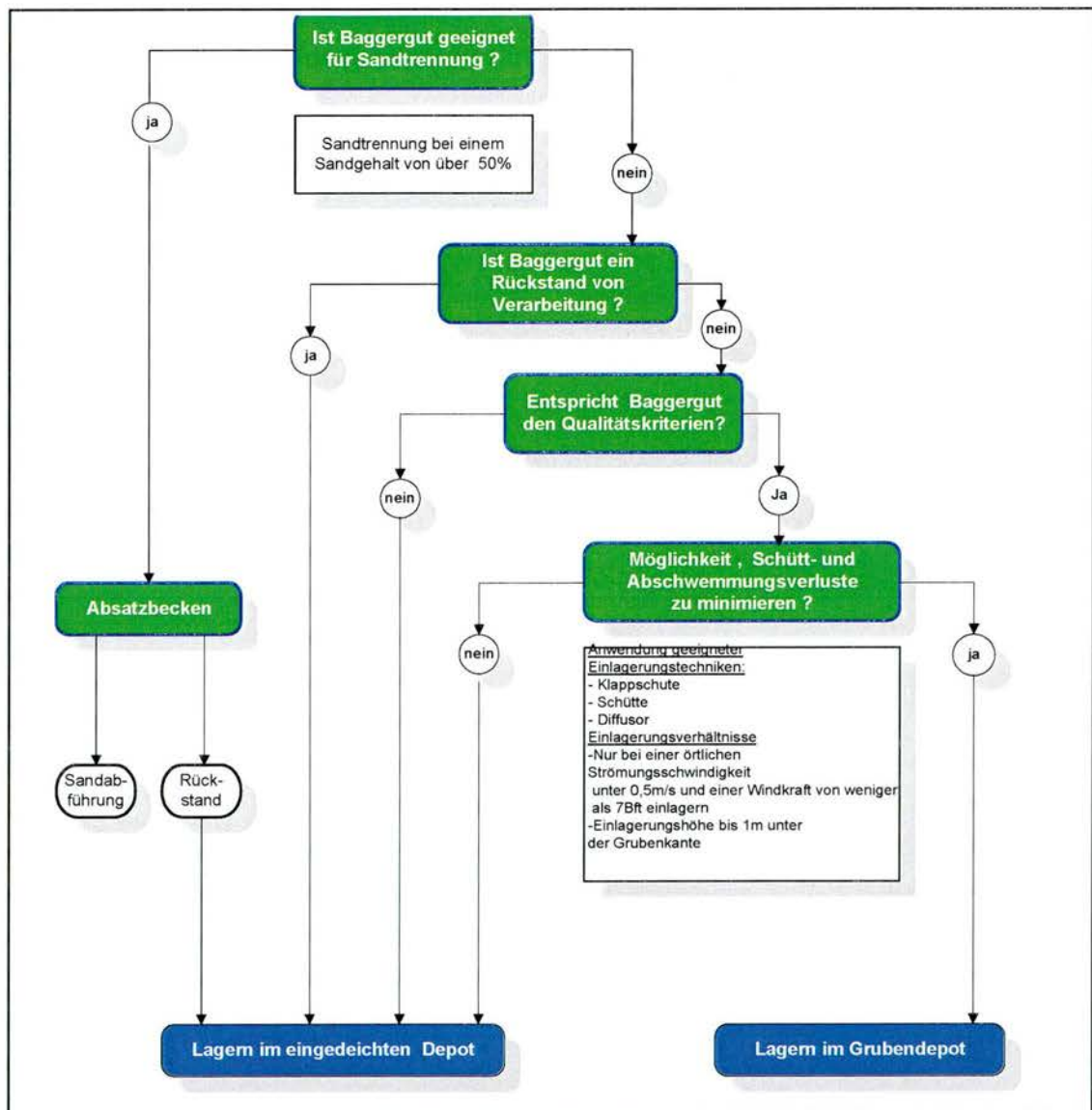
Das Annahmeverfahren für die Unterbringung von Baggergut in einer offenen Grube ist in Abbildung A - 48 schematisch dargestellt.

Die Kriterien für die Entscheidung, ob Baggergut im Grubendepot Cromstrijen oder im eingedeichten Depot unterzubringen ist, basieren auf den Auswirkungen der Einlagerung auf die Qualität des Oberflächenwassers. Im Rahmen der Gruben-Studie [AKWA, 1999] wurde von verschiedenen maßgeblichen Parametern abgeleitet, bei welchen Schadstoffgehalten im Baggergut der MTR im umgebenden Wasserkörper durch Desorption überschritten wird. Für die Höhe dieser kritischen Sedimentgehalte ist besonders die Strömungsgeschwindigkeit des betreffenden Wassersystems maßgeblich. Da die MTR-Werte im Oberflächenwasser im Hollandsch Diep jetzt schon überschritten werden und darüber hinaus die Strömungsgeschwindigkeit so hoch ist, dass die Schadstoffgehalte in dem einzulagernden Baggergut nicht über die kritischen Werte hinausgehen, war kein direkter Anlass zur Festlegung von Qualitätskriterien gegeben. Aufgrund des ALARA-Prinzips war es jedoch wünschenswert, die durch die Betreibung des Grubendepots Cromstrijen in das Oberflächenwasser einfließende Schadstofffracht weitmöglichst einzugrenzen. Dazu wurden für die Einlagerung bestimmte hydraulische Bedingungen festgesetzt. So darf die Strömungsgeschwindigkeit nicht höher sein als 0,5 m/s und muss die Windstärke unter 7 Beaufort liegen. Darüber hinaus wird eine Unterwasserschwelle angelegt, um die Strömungsgeschwindigkeit über dem Depot zu reduzieren. Da die Anlage des Gruben- und des eingedeichten Depots mit dazu beitragen soll, dass die Oberflächenwasserqualität im Hollandsch Diep bald den MTR-Werten entspricht, wurden für die Qualität des Baggerguts, das im Grubendepot Cromstrijen untergebracht wird, bestimmte Anforderungen



festgesetzt. Als Richtschnur wurde die Qualität des in der Umgebung vorhandenen Baggerguts genommen (Umgebungsqualität / natürliche Qualität). Für jeden Leitstoff gilt der 95-Perzentilwert des Datensatzes der Analyseergebnisse von Baggergutproben aus dem direkten Umfeld als Obergrenze. In dieser Weise wird verhütet, dass das lokale Wassersystem durch die Einlagerung von Baggergut zusätzlich belastet wird. Baggergut, das den Qualitätskriterien nicht entspricht, muss in einem eingedeichten Depot untergebracht werden.

Abbildung A - 48: Annahmeverfahren für Baggergut



### Entwurfsphilosophie

Für den groben Entwurf der Depots und die Ermittlung der Migrationen von Verunreinigungen in das Oberflächenwasser müssen die Entwurfsbedingungen gewählt werden: die Entwurfsphilosophie. Die im Vorentwurf zu klärenden Fragen sind:



Welches *Beherrschungsregime* wird für die Haringvlietschleusen eingehalten?

- *Beherrschungsregime Haringvlietschleusen (Schleusen zwischen Nordsee und Haringvliet):*

Man hat sich für das zwischen 2005 und 2010 einzuführende Beherrschungsregime 'Gebändigte Tide' entschieden. Dabei werden die (seit 1970 geschlossenen) Schleusen zum Teil wieder geöffnet, so dass Haringvliet und Hollandsch Diep wieder mehr durch die Gezeiten beeinflusst werden.

Welche *extremen hydraulischen Bedingungen* sollen gelten?

- *Extreme Bedingungen:*

Das Uferdeckwerk auf der Innen- und Außenseite des Ringdeiches des eingedeichten Depots wird nach hydraulischen Grundbedingungen dimensioniert mit einer Überschreitungsfrequenz von einmal in 100 Jahren.

Welche *Überflutungsfrequenz des Ringdeiches* gilt?

- *Überflutungsfrequenz Ringdeich und Anlagengelände:*

Beim Ringdeich wurde eine niedrigere Kronenhöhe von 2,5 m über dem NAP berücksichtigt. Bei dieser Höhe fluten alle 5 Jahre 10 Liter Wasser pro Sekunde pro Meter über den Deich. Die Höhe des Anlagengeländes wird so gewählt, dass es bei hohen Wasserständen einmal in 100 Jahren überflutet wird.

### Entwurfsausgangspunkte

- Das maximale Füllniveau des eingedeichten Depots Ost liegt bei 1 m unter dem mittleren Wasserstand (0,5 m über dem NAP). Bei Grubendepots wurde als maximales Füllniveau 1 m unter dem tiefsten Teil des Grubenrandes eingehalten.
- Die Tiefe des eingedeichten Depots Ost und der offenen Grube Mitte ist 45 m unter dem NAP. Die Grube Cromstrijen ist im Schnitt 14 m unter dem NAP. Die Hänge der Depots Ost und Mitte haben ein Gefälle von 1:4.
- Der Wasserstand im Depot entspricht dem mittleren Wasserstand im Hollandsch Diep: in Phase 1 ist dies 0,5 m über dem NAP (bei jetzigen Beherrschungsregime der Haringvlietschleusen), in Phase 2 ist der mittlere Wasserstand 0,3 m über dem NAP (beim neuen Beherrschungsregime 'Gebändigte Tide').
- Bei der Anlage des eingedeichten Depots Ost anfallender Sanierungsschlamm wird in der Grube Cromstrijen untergebracht.
- 10 Jahre nach Beendigung der Einlagerungsphase sollen die Depots mit einer an organischen Stoffen reichhaltigen Bodenschicht abgedeckt werden. Durch diese Maßnahme wird die Ausbreitung von Verunreinigungen durch Erosion (bei den Grubendepots) und Diffusion (bei dem eingedeichten Depot) in der Nachsorgephase minimiert. Der Ausgangspunkt dabei ist, dass im eingedeichten Depot auf der Schlammschicht/Abdeckschicht immer eine Wasserschicht steht.



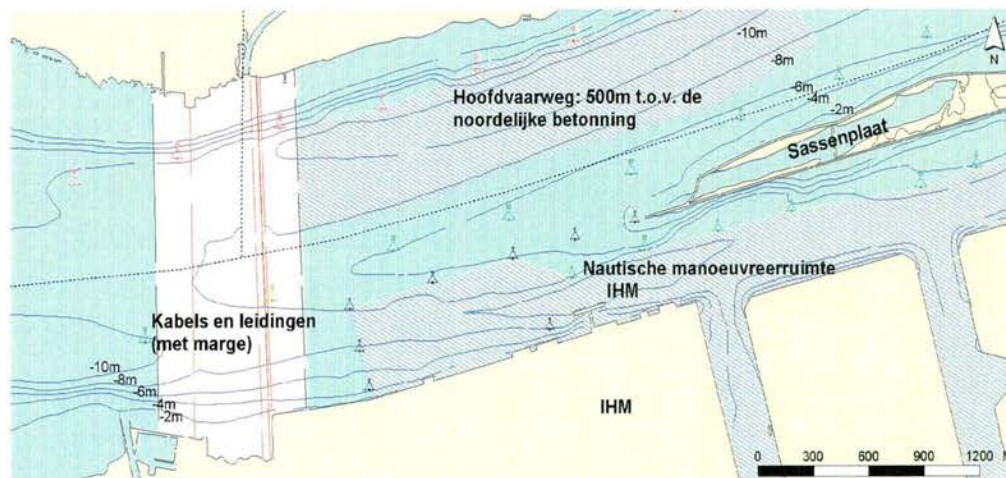
- Bei der Berechnung der Ausbreitungen wurde eine Schichtenbildung durch Temperaturunterschiede und/oder unterschiedliche Salzgehalte im Wasser in einer offenen Grube/einem eingedeichten Depot nicht berücksichtigt. Bei der Bestimmung der maximalen Rückwassermenge wird davon ausgegangen, dass das zugeführte Baggergut vor der Einlagerung nicht verdünnt zu werden braucht. Bei der Beschreibung der benötigten Betriebsanlagen wird die Verdünnung des Baggerguts berücksichtigt.

#### 4.3.2 Standortspezifische Grundbedingungen und Ausgangspunkte

##### Eingedeichtes Depot Ost

Für die Einpassung und den groben Entwurf des eingedeichten Depots am Standort Ost gelten die folgenden physikalischen Grundbedingungen (Abbildung A - 49):

**Abbildung A - 49: Physikalische Grundbedingungen für das eingedeichte Depot Ost**



'Kabels en leidingen'

= Kabel und Leitungen

'Hoofdvaarweg: 500 m t.o.v. noordelijke betonning'

= Hauptwasserstraße: 500 m zur nördlichen Betonnung

'Nautische manoeuvreerruimte IHM'

= Nautischer Manövrierraum Industriegebiet Moerdijk

'Sassenplaat'

= Sassenplaat (Naturlandschaft)

##### Schifffahrt

Als minimal erforderliche Wasserstraßenbreite nördlich des Depotstandorts wurden 500 m angesetzt. Da die jetzige Wasserstraßenbreite etwa 750 m beträgt, kann die südliche Betonnung um circa 250 m nördlich verschoben werden. Sie bildet die Nordgrenze des Depotstandorts.

##### Hafengebiet Industriegebiet Moerdijk (IHM)

Auf der Südseite des Depotstandorts befindet sich das Hafengebiet des Industriegebiets und der Hafenbehörde Moerdijk (IHM). Die Betonnung dieses Hafengebiets bildet die Südgrenze des Depotstandorts. Eine geringe Verschiebung

der Betonnungslinie, wodurch der Entwurf des Depots Ost vereinfacht wird, ist möglich.

### **Kabel und Leitungen**

Die Westseite des Standorts Ost wird durch einen Rohrleitungstunnel und 'lose' Leitungen begrenzt. Der Abstand von der westlichsten Stelle des eingedeichten Depots Ost zum Rohrnetz beträgt ungefähr 200 m.

### **Sassenplaat**

Im Osten wird der Depotstandort von der Sassenplaat begrenzt. Der größte Teil dieser Sandbank besteht aus Steindämmen, die ungefähr 1,5 m über den Wasserspiegel hinausragen.

### **Die Abflussfunktion des Hollandsch Diep**

Das Gewässer hat drei Abflussfunktionen: für Oberflächenwasser, Eis und Sediment. Die Anlage eines Depots darf diese spezifischen Gewässerfunktionen nicht beeinträchtigen. Die Abflussfunktion der größeren Fahrrinnen im Hollandsch Diep und im Haringvliet ist dermaßen wichtig, dass sie für die Anlage eines Baggergutdepots nicht in Frage kommen.

### **Kühlwasser**

An den Hafenufern des IJM befinden sich verschiedene Kühlwassereinleitungsstellen. Das Wassergebiet im Süden des Depotstandorts und in der Verlängerung der Sassenplaat muss für den Abfluss von Kühlwasser immer offen bleiben.

### **Grundwasser**

Das Hollandsch Diep wird größtenteils von niedriger gelegenen Poldern umgeben; das bedeutet, dass der Wasserstand im Hollandsch Diep höher ist als der Pegelstand des Grundwassers in den angrenzenden Poldern. Das Hollandsch Diep fungiert somit, wenn in den umringenden Poldern Qualmwasser entsteht, als Infiltrationsgebiet. Die Pegelstände in den Poldern im Untersuchungsgebiet variieren von 0,5 m bis 2,4 m unter dem NAP.

### **Grundwasserbeherrschungssystem Moerdijk (GBS)**

Auf dem Gelände von Shell-Chemie Moerdijk ist ein Grundwasserbeherrschungssystem im Einsatz. Dieses System soll die Ausbreitung von Verunreinigungen im Grundwasser verhindern. Das erfolgt durch Grundwasserentziehungen in einer Tiefe von 20 bis 40 m unter dem NAP. Jährlich werden insgesamt 1 Million m<sup>3</sup> Grundwasser entzogen.

### **Hydraulische Grundbedingungen**

Die globale Dimensionierung des erforderlichen Uferdeckwerks des eingedeichten Depots und die Erstellung der Wasserbilanz erfolgen nach den hydraulischen Grundbedingungen. Die Dimensionen des Deckwerks werden für den Kostenanschlag verwendet.

### **Wasserstände**

Die täglichen und extremen Wasserstände des Standorts Ost sind in Tabelle A - 25 dargestellt.



**Tabelle A - 25: Tägliche und extreme Wasserstände (zu NAP) am Standort Ost**

Wasserstand	Beherrschungsregime Haringvlietschleusen	
	Jetziges Regime (2000-2013)	'Gebändigte Tide' (2013-2022)
<b>Täglich (50% der Zeit überschritten)</b>		
Mittleres Niedrigwasser	0,40	-0,10
Mittlerer Wasserstand	0,50	0,30
Mittleres Hochwasser	0,60	0,80
Hochwasser 1 x jährlich	1,70	1,70
<b>Extremes Hochwasser</b>		
1 x in 10 Jahren	2,2	2,2
1 x in 100 Jahren	2,5	2,5

### Windwellen

Die täglichen und extremen Windwellenverhältnisse wurden aufgrund kombinierter Wasserstände und Windgeschwindigkeiten ermittelt. Die Wellenhöhen wurden anhand der Bretschneider-Formel berechnet. Die Windwellenverhältnisse am Depot Ost sind dargestellt in Tabelle A - 26. Das Ostufer befindet sich im Windschatten der Sassenplaat und wird somit nicht durch Wellen heimgesucht.

**Tabelle A - 26: Windwellenverhältnisse am eingedeichten Depot Ost**

Windwellen- verhältnisse	Frequenz	Westufer		Nordufer		Südufer	
		H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]
Täglich	50%	0,2	1,7	0,1	1,3	0,1	1,0
Extrem	1/1	0,6	2,8	0,5	2,5	0,3	1,9
Extrem	1/100	1,1	3,6	1,0	3,5	0,5	2,4

H<sub>s</sub> = signifikante Wellenhöhe; T<sub>p</sub> = Wellenperiode (Spitze)

### Schiffswellen

Die höchste Belastung durch Schiffswellen erfolgt am Nordufer des Depots. Dieses liegt nämlich direkt neben der Hauptwasserstraße im Hollandsch Diep. Für die Bemessung der normativen Schiffswellen ist der Wellenschlag (keilförmig hinter dem Schiff) maßgeblich: am West- und Nordufer wurden Wellen von circa 1,2 m bemessen. Der maximale Wellenschlag am Südufer ist circa 0,7 m.

### Strömungsgeschwindigkeiten

Die Strömungsgeschwindigkeiten wurden mit Hilfe des zweidimensionalen Modells WAQUA ermittelt. Bei alltäglichen Verhältnissen beträgt die Strömungsgeschwindigkeit ca. 0,6 m/s. Einmal in 100 Jahren wird eine Strömungsgeschwindigkeit von ca. 1 m/s erreicht. Die durch Schiffe verursachte Strömungsgeschwindigkeit wurde mit Hilfe des eindimensionalen Programms DIPRO ermittelt und beträgt ca. 0,5 m/s. Zur Bestimmung der normativen Strömungsgeschwindigkeit wurden die jährliche maximale Strömungsgeschwindigkeit (1,0 m/s) und die Rückstromgeschwindigkeit vorbeifahrender Schiffe (0,5 m/s) addiert: 1,5 m/s.

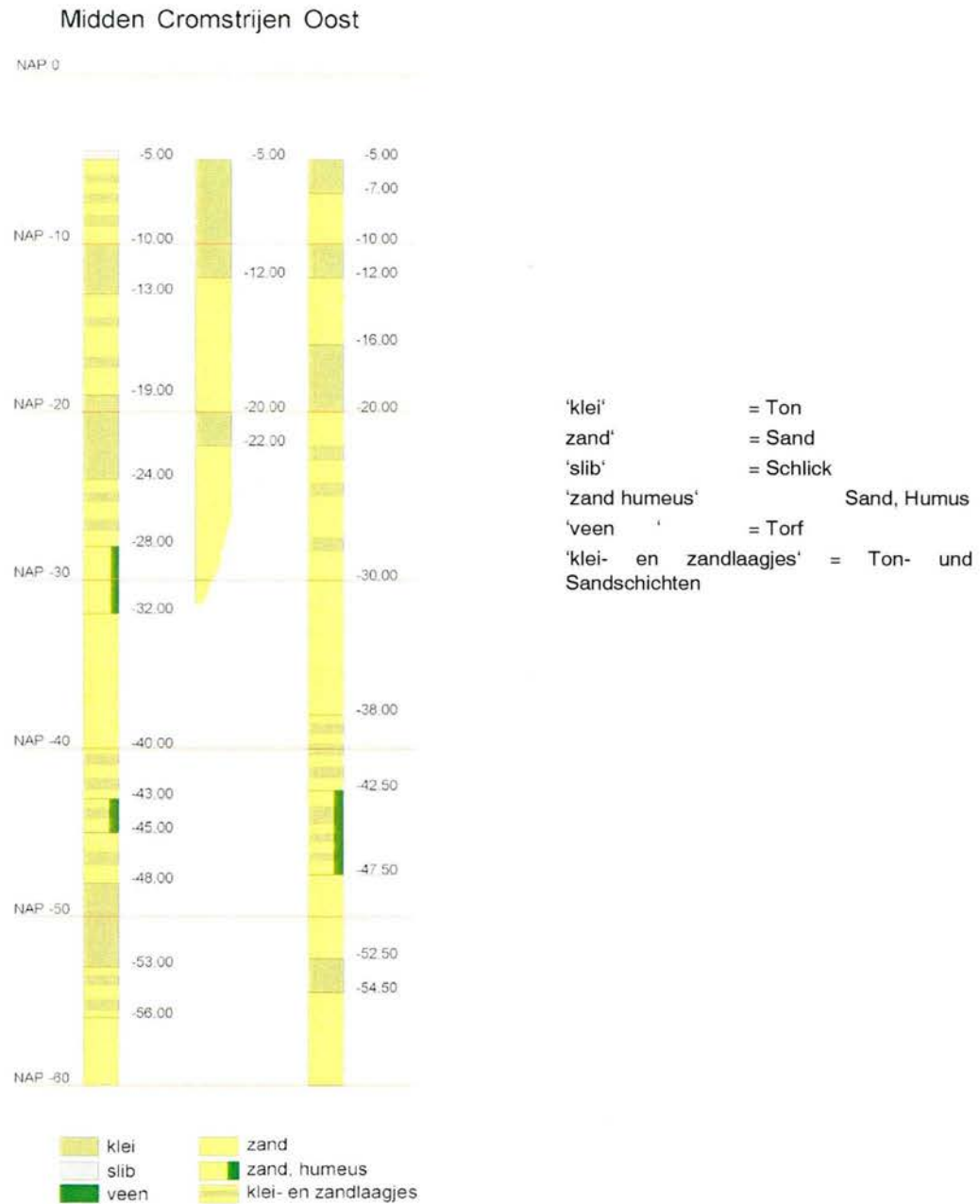
### Bodenaufbau Standort Ost

Der Bodenaufbau wurde anhand verallgemeinerter geotechnischer Informationen (eine Bohrprobe und einige Sondierungen) dargestellt (vgl. Abbildung A - 50). Man



geht davon aus, dass der Bodenaufbau am ganzen Standort dieser Darstellung entspricht.

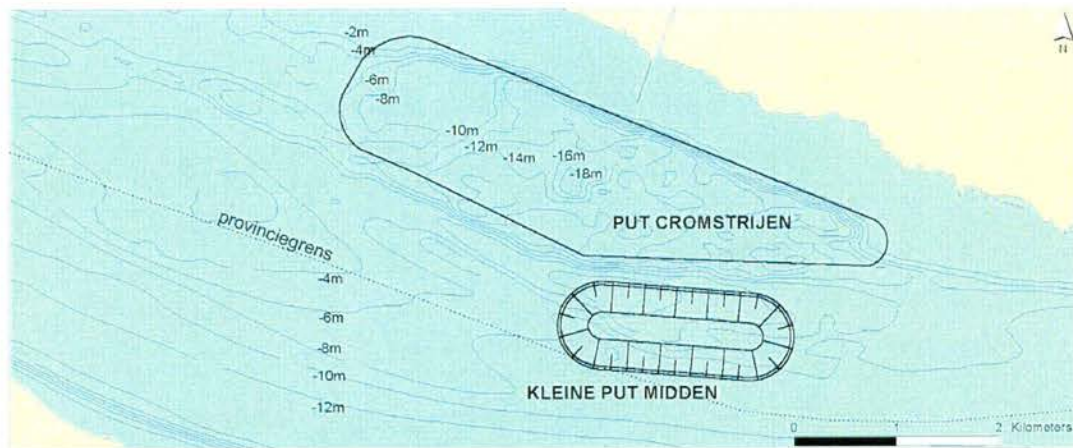
**Abbildung A - 50: Schema des Bodenaufbaus auf der Basis von Bohrungen**



#### 4.3.3 Grube Cromstrijen und Grube Mitte

Die Grube Mitte wird auf der Nordseite von der Grube Cromstrijen begrenzt. Die Südgrenze bildet die Schifffahrtsstraße für gewerbliche Schifffahrt. Die Wasserstraße ist ungefähr 650 m breit. Weitere physikalische Grundbedingungen gibt es nicht (vgl. Abbildung A - 51).



**Abbildung A - 51: Lage und Grundbedingungen Grube Cromstrijen und Grube Mitte**

### Hydraulische Grundbedingungen

Für die Anlage von und die Einlagerung in Grubendepots sind die folgenden hydraulischen Verhältnisse maßgeblich: Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten und die hydraulische Belastung durch Schiffe (Radius der Schiffsschraube).

#### Wasserstände

Die für die Standorte Mitte und Cromstrijen geltenden täglichen und extremen Wasserstände sind dargestellt in Tabelle A - 27.

**Tabelle A - 27: Tägliche und extreme Wasserstände Grube Mitte**

Wasserstände	Beherrschungsregime Haringvlietschleusen	
	Grube Cromstrijen [[jetziges Regime: 2000-2013]	Grube Mitte ['Gebändigte Tide':2013-2022]
<b>Täglich (50% der Zeit überschritten)</b>		
Mittleres Niedrigwasser	0,30	-0,10
Mittlerer Wasserstand	0,50	0,30
Mittleres Hochwasser	0,60	0,70
<b>Extremes Hochwasser</b>		
1 x in 10 Jahren	2,10	2,10
1 x in 100 Jahren	2,37	2,37

#### Strömungsgeschwindigkeiten

Die Strömungsgeschwindigkeiten sind wichtig zur Einschätzung des Erosionsrisikos in der Endphase der Einlagerung. Oberhalb der Grube Mitte ist dies 0,2 m/s bis 0,3 m/s. Bei extremen Verhältnissen ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei Ebbe circa 0,5 m/s bis 0,6 m/s (sowohl bei dem jetzigen Beherrschungsregime als auch bei 'gebändigter Tide'). Es betrifft hier tiefenmittlere Strömungsgeschwindigkeiten; die Strömungsgeschwindigkeiten an der Wasseroberfläche liegen etwas höher und die am Boden etwas niedriger als diese Mittelwerte.

### Bodenaufbau Standort Mitte

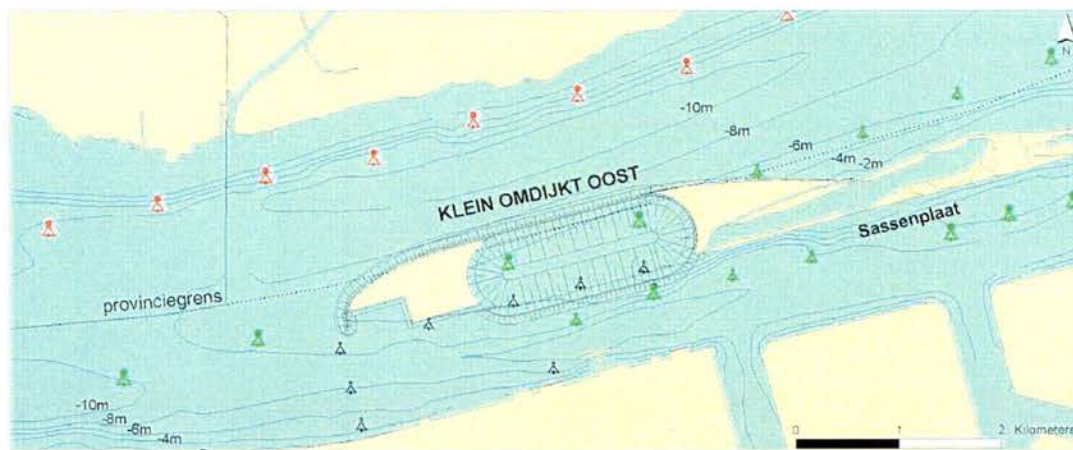
Der Bodenaufbau des Standorts Mitte wurde anhand verallgemeinerter geotechnischer Informationen (eine Bohrprobe und einige Sondierungen) dargestellt (Abbildung A - 50). Man geht davon aus, dass der Bodenaufbau am ganzen Standort dieser Darstellung entspricht.

## 4.4 Vorentwurf Depot Ost und Grube Mitte

### 4.4.1 Das eingedeichte Depot Ost

Die Geometrie des eingedeichten Depots Ost ist dargestellt in Abbildung A - 52.

Abbildung A - 52: Lage des eingedeichten Depots Ost



### Fassungsvermögen des Depots

Der Ausgangspunkt der Festsetzung des benötigten Fassungsvermögens eines Depots ist die Einlagerungsstrategie. Die Einlagerung dauert 18 Jahre: In Phase 1 werden in 8 Jahren circa 7,5 Mio. m<sup>3</sup> in-situ-Sedimente eingelagert, in Phase 2 in 10 Jahren circa 2,5 Mio. m<sup>3</sup>.

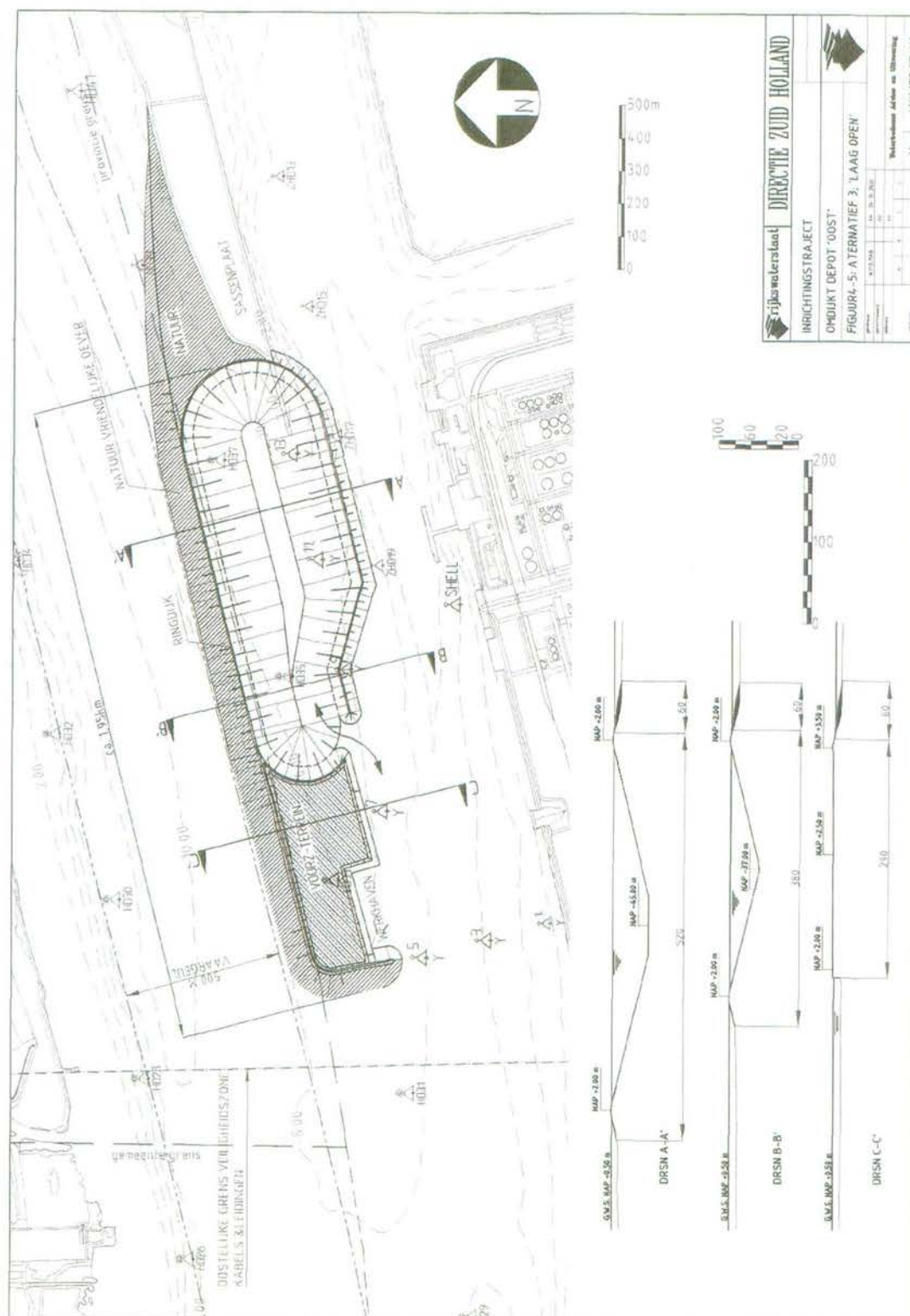
Das benötigte Fassungsvermögen wird durch die Multiplikation des Volumens des abzubaggernden Sediments mit einem Volumenfaktor errechnet. Für die Bestimmung des Volumenfaktors verweisen wir auf Kapitel 4 des Hauptdokuments. Die ermittelten Volumenfaktoren sind dargestellt in Tabelle A - 28. Das benötigte Fassungsvermögen beträgt 10 Mio. m<sup>3</sup>.

Tabelle A - 28: Volumenfaktoren

Einlagerungsphase	f_Ausdehnung	f_Konsolidation	f_Gas	f_gesamt	Depotinhalt [Mio m <sup>3</sup> ]
Phase 1	1,2	0,6	1,1	0,8	0,8*7,5 = 6,0
Phase 2	1,9	0,7	1,1	1,5	1,5*2,5 = 3,8



Abbildung A - 53: Querschnitt des Ringdeiches Depots Ost



## Gestaltung und Dimensionierung

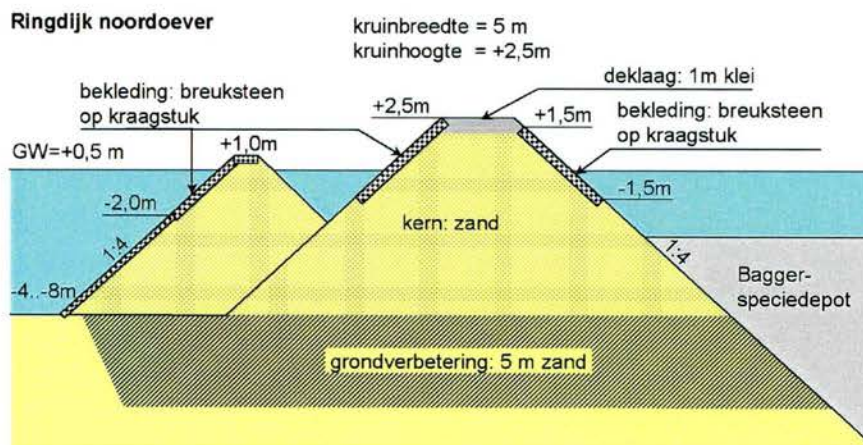
### Ringdeich und Verkleidung

Im Bauvorhaben wurde eine Kronenhöhe von 3,5 m über dem NAP angegeben (Abbildung 4-8). In diesem Projekt wurde wegen der nachstehenden Vorteile jedoch eine niedrigere Kronenhöhe von 2,5 m gewählt:

- **Landschaftliche Einfügung:**  
die flache, kaum über das Wasser herausragende Landschaft der Sassenplaat setzt sich in der Uferbepflanzung des Depots fort. Außerdem schließt eine niedrigere Kronenhöhe besser an die Höhe der Steindämme der Sassenplaat an (circa 1,5 m über dem NAP). Ein weiterer Vorteil ist die geringere visuelle Beeinträchtigung.
- **Platzeinnahme:**  
durch den niedrigen Ringdeich nimmt das Depot weniger Platz ein.
- **Dauerhaftigkeit:**  
die Anlage des Ringdeiches erfordert weniger Energie/Material.

Diese Vorteile überwiegen den Nachteil eines größeren Umlagerungsvolumens (5 Mio. m<sup>3</sup> in 30 Jahren statt 0,2 Mio. m<sup>3</sup> bei 3,5 m über dem NAP). Dieses Wasser kann kontrolliert in das Oberflächenwasser eingeleitet werden. Abbildung A - 54 stellt den Querschnitt des Ringdeichs am Nordufer dar. Der Ringdeich ist aus Sand errichtet, der beim Ausbaggern der Grube anfällt. Die Krone des Ringdeichs wird mit einer Tonschicht versehen, auf der eine Grasdecke gut bilden kann. Da aus den Bodendaten nicht hervorgeht, ob der Untergrund tragfähig genug ist, wird davon ausgegangen, dass der Boden unter dem Ringdeich verfestigt werden muss. Diese Verfestigung besteht aus einer 5 m dicken Sandschicht unter dem Deich. Der Ringdeich am Südufer unterscheidet sich von dem am Nordufer nur dadurch, dass am Südufer für einen Voruferdamm kein Platz ist.

**Abbildung A - 54: Typischer Querschnitt des Ringdeichs am Nordufer**

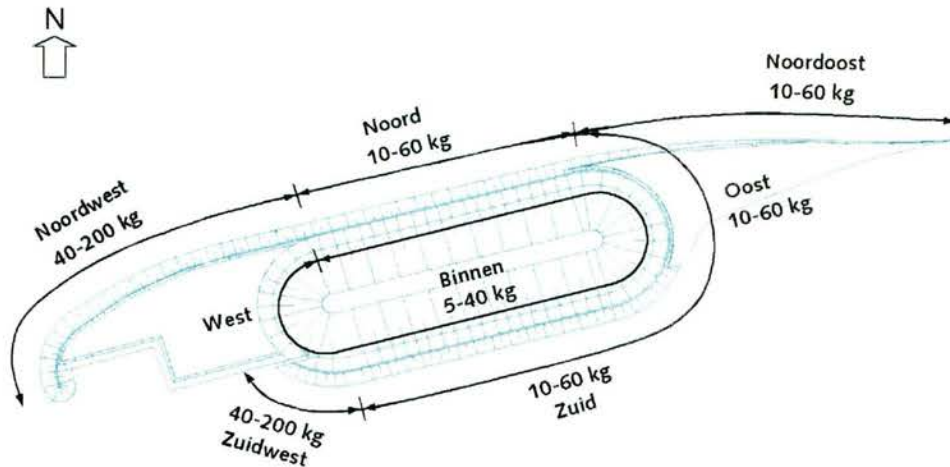


'krui nbreedte'	= Kronenbreite
'krui nhoogte'	= Kronenhöhe
'bekleding'	= Verkleidung
'breuksteen op kraagstuk'	= Bruchstein auf Senkstück
'deklaag'	= Decklage
'grondverbetering'	= Bodenverfestigung



Der Ringdeich wird innen und außen durch eine Verkleidung vor Wellen und Strömung geschützt (vgl. Abbildung A - 55). Wind- und Schiffswellen sind normativ für die Verkleidung der Hänge außen um die und über der Wasserlinie und Strömung bildet die normative Belastung für die Verkleidung des Hangs unter Wasser. Auf der Innenseite genügt eine Befestigung mit leichten Steinsorten.

**Abbildung A - 55: Übersicht der Steinsorten für Hangverkleidungen**

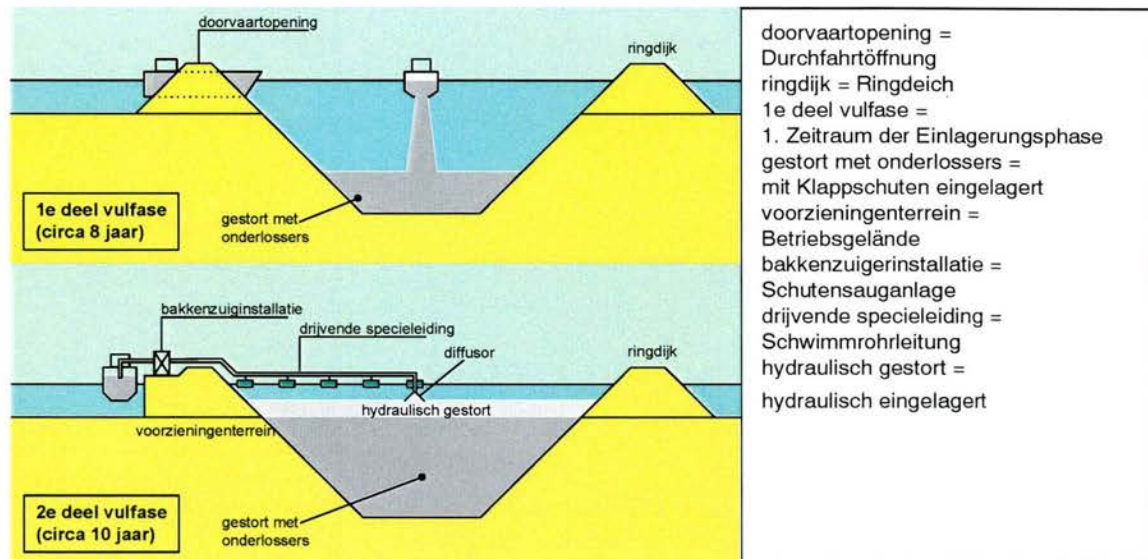


#### *Verschließbare Durchfahrtöffnung*

Im Ringdeich ist eine Durchfahrtöffnung angebracht, die es ermöglicht, den größten Teil des Depots (circa  $\frac{3}{4}$  des gesamten Fassungsvermögens) mit Klappschuten zu füllen. Das hat viele Vorteile, wie:

- ein geringeres Fassungsvermögen, weil mit höherer Dichte eingelagert werden kann (ca. 2 Mio. m<sup>3</sup> weniger Fassungsvermögen)
- eine leichtere Einlagerungsmethode (Verklappen) als die hydraulische Umlagerung
- weniger Lärmbelästigung im ersten Zeitraum der Einlagerungsphase, weil der größte Teil des Baggerguts mit Klappschuten eingelagert wird und nicht vom Anlagengelände aus in das Depot gepumpt zu werden braucht.
- Das letzte Viertel des Baggerguts wird hydraulisch eingelagert (vgl. Abbildung A - 56)

**Abbildung A - 56: Schematische Darstellung der Einlagerung in ein eingedeichtes Depot**



In der UVS wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Durchfahrtöffnung zu schließen, um die Vermengung des Depotwassers mit dem Oberflächenwasser zu verhindern. Als Abschlussmittel entschied man sich für eine Kammerschleuse auf der Südwestseite des Depots neben dem Anlagengelände.

#### *Anlagengelände und Werkhafen*

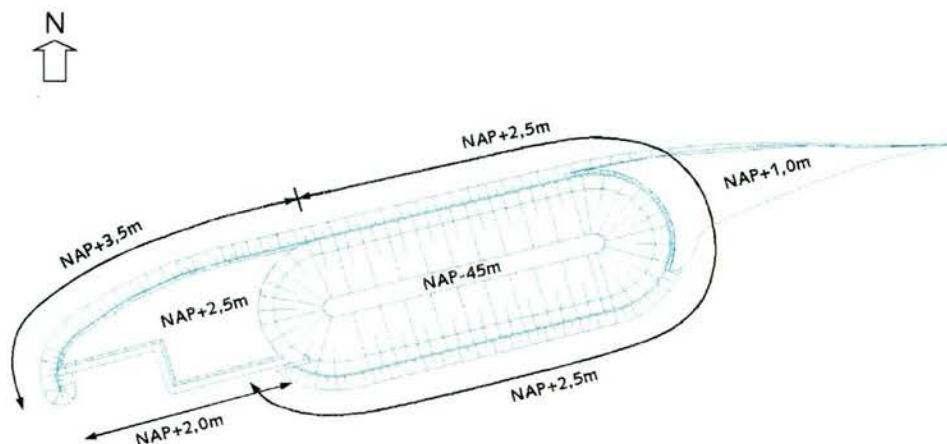
Das Anlagengelände mit Werkhafen ist eingerichtet für:

- den An- und Abtransport von Material und Geräten für die Anlage/den Betrieb des Depots;
- das Anlegen von Baggerschiffen;
- die Umladung von Baggergut;
- den Betrieb, die Kontrolle und die Überwachung des Depots.

Der Werkhafen und das Anlagengelände wurden integriert, weil dies für die Umladung und Behandlung von Baggergut die effizienteste Lösung war. Das Anlagengelände und der Werkhafen werden mit Sand angelegt, der beim Ausbaggern der Grube anfällt. Die Fläche beträgt 17 ha. Die Anlage befindet sich 2,5 m über dem NAP. Bei dieser Höhe wird das Gelände im Schnitt einmal in 100 Jahren überflutet. (vgl. Abbildung A - 57).



Abbildung A - 57: Anlagenhöhen



### Ausführung und Bodenbilanz

#### Ausführungsaspekte

Bei der Einrichtung des eingedeichten Depots Ost wird zunächst die verunreinigte Schlammschicht entfernt. Dazu werden eine oder mehrere Sauganlagen eingesetzt. Wenn der Sanierungsschlamm die Gehaltskriterien für Sedimente, die in einer offenen Grube untergebracht werden dürfen, erfüllt, kann das Baggergut direkt in die Grube Cromstrijen eingelagert werden. Es handelt sich dabei um circa 1,3 Mio. m<sup>3</sup>.

Bei der Sanierung der Baustelle werden Sauganlagen eingesetzt, um die Trübung des Oberflächenwassers weitgehendst zu beschränken. Diese Sauganlagen sind mit einer speziellen Saugdüse ausgestattet, die äußerst sorgfältig Material aufnimmt und kaum Trübungen verursacht.

Zum Ausbaggern des eingedeichten Depots Ost können Gewinnungsbagger und/oder Schneidkopfsaugbagger eingesetzt werden. Auch bei diesen Arbeiten kann eine geringe Trübung des Oberflächenwassers erfolgen. Die Abschirmung durch Schlammsschirme oder Spundwände wäre dann eine Ersatzmaßnahme.

#### Bodenbilanz

Bei der Erstellung der Bodenbilanz sind drei Posten zu unterscheiden: das Ausbaggern, die Behandlung und der Abtransport von Erde und Sanierungsbaggergut. Die Erde lässt sich unterteilen in Sand, Ton und Mischprodukte (von Ton, Sand, Torf, Lehm).

- Die abzubaggernde Menge Erde einschließlich Sanierungsbaggergut (ca. 1 Mio. m<sup>3</sup>) beträgt ca. 10 Mio. m<sup>3</sup> (5 Mio. m<sup>3</sup> Sand, 2 Mio. m<sup>3</sup> Ton und 2 Mio. m<sup>3</sup> Mischprodukte)
- Etwa 5 Mio. m<sup>3</sup> Erde können im Depot verarbeitet werden (4 Mio. m<sup>3</sup> Sand, 0,5 Mio. m<sup>3</sup> Ton und 0,5 Mio. m<sup>3</sup> Mischprodukte)
- Die übrige Erde und Sanierungsbaggergut (insgesamt 5 Mio. m<sup>3</sup>) muss abgeführt werden; das Sanierungsbaggergut wird in der Grube Cromstrijen untergebracht.

### Verwendungsmöglichkeiten

Anfallender Sand und Ton können für bautechnische und Landschaftsentwicklungsprojekte verwendet werden. Eventuell kann anfallender Sand zum Beispiel bei der Anlage der Hochgeschwindigkeitsstrecke (HSL) oder der Betuwelinie verwendet werden.

### Für die Anlage benötigte Geräte

- Sanierung der Baustelle
  - 1 oder 2 Sauganlagen mit Hilfsfahrzeugen
  - hydraulische Kräne auf Schuten
  - Schubleichter und Schiffe mit offenem Laderaum
  - Peilschiffe
- Ausbaggern der Grube
  - Schneidkopfsaug und Gewinnungsbagger mit Hilfsfahrzeugen
  - hydraulische Kräne auf Schuten-Schwimm-rohrleitungen und Umlagerungsanlagen
  - Schubleichter und Schiffe mit offenem Laderaum
- Anlage Ringdeich, Naturlandschaft und Anlagengelände
  - Schwimmrohrleitungen, Spritzponton und Hilfsfahrzeuge
  - Bulldozer, Löffelbagger, hydraulische Kräne und Container (für den Maschinentransport).

#### 4.4.2 Das Grubendepot Cromstrijen

Die Grube von Cromstrijen ist durch Sandgewinnungsarbeiten in den sechziger und siebziger Jahren entstanden. Seit 1963 wird dort Sand gewonnen und 1964 erteilte die Rijkswaterstaat die Genehmigung, die entstandene Vertiefung zur Einlagerung der nicht brauchbaren Erde aus der Grube und von Baggergut, das bei der Instandhaltung von Häfen, Fahrrinnen und bei Bau- und Sanierungsarbeiten im Hollandsch Diep anfällt, zu benutzen. Bis 1986 wurden etwa 28 Mio. m<sup>3</sup> Sand und Erde ausgehoben. 8 Mio. m<sup>3</sup>, die unbrauchbare holozäne Oberschicht, wurden zurückgeschüttet. Des weiteren wurden dort 4,4 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut dort eingelagert; 1,0 Mio. m<sup>3</sup> davon ist 'gebietsfremdes' Baggergut.

Die bereits bestehende Grube Cromstrijen liegt am Nordufer des Hollandsch Diep und ist circa 2900 m lang und höchstens 650 m breit. Die durchschnittliche Grubentiefe beträgt circa 7 m, die maximale Tiefe ist 14 m. Die Fläche dieser offenen Grube ist circa 150 ha. Dieses Depot wird in Phase 1 gefüllt und hat bei einem maximalen Einlagerungsniveau von 5 m unter dem NAP ein Fassungsvermögen von circa 11 Mio. m<sup>3</sup>.

Bei der hier beschriebenen bevorzugten Variante wird stromaufwärts (Ostseite) eine meterhohe Unterwasserschwelle angelegt, die die Strömungsgeschwindigkeit über der Grube drosselt und somit die Gefahr der Erosion und des Verlustes von Baggergut bei der Einlagerung reduziert.



#### 4.4.3 Grubendepot ‚Mitte‘

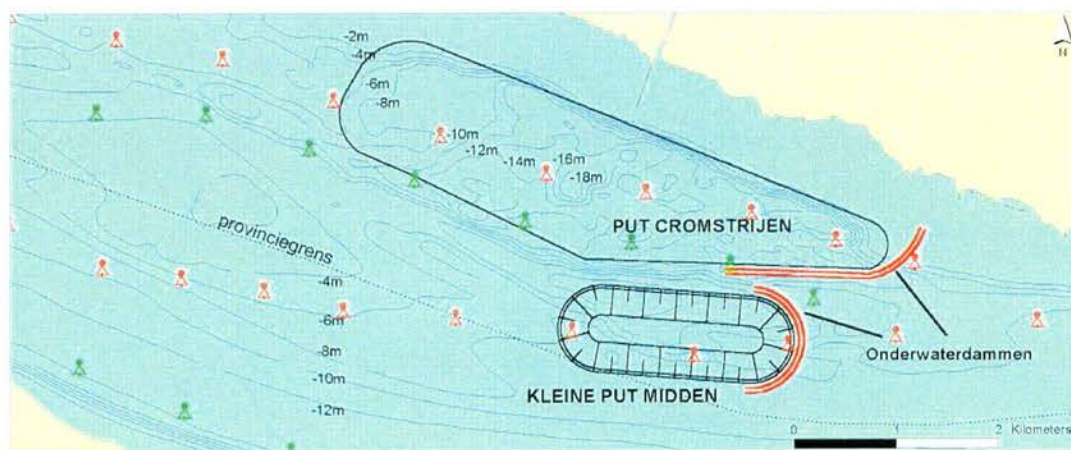
##### Fassungsvermögen des Depots

Das Grubendepot ‚Mitte‘ wird möglicherweise in der zweiten Phase eingerichtet und mit 10 Mio. m<sup>3</sup> in-situ-Sedimenten gefüllt. Der Volumenfaktor ist auf ungefähr 1,0 bemessen; das bedeutet ein Fassungsvermögen von 10 Mio. m<sup>3</sup>, was der Menge des in-situ-Baggerguts entspricht.

##### Formgebung und Dimensionierung

Die Depotmaße wurden aufgrund des erforderlichen Fassungsvermögens und der Entwurfsbedingungen (Hang = 1:4, Grubentiefe 45 m unter dem NAP) festgelegt. Das Depot ist circa 1200 m lang und 450 m breit, beides auf Gewässerbodenniveau. Das maximale Einlagerungsniveau ist 1 m unter dem tiefsten Punkt des Gewässerbodens: 10 m unter dem NAP. Die Fläche des Depots beträgt auf Gewässerbodenniveau circa 55 ha einschließlich der Unterwasserschwelle (vgl. Abbildung A - 58).

Abbildung A - 58: Grubendepot Cromstrijen und Grubendepot Mitte mit Unterwasserschwelle



##### Unterwasserschwelle

Die Anlage einer Unterwasserschwelle rund um oder auf der Stromaufwärtsseite der offenen Grube ist eine effektive Maßnahme zur Reduzierung der Ausschwemmung von Baggergut. Einerseits wird so die Ausschwemmung von Baggergut aus der Grube reduziert und andererseits wird der aktuelle Einlagerungsverlust verringert. Die Strömung wird durch diese Unterwasserschwelle um circa 60% gedrosselt.

Die maximale Höhe der Unterwasserschwelle basiert auf einer 'minimalen Wassertiefe über der Krone' von 3 m hinsichtlich des mittleren Wasserstands. Diese Tiefe gilt für die Vergnügungsschifffahrt (die Grube liegt nicht im Bereich der Wasserstraße).

Die Unterwasserschwelle befindet sich an der Ostspitze der Grube. Die Kronenhöhe liegt auch hier ca. 2,5 m unter dem NAP. Die Schwelle ist aus Sand, geschützt durch ein Senkstück mit Bruchstein.

##### Ausführung und Bodenversatz

Vor dem Ausbaggern der Grube müssen circa 300.000 m<sup>3</sup> Sanierungsbaggergut beseitigt werden. Dieses Baggergut wird in der Grube Cromstrijen untergebracht. Die

Sanierung erfolgt mit einem oder zwei Sauganlagen. Anschließend wird die Grube mit Schneidkopfsaugbaggern und/oder Gewinnungsbaggern ausgebaggert. Dabei fallen ca. 11 Mio. m<sup>3</sup> Erde an: 7 Mio. m<sup>3</sup> Sand, 3 Mio. m<sup>3</sup> Ton und 1 Mio. m<sup>3</sup> Mischprodukte.

In der dichtenden Tonschicht auf dem Depotboden werden circa 0,3 Mio. m<sup>3</sup> Ton verarbeitet und in der Unterwasserschwelle circa 0,2 Mio. m<sup>3</sup> Sand, so dass noch 10,5 Mio. m<sup>3</sup> Erde anderweitig untergebracht werden müssen.

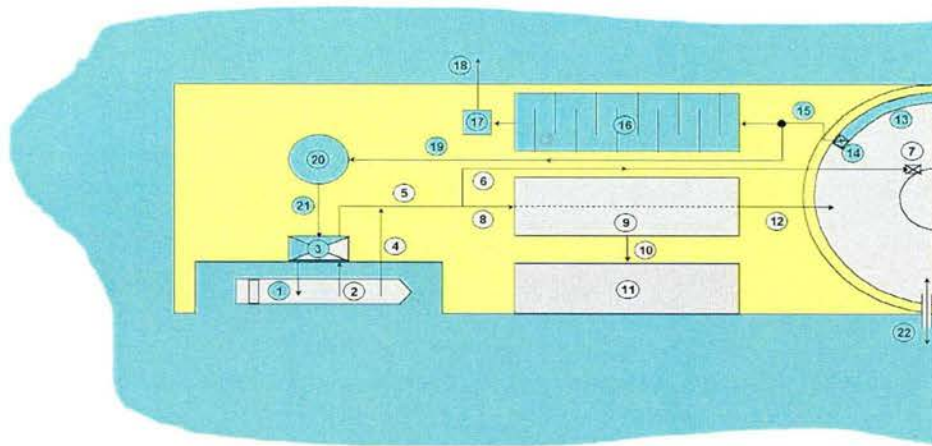
## 4.5 Der Betrieb des Depots

### 4.5.1 Das eingedeichte Depot Ost

#### Einrichtungen für die Um- und Einlagerung

In Abbildung A - 59 sind die Baggergut- und Rückwasserströme mit den erforderlichen Einrichtungen auf dem Anlagengelände und im Depot dargestellt.

Abbildung A - 59: Verfahren und Anlagen auf dem Anlagengelände



- 1 = Jetwasser ('Verdünnungswasser') mit einer Sauganlage in den Transportbehälter
- 2 = Baggergut mit einer Sauganlage aus dem Transportbehälter
- 3 = Sauganlage
- 4 = Baggergut über den Ankoppelpunkt aus dem Transportbehälter pumpen
- 5 = Transportrohr für Baggergut
- 6 = schlammreiches Baggergut direkt im Depot ablagern
- 7 = Ablagerponton mit einem Diffusor
- 8 = sandhaltiges Baggergut zu den Sandtrennungsbecken
- 9 = Sandtrennungsbecken
- 10 = Sand zum vorübergehenden Lager
- 11 = Vorübergehendes Lager für Sand (nach der Behandlung des Baggerguts)
- 12 = Rückstände nach der Behandlung von Baggergut im Depot ablagern
- 13 = Absetzzone Rückwasser
- 14 = Rückwasserpumpe
- 15 = Rückwasserrohr
- 16 = Absetzbecken für Rückwasser
- 17 = Nachbehandlung von Rückwasser (eventuell)
- 18 = Einleitungsstelle Rückwasser
- 19 = Rückwasser zum Jetwasserpuffer
- 20 = Jetwasserpuffer
- 21 = Jetwasser
- 22 = Ein- und Ausfahrt der Kammerschleuse mit Transportbehälter/Baggerschiff.



Die wichtigsten Einrichtungen werden nachstehend beschrieben. Für die Umlagerung des Baggerguts sind die folgenden Einrichtungen erforderlich:

- Anlegeeinrichtungen
- Umlagerungseinrichtungen, Kammerschleuse und Einlagerungseinrichtung (Nr. 1 - 7 und Nr. 19 - 22);
- Einrichtungen für die Trennung von Sand und Baggergut (Nr. 8 – 12)
- Rückwassereinrichtungen (Nr. 13 - 18).

Im ersten Teil der Einlagerungsphase wird das Baggergut mit Schiffen durch die Kammerschleuse zum Depot gebracht, im zweiten Teil wird das Depot hydraulisch gefüllt (vgl. Abbildung A - 56). In der Einlagerungsphase und auch danach (in der Nachsorgephase) wird das Depot an Hand eines UVB und durch Monitoring regelmäßig bewertet. Trotz aller Sorgfalt bei der Vorbereitung könnten immerhin unvorhergesehene und unerwünschte Auswirkungen auftreten. Diese werden bei der Bewertung aufgezeichnet; nötigenfalls werden Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung getroffen. (Ausführung durch den Betreiber, Bewertung durch die für die Genehmigung zuständige Behörde).

#### **Einrichtungen für die Behandlung von Baggergut**

Auf dem Anlagengelände befinden sich zwei Sandtrennungsbecken. Sandhaltiges Baggergut (Sandgehalt > 50-60%) wird in diese Becken gepumpt; der Sand setzt sich ab und die Schlammrückstände werden im Depot abgelagert. Der (saubere) Sand wird vorübergehend auf dem Gelände abgesetzt und regelmäßig per Schiff abtransportiert.

##### **4.5.2 Grubendepot Mitte**

Das Depot wird 10 Jahre lang mit Klappschuten gefüllt. Die erforderlichen Einrichtungen beschränken sich auf die Anlage einer Betonung rund um das Depot und einen Ablagerponton an der Löschstelle für die Schiffe.

Für die Überwachung der Grube können Vermessungsschiffe eingesetzt werden, die regelmäßig Oberflächenwasser-, Grundwasser- und Bodenproben entnehmen.

#### **4.6 Isolation**

##### **4.6.1 Isolation 'Depot Ost'**

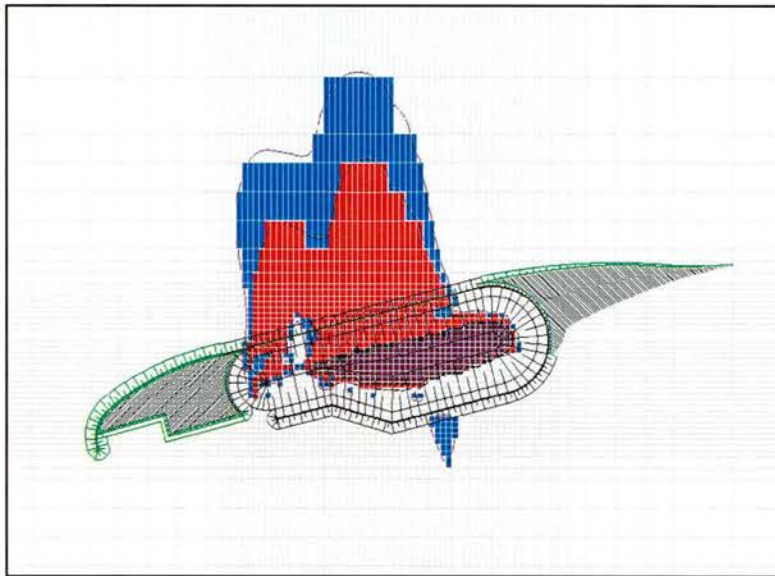
Modellberechnungen der Migration in das Grundwasser ergaben, dass Dichtungsmaßnahmen getroffen werden mussten (siehe Abbildung A - 60). Man entschied sich für die folgenden Maßnahmen:

- 1.) Das Anbringen einer mindestens 1 Meter dicken, dichtenden Tonschicht auf dem Depotboden. Die Verunreinigungen werden durch die Tonpartikel adsorbiert, und die Tonschicht ist weniger durchlässig als der Untergrund.
- 2.) Wasserstandsregulierung im Depot in der Einlagerungsphase. Der Wasserstand im Depot wird dem mittleren Außenwasserstand angepasst, so dass die Versickerung von verunreinigtem Depotwasser in den Boden eingegrenzt wird.



- 3.) Das Abdecken des Baggerguts im Depot in der Nachsorgephase. Die Abdeckschicht ist minimal 1 m dick und besteht aus einem an organischen Stoffen reichhaltigen (diffusionshemmenden!) Material auf Geotextil.
- 4.) Geohydrologische Dichtung. Wegen der Strömungsrichtung des Grundwassers im zweiten Wasserleiter (von Süd nach Nord) wird eine Brunnengalerie an der Nordseite des Depots angebracht. Die Effektivität der geohydrologischen Dichtung wird mit Hilfe eines Überwachungsprogramms gemessen.

**Abbildung A - 60: Ausbreitung für  $\gamma$ -HCH nach 10.000 Jahren beim Depot Ost (mit Dichtungsmaßnahmen)**



#### **4.6.2 Grubendepot Cromstrijen**

Die Modellberechnungen der Migration (Abbildung A - 61) ergaben, dass durch Konsolidierung von Baggergut auch Porenwasser in das Oberflächenwasser migriert; deshalb soll die Oberseite des Grubendepots zusätzlich mit einer diffusionsreduzierenden Abdeckschicht abgedeckt werden. Die Dichtungsmaßnahmen umfassen die Abdeckung der Grube mit einer dichtenden und an organischen Stoffen reichhaltigen Erdschicht und ein geohydrologisches Dichtungssystem wie beschrieben bei dem eingedeichten Depot. Mit dieser Abdeckung wird auch die Erosion des Baggergutes verhindert. Darüber hinaus schirmt die Abdeckschicht das Baggergut vom Ökosystem ab.

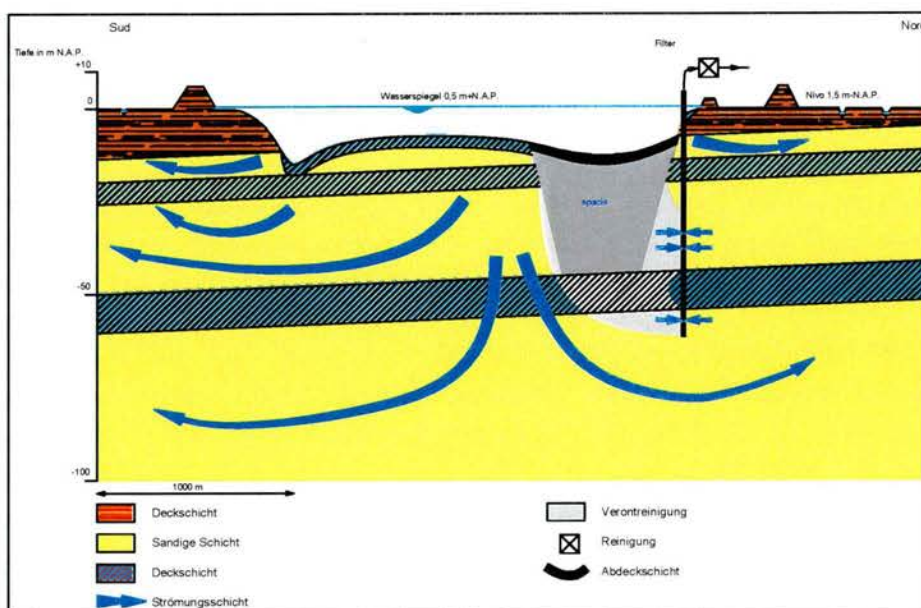
#### **4.6.3 Grubendepot Mitte**

Bei der Grube am Standort Mitte ergab die Prüfung der Migration, dass keine Dichtung erforderlich ist. Trotzdem wird aus ALARA-Erwägungen auf dem Boden der Grube eine mindestens 1 m dicke Tonschicht angebracht. Trotz der verhältnismäßig geringen Bodenfläche (13 ha) kann diese Tonschicht die Migration von Verunreinigungen in den Boden verhindern. Der Ton wird aus einem vorübergehenden Depot geholt, das beim Ausbaggern der Grube angelegt wurde. Das Fassungsvermögen beträgt wegen der Baggertoleranz auf dem Grubenboden



circa 0,25 Mio. m<sup>3</sup> für eine durchschnittlich 2 m dicke Schicht. Nach der Einlagerungsphase wird das Baggergut im Depot mit einer sauberen, an organischen Stoffen reichhaltigen Erdschicht abgedeckt (über eine Fläche von circa 50 ha). Diese Schicht wirkt erosions- und diffusionshemmend. Die für diese 1 m dicke Abdeckschicht benötigte Menge Erde beträgt circa 0,5 Mio. m<sup>3</sup>. Diese Erde muss von woanders antransportiert werden.

**Abbildung A - 61: Skizze der Dichtungsmaßnahmen des Grubendepots Cromstrijen:**  
Diese Maßnahmen umfassen die Abdeckung der Grube mit einer dichtenden und an organischen Stoffen reichhaltigen Erdschicht sowie ein geohydrologisches Dichtungssystem.



## 4.7 Die Auswirkungen der Depots

Depots für die Unterbringung von Baggergut haben Auswirkungen auf das Grund- und Oberflächenwasser, den Boden, Lärm, die Natur, die Landschaft und andere räumliche Funktionen. In den folgenden Abschnitten werden die Auswirkungen der bevorzugten Variante kurz beschrieben.

### 4.7.1 Natürliches Umfeld

#### Grundwasserqualität: Prüfung an den Richtlinien

Die Auswirkungen der Unterbringung von Baggergut auf die Grundwasserqualität wurden mit den Programmen MODFLOW und MT3D berechnet. Die Prüfung der Auswirkungen ist erfolgt mit Hilfe der drei Schritte des Politischen Standpunkts zur Entsorgung von Baggergut (BvB).

##### Schritt 1: Die Prüfung am Zielwert

Bei dem in den Grubendepots unterzubringenden Baggergut wird von den Zielwertgehalten ausgegangen. In dem eingedeichten Depot wird von der Sanierung von 'Hotspots' stammendes Baggergut untergebracht: Restprodukte

der Behandlung von Baggergut und gebietsfremdes Baggergut. Es wird angenommen, dass der Verunreinigungsgrad zweimal so hoch ist wie die Zielwertgehalte (vgl. Tabelle A - 29).

**Tabelle A - 29: Porenwasserkonzentration und Zielwerte**

Parameter	Porenwasserkonzentration [mg/m³]			
	Grube Cromst./ Mitte	Eingedeichtes Depot Ost		Zielwert BvB
	Zielwert Gehalte	'Hot spots'	Restprodukte der Behandlung	
Naphtalin	12,4	* 2	0,09	0,1
Phenanthren	1,75	* 2	0,35	0,02
Fluoranthren	0,86	* 2	0,38	0,005
Benzo(k)fluoranthren	0,11	* 2	Nicht bekannt	0,001
Benzo(a)pyren	0,13	* 2	0,19	0,001
PCB-28	0,017	* 2	0,018	0,01
PCB-153	0,009	* 2	0,009	0,01
γ-HCH	0,14	* 2	0,0015	0,0002
2,4-DDT	0,004	* 2	Nicht bekannt	0,0002

Die Porenwasserkonzentrationen wurden anhand der Zielwertgehalte und der Verteilungskoeffizienten berechnet. Sowohl bei den Gruben als auch bei dem eingedeichten Depot übersteigen die Konzentrationen den Zielwert: für alle Depots sind weitere Verteilungsberechnungen erforderlich.

#### *Schritt 2: Die Prüfung an der Migrationsrichtlinie*

Die Migration verschiedener Stoffe aus dem Depot wurde ermittelt. Die Ergebnisse der Berechnungen für das eingedeichte Depot und die Gruben sind in Tabelle A - 30 dargestellt.

Der Fluss ist für verschiedene Stoffe (unter anderem für γ-HCH, den meist kritischen Stoff) höher als zulässig; somit wird Schritt 2 des BvB nicht entsprochen. Das verunreinigte Volumen nach 10.000 Jahren muss ermittelt werden.

**Tabelle A - 30: Die Fluxen von Verunreinigungen nach dem Boden [mg/ha/Jahr]**

Leitstoffe	Eingedeichtes Depot		Grube von Cromstrijen		Grube Mitte		Richtlinie
	100 Jahre	250 Jahre	100 Jahre	250 Jahre	100 Jahre	250 Jahre	
Naphtalin	155	154	66,63	48,72	398	291	200
Phenanthren	21,9	21,8	9,54	7,03	57	42	40
Fluoranthren	10,8	10,8	4,69	3,52	28	21	10
Benzo(k)fluoranthren	1,39	1,38	0,60	0,44	3,6	2,6	4
Benzo(a)pyren	1,61	1,60	0,70	0,52	4,2	3,1	4
PCB-28	0,22	0,21	0,09	0,07	0,56	0,41	20
PCB-153	0,12	0,11	0,05	0,04	0,30	0,22	20
γ-HCH	1,71	1,70	0,74	0,54	4,41	3,23	0,4
2,4-DDT	0,05	0,05	0,02	0,02	0,12	0,09	0,4

#### *Schritt 3 : Die Prüfung an dem zulässigen verunreinigten Volumen nach 10.000 Jahren*

Die Migrationsberechnungen wurden für den meist kritischen/mobilen Stoff durchgeführt: γ-HCH.



- *Eingedeichtes Depot:* Bei dem eingedeichten Depot beträgt das verunreinigte Volumen nach 10.000 Jahren 23 Mio. m<sup>3</sup> und übersteigt somit das Depotvolumen (10 Mio. m<sup>3</sup>). Also sind ergänzende Dichtungsmaßnahmen erforderlich. Diese sind beschrieben in Abschnitt 6: Dichtung.
- *Grube Cromstrijen:* Das verunreinigte Volumen ist 5 x so groß als das Depotvolumen. Die Migration in das Grundwasser und das verunreinigte Grundwasservolumen überschreiten die Richtlinien des Politischen Standpunkts. Deshalb sind zusätzliche Dichtungsmaßnahmen erforderlich.
- *Grube Mitte:* Das verunreinigte Volumen entspricht dem Depotvolumen; somit entspricht die Grube Mitte den Richtlinien. Zusätzliche Dichtungsmaßnahmen sind nicht erforderlich (aber selbstverständlich regelmäßige Überwachung des Grundwassers).

### Grundwasserstände

In der Einlagerungs- und Nachsorgephase eines Depots werden im Umfeld des Hollandsch Diep keine Veränderungen des Grundwasserstands über 0,05 m erwartet. Die daraus entstehenden Auswirkungen auf die Natur sind minimal.

### Oberflächenwasser

Zur Ermittlung der in das Oberflächenwasser migrierenden Frachten müssen die ins, über das und aus dem Depot fließenden Wassermengen bekannt sein. Bei beiden Gruben sind die mittlere Austauschmenge über der Grube und das ausgepresste Porenwasser wichtig (vgl. Tabelle A - 31). Die Wasserbilanz des eingedeichten Depots ist in Tabelle A - 32 dargestellt.

**Tabelle A - 31: Austauschmenge und ausgepresstes Porenwasser in der Einlagerungsphase 10 Jahre Nachsorgephase**

Gruben	Austauschmenge in der Einlagerungsphase über der Grube [m <sup>3</sup> /s]	Konsolidationsvolumen insgesamt [Mio. m <sup>3</sup> ]
Grube Cromstrijen	240	3,2
Grube Mitte	120	2,5

**Tabelle A - 32: Wasserbilanz Depot Ost (in Mio. m<sup>3</sup>)**

Ein- und austretende Ströme			Einlagerungsphase 1	Einlagerungsphase 2	Nachsorgephase bis zur Abdeckung	Gesamt
		Zeitraum	8 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	28 Jahre
EIN	1	Durch die Schleuse beim Schleusen	0,6	0	0	0,6
	2	Überschwemmung Ringdeich	0,1	0,15	0,15	0,4
	3	Wellenüberschlag	1,5	1,8	1,8	5,1
	4	Verdrängung bei der Einlagerung	9	4,8	0	13,8
	5	Niederschlag	0,3	0,3	0,3	0,9
	6	Sickerung aus dem Boden	0	0	0	0
AUS	1	Durch die Schleuse beim Schleusen	0,6	0	0	0,6
	2	Versickerung in den Boden	0,2	0,2	0,2	0,6
	3	Rückwasser	10,7	6,9	2,0	19,6



Die in das Oberflächenwasser migrierenden Frachten wurden für fünf aufgrund ihrer Mobilität und Toxizität gewählte Leitstoffe berechnet. Die Verunreinigungsfrachten sind dargestellt in Tabelle A - 33.

**Tabelle A - 33: In das Oberflächenwasser migrierende Verunreinigungsfrachten**

Gesamtfracht in der Füll- und Nachsorgephase (bis 10 Jahre nach Ende der Einlagerungsphase) [kg]				
Leitstoff	Eingedeichtes Depot [Einlag.+Nachsorge= 28 Jahre]	Grube Cromstrijen [Einlag.+Nachsorge= 20 Jahre]	Grube Mitte [Einlag.+Nachsorge= 20 Jahre]	Derzeitige Situation: Fracht Holl. Diep [28 Jahre]
Fluoranthren	39	620	567	16.210
Benzo(a)pyren	5	167	156	7.590
γ-HCH	2	5	4	760
PCB-153	0	12	12	80
Cadmium	50	1.704	1.699	43.260

Die Gesamtfracht aus dem eingedeichten Depot ist um den Faktor 17 geringer als die Gesamtfracht aus einer offenen Grube. Die Ursache ist die viel geringere Rückwassermenge des eingedeichten Depots im Vergleich zu der Austauschmenge über den Gruben Cromstrijen und Mitte.

Die Fracht aus der Grube Cromstrijen und dem Depot Mitte entspricht 1 bis 4% der Fracht im Hollandsch Diep. Eine Ausnahme ist die PCB-Fracht: diese beträgt 16% der Gesamtfracht. Die Fracht aus dem eingedeichten Depot beträgt 0,1 bis 0,3% der Fracht im Hollandsch Diep.

### Flussmorphologie

An dem eingedeichten Depot wird der Strömungsquerschnitt schmaler; dadurch kann lokale Abschwemmung und Abrasion der Rinnen und untiefen Sandbänke am Depot auftreten. Der übrige Strömungsquerschnitt ist jedoch viel größer als das Gleichgewichtsprofil (Profil, wobei keine Erosion oder Sedimentierung erfolgt). Eine Veränderung der autonomen flussmorphologischen Entwicklung ist somit nicht wahrscheinlich.

### Die Natur

Die Anlage und der Betrieb der bevorzugten Variante wirken sich auf die Umwelt aus.

- Verlust an Gewässerbodenfläche und Wasservolumen
  - Makrofauna: Ein Verlust an Bodenfauna bedeutet weniger Nahrung für manche Fische und Vögel. Da die Fläche, auf der im Hollandsch Diep Nahrung beschafft werden kann, jedoch sehr groß ist, ist die Auswirkung der Depots begrenzt.
  - Fische: Das eingedeichte Depot nimmt ca. 7 Mio. m<sup>3</sup> Lebensraum der Fische ein. Bei Cromstrijen wird eine vorhandene Grube gefüllt, wodurch ca. 5 Mio. m<sup>3</sup> verloren gehen. Durch die Grube Mitte entsteht ca. 1 Million m<sup>3</sup> Lebensraum. Das Gesamtvolumen des Hollandsch Diep beträgt 270 Mio. m<sup>3</sup>.
  - Vögel: Bei Gruben geht keine Wasseroberfläche und somit auch kein Ruhegebiet verloren. Das eingedeichte Depot liegt an der Sandbank Sassenplaat; in diesem Gebiet lassen sich zahlreiche Wasservögel nieder.



Der Verlust wird nach der Fläche des eingedeichten Depots bemessen: 95 ha. Die Beeinflussung ist vorübergehender Art.

- **Störung**

Bei der Anlage, der Einlagerung und der Nachsorge der Depots können Lärm und die Bewegung von Schiffen, Fahrzeugen und Arbeitskräften Wasservögel stören. Bei der Bestimmung des Ausmaßes der Auswirkung wurde davon ausgegangen, dass sich die Störung der Wasservögel über einen 200 m weiten Umkreis des (Bagger-)fahrzeugs über der Grube und den Teil der Sassenplaat erstreckt, der nicht weiter als 200 m von dem eingedeichten Depot entfernt ist.

- **Beeinflussung des Lärmschutzgebiets**

In der normativen Situation wird in 300 ha Lärmschutzgebiet der Zielwert von 40 dB(A) überschritten. Die normative Situation umfasst die folgenden Aktivitäten: Füllen der Grube Cromstrijen + Füllen des eingedeichten Depots + Anlage Grube Mitte, vgl. Abbildung A - 62.

- **Möglichkeiten zur Landschaftsentwicklung**

Bei den Gruben ist an der Wasseroberfläche nichts sichtbar. Auf der Nordseite des eingedeichten Depots ist ein begrenzter Raum für Ufervegetation, die wegen der landschaftlichen Eingliederung in erster Linie aus Weidengesträuch bestehen wird. In diesem Gesträuch können sich Reiher oder Kormorane niederlassen. Auf dem Deich des eingedeichten Depots entstehen Brutplätze für einige Wasservogelarten. Zwischen der Sassenplaat und dem Depot ist Landschaftsentwicklung geplant. Nach der Abrundung der Einlagerungsphase ist Landschaftsentwicklung auch im Depot selbst möglich.

**Abbildung A - 62: Störung des Lärmschutzgebiets in der normativen Situation**



### Landschaft

Das eingedeichte Depot schließt an die Sassenplaat an, befindet sich jedoch nicht in dem Gebiet zwischen Willemstad und Numansgors, das als sehr große offene Wasserfläche betrachtet wird. Die visuelle Beeinträchtigung bleibt somit begrenzt.

Am Nordufer des Depots ist Raum für die Bepflanzung mit Weiden. Diese Bepflanzung ist charakteristisch für die Landschaft (siehe auch Abbildung A - 65.)

**Abbildung A - 63: Fotoanimation Inseldepot ‚Ost‘ im Hollandsch Diep**

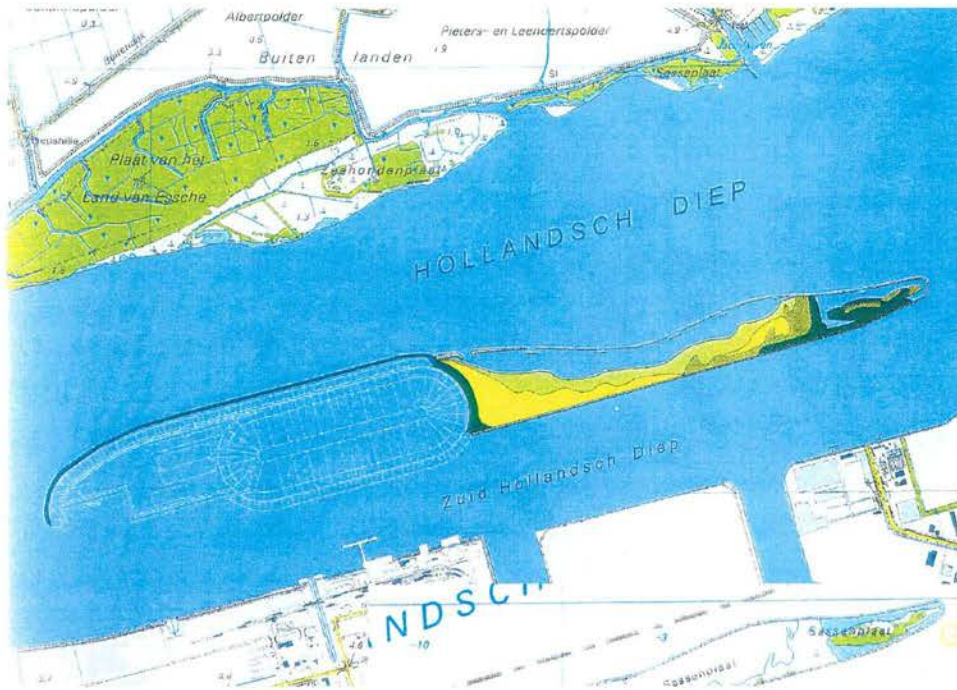


**Abbildung A - 64: Fotoanimation eines eingedeichten Depots (Inseldepot) im Hollandsch Diep (Endgültige Situation)**





**Abbildung A - 65: Der Nordufer 'Sassenplaat' wird als Naturgebiet eingerichtet.**  
**[Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland, 2001]**



### **Kulturgeschichte und Archäologie**

Auswirkungen auf kulturhistorische Wertigkeiten sind nicht zu erwarten. Im weiteren Verlauf dieses Projekts wird auf das eventuelle Vorhandensein archäologischer Wertigkeiten geachtet.

#### **4.7.2 Wohn- und Lebensumfeld**

Ob und inwiefern das Wohnumfeld beeinträchtigt wird, hängt von der Beziehung des Wohnumfeldes zum Wasser, der Entfernung zum Depot und der Größe und Sichtbarkeit eines Depots ab. Das eingedeichte Depot ist dauernd sichtbar (in jedem Fall 20 Jahre), liegt jedoch ca. 2,5 km von Noordschans und ca. 2 km von Strijensas entfernt. Das Wasser ist bei beiden Dörfern außer Sichtweite und die anderen Wohngebiete sind noch viel weiter entfernt. Die Beeinflussung der beiden Gruben ist gering und nur das Material vor Ort ist sichtbar.

Geruchs- und Staubbelästigung sind nicht zu erwarten; das gleiche gilt für die Lärmbelästigung der Wohn- und Erholungsgebiete. Eine Untersuchung ergab, dass sich im Bereich des normativen Schalldruckpegels (=50 dB(A) Tagesdurchschnitt) keine Wohn- und Erholungsgebiete befinden. Für die Gesundheit des Menschen liegt keine Gefahr vor. Das Risiko eines Gefahrgutunfalls bei den Depots ist (äußerst) klein.

#### **4.7.3 Raumnutzung und Wirtschaft**

##### **Flusswasser- und Eisabfluss**

Die Gabelung Hollandsch Diep - Dordtsche Kil wird als die Westgrenze des Gebiets betrachtet, auf das sich das politische Programm 'Raum für den Fluss' bezieht. Der normative Hochwasserstand (MHW) an dieser Gabelung wurde bei einer

Überschreitungsfrequenz von 1/2000 im Jahr bestimmt. An dieser Stelle beträgt der Anstieg des MHW nach der Anlage des eingedeichten Depots circa 7 mm. Die Beeinflussung auf das Überflutungsrisiko bei normativen Hochwasserständen ist unerheblich. Bei Gruben ist von einer Beeinflussung keine Rede.

Bei Tauwetter nach einem strengen Winter fungiert der südliche Rand des Nördlichen Deltabeckens als Eisabfluss. Diese Funktion wird durch die Grubendepots nicht beeinträchtigt und bei dem eingedeichten Depot ist der übrige Strömungsquerschnitt groß genug für den Abfluss des Eises.

### Schifffahrt

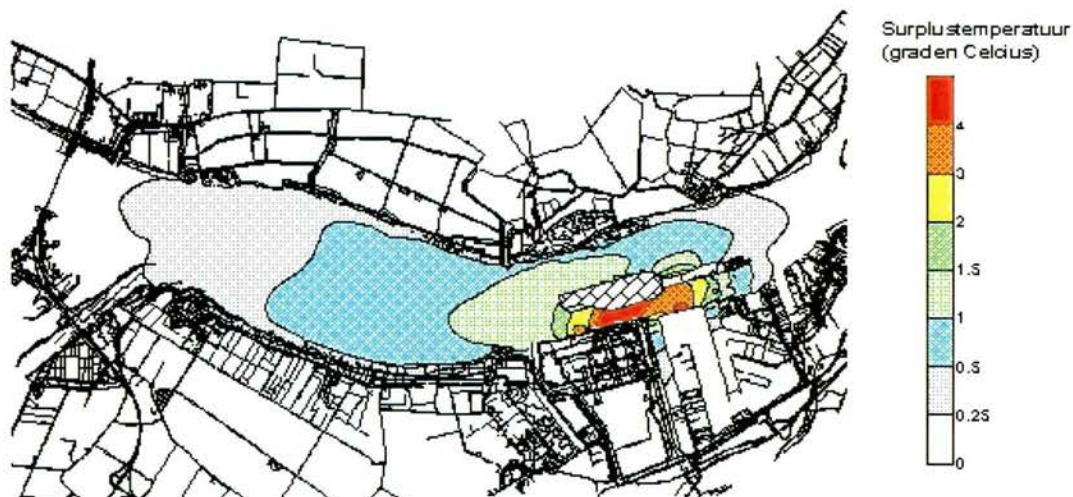
Bei einem eingedeichten Depot wird der Strömungsquerschnitt verschmälert und die Strömungsgeschwindigkeit lokal erhöht. Dies kann sich auf die Navigation und Steuerfähigkeit der Schiffe auswirken. Auf der Südseite des eingedeichten Depots (Hafengebiet Moerdijk) nimmt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit um ca. 8 % zu. Diese Zunahme führt jedoch nach anfänglicher Gewöhnung nicht zu einer völlig neuen oder extremen, unakzeptablen Schifffahrtssituation.

Für die Vergnügungsschifffahrt vom Jachthafen Noordschans aus kann das eingedeichte Depot eine Sichtbehinderung darstellen.

### Kühlwasser

Die Wasserbewegung wird sich durch die Anlage eines eingedeichten Depots ändern; dies wirkt sich auf die Überschusstemperatur und die Rückführung industrieller Kühlwassereinleitungen in das Hollandsch Diep aus. Nach den Berechnungen mit dem 3D-Wasserqualitätsmodell Delft3D-Waq wird die Überschusstemperatur der Wasseroberfläche am Südufer kaum von der Temperatur in der jetzigen Situation abweichen.

**Abbildung A - 66: Temperaturanstieg durch Kühlwassereinleitungen nur begrenzt durch die Anlage des eingedeichten Depots beeinflusst**



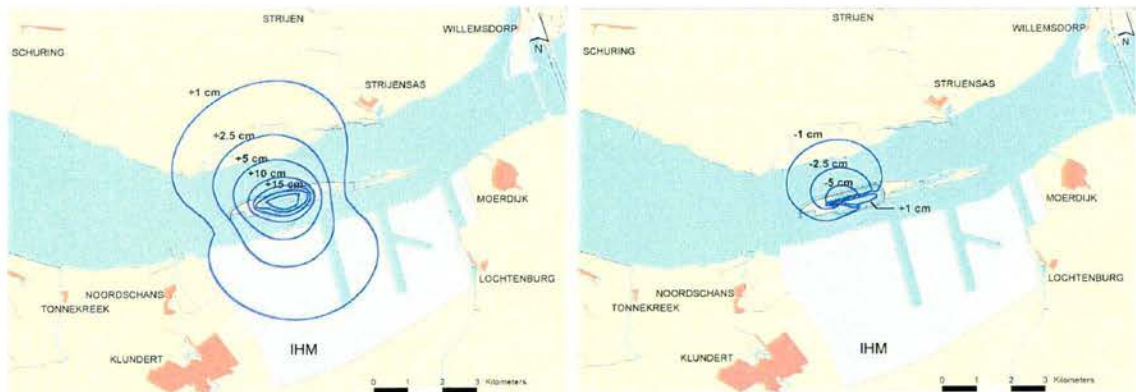
### Grundwasserregulierungssystem von Shell Chemie Moerdijk (GBS)

Die Auswirkungen auf das Grundwasserregulierungssystem wurden mit Hilfe des Grundwasserströmungsmodells MT3D ermittelt. Abbildung A - 54 stellt die Anstiege und Senkungen der Steighöhe im ersten Wasserleiter dar. Trotzdem die Steighöhe



im ersten Wasserleiter örtlich um einige Zentimeter ansteigt, ist der Einfluss auf die Funktion des GBS unerheblich.

**Abbildung A - 67: Die Auswirkungen der Anlage (links) und eines gefüllten Depots auf die Steighöhe unten im ersten Wasserleiter**



### Landbau

Durch die Anlage des Depots Mitte steigt der Grundwasserspiegel um 5 bis 10 cm an. 48 ha der beeinflussten Fläche am Nordufer werden landwirtschaftlich genutzt. In der Betriebs- und Nachsorgephase sinkt der Grundwasserspiegels maximal 5 cm.

### Fischerei

Durch die Anlage des Depots gehen der gewerblichen Fischerei 145 ha Fischwasser verloren (von den insgesamt 3000 ha des betreffenden Unternehmens).

#### 4.7.4 Dauerhaftigkeit

Bei der Realisierung der Depots wird – ganz im Sinne der Rijkswaterstaat – eine dauerhafte Lösung angestrebt. Der allgemeine Zweck des dauerhaften Bauens ist, zu verhindern, dass künftige Generationen mit schädlichen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt konfrontiert werden, die nicht oder nur sehr mühsam (und mit hohem Aufwand) rückgängig zu machen sind.

Bei der Auswahl der bevorzugten Variante wurden die folgenden Aspekte der Dauerhaftigkeit in Betracht gezogen:

- Erhaltung des Zukunftspotentials und Einschränkung der Auswirkungen auf die Umgebung
  - Durch die Kombination offener Gruben mit einem kleinen eingedeichten Depot ist der Charakter des Oberflächengewässers weitgehend erhalten geblieben
  - Kürzere Realisierungszeiten
- Weniger Energieverbrauch, weil bei einem einfahrbaren Depot weniger Bodenversatz und Abtransport von verunreinigter, unbrauchbarer oder überschüssiger Erde erforderlich ist
- Geringerer Verbrauch von Primärrohstoffen; ein einfahrbares eingedeichtes Depot mit einem niedrigen Ringdeich erfordert weniger Verbrauch von Primärrohstoffen (Sand, Ton und Bruchsteine); durch die Verarbeitung von Baggergut kann der Verbrauch von Primärrohstoffen reduziert werden

- Weniger Abfall; bei einem kleineren Depot müssen weniger verunreinigte Sedimente beseitigt werden

#### 4.8 Genehmigungen

Für den Betrieb des eingedeichten Depots Ost und der Grube Cromstrijen wurden im Januar 2001 aufgrund des Umweltschutzgesetzes (Wm) und des Gesetzes über die Verschmutzung von Oberflächengewässern (Wvo) Genehmigungen beantragt. Die Anträge werden momentan durch die zuständige Behörde geprüft. Wenn die Grube Mitte in Phase 2 in Gebrauch genommen werden muss, müssen wieder entsprechende Genehmigungen beantragt werden. Die Genehmigungen werden für 10 Jahre beantragt.

Bei dem Antrag auf die Wm-Genehmigung für die Grube Cromstrijen handelt es sich um eine Erneuerung der vorhandenen Genehmigung. Diese Grube wird nämlich schon seit 1963 als Baggergutdepot benutzt.

Bei der Beantragung der Wm-Genehmigung sind besonders die Auswirkungen des Betriebs der Depots auf das Umfeld maßgeblich. Der Antrag enthält die folgenden Informationen:

- Allgemeine Daten, wie den Namen des Antragstellers, den Antragsgegenstand, die Gültigkeitsdauer der Genehmigung, vermessungsamtliche Daten, die Politik usw.
- Beschreibung des Standorts und der Einrichtung: Lage, Geschichte, Geologie, Hydrologie, Wasserstand, sonstige ortsspezifische Verhältnisse usw.
- Beschreibung der Annahmekriterien der Baggergutqualität und Herkunft: die Erweiterung der Annahmekriterien, die Mengen, die Aufzeichnung der Einleitungen von Baggergut usw.
- Die Auswirkung der Einlagerung des Baggerguts auf die Umwelt: Lärm, Geruch, Grundwasser, Oberflächenwasser, Ökologie und Landschaft
- Die Maßnahmen zur Beschränkung nachteiliger Umweltauswirkungen wie Dichtung, Kontrolle des antransportierten Baggerguts, Strömungsgeschwindigkeiten und das Abdecken des Baggerguts in der Nachsorgephase
- Die Überwachung der Auswirkungen und der Nachsorge des Depots: die Überwachung der Betriebsfunktion und des Grundwassers, die Nachsorge des Depots (Abdecken des Baggerguts, Fertigstellung des Depots)
- Gefahren: eine Umschreibung der möglichen Gefahren und der Maßnahmen zur Beschränkung der Auswirkungen auf die Umwelt im Falle einer Katastrophe

Bei der Beantragung der Wvo-Genehmigung ist die Auswirkung auf die Oberflächenwasserqualität maßgeblich. Außer den obigen Punkten sind im Antrag die folgenden Informationen dargelegt:

- Die Einleitung von Depotwasser in das Oberflächenwasser einschließlich einer Beschreibung der Wasserbilanz, der Qualität des Abwassers und die Auswirkungen auf die Wasserumwelt



- Maßnahmen zur Beschränkung dieser Einleitungen mit einer Beschreibung der Wasserschicht über dem Baggergut (bei einem eingedeichten Depot) und der Aufbereitung des Rückwassers
- Gefährliche Migrationen in das Oberflächenwasser und Verhütungsmaßnahmen

## 4.9 Ökologische Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

### 4.9.1 Rechtliche Grundlagen

In den Niederlanden gilt für große Eingriffe in die Landschaft das folgende 'Ausgleichsprinzip' [Structuurschema Groene Ruimte/SGR, Min. van LNV (Strukturschema Grüne Landschaft, Niederl. Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Fischerei), 1995]:

*„...muss eine der genannten Nutzungsfunktionen einem anderen, nachweisbar schwerwiegenden gesellschaftlichen Interesse weichen, das einen räumlichen Eingriff rechtfertigt oder erleidet eine dieser Funktionen dadurch nachweislich Schaden, dann sind in jedem Falle Ersatzmaßnahmen oder, falls diese unzureichend sind, darüber hinaus Ausgleichsmaßnahmen zu treffen“*

Die folgenden Maßnahmen sind erforderlich und wurden getroffen:

- Landschaftliche Einfügung und Ersatzmaßnahmen  
Dies erfolgt durch den Anschluss an die Sassenplaat und dadurch, dass in dem Projekt von Grubendepots ausgegangen wird, so dass ein großes eingedeichtetes Depot nicht erforderlich ist und das Oberflächengewässer so wenig wie möglich beeinträchtigt wird.
- Kompensation der verlorenen Fläche mit direkter Wirkung  
Für den physikalischen Ausgleich von Wassergebieten gelten die gleichen Voraussetzungen wie für Landgebiete, und zwar ein Ersatzareal der gleichen Qualität. Ein Verlust von circa 95 ha Oberflächengewässer lässt sich jedoch nur sehr schwierig ausgleichen (z.B. durch Überflutung bestimmter Ländereien). In diesem Fall besagt die Ausgleichsregel, dass vorzugsweise die landschaftliche Qualität des restlichen Gebiets aufzuwerten ist.
- Ausgleich des Qualitätsverlustes  
Beim Qualitätszuschlag wird der Zeitraum berücksichtigt, den das neu eingerichtete Gebiet braucht, um das verlorene Qualitätsniveau zu erreichen. Ist die sogenannte Ersetzbarkeit einfach (leicht zu ersetzen), dann gilt ein Zuschlag von einem Drittel des physikalischen Ausgleichs. Der Qualitätszuschlag wird nach den Hektaren berechnet und in der Entwurfsphase näher bestimmt.

### 4.9.2 Ausgleichsmaßnahmen

Unter Ausgleichmaßnahmen sind Maßnahmen zu verstehen, welche die Auswirkungen der Anlage und des Betriebs der Depots auf den Menschen und die Umwelt auf ein Minimum reduzieren. Einige Ausgleichmaßnahmen sind bereits standardmäßig im Vorentwurf enthalten, und zwar:

- Strömungshemmende Schwellen bei Grubendepots;



- Die Anbringung dichtender Tonschichten auf Grubenböden;
- Das Abdecken des Baggerguts, wenn die Einlagerungsphase beendet ist;
- Die Anwendung geohydrologischer Dichtung;
- Die Behandlung von Rückwasser in der zweiten Einlagerungsphase des eingedeichten Depots;
- Tagesbetrieb, so dass abends und nachts keine Lärmbelästigung auftritt;
- Keine laute Behandlungsanlage auf dem Anlagengelände.

Zusätzliche Ausgleichmaßnahmen sind:

- Die Verteilung von verschüttetem Baggergut und Trübungen vermeiden (durch sorgfältiges Vorgehen bei den Baggarbeiten und das Anbringen von Schlammschirmen)
- Die Einlagerung von Baggergut mit hoher Dichte (weniger Depotvolumen erforderlich, geringerer Kontakt des Baggerguts mit dem Umfeld)
- Die Anwendung umweltfreundlicher Einlagerungstechniken (Einlagerung mit Klappschuten oder hydraulische Umladung mit Diffusor)
- Soviel wie möglich auf der Stromaufwärtsseite des Depots einlagern (dort wird unten im Depot die Strömung gehemmt und ist außerdem die Absetzlänge der Schwebstoffe am größten)
- Die Reduzierung des maximalen Einlagerungsniveaus bei Grubendepots (auf diese Weise wird die Abschwemmungsgefahr der Oberschicht des Baggerguts reduziert)
- Das Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit über den Gruben (durch strömungshemmende Maßnahmen wie z.B. eine Schwelle; auf diese Weise wird die Abschwemmungsgefahr der Oberschicht reduziert)
- Das Verdichten des Baggerguts im Depot durch vertikale Dränrohre (dadurch schnellere Konsolidation, wodurch weniger Depotvolumen benötigt wird und die Depots in der Nachsorgephase schneller abgedeckt werden können).

#### **4.10 Kostenschätzung**

In Tabelle A - 34 ist der Kostenanschlag für diese bevorzugte Variante in € dargestellt. Aus dem Kostenanschlag geht hervor, dass die Unterbringung von Baggergut in der bevorzugten Variante circa 8,2 €/m<sup>3</sup> in-situ-Sediment kostet (Barwert: 4,6 €/m<sup>3</sup>). Diese Summe versteht sich einschließlich der Betriebs-, Überwachungs- und Nachsorgekosten.

Außer einem Kostenanschlag wurde eine Risikoanalyse der Mengen und Kosten durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der letzten Spalte der Tabelle A - 34 dargestellt. Die Kosten liegen innerhalb einer Bandbreite, wobei sie ungefähr 20% niedriger oder 50% höher ausfallen können.



**Tabelle A - 34: Kostenanschlag in € für die Depots [einschl. 17,5% MwSt.,  
Preisniveau 01.01.2000]**

	Einrich- tungs- phase	Betriebs- phase	Nachsor- gephase	Gesamt	Preis pro m <sup>3</sup>	Barwert *	Variation
Eingedeichtes Depot Ost	82,8	30,7	16,4	129,9	12,8	90,5	20% - 45%
Grube Cromstrijen (+Schwelle)	2,5	6,1	28,6	37,3	3,6	15,9	25% - 39%
Grube Mitte (+Schwelle)	54,7	6,1	11,8	72,6	7,2	36,3	48% - 53%
	140	42,9	56,8	239,8	8,2	142,7	

\*reeller Zinssatz = 5%







## LITERATUR

(alphabetisch geordnet)

Die Welt des Wassers auf das Internet

[www.waterland.net](http://www.waterland.net)

DHV, 1992

Bagger Bergen, Evaluatie van de praktijk van het bergen van verontreinigde bagger, 1960-1990

Berichtkennzeichen F 3770-71-001

DHV Milieu en Infrastructuur/Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs, 1993

Baggerspeciéstortplaats Averijhaven Velsen; Gecombineerde vergunningaanvraag Wm/Wvo, Berichtkennzeichen ISGT930539

DHV Milieu en Infrastructuur/Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs, 1993

Milieu-effectrapport Baggerspeciéstortplaats Averijhaven Velsen

Berichtkennzeichen IJm.11.1

DHV Milieu en Infrastructuur / Witteveen + Bos raadgevende ingenieurs, 1993

Studie ten behoeve van de Projectnota/MER voor de baggerspeciebergingslocatie Ketelmeergebied (fase 2); Stap 3 Rapport: Vergelijken en Selecteren

Gemeentewerken Rotterdam/Rijkswaterstaat, 1984

Projectnota/Milieu-effectrapport; Grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie uit het benedenrivierengebied

Gemeentewerken Rotterdam, 1989

*Deponierung von Baggerschlick aus dem Flussmündungsgebiet*

Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Milieu, 1998

*MER Herziening Acceptatiecriteria en het scheiden van zand in het depot de Slufter, Concept* Berichtkennzeichen 1997-0231

Haskoning, 1998

*Monitoring Waterkwaliteit Baggerspeciedepot Averijhaven; Uitvoering Wvo-vergunning, tussenrapportage*

Berichtkennzeichen F0615.AO/R005/GGE/GKK

Heidemij/Waterloopkundig Laboratorium|WL, 1988

*Milieu-effectonderzoek baggerspeciéstortingen Cromstrijen*

Berichtkennzeichen 01CHR14/15

Ingenieursbureau 'Oranjewoud' BV, 1991

*Achtergrondstudie voor 'Milieu-effectrapport en projectnota deel 1, werkstap I, II en III*

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

*Allgemeine Information über die Gewässer(boden)politik in den Niederlanden*

[www.minverw.nl/cend/dco/home/data/water](http://www.minverw.nl/cend/dco/home/data/water)

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer/VROM, 1985-1986, Tweede Kamer der Staten-Generaal

*Nationaal Milieu Beleidsplan, Nota Omgaan met Risico's*

Berichtkennzeichen 19204 nr. 1 en 2

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989

*Derde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing / Dritte National Wasserhaushaltsplan* Regierungsbeschluss

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994

*Evaluatienota water (ENW)*

Ministerie van VROM, 1996

*Handboek Wet milieubeheer, Sdu*

[www.wettenbank.sdu.nl](http://www.wettenbank.sdu.nl)

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998

*Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing / Vierter National Wasserhaushaltsplan* Regierungsbeschluss

[www.waterland.net/nw4/deutsch](http://www.waterland.net/nw4/deutsch)

Ministerie van VROM, 2000

*Bijlage 1 en 2 concept Regeling van de Minister van VROM:*

*Regels inzake het storten van baggerspecie op stortplaatsen voor baggerspecie op land (Ministeriële Regeling stortplaatsen voor baggerspecie op land)*

Berichtkennzeichen MJZ2001049070

Ministerie van VROM, 2000

*Bouwstoffenbesluit/The Building Materials Decree (affects the entire building industrie)*

[www.minvrom.nl/minvrom/pagina.html?id=1&goto=455](http://www.minvrom.nl/minvrom/pagina.html?id=1&goto=455)

Provincie Flevoland, 1995

*Beschikking van Gedeputeerde Staten van Flevoland n.a.v. aanvraag Wm- en Wvo-vergunning*



Berichtkennzeichen MB/95/050903/A

Projectbureau Depotbouw, 1995

*Baggerspeciebergingslocatie Ketelmeergebied; Depotontwerp*

Berichtkennzeichen PDB.PKE-4-95073

Projectbureau Depotbouw, 1995

*Baggerspeciebergingslocatie Ketelmeergebied, Ontwerpfilosofie*

Berichtkennzeichen PDB.PKE-4-95065

Projectbureau Depotbouw, 1995

*Interpretatie Monitoring Baggerproevendepot Ketelmeer, Evaluatierapport*

Berichtkennzeichen WAU.PEBK-4-97016

Projectbureau Depotbouw, 1995

*Isolatiestudie Averijhaven*

Berichtkennzeichen PDB.PIZA-4-95020

Projectbureau Depotbouw, 1996

*Baggerspeciebergingslocatie Zandmaas/Maasroute: Effecten van storten van baggerspecie op kwaliteit oppervlaktewater, Literatuurstudie, Berichtkennzeichen PDB.BZL-4-96019*

Projectbureau Depotbouw, 1997

*Evaluatie Baggerproevendepot Ketelmeer; Zwevend-stofconcentratieverloop*

Berichtkennzeichen WAU.PEBK-4-97016

Projectbureau Depotbouw, 1998

*Baggerspeciedepot IJsseloog; Consolidatie Holoceen bestemd voor de isolatielaag en toekomstig waterpeil in depot, Berichtkennzeichen WAU.POUK-4-97105*

Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering/WAU, 1998

*Beheer en Monitoring Ketelmeer; Evaluatie meetsessie I en II en valsnelheidsmetingen, Berichtkennzeichen WAU.PBMK-4-97188*

Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering/WAU, 1999

*Beheer en Monitoring Ketelmeer; Ontwerp geohydrologische isolatie,*

Berichtkennzeichen WAU.PBMK-4-97233

Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering/WAU, 2000

*Projectnota/MER Baggerspeciebergingslocatie Hollandsch Diep/Haringvliet Oost*

[www.minvenw.nl/rws/dzh/bagger](http://www.minvenw.nl/rws/dzh/bagger)

Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering, 2001

*Baggerspeciedepot Hollandsch Diep: Aanvraag vergunning in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren Depot Oost*

Berichtkennzeichen WAU.HD3-3-00478

Projectbureau Waterbodems, Advies en Uitvoering, 2001

*Baggerspeciedepot Hollandsch Diep: Vergunningaanvraag in het kader van de Wet milieubeheer/Depot Oost*

Berichtkennzeichen WAU.HD3-3-00524

Rijkswaterstaat/RIKZ, 1984

Onderzoek naar de gevolgen waterkwaliteit Hollandsch Diep t.g.v. slibstortingen Cromstrijen

Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, 1994

*Aanvraag Wm, Wvo en Rivierenwetvergunningen ten behoeve van de realisering van een baggerspeciebergings in het Hollandsch Diep*

Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, 2000

*Jaarverslag 1999 depot IJsseloog*

Berichtkennzeichen RDIJ-2000-5

Rijkswaterstaat, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems/AKWA/RIZA, 2000

*Storten van baggerspecie in open putdepots, Eindrapport, concept*

Rijkswaterstaat, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems/AKWA, 2000

*Storten van baggerspecie in open putdepots, Deelrapport 1: Referentie ontwerp putdepots, concept*

Rijkswaterstaat, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems/AKWA, 2000

*Verwerking van baggerspecie, Basisdocument Voor Besluitvorming*

Berichtkennzeichen 00.006

Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, 2001

*Jaarverslag 2000 depot IJsseloog*

Berichtkennzeichen RDIJ-2001-6

Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, 2001

*Landschapsplan depot Oost; Landschapsecologische inpassing depot Oost in relatie tot de Sassenplaat*

Rijkswaterstaat, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems/AKWA, juni 2001



*Tienjarens scenario Waterbodems, Basisdocument, concept versie 1*  
Berichtkennzeichen WAU TJS-3-01271

Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1994  
*Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (BvB)*

Waterloopkundig Laboratorium| WL, 1991  
*Troebelheidsmetingen in de Slufter tijdens storten van specie met en zonder diffusor*,  
Berichtkennzeichen BAGT 505

Waterloopkundig Laboratorium| WL, 1992  
*Kwaliteit depot- en retourwater Slufter*  
Berichtkennzeichen T0984.00-1.00

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Beheersing en Controle*  
Berichtkennzeichen WRO-N-95016

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Civieltechnische aspecten*  
Berichtkennzeichen WRO-N-95024

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Zuiveringstechnieken*  
Berichtkennzeichen WRO-N-95007

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Uitvoeringsmethodieken en Kosten  
Isolatie voor Speciedepots*  
Berichtkennzeichen WRO-N-95001

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Verontreiniging Oppervlaktewater*  
Berichtkennzeichen WRO-N-94034

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1995  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Fysische Processen Baggerspecie*  
Berichtkennzeichen WRO-N-94027

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1996  
*Ontwerpaspekten Speciedepots, HoofdBerichtkennzeichen*

Berichtkennzeichen WRO-N-94029

Witteveen+Bos, 1993

*MER Berging Baggerspecie*

Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs, 1993

*MER Berging Baggerspecie.*

Werkgroep Evaluatie Slufter, Gemeentewerken Rotterdam/RIKZ/RDZuid-Holland, 1997

*Evaluatie milieu-effectrapportage 'Slufter' over de periode 1986 tot en met 1996*

Werkgroep Referentie Ontwerp, 1998

*Ontwerpaspekten Speciedepots, deelnota Isolatie-onderzoek van Speciedepots*  
Berichtkennzeichen WRO-N-98001



## IMPRESSUM

### COLOFON

IS-DE20010014

---

Auftraggeber	: Freie und Hansestadt Hamburg/Wirtschaftsbehörde Strom- und Hafenbau
Projekt	: Die subaquatische Unterbringung von Baggergut in den Niederlanden
Aktenzeichen	: <b>S0147-01-002</b>
Seiten insgesamt	: 339 Seiten
Verfasser	: ir. N.A.M. van den Wollenberg
Beitrag	: drs. T. Louters
Projektleiter	: ir. N.A.M. van den Wollenberg
Projektmanager	: ir. P.W. Besselink
Datum	: 18. Januar 2002
Name/Namenszeichen	

---

