

Et Instrument til Maaling af Sand- og Slamtransport i strømmende Vand.

Af Niels Nielsen.

(Meddelelse fra Skalling-Laboratoriet).

Saa vel for videnskabelige som for tekniske Arbejder har det betydelig Interesse at kunne maale Sandtransporten i strømmende Havvand og specielt i de bundnære Vandlag. Langs vore Kyster foregaar saadanne Processer i ganske stor Maalestok. Brændingsstrømme, Tidevandsstrømme og Vindstrømme flytter daglig store Mængder af Sand og finkornet Materiale, og de derved foraarsagede Ændringer har betydelig videnskabelig og praktisk Interesse. Man har da ogsaa paa forskellig Vis søgt at komme til Klarhed over disse Processers Natur, og navnlig har man gjort et stort Arbejde for at bestemme Mængden og Arten af vandrende Materiale.

Den simpleste og hyppigst anvendte Fremgangsmaade er, hvad man kunde kalde den indirekte, som gaar ud paa ved en gentagen Opmaaling af Havbunden at bestemme Mængden af paa lejret eller Mængden af borttaget Materiale i en vis Tid. Paa den Maade faar man imidlertid ikke Oplysninger om selve Processerne, men kun om disses samlede Resultat inden for et bestemt afgrænset Omraade. Selv om man nu supplerer disse Opmaalinger med Strømmaalinger og derigennem faar noget at vide om de Retninger, i hvilke Vandringen af Sand og Slam finder Sted, er den saaledes erhvervede Kundskab hyppigst utilfredsstillende, og man har derfor maattet vende Opmærksomheden mod direkte Metoder til Maaling af selve Vandringen af opslemmet Materiale, selv om saadanne Maalinger møder en Række meget alvorlige Vanskeligheder.

For at bestemme Mængden af vandrende Materiale maa man først og fremmest kende to Ting, nemlig Mængden af strømmende Vand og Mængden af opslemmet Stof pr. Rumfangsenhed. Saadanne Maalinger er imidlertid temmelig indviklede, fordi Processerne er underkastet en uhyre Variation. Alene det at bestemme den Vand-

mængde, der passerer f. Eks. ind gennem Graadyb under en Vandstigning fra Ebbe til Flod, er en vanskelig Opgave, som fordrer meget udviklede Maalinger og Beregninger, og langt værre er det at bestemme Mængden af vandrende Vandmasser i f. Eks. de Kyststrømme, som til Stadighed gæder langs de danske Strande.

En anden og mindst lige saa vanskelig Opgave er at bestemme Mængden af opslemmet Stof. Man maa kende Slamføringen pr. Rumfangsenhed i de forskellige Vandlag i en given Situation og tillige bestemme, hvorledes Slamføringen varierer med skiftende Vandbevægelser.

Ved en saadan Maaling afhænger Resultatets Paalidelighed af to Ting, nemlig Optagelsen af Prøverne og den laboratoriemæssige Behandling af disse. I denne Artikel skal man imidlertid kun beskæftige sig med nogle Omstændigheder vedrørende selve den grundlæggende Operation, nemlig Prøvetagningen. Hvis den ikke foregaar paa en saadan Maade, at en given Prøve er „rigtig“, d. v. s. i Overensstemmelse med Forholdene paa det Sted og paa det Tidspunkt, hvor den angives at være taget, saa nytter selv den mest omhyggelige Laboratoriebehandling ikke noget, for saa bliver Resultatet under alle Omstændigheder galt.

„Vandhenter“.

Det simpleste Princip for Udtagning af Vandprøver til Bestemmelse af Slamindhold er at fylde en nedsænket Beholder, Vandhenter eller Flaske med en saadan Lukkeindretning, at Prøven tages paa det ønskede Sted i Vandmassen.

En saadan Prøvetagning har imidlertid forskellige Mangler. En Flaske eller Vandhenter, der sættes ned i stærk Strøm, vil udsættes for Afdrift, og selv med stærk Belastning er det vanskeligt at angive, i hvilken Dybde Prøven er taget. For de øvre Vandlags Vedkommende er dette ikke saa væsentligt, fordi Variationen i Slamindhold i Reglen er lille, men naar det drejer sig om bundnære Vandlag, er det vigtigt at kende Dybden, hvorfra Prøven er taget, eller rettere at kende Afstanden fra Bunden, fordi Materialindholdet i Vandet tiltager stærkt imod Bunden, i hvert Fald ved visse Strømførhold. For at opnaa saa ensartede Forhold som muligt, kan man vælge en vis Afstand mellem Lod og Flaske, f. Eks. 20 cm, og saa udtage Prøven med Flasken svævende og Loddet hvilende paa Bunden, men man har ikke engang Garanti for, at Flasken har holdt sin Stilling under Fyldningen, og Maalingens absolutte Værdi bliver derfor noget begrænset, selv med de bedste Apparater og den største Omhu.

Brugen af Vandhentere møder ganske tilsvarende Vanskeligheder, og dertil kommer, at et saa stort Apparat foraarsager en ikke ringe Hvirveldannelse, og det er derfor i bundnære Vandlæg ikke fuldt paalideligt til Formaalet.

For højere liggende Dele af strømmende Vandmasser er denne Methode derimod udmærket og giver saa paalidelige Resultater, at man næppe kommer Virkeligheden nærmere ved andre Former for Prøvetagning.

Sandfangere.

Man har imidlertid konstrueret et ret stort Antal Instrumenter med det Formaal at fange den Sandmængde, der i en given Tid passerer en given Flade. Som Grundlag for Konstruktionen tjener følgende Principper:

- I. Sandfangere med Net, hvori det gennemstrømmende Sand filteres fra.
- II. Sandfangere med en saadan Konstruktion, at Vandstrømmen gennem Apparatet svækkes, hvorved noget af det medførte Sand bundfældes i Apparatet.
- III. Anbringelsen af Kamre i et paa Bunden hvilende Stativ. Ved en simpel mekanisk Anordning lukker man Kamrene, og naar man hejser Apparatet op, faar man Prøver af det i de enkelte Kamre indeholdende Vand fra forskellig Højde over Bunden.

En af de nyeste Netfangere er konstrueret af Ehrenberger og af ham anvendt til Maaling af Sandvandring i Donau ved Wien. Apparatet bestaar af en Jernramme paa en Stang, der sænkes ned fra Fartøjet. Fangeren holdes paa Plads af et Sideror og et Dybderor. Det egentlige Fangapparat bestaar af en Kasse, hvis 4 Sider bestaar af Traadvæv, medens den mod Strømmen vendende Side er aaben.

Netfangerne har navnlig fundet Anvendelse i stærkt strømmende Floder, hvor Materialet er groft, saa groft, at det delvis tilbageholdes med en Maskevidde paa 4,5--5 mm. Ved Undersøgelser af Materialvandringen i Havet har man i Reglen at gøre med mindre Kornstørrelser (under 1 mm), og man maa derfor gøre Nettet langt tættere. Derved fremkommer den Vanskelighed, at Nettene tilstoppes, hvorved Gennemstrømningen hindres, og der opstaar en Stuvning foran Apparatet. Under saadanne Omstændigheder er den Mængde af Materiale, der tilbageholdes i Apparatet, naturligvis ikke noget Udtryk for Transporten, som den vilde have været, hvis Apparatet ikke havde været til Stede. Netfangere kan derfor næppe anbefales til Anvendelse i Havet.

Sandfangere af Type Nr. 2 eksisterer ligeledes i flere Former, hvoraf den nyeste og bedste er konstrueret af K. Lüders i Wilhelmshafen. Apparatet er en Jernkasse, der anbringes liggende paa Bunden. Vandet strømmer ind gennem en Aabning paa 70 cm² og forlader Kassen gennem Aabninger med en samlet Flade paa 267 cm². Hastigheden i det udgaaende Vand er altsaa mindre end i det indgaaende, og derfor maa en Del af det opslemmede Materiale efterlades i Sandfangeren.

Endelig er der det tredje Princip, som er bragt i Anvendelse af J. van Veen. Han har brugt det til Undersøgelser ved de hollandske Kyster og andelsteds. Det har den Fordel, at det giver Variation i Materialindholdet i forskellig Højde over Havbunden, men det er et stort Apparat med en betydelig Angrebsflade for Strømmen, og man er derfor lidt bange for, at de stedfundne Forstyrrelser vil influere paa Resultaterne.

Man har endvidere forsøgt at pumpe Vandprøver til Sedimentundersøgelser op ved Hjælp af særlig indrettede Metalpumper (Hjulstrøm 1935 p. 389), men hvis Vandet indeholder opslemmet Sand, vil Pumpen tilstoppes og slides, og saavel det øjeblikkelige Resultat som Apparatets Anvendelse i det lange Løb vil blive behæftet med visse Mangler.

Optagelser af Vandprøver ved Vacuum.

Idealet for en Udtagelse af Vandprøver til Bestemmelse af opslemmet Materiale var at kunne tage en Prøve uden nogen som helst Indgriben i de naturlige Strømforhold og paa en saadan Maade, at man nøjagtigt kendte Tilstanden paa vedkommende Sted. Dette er ugørligt, men det maa tilstræbes at nærme sig dette Ideal saa meget som muligt. Endvidere maa man bestræbe sig for at træffe saadanne Foranstaltninger, at Prøven udtages i et bestemt Niveau, og at dette Niveau kan fastlægges. At Prøven maa ændres saa lidt som muligt under Optagelse og Transport er en Selvfølge.

Til Imødegaaelse af nogle af de Vanskeligheder, Opfyldelsen af disse Krav bereder, har Skalling-Laboratoriet i 1938 konstrueret og gennemprøvet en Anordning til Optagelse af Vandprøver fra bundnære Vandlag med det saa vidt mulige „rigtige“ Indhold af opslemmet Materiale. Instrumentet er bygget af Konservator H. J. Nielsen, Polyteknisk Lærestalt, efter Laboratoriets Tegninger.

Instrumentet bestaar af følgende Hoveddele:

- I. En Vacuumtank paa ca. 50 Liter med tilhørende Luftpumpe, der drives af Baadmotoren. Med 400 Pumpeomdrejninger pr.

Minut bringes Trykket i Beholderen paa 2—4 Minutter ned til ca. $\frac{1}{3}$ Atmosfære.

- II. Et trebenet Stativ af Rundjern (Godstykkeelse ca. 15 mm), der samles i en Muffe, hvorigennem føres et 2 Meter langt Indsug-

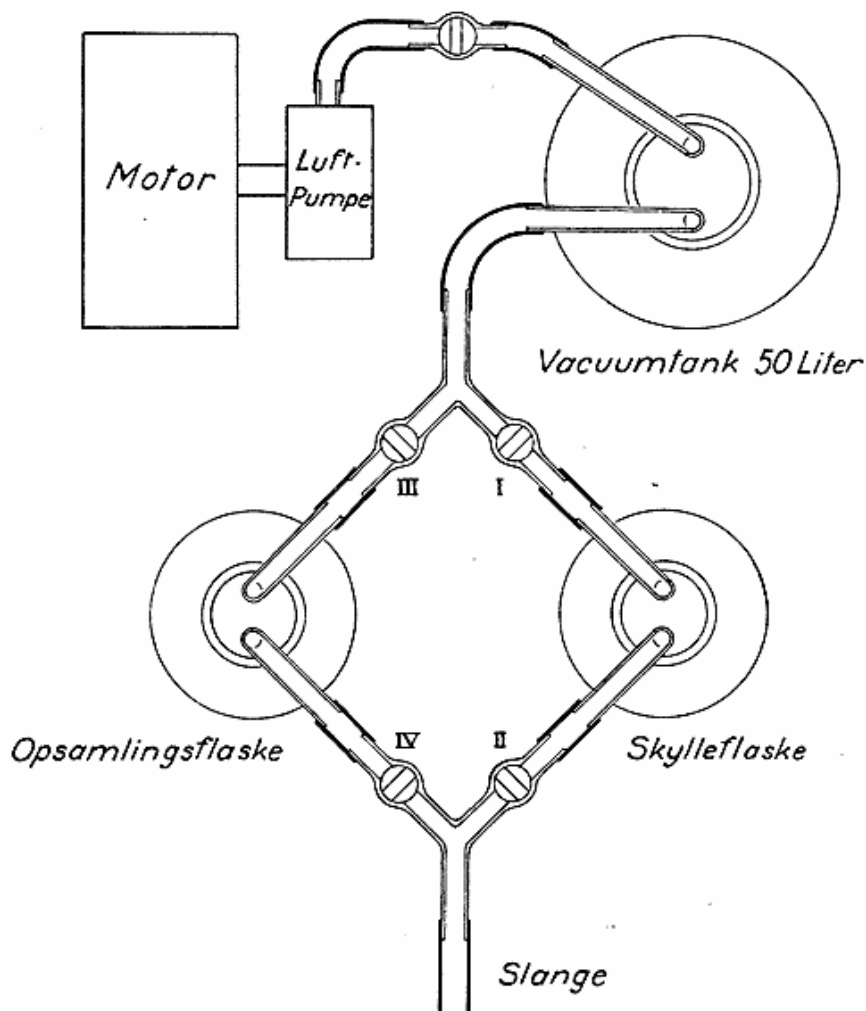


Fig. 1. Skematisk Fremstilling af Sugeapparatet. Først ledes Sugningen gennem Skylleflasken, og naar Rør og Slange er skyllet for Urenheder, ledes Sugningen gennem Opsamlingsflasken, hvor Indstrømningen reguleres saaledes, at Strømhastigheden i Røret bliver lidt større end Hastigheden paa det Sted, hvor Proven tages.

ningsrør af Metal med en Lysning af ca. 20 mm. Ved Hjælp af en Skrue kan Røret forskydes op og ned i Muffen. Stativets Ben er belastet med Blyklodser af henholdsvis 5, 5 og 10 kg's Vægt. Det tungest belastede Ben er forsynet med en Styrevinge, saaledes at dette Ben ved Nedfiring indstiller sig bort fra Strømmen.

Metalrøret ender forneden i et vandret, drejeligt Mundstykke, som ved Hjælp af en Vinge indstiller sig imod Strømmen.

III. Vacuumtanken og Metalrøret forbindes med en svær Gummislange, der nærmest Vacuumtanken er togrenet. I hver af disse

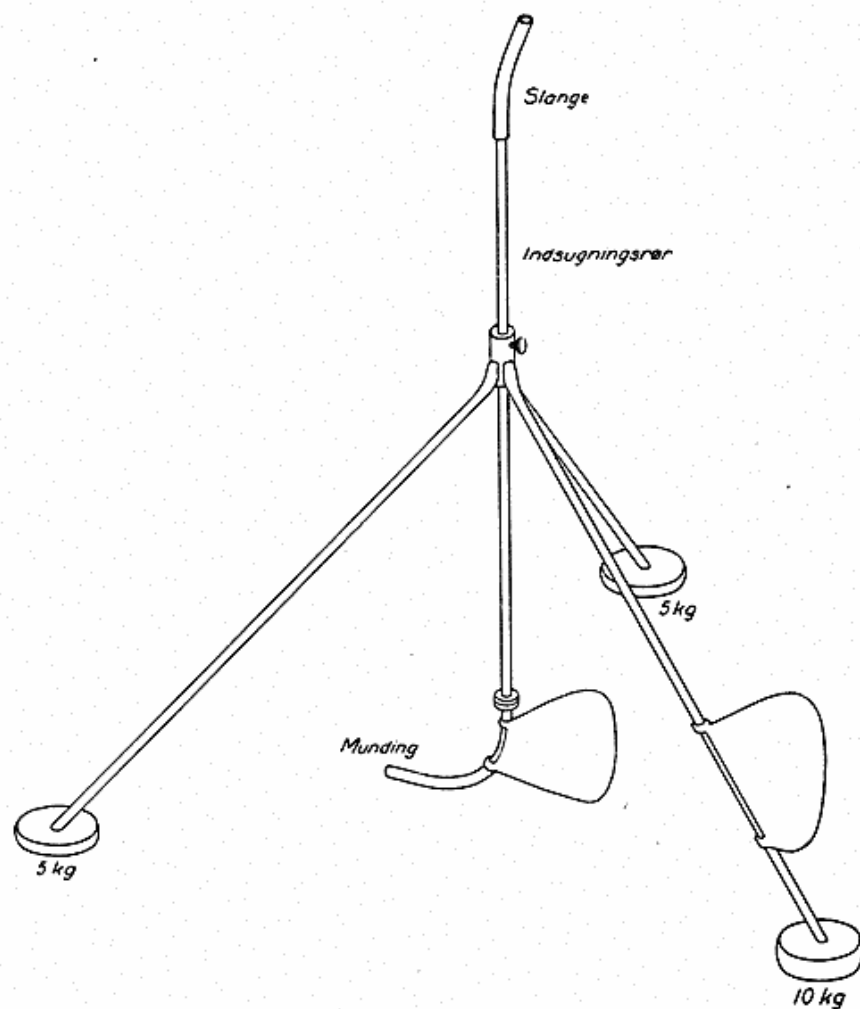


Fig. 2. Trefoden, der hejses ned paa Havbunden. Indsugningsrørets nederste Del er drejeligt og indstiller sig med Aabningen mod Strømmen. Afstand fra Bunden varieres ved at hæve og sænke Indsugningsrøret.

Grene er indskudt en 10 Liter Flaske, hvoraf den ene fungerer som Skylleflaske og den anden som Opsamlingsflaske til Vandprøver. Paa begge Sider af de to Flasker er indskudt en svær, tætsluttende Glashane. Proppen er endvidere gennembrudt af et Glasrør, der lukkes med en Klemhane; det tjener til at lukke Luft ind i Flasken efter endt Fyldning for at ophæve Vacuum.

Apparatet bruges paa følgende Maade: Metalrøret fastskrues i

Trefodens Muffe med Mundingen siddende i den ønskede Højde over Trefodens Grundflade, hvorefter Trefod med Rør og paasiddende Slange fires ned og stilles paa Havbunden; man kender nu Mundingens Højde over Bunden og ved, at Aabningen vender mod Strømmen. Samtidig har man tilvejebragt Vacuum i Tanken, og naar man aabner de to Haner paa hver sin Side af Skylleflasken, styrter Vandet med stor Kraft ind i denne, og i Løbet af kort Tid er Rør og Slange skyllet for eventuelle Urenheder.

Umiddelbart efter tager man Prøven ved at lukke Passagen gennem Skylleflasken og aabne for Sugning gennem Opsamlingsflasken. Denne har en Rumfangsinddeling, og ved Hjælp af et Stopur bestemmes den Tid, det tager at suge en Liter Vand ind i Flasken. Naar man kender Dimensionerne for Mundingsrør og Slange, finder man let Relationen mellem Fyldningshastigheden og Strømhastigheden i Mundingsrør og Slange.

Umiddelbart før Prøveoptagningen bestemmer man Strømhastigheden, og man kan saa ved Indstilling af Hanerne regulere Indsugningen saaledes, at Hastigheden i Mundingsrøret bliver lidt større end Strømhastigheden i det Vandlag, hvor Prøven tages. Med et Tryk paa ca. 200 mm i Vacuumtanken opnaar man let en Strømhastighed i Mundingsrøret paa indtil 1,5 m/sec., d. v. s. en Hastighed, som ligger betydeligt over de maalte Maksimalhastigheder i dette Vandlag.

Man opnaar med dette Apparat at fjerne eller formindske en Del af de Fejlkilder, der klæbede ved tidligere anvendte Apparater:

- I. Apparatets Modstand mod Strømmen er reduceret til et Minimum. Trebenets Ben er 1,5 cm i Diameter og Indsugningsrøret ca. 3 cm.
- II. Indsugningen foregaar med samme Hastighed eller lidt større Hastighed end Strømmen i det paagældende Niveau, og da Mundingen vender imod Strømmen, glider Vandet uden Forstyrrelser af nogen Art ind igennem Mundingen og fortsætter op gennem Røret.
- III. Vandet med opslemmet Materiale transporteres op i Opsamlingsflasken gennem et aabent Rør uden at passere nogen Pumpe.
- IV. Indstillingen af Indsugningsaabningens Afstand fra Bunden tillader en ret nøjagtig Bestemmelse af det Niveau, hvori Vandprøven er taget. Man kan endvidere ved Hjælp af en Stilleskrue i Muffen variere denne Afstand og saaledes paa en let Maade

bestemme Slam- og Sandføringen i de forskellige Vandlag fra nogle faa cm til ca. 125 cm over Bunden.

Nyere Litteratur, hvor nærmere Oplysning om Maaling af Sandvandring kan hentes:

K. Lüders: Unmittelbare Sandwanderungsmessung auf dem Meeresboden. Veröff. Inst. f. Meereskunde. Berlin. Neue Folge A. Heft 24. 1933.

Filip Hjulström: Studies of the morphological activity of rivers. Bull. Geol. Inst. Upsala 1935.

Joh. van Veen: Onderzoekingen in de Hoofden. s'Gravenhage 1936.
