

## GEOLOGISCHE ASPECTEN VAN DE WALBERGING VAN BAGGERSLIB

Bart FOBE<sup>1</sup>

**SAMENVATTING.** Ieder jaar dienen in het Vlaamse Gewest ca. 4.000.000 m<sup>3</sup> verontreinigd onderhoudsbaggerslib op de wal te worden geborgen. Bij de keuze van deze sites kunnen ook geologische argumenten een rol spelen.

Mits een bestemming wordt gevonden voor het zand, kunnen sites in zandige lagen worden aangelegd op de plaats en tijdstip van de baggerwerken. Bergingssites in zandige afzettingen vereisen bijzondere beschermingsmaatregelen voor het grondwater. Om die reden genieten sites waar een natuurlijke kleilaag als onderbescherming kan worden gebruikt, de voorkeur. Voor de laterale bescherming wordt de bergingszone doorgaans omringd met een bentonietwand tot in de klei. Verschillende bergingssites zijn dan ook gelegen in de afzettingen van de Vlaamse Vallei (20 m Pleistoceen zand), waar deze een kleilaag als ondergrond heeft. Een bijzonder geval vormt de berging in overdieptes onder dokken. Deze methode wordt o.m. toegepast in de Waaslandhaven (Antwerpse Linkeroever), waar berging plaatsvindt in de zandlaag tussen de dokbodem en de Boomse klei. De hydrogeologische omstandigheden (vooral het stabiele waterpeil in het dok) beletten de verspreiding van pollutanten.

Bij de berging in kleilagen is men doorgaans aangewezen op verlaten kleiputten. Deze sites bieden vaak een uitstekende natuurlijke bescherming voor het grondwater, maar de putten zijn niet altijd gelegen in de buurt van de te baggeren waterwegen.

**SLEUTELWOORDEN:** baggerslib, berging, Vlaanderen (België).

**SUMMARY. Geological aspects of dredge sludge disposal.** In the Flemish Region, a yearly amount of about 4.000.000 m<sup>3</sup> contaminated dredge sludge has to be deposited on land. The selection of disposal sites also depends on the geological considerations.

If a use for the sand is found, disposal pits can be constructed at the time and in the area of the dredging works. Disposal on sandy deposits requires protective measures for groundwater quality. Therefore, sites where the bottom protection can be provided by a natural clay layer are preferred. Lateral protection is achieved by surrounding the site with a bentonite wall over the whole thickness of the sand layer. Several sludge disposal sites are located in the «Flemish Valley» deposits (20 m of sand of Pleistocene age) where these overlay a clay layer. Another way of disposal are overdepths under docks. This method is applied in the Waasland Port (left bank of the Port of Antwerp) where sludge is stored in a sand layer between the dock bottom and the Boom Clay. Due to the hydrogeological conditions (mainly the stable water level in the dock), the dispersion of pollutants is strongly limited.

Disposal also takes place in abandoned clay pits. They provide good conditions for groundwater protection. However, the clay pits are often located in a different region than the waterways to be dredged.

**KEY WORDS:** Dredge sludge, disposal, Flanders (Belgium).

### 1. INLEIDING

Jaarlijks worden in het Vlaams Gewest ca. 40 miljoen kubieke meters onderhoudsbaggerspecie uit de rivieren en kanalen verwijderd. Deze werken zijn nodig om de bevaarbaarheid van de waterwegen in stand te houden. Een gedeelte van het onderhoudsbaggerslib wordt teruggestort (bvb. in de Noordzee of de Westerschelde), maar

een ander deel (1.130.000 m<sup>3</sup> uit de bevaarbare waterlopen, 960.000 m<sup>3</sup> uit de havens en 1.850.000 m<sup>3</sup> uit de maritieme toegangen (Kanaal Gent-Terneuzen: 350.000 m<sup>3</sup>, Beneden-Zeeschelde : 1.500.000 m<sup>3</sup>), samen 3.940.000 m<sup>3</sup>, Demoen, 1989) dient om verschillende oorzaken te worden geborgen op het land. De belangrijkste reden waarom onderhoudsbaggerslib naar landbergingsites moet worden gebracht, is de kwaliteit

(1) International Marine and Dredging Consultants (IDMC) n.v., Wilrijkstraat 37-45 - B-2140 Antwerpen.

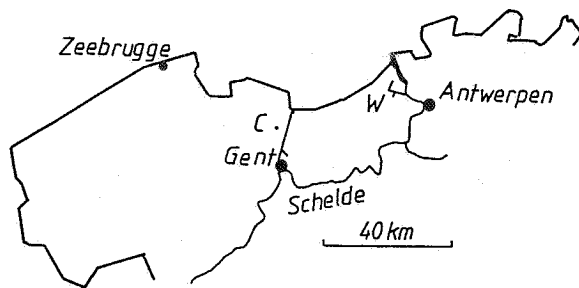
van het slib. Ten gevolge van de waterverontreiniging is de onderhoudsbaggerspecie dikwijls beladen met zware metalen of organische polluenten.

In onze dichtbevolkte en geïndustrialiseerde gewesten worden echter steeds strengere eisen gesteld (hoofdzakelijk op het vlak van milieu, maar ook om economische redenen - voor een overzicht zie Claeys & Smits, 1988), zowel voor het baggeren zelf als voor de berging van de specie. Internationale, Nationale en Regionale reglementeringen beperken het dumpen van verontreinigde baggerspecie in zee (vb. het Verdrag van Londen) of stellen eisen aan de wijze waarop de berging ervan dient te gebeuren. Vaak is gecontroleerde walberging de enige toegelaten optie.

Problemen met de berging van baggerspecie komen vooral voor bij slib, omdat polluenten zich vooral hechten aan de silt- en kleifractionen van de sedimenten en aan eventueel aanwezig organisch materiaal. De toe te passen bergingsmethode voor baggerslib hangt doorgaans af van de graad van contaminatie, die bepaald wordt door classificatiesystemen waarin grenswaarden worden gehanteerd. De parameters die daarin het zwaarst doorwegen zijn de gehalten aan zware metalen (vooral Hg, Cd, Pb, Zn, As en Cu) en organische stoffen PAK, PCB, EOX). Gewoonlijk wordt gewerkt met een onderverdeling in 4 of 5 klassen. Een voorbeeld waar dikwijls naar verwezen wordt zijn de VROM-normen in Nederland, die 4 klassen onderscheidt. De minst verontreinigde (Klasse 1) mag in zee of in zoet oppervlakte worden verspreid. Slib van Klasse 2 kan enkel worden geborgen of, mits beperkingen, verspreid worden in het zoet oppervlaktewater. Voor slib van Klasse 3 zijn de beperkingen nog strenger en slib van Klasse 4 mag enkel worden geborgen aan wal, in gecontroleerde omstandigheden. Dumping van Klasse 4-slib in zoet water is niet toegestaan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990).

Walberging van het slib kan gebeuren in de grond of bovengronds. Bij bovengrondse opslag wordt het slib geborgen achter kunstmatig aangelegde dijken. Ondergrondse opslag omvat berging in al dan niet voor dit doel gegraven putten. Belangrijk voor de berging is de aard van het terrein en de mogelijke implicaties op de grondwaterkwaliteit.

Slibberging kan rechtstreeks gebeuren («natte berging»), waarbij het baggerschip door een persleiding verbonden is met de stortplaats, of als variëteit, het slib wordt afgevoerd met een beunschip en vanuit de losplaats van het beunschip naar de plaats van berging wordt geperst. Slib kan ook «droog» worden geborgen. Het moet dan eerst worden gedroogd, in zgn. laguneringvelden of met mechanische filterpersen. Het slib wordt nat opgespoten in door dijken omringde bekens, zoals bij bovengrondse opslag. Door verdamping



**Figuur 1.** Liggingplan van de havens van Zeebrugge, Gent en Antwerpen en van de site Callemansputte (C) en de Waaslandhaven (W).

en inklinking wordt het slib ontwaterd tot steekvaste klei. Omdat dunnere lagen gemakkelijker drogen dan dikkere, zal men meerdere compartimenten aan leggen die volgens een rotatiesysteem telkens gedeeltelijk worden gevuld. Na droging kan de aldus ontstane klei worden afgevoerd naar de definitieve plaats van berging. Dit kan een stortplaats zijn, maar eventueel ook een project van landschapsbouw (bijvoorbeeld een milieuberm aan de rand van een industriezone) of voor herstel van het landschap (bijvoorbeeld in oude kleiputten).

Bij de keuze van de bergingssites is het uiteraard belangrijk om na te gaan in hoeverre de specie een bedreiging vormt voor de kwaliteit van het grondwater. Onderzoek van mogelijke sites omvat onder meer een geologische studie, die gericht is op het inschatten van de impact op het milieu, en dan vooral op de grondwaterkwaliteit. Dit onderzoek is vrij klassiek. Door middel van boringen, wordt de ondergrond verkend. Verder wordt de lokale grondwaterstroming en -kwaliteit onderzocht. Aldus kan het mogelijke risico van grondwaterverontreiniging worden ingeschat, en kunnen beschermingsmaatregelen worden voorgesteld. Omdat de toegepaste bergingsmethoden nog vrij nieuw zijn, worden de meeste walbergingsoperaties ook begeleid door een monitoringprogramma, waarbij o.m. de consolidatie van het slib, de efficiëntie van de bergings- en beschermingsmethoden en de impact op het milieu worden bestudeerd.

Bepaalde geologische omstandigheden kunnen vrij gunstige voorwaarden creëren voor de landberging van baggerslib. Enkele voorbeelden daarvan worden besproken in de volgende tekst.

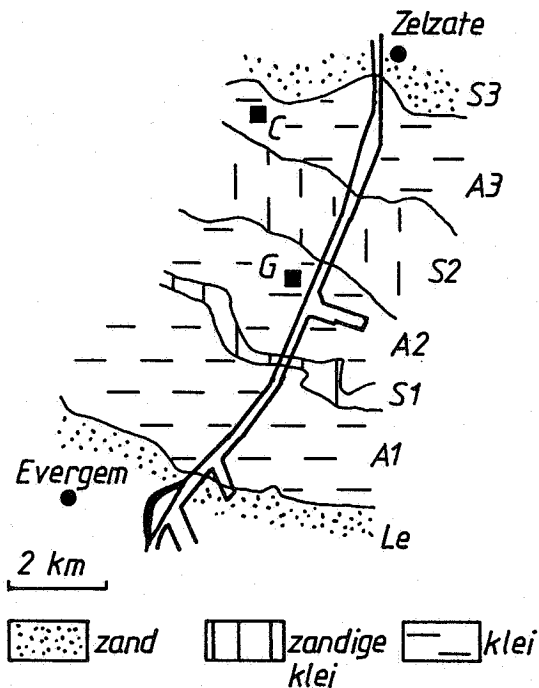
## 2. BERGING IN ZANDIGE AFZETTINGEN

### 2.1. BERGING IN AANGELEGDE SLIBSTORTEN

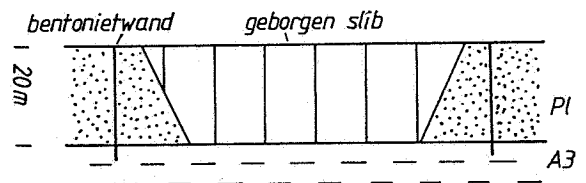
Zandafzettingen zijn dikwijls belangrijke aquifers. Berging op of in zandige terreinen vereist dus bijzondere maatregelen om te vermijden dat het grondwater verontreinigd wordt. De keuze van een bergingsplaats wordt echter onder meer bepaald door de transportafstand, zodat het ren-

dabeler kan zijn om in de nabijheid van de te baggeren waterloop slib te bergen. Indien er zich op een redelijke diepte (20-30 m) een kleilaag van voldoende dikte bevindt (minstens 10 m), kan worden overgegaan tot berging in de grond, waarbij de kleilaag als natuurlijke onderafdek dient. Uit hydrogeologische studies (Walraevens, 1987) blijkt dat kleilagen niet absoluut ondoorlatend zijn. De verticale doorlatendheid van de Ieperse, Broomse en Maldegemse klei wordt geraamd op 10.000 dagen/meter of 27 jaar/m. Bij een potentiaalverschil van 1 m boven en onder de klei bekomt men een bescherming gedurende ca. 270 jaar. De werkelijke verplaatsingssnelheid van polluenten wordt echter aanzienlijk vertraagd door adsorptie aan de kleimineralen. Hoewel er uiteenlopende methoden bestaan om het evenwicht tussen de concentratie aan ionen in het grondwater en de geadsorbeerde concentraties te beschrijven (Cottin & Verloo, 1985), wijzen alle resultaten wel op een migratietijd van verschillende duizenden tot tienduizenden jaren, afhankelijk van het element.

Als laterale bescherming kan een ondoorlatende wand van bentonietcement worden opgetrokken. In de Gentse zeehaven wordt sinds het begin van de jaren '80 slib geborgen in het slibstort van Callemansputte (Gemeente Evergem) (Figuren 2 en 3). In de Pleistocene zanden van de Vlaamse vallei werd een put uitgegraven tot op



**Figuur 2.** Afdgedekte geologische kaart (boven de getoonde formaties ligt nog ca. 20 m Pleistoceen zand) van de Gentse Kanaalzone tussen Evergem en Zelzate, met de locatie van de baggerslibstorten Callemansputte (C) en Geuzenhoek (G). Stratigrafie (naar De Breuck *et al.*, 1983): Le = Formatie van Lede; A1..A3 = Formatie van Maldegem; S3 = Formatie van Zelzate. De baggerslibstorten hebben als onderafscherming de kleilagen van de Formatie van Maldegem.



**Figuur 3.** Schematische doorsnede van het slibstort Callemansputte in de Gentse Zeehavengebied (zie ook Figuur 2). Het slibstort is uitgegraven in Pleistoceen zand (P1), heeft een zijdelingse afscherming van bentonietwanden en een onderbescherming van de klei (A3) van het Lid van Onderdijke-Adegem.

de ca. 20 m onder het maaiveld gelegen klei van het Lid van Onderdijke-Adegem (Formatie van Maldegem, Eoceen), die als bodemafluiting fungeert. Het geheel werd omringd door een vrijwel ondoorlatende bentonietwand. Door middel van drainage en afpomping wordt voorkomen dat water uit de stortplaats in contact komt met het omgevende grond- of oppervlaktewater (Kreps-Heyndrickx & Roman, 1981).

Eveneens in de Gentse haven ligt het slibstort Geuzenhoek (Figuur 2). Hier wordt slib bovengronds achter dijken geborgen (met een beperkte uitgraving van ca. 1,5 m). Onder één van de compartimenten werd een ondoorlatende folie aangebracht. De andere compartimenten zijn echter, net zoals te Callemansputte, voorzien van een bentonietscherm tot in de klei van het Lid van Zomergem, Formatie van Maldegem, Eoceen) (Van den Eede, 1989).

De Pleistocene zanden in de Vlaamse vallei bieden, behalve in de Gentse Zeehaven (klei van de Formatie van Maldegem als onderafdek), ook nog de mogelijkheid tot het inrichtingen van slibstorten op plaatsen waar de klei van de Formatie van Ieper het substraat vormt. Dit is onder meer het geval in de Leievallei en in de Bovenschelde. Te Oudenaarde werd in de jaren '80 op die wijze slib uit de Schelde geborgen.

Hoewel de berging in zandige grond extra kosten voor bescherming met zich meebrengt, kan het verwijderde zand meestal worden verkocht, bijvoorbeeld als ophoogzand (het zand uit Callemansputte werd gebruikt voor de aanleg van het terrein van een tweede waterspaarbekken te Kluizen). Hierdoor kan een deel van de kosten worden gerecupereerd.

## 2.2. BERGING IN OVERDIEPTES

Berging in overdieptes kan worden toegepast bij de aanleg van nieuwe haveninstallaties of andere water-

bouwkundige werken. Bij het graven van dokken in zandige sedimenten kan men onder de geplande dokbodem het aanwezige zand verder uitgraven en aldus tijdelijke overdieptes creëren. Hierin kan baggerslib worden geborgen (Figuur 4). Het weggebaggerde zand kan elders worden gebruikt, bijvoorbeeld om grond op te hogen. Na de opvulling wordt het geborgen slib afgedekt met een beschermlaag, die o.m. bestand moet zijn tegen schroeferosie. De berging gebeurt in compartimenten («cellen») van ca. 150 m op 250 m.

Net zoals bij gewone walberging is het ook hier aangegeven om enkel sites te kiezen waar er onder het geborgen slib een kleilaag voorkomt.

De methode is het best toepasbaar in dokken met een vast peil en buiten de invloed van het getij. Berekeningen hebben aangetoond dat de kans op laterale verspreiding van pollutanten minimaal is (Van Wijck *et al.*, 1991).

Eventueel kan men een ondoorlatende kaaimuur bouwen die tot in de kleilaag reikt.

Deze methode werd reeds toegepast in de Waaslandhaven (Antwerpse havenuitbreiding op de Linkeroever) (Van Hoof, 1989 ; Van Hoof *et al.*, 1991 ; Van Wijck *et al.*, 1991). In 1987-1988 werd een pilootproject uitgevoerd, dat in detail begeleid werd door een monitoringprogramma. Deze monitoring omvatte o.m. de controle van de door het bergen veroorzaakte turbiditeit (voor de berging werd gebruik gemaakt van een onderwaterdiffusor, speciaal ontworpen om de verspreiding van het slib te beperken), van de consolidatie van het slib en van de effecten op het milieu. Aan de hand van een hydrogeologische studie werd aangetoond dat, wegens het enorme verschil in doorlatendheid tussen het dok en het onderliggende zand, er vrijwel geen grondwaterstroming plaatsvindt onder het dok. Polluenten die uit het geborgen slib zouden vrijkomen, zullen na 10.000 jaar een afstand van nauwelijks 200 m afgelegd hebben.

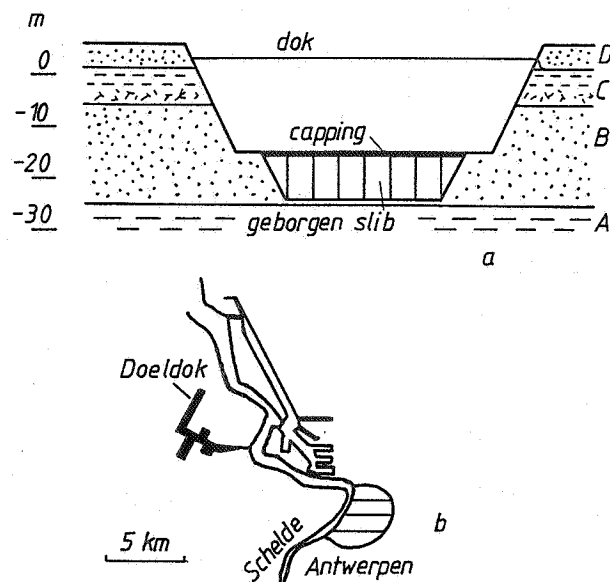
De geologische voorwaarden voor berging in overdieptes zijn in de Waaslandhaven gunstig. De dokken werden er uitgegraven in zanden van Miocene (Formaties van Berchem en Deurne) en Pliocene (Formaties van Kattendijk en Lillo) afzettingen. Deze bedekken de klei van de Formatie van Boom. Tussen de dokbodem en de top van de Boomse klei ligt nog ca. 10 m zand, waarin het slib geborgen werd. Doordat de top van de Boomse klei naar het noorden helt, zodat de laag zand tussen de bodem van de dokken en de top van de klei in deze richting steeds groter wordt, is de methode niet in gans de Antwerpse haven bruikbaar voor berging in overdieptes.

In de Gentse Zeehaven, gelegen in Pleistocene afzettingen van de Vlaamse vallei is deze methode in theorie bruikbaar in de zone waar de Formatie van Maldegem het onderliggende substraat vormt. In de praktijk ligt echter de bodem van het Kanaal Gent-Terneuzen te diep (-9 m T.A.W.), terwijl de top van de klei reeds op -12 m T.A.W. begint. De tussenliggende zandlaag is bijgevolg te dun.

In de ondergrond van de haven van Zeebrugge komt ca. 30 m zand van Kwartaire oorsprong voor (Laga & Vandenberghe, 1989). Het substraat bestaat echter deels uit zanden (Formatie van Knesselare, Eoceen), deels uit de basis van de Formatie van Maldegem die er dus mogelijk te dun is.

In Oostende wordt onder ca. 25 m zand de Ieperse klei-tientallen meters dik- aangetroffen. Mogelijkheden van ondergrondse berging, hetzij in overdieptes hetzij in gecontroleerde storten werden er voor zover bekend nog niet onderzocht.

Uiteraard vormt de berging in overdieptes slechts een oplossing voor een beperkte periode. Op lange termijn dient een vermindering van de productie van slib aan de bron te worden nagestreefd en moet worden gezocht naar behandelingssystemen die tot doel hebben om baggerspecie een nuttige nabestemming te geven. Een dergelijk beleid vergt echter verschillende jaren voordat het resultaten zal opleveren



**Figuur 4.** (a) dwarsdoorsnede door het Doeldok met een slib-depot in een overdiepte. Stratigrafie : A = Boomse Klei; B = Formaties van Berchem, Kattendijk en Lillo (zand); C = Holocene alluvium van de Schelde (veen en polderklei); D = opgehoogd terrein. (b) ligging van het Doeldok.

### 3. BERGING IN KLEI

Kleilagen bieden het voordeel dat zij zeer slecht doorlatend zijn, zodat pollutanten veel minder snel worden verspreid. Omdat klei, in tegenstelling tot zand, gewoonlijk niet in massaal grote hoeveelheden vereist is -klei is ongeschikt als ophooggrond- zal men vrijwel nooit overgaan tot het doelbewust graven van een slibstort in klei. De jaarlijkse productie aan klei bedraagt in het Vlaams Gewest ca. 2.000.000 m<sup>3</sup>/jaar (Mostaert, 1992), verspreid over ca. 50 kleiputten. Dit geeft een gemiddelde productie van 40.000 m<sup>3</sup> per kleiput per jaar. Een baggercel in zand zoals in de Waaslandhaven van 200 m x 200 m x 10 m heeft daarentegen een volume van 400.000 m<sup>3</sup> en kan in enkele weken tijd worden uitgegraven en het zand afgevoerd naar een tijdelijke of definitieve bestemming. Wil men op korte tijd een nieuwe bergingssite in klei ter beschikking hebben, dan zou men eerst een ingrijpende wijziging van de huidige ontginningsstructuur van de baksteenindustrie moeten doorvoeren. De als bergingssite voorzien kleiput zou dan als centrale winplaats dienen waarbij de gewonnen klei verkocht zou worden aan verschillende steenbakkerijen. Uiteraard zou hierbij moeten worden rekening gehouden met factoren zoals bedrijfsorganisatie van de betrokken industrie, ruimtelijke ordening, kwaliteitseisen voor bepaalde keramische producten, afstand van de site tot de fabriek en afstand van de site tot de baggerzone of eventueel de slibverwerkingsinstallatie. Men is dus aangewezen op bestaande kleiputten van steenbakkerijen. Door het storten van slib kan het oorspronkelijke landschap worden hersteld met materiaal dat sterk gelijkert op het oorspronkelijke.

Een randvoorwaarde is natuurlijk de diepte van de ontginning. Indien vrijwel gans de dikte van de aanwezige kleilaag ontgonnen is, dan moet men rekening houden met de mogelijke contaminatie van onderliggende zandformaties wanneer het slib zwaar verontreinigd is. Dit kan eventueel worden opgelost door onderaan weinig of niet verontreinigd slib te bergen.

Daar komt nog bij dat de ligging van kleiputten niet steeds in de nabijheid ligt van de plaats waar de baggerwerken moeten worden uitgevoerd. Bijkomend transport per schip en eventueel verder over het land is dus meestal noodzakelijk.

In het Vlaams Gewest worden vooral de kleien van de Formaties van Ieper (Eoceen), Boom (Oligoceen) en de Kempen (Pleistoceen) uitgebraat. De klei van Boom wordt ontgonnen langs belangrijke waterlopen, zoals de Schelde en de Rupel en de kleiputten zijn dus vrij vlot bereikbaar. Veel kleiputten van de Formatie van de Kempen zijn gelegen langs het kanaal Turnhout-Schoten. De kleiputten in de Formatie van Ieper zijn minder

watergebonden. Enkel ten zuiden van Kortrijk liggen enkele putten langsheen de Leie. De meeste grote grave-rijen bevinden zich in het binnenland.

In de gebieden waar zich belangrijke klei-ontginningen bevinden, ligt de eerste winbare watervoerende laag dikwijls onder de klei. Het is dus belangrijk om te weten hoe dik de resterende beschermende kleilaag tussen het geborgen slib en de aquifer is. Omdat de kleiputten in de Formatie van Ieper in het Vlaams Gewest het midden- of bovenddeel van deze tientallen meters dikke formatie aansnijden, ligt er nog voldoende klei onder (Lid van Orchies), waardoor er in deze sites minder risico is op grondwatercontaminatie (de bovenste watervoerende laag is de Formatie van Landen). In de Formaties van Boom en de Kempen dient men vooraf na te gaan op welk diepte de onderliggende zandlaag voorkomt. De onderliggende zanden (de Formatie van Zelzate onder de Boomse klei en het Lid van Merksplas onder de klei van de Kempen) vormen in beide gevallen een aquifer van lokaal belang. De klei van de Formatie van de Kempen is op zich betrekkelijk dun (max. 20 m). De kleiputten van de Formatie van Boom in het Waasland en de Rupelstreek zijn veelal gelegen op een laag stratigrafisch niveau binnen de formatie. Bovendien vormt het onderste deel van de formatie, het Lid van Belsele reeds een beter doorlatende zone dan de bovenliggende klei van Terhagen (De Breuck & Lebbe, 1991).

### 4. REFERENTIES

- CLAEYS, C. & SMITS, J., 1988. Maintenance dredging and treatment of dredge sludge in highly industrialised harbours and channels. *Proc. 9th Int. Harbour Congress*, 4.121-4.133.
- DE BREUCK, W., VAN BURM, Ph. & VAN CAMP, M., 1983. Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone. Studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. 243 p.
- DE BREUCK, W. & LEBBE, L., 1991. Het hydrogeologisch aspect van ontginningsplaatsen en hun nabestemming. *Natuurwet. Tijdschr.*, 73: 88-93.
- COTTENIE, A. & VERLOO, M., 1985. Chemische karakterisatie van bodemverontreiniging. R.U.G. & I.W.O.N.L.
- DEMOEN, J., 1989. Naar een nieuwe aanpak van de berging van onderhoudsbaggerspecie van de bevaarbare waterlopen. *Water*, 47: 117-120.
- KREPS-HEYNDRIKX, Y. & ROMAN, R., 1981. Canal Maritime de Gand à Terneuzen. Problématiques concernant les travaux de dragage dans le canal d'accès au Port de Gand, en particulier la disponibilité des terrains de dépôts. *Proc. XXVth P.I.A.N.C. Congress*.
- LAGA, P. & VANDENBERGHE, N., 1989. A geological profile along the Belgian coast. In: Henriët, J.P. & De Moor, G. (Eds): *The Quaternary and Tertiary*

Geology of the Southern Bight, North Sea. *Ministerie van Economische Zaken*, 5-8.

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1990. Waterbodems. Basisrapport Derde Nota Waterhuishouding.

MOSTAERT, F., 1992. Concrete prospectieprojecten ter bepaling van de meest relevante winningsplaatsen van oppervlakedelfstoffen. *Proceedings Colloquium over de Oppervlakedelfstoffenproblematiek in Vlaanderen (24-25/10/91)*, 101-129.

VAN DEN EEDE, E., 1989. Proefstortenproject Geuzenhoek. *Water*, 47: 121-122.

VAN HOOFF, J., 1989. Aquatische berging van baggerspecie in het Doeldok. *Water*, 47: 123-126.

VAN HOOFF, J., CLAEYS, C. & PONNET, L., 1991.

Underwater disposal of dredged material in Doeldok : final evaluation of the pilot project. *Proceedings Congress on Characterisation and Treatment of Sludge. Technological Institute - K.V.I.V., Antwerpen*, 3.45-3.52.

VAN WIJCK, J., VAN HOOFF, J. & SMITS, J., 1991 - Underwater disposal of dredged material : a viable solution for the maintenance dredging works in the river Scheldt. *P.I.A.N.C.-Bulletin*, 73: 38-44.

WALRAEVENS, K., 1987. Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen. Doctoraatsthesis R.U.G., 350 p.

Manuscript ontvangen 31.01.1995 en aanvaard voor publicatie 5.09.1995.