

Hoe reproduceerbaar is een baggervolumebepaling?

Bij het inmeten van het volume slib blijkt dat het bepalen van de overgang slib naar vaste bodem een grote spreiding laat zien. Dit hangt niet zozeer af van de toegepaste meettechniek, maar vooral van de persoon die de metingen uitvoert en zijn interpretatie van de overgang van bodemlagen.

Door: Mirjam Wolff, Géjus Ruiter, Hans Hussem en Guido Ritskes

Over de auteurs:

Mirjam Wolff en Géjus Ruiter adviseurs bij Tjihuis Ingenieurs BV
Hans Hussem, adviseur, Hussem Consultancy
Guido Ritskes, programma-manager water, SIKB

DOEL

De hoeveelheid baggerspecie levert bij baggerwerkzaamheden vaak discussies op tussen opdrachtnemer en opdrachtgever. Een tweede meting in dezelfde watergang, maar door een andere partij uitgevoerd, levert in veel gevallen een significant ander baggervolume op. De reproduceerbaarheid van baggervolumebepalingen is een groot aandachtspunt.

Weten wat men weet en
weten wat men niet weet,
dat is het ware weten (Confucius)

De SIKB-richtlijn 'Baggervolumebepalingen op basis van handmatige metingen' moet zorgen voor meer uniformiteit en transparantie bij het bepalen van het baggervolume. Het doel is om de reproduceerbaarheid te vergroten en zo het vertrouwen tussen opdrachtnemer en opdrachtgever te versterken. De eerste versie van de richtlijn is nu bijna drie jaar in gebruik. In 2014 is SIKB gestart met een eerste evaluatie van de richtlijn. Onderdeel daarvan was een validatie-onderzoek met metingen in de praktijk. Er is onderzocht hoe reproduceerbaar verschillende methoden van baggervolumebepaling zijn en welke factoren de reproduceerbaarheid beïnvloeden. De kennis die in het hier beschreven validatie-onderzoek is opgedaan wordt verwerkt in een nieuwe versie van de richtlijn.

AANPAK

Voor het validatie-onderzoek zijn meettechnieken en -locaties geselecteerd en is het aantal benodigde meetploegen per techniek bepaald. Elke meetploeg is afkomstig van een ander meetbedrijf. De meetlocaties bestaan uit watergangen met verschillende typen

ondergrond (klei, veen en zand). De focus van het onderzoek lag op het bepalen van de reproduceerbaarheid bij het meten door verschillende personen en met verschillende technieken.

Locatie		Duiding locatie	Lengte (m)	Breedte (m)	Waterdiepte (m)	Dikte Sliblaag (m)
Nr.	Adres					
1	Amstelveen	Klei ondergrond	250	6 - 7	0,5 - 0,8	0,6 - 0,8
2	Vreeland	Zand ondergrond	225	3 - 5	0,3 - 0,5	0,15 - 0,25
3	Lekkerkerk	Veen ondergrond	250	7 - 12	0,5 - 0,8	0,6 - 1,2
4	Noordwijk	Brede watergang	250	20 - 21	1,3 - 2,3	0,5 - 1,1

TABEL 1: EIGENSCHAPPEN ONDERZOEKSLOCATIES.

HANDMATIGE MEETTECHNIEKEN

Het onderzoek is uitgevoerd met de meest gangbare handmatige meettechniek: een standaard peilstok met voetplaat. De sliblaag is ingemeten t.o.v. de waterlijn en met RTK-GPS hoogtemetingen. Bij het onderzoek is ook de invloed van het gewicht van de GPS antenne onderzocht.

Conform de huidige richtlijn wordt de overgang van slib naar vaste ondergrond, zoals deze met de peilstok is bepaald, geverifieerd met een zuigerboor. Om nut en noodzaak van deze verificatie vast te stellen is per locatie van één volledig profiel de overgang van slib naar vaste bodem vastgelegd met een zuigerboor.

ELEKTRONISCHE MEETTECHNIEKEN

Vanwege het opkomende gebruik van sonarbootjes (op afstand bestuurbare peilbootjes uitgerust met GPS en singlebeam echolood) zijn deze meegenomen in het onderzoek. Multibeam systemen zijn ingezet om de waterbodem vlakdekkend in beeld te brengen en inzicht te krijgen in het effect van het meten in profielen. Zowel de sonarbootjes als de multibeam kunnen alleen de bovenkant van de sliblaag inmeten. Grondradar is toegepast om de laagovergang slib naar vaste bodem elektronisch vast te leggen.

Bij de inzet van elektronische meettechnieken moet rekening worden gehouden met locatie specifieke omstandigheden als beschikbaarheid, diepte en de aanwezigheid van waterplanten.

Code	Categorie	Techniek	Aantal bedrijven
A	Handmatig	Peilstok	5
B		Peilstok met RTK-GPS	5
C		Zuigerboor	5
D	Elektronisch	Multibeam	3
E		Grondradar	3
F		Sonarbootjes	3

TABEL 2: TOEGEPASTE MEETTECHNIKEN.

VELDMETINGEN

De waterbodem is ingemeten met dwarsprofielen. Om de invloed van verstoring van de waterbodem door de handmatige metingen te beperken zijn eerst de elektronische metingen uitgevoerd. Voor de handmatige metingen zijn per profiel 10 piketpaaltjes geplaatst met een onderlinge afstand van 0,5 meter, zie foto 1. Elke meetploeg kreeg twee paaltjes toegewezen, de eerste voor het meten met alleen peilstok en de tweede voor het meten met peilstok en GPS.



FOTO 1: LIGGING VAN DE PROFIELEN IS AANGEGEVEN MET PIKETPAALTJES.

RESULTATEN HANDMATIGE TECHNIKEN

Waterstanden

De waterstanden zijn op twee manieren vastgelegd: 1. Inmeten van een vast punt bij de watergang met RTK-GPS en het opmeten van de afstand tot de waterlijn, 2. Direct inmeten van de waterlijn met GPS. Bij de meting met GPS van zowel het vaste punt als van de waterlijn is het maximale verschil tussen de meetploegen op elke locatie circa 5 cm. Het opmeten van de afstand van het vaste punt naar de waterlijn gaf maximale verschillen tussen de 1 en 3 cm.

Het meten van de waterstand met RTK-GPS introduceert een systematische fout in de resultaten. Om die systematische fout bij het inmeten van de sliblaag te voorkomen is voor het verdere onderzoek een vaste waterstand per locatie aangehouden.

Breedten

Per profiel is de breedte van de watergang gemeten met een meetlint, -touw of -kabel. Hierbij hebben de verschillende meetploegen zelf het nul- en eindpunt van de profielen moeten bepalen. Het maximale verschil in gemeten waterbreedtes voor de vier meetlocaties ligt tussen de 0,6 en 1,4 meter. Het verschil wordt grotendeels toegeschreven aan onduidelijkheid in de ligging van nul- en eindpunt van het profiel veroorzaakt door bijvoorbeeld vetrap of rietovers.

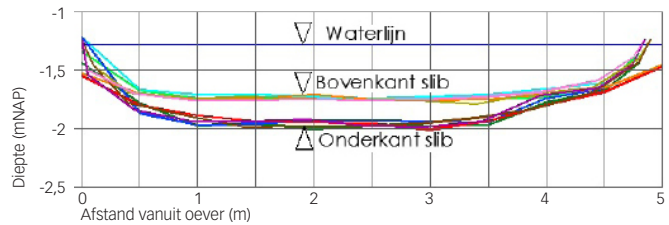
Bij de brede watergang is het effect van een reductie van de breedte op de hoeveelheidsbepaling onderzocht. Hieruit blijkt dat, vanwege de beperkte hoeveelheid slib in de taluds, de reductie van de breedte nauwelijks effect heeft op het volume.

Boven- en onderkant sliblaag

De resultaten van de dieptemetingen met de standaard peilstok door de vijf meetbedrijven zijn per meetpunt vergeleken. Hierbij zijn alleen de metingen van het middendeel van de watergang meegenomen. Op de taluds zijn de individuele metingen minder goed te vergelijken, want een kleine verplaatsing op het talud geeft gelijk een andere bodemligging. Bovendien is er relatief weinig slib aanwezig in de taluds.

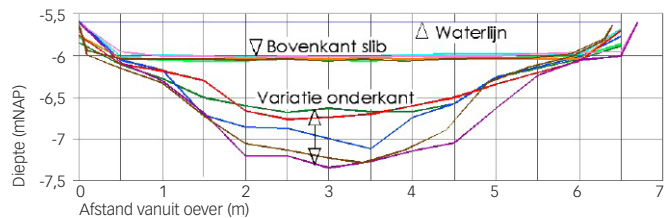
Uit het onderzoek blijkt dat de metingen van de bovenkant van de sliblaag van de verschillende meetbedrijven goed overeenkomen. Ook het inmeten van de onderkant van de sliblaag bij een duidelijk waarneembare overgang (zand) is goed reproduceerbaar. Echter de metingen van de overgang van slib naar een ondergrond van (zachte) klei of veen en bij grotere waterdieptes wijken onderling sterk af. Dit is visueel weergegeven in de figuren 1 en 2.

Wel blijkt dat éénzelfde persoon twee keer (met en zonder GPS-antenne aan de peilstok) een vergelijkbaar profiel meet. Figuur 3 is hiervan een extreem voorbeeld. De algehele tendens is dat de meetbedrijven hun eigen resultaten van de onderkant van de sliblaag goed kunnen reproduceren, maar dat de verschillen tussen de verschillende meetbedrijven (personen) groot zijn.



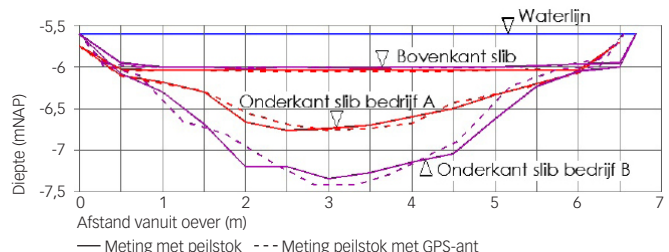
Locatie met harde ondergrond, bovenkant en onderkant slib reproduceerbaar ingemeten

FIGUUR 1: PROFIEL MET HARDE ONDERGROND.



Locatie met zachte ondergrond, onderkant slecht reproduceerbaar

FIGUUR 2: PROFIEL MET ZACHTE ONDERGROND.



— Meting met peilstok --- Meting peilstok met GPS-ant

FIGUUR 3: EIGEN RESULTATEN REPRODUCEERBAAR.

Overige bevindingen

In het onderzoek zijn verschillende handmatige technieken getoetst. Naast de eerder genoemde resultaten zijn de belangrijke bevindingen:

- Het gewicht van de peilstok heeft nauwelijks invloed op de resultaten. Verwacht werd dat door het extra gewicht van de peilstok met GPS de bovenkant van de sliblaag dieper zou worden ingemeten. De metingen met een zwaardere peilstok liggen echter niet significant dieper.
- Het meten met GPS leidt tot een afname van de reprodu-

ceerbaarheid. Het gebruik van GPS om de hoogte van de sliblaag vast te leggen geeft een grotere spreiding van de metingen per meetpunt en van het gemiddelde voor de hele watergang.

- Het gebruik van boortechnieken door de meetploegen wordt sterk wisselend beheerst. De kwaliteit van de uitvoering van de boringen, de interpretatie van de boorstaat en het leggen van een relatie tussen de boring en de peiling is wisselend.

RESULTATEN ELEKTRONISCHE MEETTECHNIKEN

Elektronische meettechnieken zijn mede ingezet om referentiemetingen te verkrijgen en daarmee een uitspraak te kunnen doen over de juistheid van de handmatige meettechnieken.

Sonarbootjes

De metingen met de op afstand bestuurbare bootjes variëren sterk in kwaliteit. Wel is gebleken dat de metingen met de sonarbootjes van de bovenkant van de sliblaag resultaten kunnen opleveren die vergelijkbaar zijn met die van handmatige peilingen.

Multibeam

Multibeam metingen geven een vlakdekkend resultaat van de ligging van de bovenkant van de sliblaag. De metingen met de multibeam komen goed overeen met de handmetingen. De techniek is in de grotere regionale wateren (bijvoorbeeld boezemwateren) goed bruikbaar voor het inmeten van de bovenkant van de sliblaag.

Elke waterbodembodem lijkt hetzelfde, totdat je hem probeert in te meten

Grondradar

De grondradar is goed bruikbaar gebleken voor het in kaart brengen van de overgang van slib naar vaste bodem. Kwetsbaar onderdeel hierbij is dat voor de interpretatie van de laagovergangen verificatieboringen nodig zijn. Het bepalen van laagovergangen via boringen bleek bij het verifiëren van de handmetingen juist slecht reproduceerbaar. Grondradar is op de onderzochte locatie niet geschikt voor het vaststellen van de bovenkant van de sliblaag.

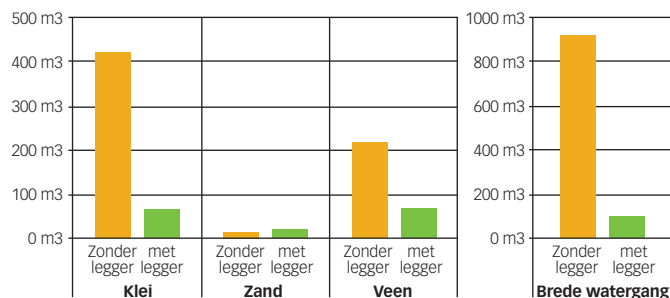
HOEVEELHEID BAGGERSPECIE

Het uiteindelijke doel van de richtlijn is een juiste en reproduceerbare baggervolumebepaling. Voor de volumebepaling zijn de hoeveelheden binnen elk profiel vermenigvuldigd met een representatieve lengte per profiel. Onderstaande getallen hebben betrekking op metingen met de standaard peilstok.

In het onderzoek is aandacht besteed aan de volgende onderdelen:

- Reproduceerbaarheid tussen de bedrijven.
- Totale hoeveelheid slib versus hoeveelheid slib boven een leggerprofiel.

De spreiding in de meetresultaten van de onderkant van de sliblaag resulteert in grote verschillen in de volumebepaling tussen de verschillende meetploegen. Door een hoeveelheidsberekening uit te voeren ten opzichte van een vaste dieptemaat (legger) neemt de reproduceerbaarheid van de hoeveelheidsbepaling toe. In figuur 4 is het verschil tussen de minimale en maximale hoeveelheid per locatie met en zonder legger weergegeven. Hierbij moet wel een kanttekening worden gemaakt. Bij het bepalen van de totale hoeveelheid slib heeft de waterstand geen invloed, omdat de boven- en onderkant van de sliblaag ten opzichte



FIGUUR 4: Verschil minimale en maximale hoeveelheid per locatie met en zonder legger.

te van dezelfde waterstand worden bepaald. Bij een hoeveelheidsbepaling ten opzichte van een legger speelt de waterstand wel degelijk een rol. Aandacht voor verbetering van het inmeten van de waterstand is derhalve belangrijk.

HOE NU VERDER?

Bij het inmeten van waterbodems in regionale wateren moeten we ons realiseren dat de bovenkant van de sliblaag reproduceerbaar kan worden vastgelegd. Het bepalen van de onderkant van de sliblaag kan echter minder reproduceerbare resultaten geven. Door van te voren overeenstemming te hebben over de definitie van de laagovergang en door het verbeteren van de verificatieboringen kan de reproduceerbaarheid worden verhoogd.

Aan te raden is om bij een zachte vaste bodem, een onduidelijke overgang of een grillige ligging van de vaste bodem de hoeveelheid slib te bepalen ten opzichte van een vaste dieptemaat.

AANPASSEN RICHTLIJN

Met de kennis die in het validatie-onderzoek is opgedaan en met de ervaringen van alle gebruikers en de begeleidingscommissie wordt de richtlijn geactualiseerd. De belangrijkste punten waarop de nieuwe richtlijn wordt aangepast/aangescherpt zijn:

- Nu ook elektronische technieken voor vaststellen laagovergangen,
- Nauwkeurige plaats- en hoogtebepaling,
- Verificatie van laagovergangen,
- Bepalen van representatieve breedte en lengte,
- Vereiste kennis en ervaring.

Naar verwachting is de nieuwe versie van de SIKB-richtlijn baggervolumebepalingen in de loop van 2016 gereed. Meer info: www.sikb.nl/baggervolumebepalingen.

Omvang onderzoek

Handmatig metingen:

5 meetploegen, 3 technieken, 4 locaties
In totaal 3.200 metingen per laag per techniek

Elektronische metingen:

7 meetbedrijven 3 technieken 1 locatie
30.000 metingen bovenkant
15.000 metingen onderkant

BRONNEN:

1. Website: <http://www.sikb.nl/baggervolumebepalingen>
2. <http://www.sikb.nl/upload/documents/20150522%20Validatie%20Richtlijn%20baggervolumebepalingen%20Eindrapport%20Definitief.pdf>