

ONDERZOEK NAAR DE TRANSPORTWEG
VAN SEDIMENTDEELTJES BIJ
BAGGEREN

L.A. van der Kooij
DBW/RIZA
september 1985
nota-nr. 85.019

INHOUDSOPGAVE

- 1. Inleiding**
- 2. Bemonsterings- en analyseprogramma**
- 3. Resultaten van het onderzoek**
- 4. Balansberekeningen**
- 5. Conclusies**

Geraadpleegde bronnen

1. INLEIDING

Bij het baggeren met sleephopperzuigers wordt een mengsel van sediment en water opgezogen en in het beun (ruim) gespoten. Na enige tijd zal het sediment/water mengsel het niveau van de overloop (of overflow) bereiken hebben. Afhankelijk van de korrelgroottes, soortelijk gewicht van het sediment en de baggertechniek (verhouding water-sediment in het beun) heeft er bezinking van de vaste stof plaatsgevonden in het beun. Het bovenstaande water bevat nog een fractie sediment.

Vanaf het moment dat het niveau van de overflow bereikt is, wordt het bovenstaande water teruggepompt (soms ook via een overloopsysteem) naar het oppervlaktewater.

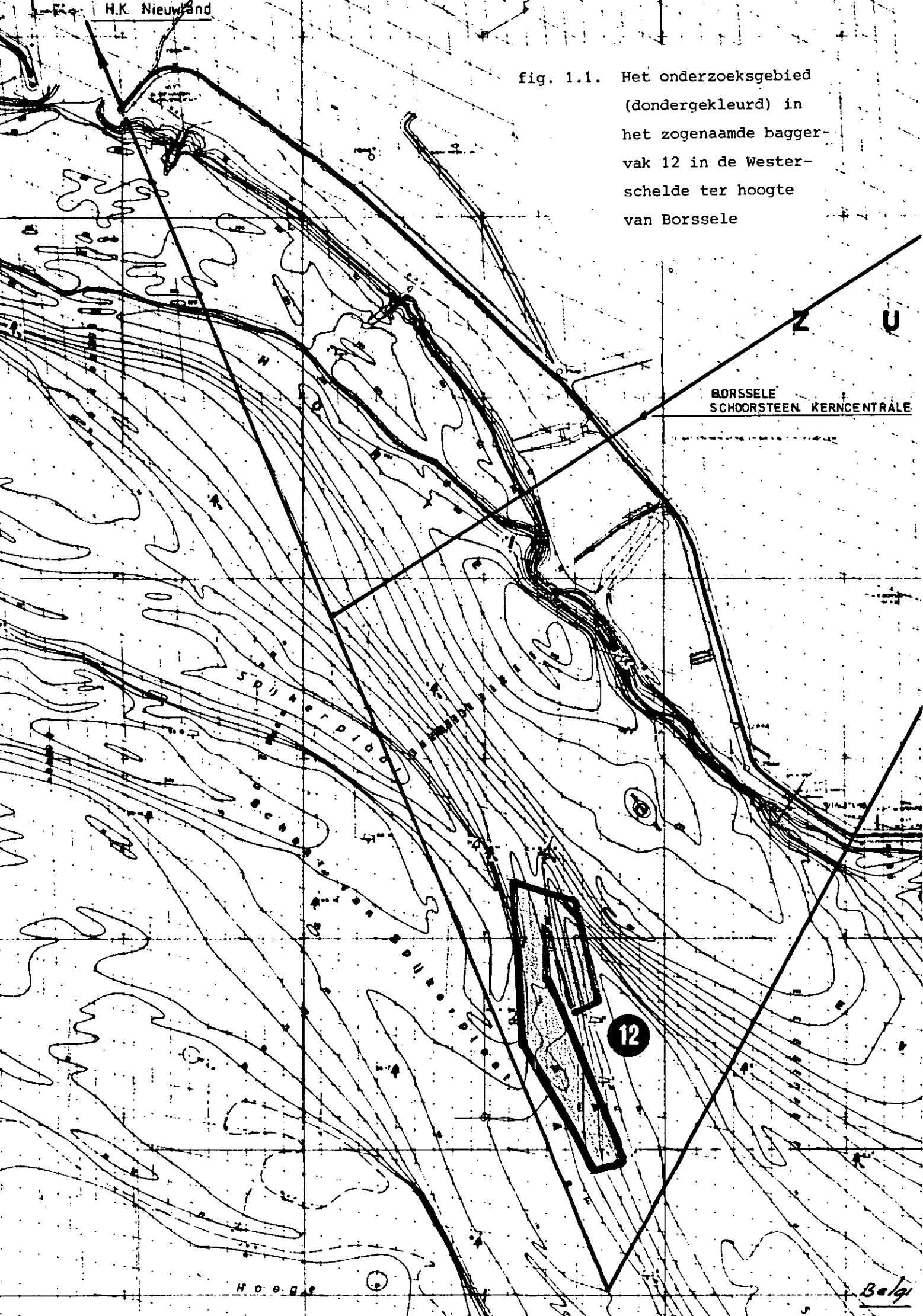
Nog weinig is bekend over de sedimentfractie die bij het baggerproces via het schip weer terecht komt in het oppervlaktewater. De indruk bestaat dat dit vooral de fijnere deeltjes zijn die minder snel bezinken dan de grovere delen. De mate waarin sedimentdeeltjes in de overflow aanwezig zijn, wordt bepaald door de aard (korrelgrootteverdeling) van de bodem, de baggertechniek en de methode waarop het water uit het schip wordt afgelaten.

Omdat verontreinigingen voornamelijk gebonden aan fijnere deeltjes ($< 63 \mu\text{m}$) voorkomen, is de kans groot dat bij het baggeren in vervuilde bodems veel verontreinigingen via de overflow in het oppervlaktewater teruggebracht worden. Afhankelijk van de turbulentie vindt opnieuw sedimentatie plaats.

Met het voorliggende onderzoek is geprobeerd een indruk te verkrijgen van de mate waarin de samenstelling van het sediment bij het baggeren aan veranderingen onderhevig is. Vooral is aandacht besteed aan de verandering van de korrelgrootteverdeling gedurende het baggerproces. Als onderzoeksgebied is de drempel van Borssele in de Westerschelde gekozen (fig.1.1).

Het rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 beschrijft het bemonsterings- en analyseprogramma. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek besproken. In hoofdstuk 4 is een balansberekening gemaakt over de sleephopperzuiger. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies van het onderzoek weer.

fig. 1.1. Het onderzoeksgebied
(dondergekleurd) in
het zogenaamde bagger-
vak 12 in de Wester-
schelde ter hoogte
van Borssele



2. BEMONSTERINGS- EN ANALYSEPROGRAMMA

Het bemonsteringsprogramma is in drie delen gesplitst. Op 19 februari 1985 zijn een 7-tal bodemonsters genomen op de drempel van Borssele met een Van Veengrijper vanaf de "Wijtvliet" van Rijkswaterstaat-Adviesdienst Vlissingen. Er werd daar toen al sinds ca. 3 maanden niet meer gebaggerd, zodat hiermee de 0-situatie is vastgesteld (monsters S₁ t/m S₇).

Het tweede onderdeel vond, in overleg met de Antwerpse Zeediensten, plaats op 12 maart 1985 aan boord van de Belgische sleepopperzuiger "Maas" die toen al enkele dagen werkzaam was op de drempel van Borssele. Gedurende één track van de "Maas" zijn 7 monsters uit de aanzuigleiding (A₁ t/m A₇), 6 monster uit het beun (SB₁ t/m SB₃ en BB₁ t/m BB₃) en 8 monsters van het retourwater of overloop (R₁ t/m R₈) genomen. De bemonsteringstijden waren evenredig verdeeld over de bagger-tijd.

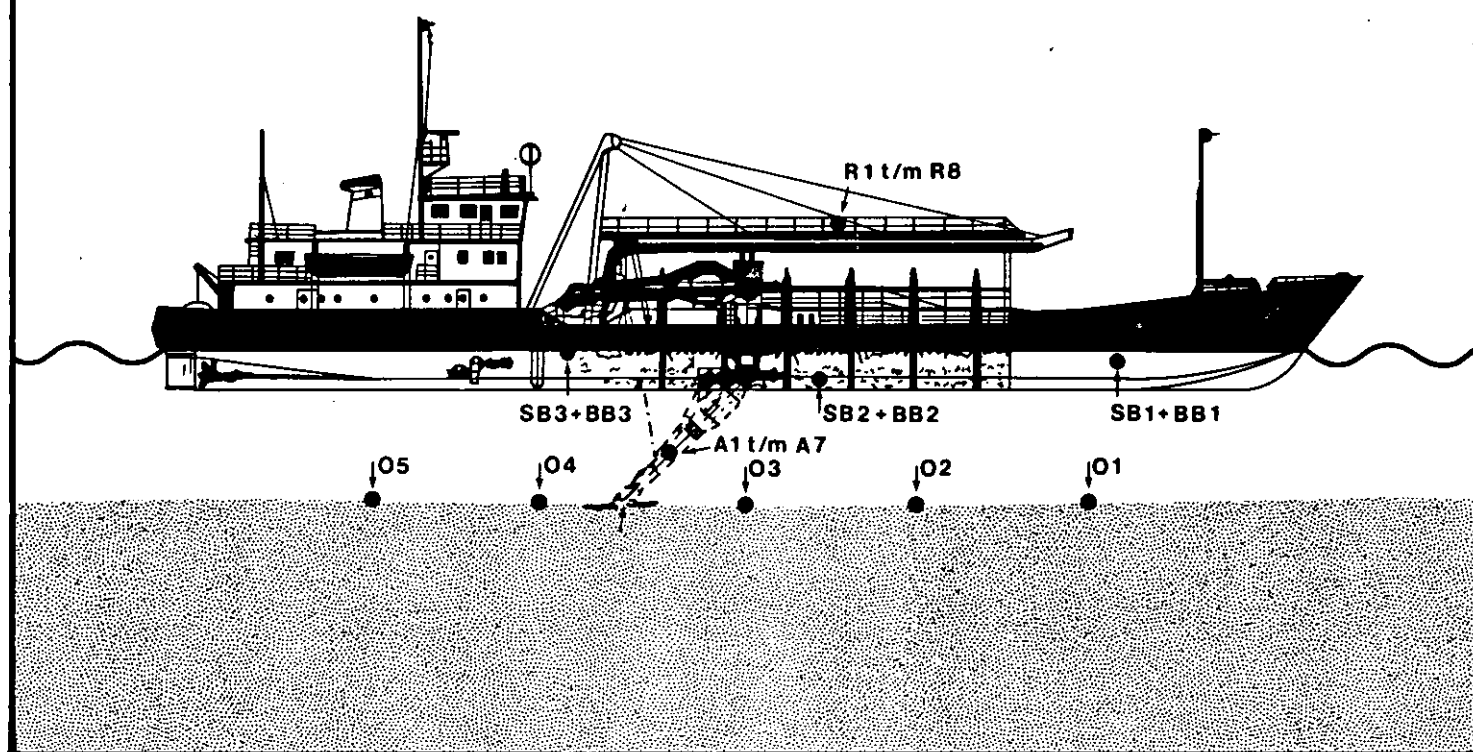
Het baggeren nam 1 uur in beslag, zodat iedere 9 minuten een monster uit de aanzuigleiding is genomen. Het retourwater liep 17 minuten na het begin van het baggeren over, zodat in 43 minuten om de 6 minuten een monster is genomen. Het beun werd bemonsterd met 6 stalen emmers, van te voren bevestigd aan vertikaal gespannen kabels; 3 emmers hingen aan stuurboord (SB₁ t/m SB₃) en 3 aan bakboord (BB₁ t/m BB₃). De monsters SB₁ en BB₁ zijn vooraan het beun halverwege de vertikaal op 4 m onder het beladingsoppervlak genomen. De monsters SB₂ en BB₂ zijn op 6,5 m diepte genomen (1,5 m boven de bodem) in het midden van het schip. De monsters SB₃ en BB₃ zijn achteraan het beun genomen op 2,5 m diepte. Met het stijgen van het specieniveau in het beun liepen de emmers vol om na het storten gelegeerd te worden in de bemonsteringsvaten. Vanaf de "Wijtvliet" zijn bij de bodem 5 monsters van het water uit de Westerschelde genomen in de omgeving van de "Maas". Schematisch is de bemonstering op en rond de zuiger in fig. 2.1 aangegeven.

Na afloop van de baggercampagne zijn op 29 april 1985 5 monsters van het gebaggerde sediment op de drempel van Borssele genomen (S₈ t/m S₁₂).

Van alle monsters zijn door de adviesdienst Vlissingen de korrelgroottespektra (Malvern Particle Sizer) en de frakties humus, kalk, slib (< 63 µm) en zand bepaald. Van de "watermonsters" uit de aanzuigleiding, overloop en oppervlaktewater zijn tevens de zwevende stofconcentraties bepaald.

figuur 2.1

Bemonsteringsschema op en rond de sleeophopperzuiger "Maas"



3. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

De analyseresultaten van zowel de sedimentbemonsteringen als die van de deelstromen van de "Maas" zijn opgenomen in tabel 3.1. Naast de afzonderlijke cijfers zijn hierin ook de gemiddelde en standaardafwijkingen opgenomen. Uit het onderling vergelijken van deze cijfers komt het volgende naar voren.

De zwevende stofconcentraties in het oppervlaktewater zijn laag (max. 1 %) ten opzichte van die in de aanzuigleiding en het retourwater. De diverse slibfrakties ($<63 \mu\text{m}$, $<48,3 \mu\text{m}$ en $<19,4 \mu\text{m}$) in het oppervlaktewater daarentegen vormen echter een veelvoud ten opzichte van deze deelstromen, waardoor een verwaarlozing van de bijdrage van het zwevende stof in het oppervlaktewater nog niet te beoordelen is (zie ook hoofdstuk 4). De diverse sedimentfrakties in de aanzuigleiding komen goed overeen met die in de bodemonsters S_1 en S_{12} , hetgeen aangeeft dat bij het aanzuigen van het sediment geen scheiding van frakties plaatsvindt.

Opvallend is dat de fijnste slibfrakties ($<19,4 \mu\text{m}$ en $<48,3 \mu\text{m}$) in de monsters S_8 t/m S_{12} -dus na afloop van de baggercampagne- hoger zijn dan voor het begin van de campagne, terwijl de totale slibfractie ($<63 \mu\text{m}$) juist lager is. De frakties zand zijn daarentegen in de monsters S_8 t/m S_{12} weer hoger. Dit doet vermoeden dat door het baggeren een meer zandrijke laag is bereikt, waarbij tijdens het baggeren de opgezogen fijnste slibfrakties via het retourwater weer overboord gingen. Een vergelijking van de monsters uit de aanzuigleiding, beun en retourwater bevestigt dit vermoeden: de monsters uit het beun zijn het meest zandrijk, die van het retourwater het meest slib-, humus- en kalkrijk.

In hoofdstuk 4 worden de hier aangetoonde scheidingen van frakties nader gekwantificeerd in de vorm van balansberekeningen per fractie. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan de aangehechte verontreinigingen.

Tabel 3.1: Overzicht analysesresultaten sedimentmonsters en monsters deelstromen sleeppopperzuiger "Maas".

Monster- nr.	Omschrijving	Zwevende stof (g/l)	% humus	% kalk	% slib ($< 63 \mu\text{m}$)	% zand	% $< 19,4 \mu\text{m}$	% $< 48,3$
O1	Water Westerschelde 0,21)		1,2)	30,2)	36,0)	32,6)	69,0)	85,9)
O2	bij de bodem rond de "Maas" op	0,16) gemiddeld	1,0)	36,6)	36,6)	25,8)	79,4)	96,8)
O3	0,21) 0,194 $\pm$ 0,04		2,4)	1,42 $\pm$ 0,58	34,5) 35,4 $\pm$ 4,6	30,9) 27,7 $\pm$ 6,7	68,7) 71,7 $\pm$ 4,7	89,2) 90,1 $\pm$ 7,7
O4	12-3-'85 van	0,15)	1,5)	42,4)	39,4)	16,7)	72,9)	91,0)
O5	12u50-13u36	0,24)	1,0)	33,3)	33,3)	32,4)	68,5)	88,6)
S1	Sedimentdrempel		0,8)	11,4)	2,3)	85,5)	0,1)	0,5)
S2	van Borssele,		0,7)	4,9)	1,6)	92,8)	$< 0,1$)	0,5)
S3	19-2-'85, ca 2		0,8)	6,1)	2,1)	91,0)	$< 0,1$)	0,7)
S4	weken vóór aan-		0,9)	0,95 $\pm$ 0,24	8,7) 7,99 $\pm$ 2,60	2,3) 2,49 $\pm$ 0,66	88,0) 88,5 $\pm$ 3,2	1,0) 1,01 $\pm$ 0,50
S5	vang bagger-		1,0)	6,0)	2,6)	90,4)	$< 0,1$)	1,2)
S6	campagne		1,4)	11,3)	3,7)	83,5)	0,1)	1,9)
S7			1,1)	7,5)	2,8)	88,6)	0,1)	1,3)
S8	Sedimentdrempel		0,8)	5,1)	1,4)	92,7)	$< 0,1$)	0,8)
S9	van Borssele		1,0)	10,3)	3,2)	85,4)	0,8)	1,6)
S10	29-4-85, direct		1,0)	0,82 $\pm$ 0,18	7,1) 6,64 $\pm$ 2,22	3,2) 2,18 $\pm$ 0,97	88,6) 90,3 $\pm$ 3,3	2,0) 1,24 $\pm$ 0,57
S11	na afloop bagger-		0,6)	4,9)	1,2)	93,3)	$< 0,1$)	0,6)
S12	campagne		0,7)	5,8)	1,9)	91,7)	$< 0,1$)	1,2)
A1	Monsters aan-	337)	1,5	8,4)	2,9)	87,2)	0,1)	1,7)
A2	zuigleiding, om	554)	0,9)	7,3)	1,8)	90,1)	$< 0,1$)	0,8)
A3	de 9 minuten ge-	456) gemiddeld	0,8)	7,6)	2,2)	89,4)	0,3)	0,7)
A4	namen op 12-3-85	303) 487 $\pm$ 145	0,7) 6,97 $\pm$ 0,29	7,5) 6,97 $\pm$ 1,03	1,7) 2,09 $\pm$ 0,40	90,1) 90,1 $\pm$ 1,5	0,3) 0,13 $\pm$ 0,12	0,8) 0,94 $\pm$ 0,35
A5	van 12u40-13u35	441)	0,6)	6,7)	2,1)	90,6)	$< 0,1$)	0,8)
A6		700)	0,9)	5,6)	2,0)	91,5)	$< 0,1$)	0,8)
A7		616)	0,8)	5,7)	1,9)	91,7)	$< 0,1$)	1,0)
SB1	Monsters beun		0,7)	11,7)	0,9)	86,7)	$< 0,1$)	0,3)
SB2	op 12-3-85 van		0,6)	7,7)	1,1)	90,7)	$< 0,1$)	0,3)
SB3	12u40 tot 13u35		0,7) 0,62 $\pm$ 0,08	5,5) 7,34 $\pm$ 2,31	0,6) 0,88 $\pm$ 0,17	93,1) 91,1 $\pm$ 2,4	$< 0,1$) $< 0,1$	0,3) 0,3
BB1			0,5)	7,5)	1,0)	91,0)	$< 0,1$)	0,3)
BB2			0,6)	6,1)	0,8)	92,5)	$< 0,1$)	0,3)
BB3			0,6)	5,7)	0,9)	92,8)	$< 0,1$)	0,3)
R1	Monsters retour	14)	6,7)	22,1)	20,4)	50,8)	1,6)	14,0)
R2	water, om de	13)	6,1)	18,6)	12,4)	62,9)	0,5)	8,5)
R3	6 minuten ge-	42) gemiddeld	2,1)	14,0)	6,6)	77,3)	1,5)	2,9)
R4	namen op	133) 45,3 $\pm$ 38,9	1,6) 2,93 $\pm$ 2,11	12,4) 16,5 $\pm$ 4,1	4,0) 11,0 $\pm$ 6,5	81,9) 68,6 $\pm$ 12,6	1,1) 1,24 $\pm$ 0,61	1,8) 6,96 $\pm$ 4,78
R5	12-3-85 van	33)	3,3)	16,4)	11,2)	69,1)	2,0)	7,2)
R6	12u40 tot 13u35	25)	6,3)	21,8)	20,2)	51,7)	1,9)	13,3)
R7		62)	2,1)	10,8)	3,9)	83,2)	0,4)	2,1)
R8		40)	3,2)	15,7)	9,6)	71,6)	0,9)	5,9)

4. BALANSBEREKENINGEN

Omdat de debietmeter in de aanzuigleiding van de "Maas" defekt was, is het aanzuigdebiet als volgt bepaald. De beuninhoud bedraagt 3000 m^3 ; boven deze inhoud begint de overloop. Het baggeren tot de overloop duurde 17 minuten, wat een aanzuigdebiet van $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$ betekent. Dit is tevens het retourwaterdebiet. Het laadvermogen van de "Maas" is 5450 ton.

Het vermenigvuldigen van het debiet met de diverse frakties waaruit de zwevende stof is opgebouwd geeft per deelstroom de vrachten van deze frakties. Het verschil van deze deelstroomvrachten (aanzuigleiding-retourwater) geeft de vracht van een fraktie in het beun aan.

Voor deze balansberekeningen zijn de geanalyseerde slibfrakties ($<63 \mu\text{m}$, $<48,3 \mu\text{m}$, $<19,4 \mu\text{m}$) niet meer als zodanig verwerkt, maar omgerekend naar: $<19,4 \mu\text{m}$, $19,4-48,3$, $48,3-63 \mu\text{m}$ en $<63 \mu\text{m}$.

In de figuren 4.1 t/m 4.4 zijn per fraktie als functie van de tijd de totale vrachten aangegeven die de aanzuig- en retourwaterleiding zijn gepasseerd en in het beun aanwezig zijn. In feite vormt de vracht in het beun als functie van de tijd per fraktie het beladingsdiagram van de "Maas".

Op het moment dat de overloop begint is de "Maas" met 1299 ton sediment beladen, wat ca. 28% is van de eindbelading. Voor zand is dit aandeel procentueel ongeveer gelijk, namelijk 1155 ton (ca. 27%). Voor de andere frakties kunnen aanzienlijke afwijkingen voorkomen: humus 14,8 ton (45%), kalk 100,7 ton (35%), slib ($<63 \mu\text{m}$) 29,2 ton (41%), fraktie $48,3-63 \mu\text{m}$ 14,0 ton (32%), fraktie $19,4-48,3 \mu\text{m}$ 19,4 ton (52%) en fraktie $<19,4 \mu\text{m}$ 0,9 ton (22%). Er blijkt dat met het kleiner worden van de deeltjesgrootte op het moment dat de overloop begint de eindbelasting meer benaderd wordt. Voor de fraktie $<19,4 \mu\text{m}$ betekent dit zelfs dat bij het begin van de overloop meer van deze fraktie in het beun aanwezig is dan aan het eind van de onderzochte baggercyclus. Uit de figuren 4.1 t/m 4.4 kan verder afgeleid worden dat van de totale hoeveelheid aangezogen sediment ca. 8% via de retourleiding overboord is gegaan. Voor zand is dit percentage ongeveer gelijk (ca. 6%), maar voor de andere sedimentfrakties kunnen weer aanzienlijke verschillen voorkomen: humus 25%, kalk 17%, slib ($<63 \mu\text{m}$) 31%, fraktie $48,3-63 \mu\text{m}$ 23%, fraktie $19,4-48,3 \mu\text{m}$ 33%, fraktie $<19,4 \mu\text{m}$ 93%. Dit

betekent dat juist de fijnste fraktie, waar de hoogste gehalten verontreinigingen voorkomen vrijwel volledig weer overboord verdwijnt. Een zelfde balansberekening is nogmaals uitgevoerd met vermindering van het aandeel van de zwevende stof in het oppervlaktewater op de concentraties in aanzuig- en retourwaterleiding. Aangenomen is hierbij dat niets van het zwevende stof in het oppervlaktewater in het beun zou achterblijven. Uit deze berekening blijkt dat van de totale zwevende stofvracht in het retourwater minder dan 1% afkomstig is van het oppervlaktewater. Dit percentage geldt ook voor humus, slib ($<63 \mu\text{m}$), zand, fraktie $48,3-63 \mu\text{m}$ en $19,4-48,3 \mu\text{m}$. Het aandeel kalk (1,2%) en fraktie $<19,4 \mu\text{m}$ (7,6%) is echter groter.

De figuren 4.5 t/m 4.12 geven voor de diverse frakties de momentane verdeling van vrachten uit de aanzuigleiding over het beun en het retourwater weer. In deze figuren is tevens het percentage van de momentaan aangezogen vracht aangegeven die in het beun achterblijft. Hoewel de aangezogen vrachten als functie van de tijd variëren blijkt het percentage sediment en zand dat in het beun komt redelijk constant te zijn. Voor de diverse slib- en humusfrakties kan dit percentage aanzienlijk variëren, vooral rond halverwege de baggertijd. In deze periode is de belading van het beun met slib en humus minimaal, terwijl het grootste deel van de fraktie $<19,4 \mu\text{m}$ dan uit het beun verdwijnt.

Een veel gebruikte methode voor het vastleggen van de verontreinigingsgraad van sedimenten is het relateren van de stofgehalten aan het percentage sediment $<16 \mu\text{m}$. Daarnaast wordt de techniek van het afscheiden van de slibfraktie ($<63 \mu\text{m}$) toegepast met vervolgens het analyseren van de stofgehalten in deze fraktie. Voor de Westerschelde zijn in lit. 1 beide methoden toegepast, onder andere ter hoogte van Terneuzen. Qua zoutconcentratie is dit gebied vrijwel gelijk aan dat ter hoogte van de drempel van Borssele, waardoor ook de verontreinigingsgraad van beide sedimenten vrijwel gelijk is. Voor de verdere balansberekeningen (metalen, N en P) is daarom gebruik gemaakt van het sediment ter hoogte van Terneuzen (lit. 1).

Tabel 4.1 geeft de verontreinigingen aan in de slibfraktie (deeltjes $<63 \mu\text{m}$) en in het totale sediment (gerelateerd aan het % $<16 \mu\text{m}$) in de aanzuigleiding, beun en retourwater. Hiervoor is aangenomen dat het % $<19,4 \mu\text{m}$ gelijk is aan het % $<16 \mu\text{m}$, waardoor een directe bereke-

ning van het gehalte metalen N en P vanuit lit. 1 mogelijk is. (De Malvern Particle sizer is namelijk niet uitgerust met een 16 μm lens.) Daarnaast zijn in tabel 4.1 de over de "Maas" berekende balansen van metalen, N en P gepresenteerd, zowel in het totale sediment als in enkel de slibfractie.

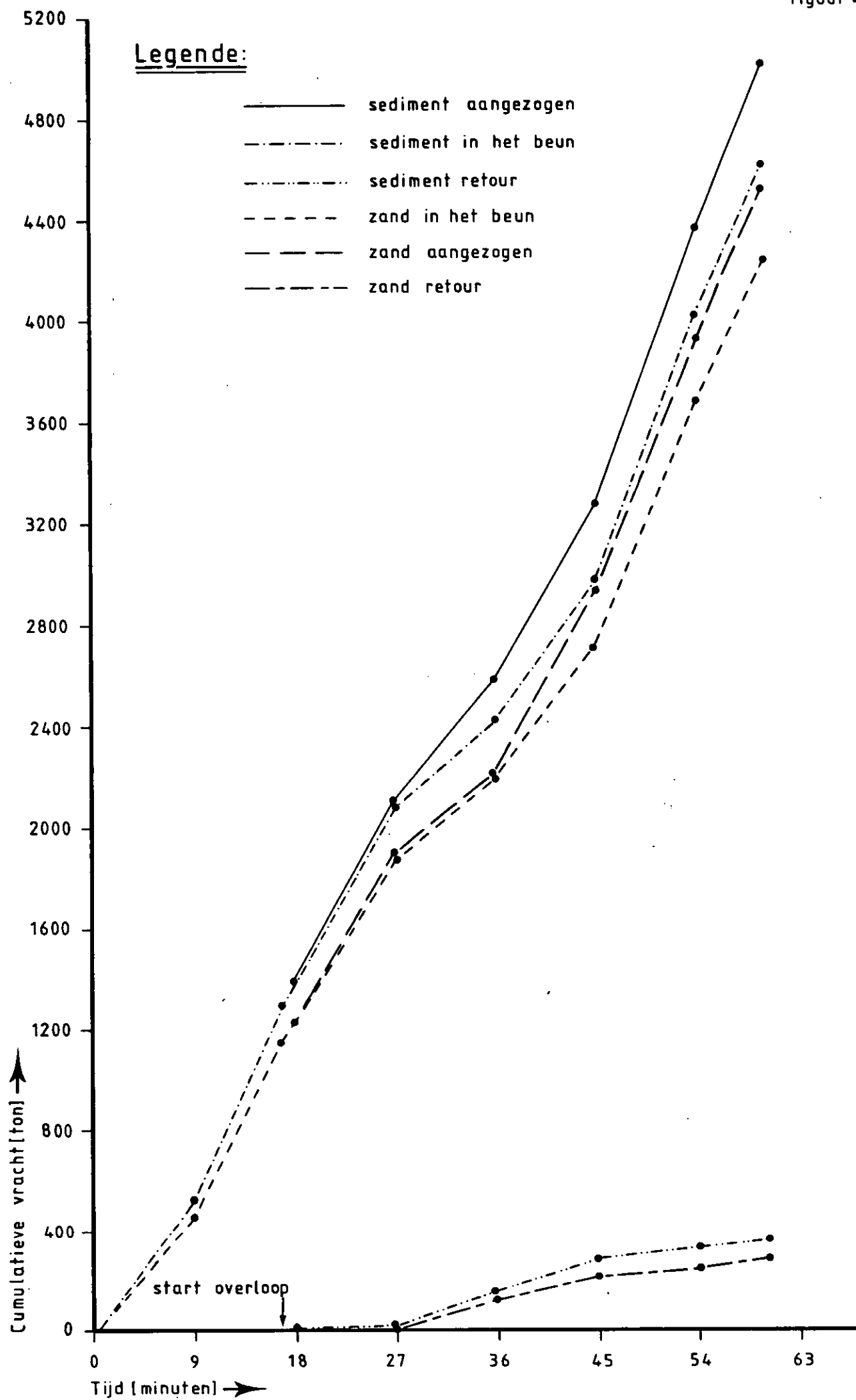
Er blijkt dat ondanks de forse scheiding van de fijnste sedimentfracties in het beun van de "Maas" slechts ca. 10% van de metalen, N en P via het retourwater weer in de Westerschelde terecht komen. Het percentage zand is dermate hoog dat de "opwerking" van geringe invloed is op de totale hoeveelheid metalen, N en P in het retourwater. Hg vormt hierop, met bijna 90% dat retour gaat, waarschijnlijk als gevolg van de gehalten die rond de detektieline liggen, een uitzondering.

Bij het enkel beschouwen van de slibscheiding blijkt dat meer dan 30% van de aan het slib gebonden metalen, N en P retour gaan. Op grond van de scheiding van de deeltjes $< 19,4 \mu\text{m}$ kan worden geconcludeerd dat meer dan 90% van de aan deze fractie gebonden metalen, N en P retour gaan.

Dit betekent dat bij het baggeren in sedimenten met een hogere slibfractie (of een hoger % $< 16 \mu\text{m}$) meer verontreinigingen retour zouden gaan dan in het voorliggende onderzoek.

Tabel 4.1: Berekende gehalten en balansen van metalen, N en P in slib (deeltjes < 63 µm) en het totale sediment (gerelateerd aan het % < 16 µm), gebaseerd op lit.1.

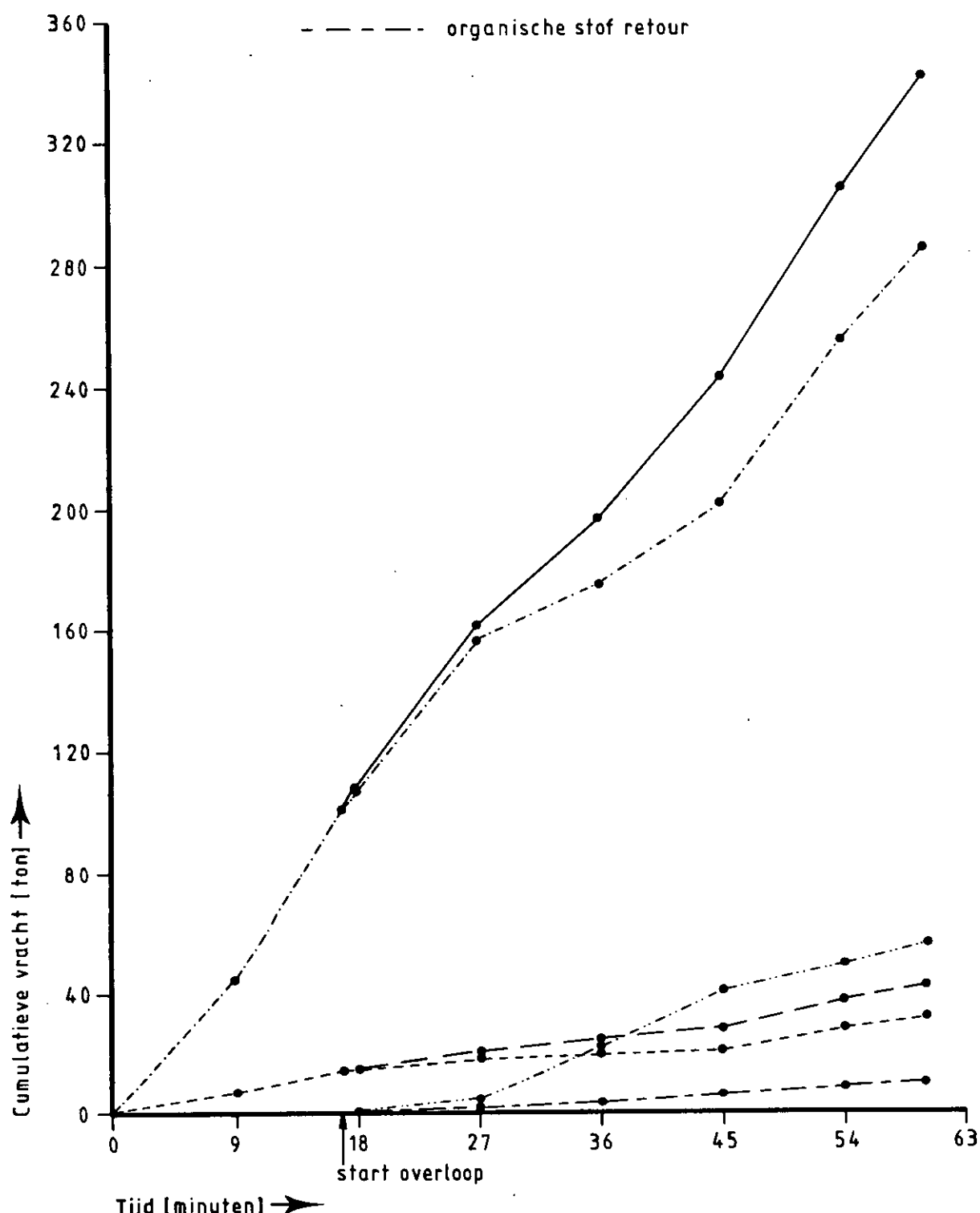
	gehalten in µg/g				balansen in kg					
	totale sediment				balans voor slib (<63 µm)			balans voor het totale sediment		
	in slib	gemiddeld aangezogen	gemiddeld in beun	gemiddeld retour	aangezogen	in beun	retour	aangezogen	in beun	retour
N	2600	405	401	452	269	186	83	2028	1852	176
P	1320	921	920	932	136	94	42	4619	4256	363
Fe	32800	10641	10603	11081	3388	2345	1043	53344	49029	4315
Zn	214	28,4	28,0	32,6	22,1	15,3	6,8	142,4	129,7	12,7
Cu	32	1,87	1,81	2,54	3,31	2,29	1,02	9,36	8,37	0,99
Cr	171	42,2	42,0	43,9	17,7	12,2	5,5	211,3	194,2	17,1
Pb	54	2,63	2,51	4,03	5,58	3,86	1,72	13,19	11,62	1,57
Cd	1,60	0,065	0,061	0,113	0,165	0,114	0,051	0,324	0,280	0,044
Ni	30,1	4,77	4,72	5,26	3,11	2,15	0,96	23,9	21,84	2,05
As	20,6	6,83	6,80	7,14	2,13	1,47	0,66	34,23	31,45	2,78
Hg	0,63	0,0013	0,0002	0,0146	0,065	0,045	0,020	0,0065	0,0008	0,0057

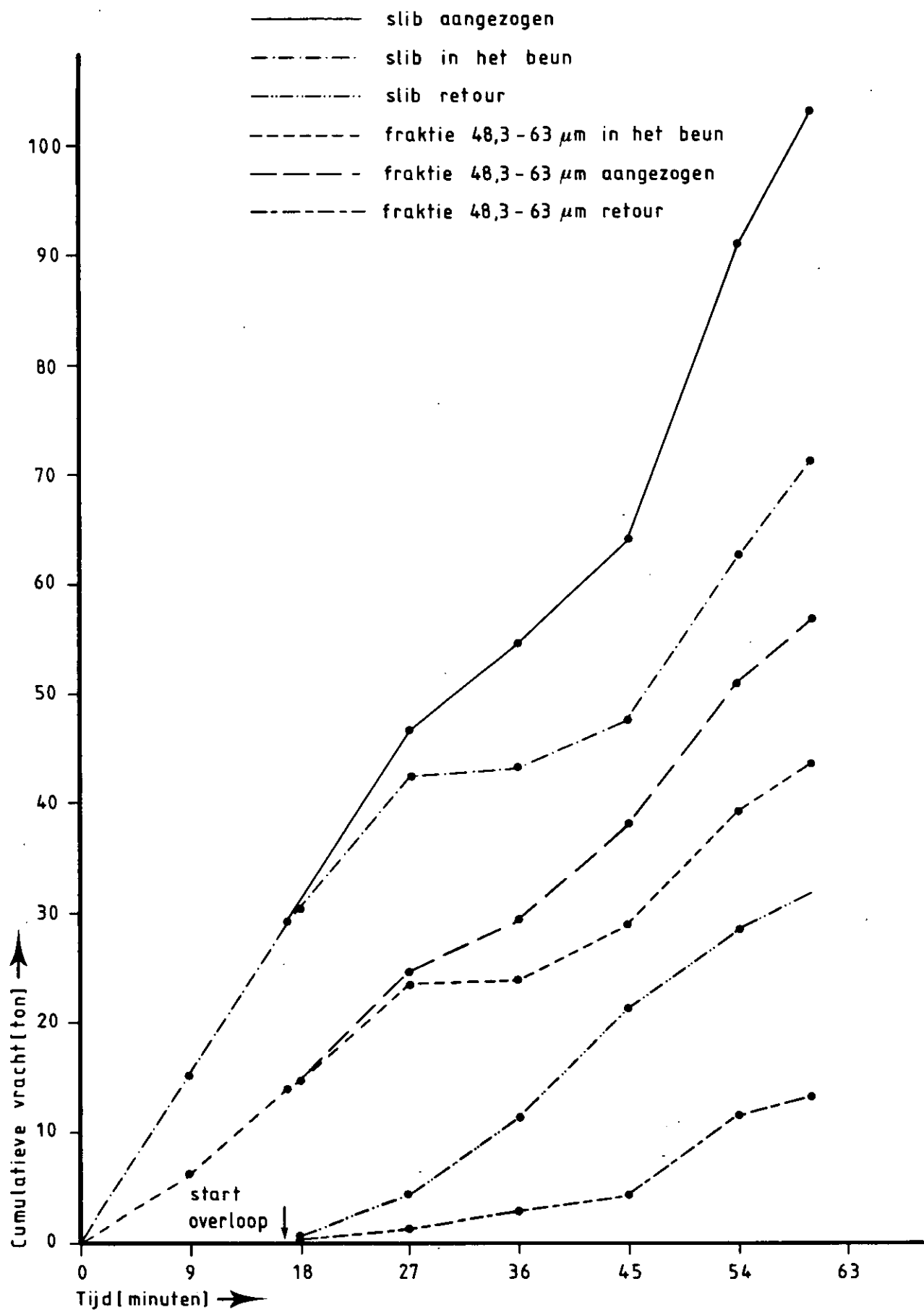


figuur 4.2

Legende:

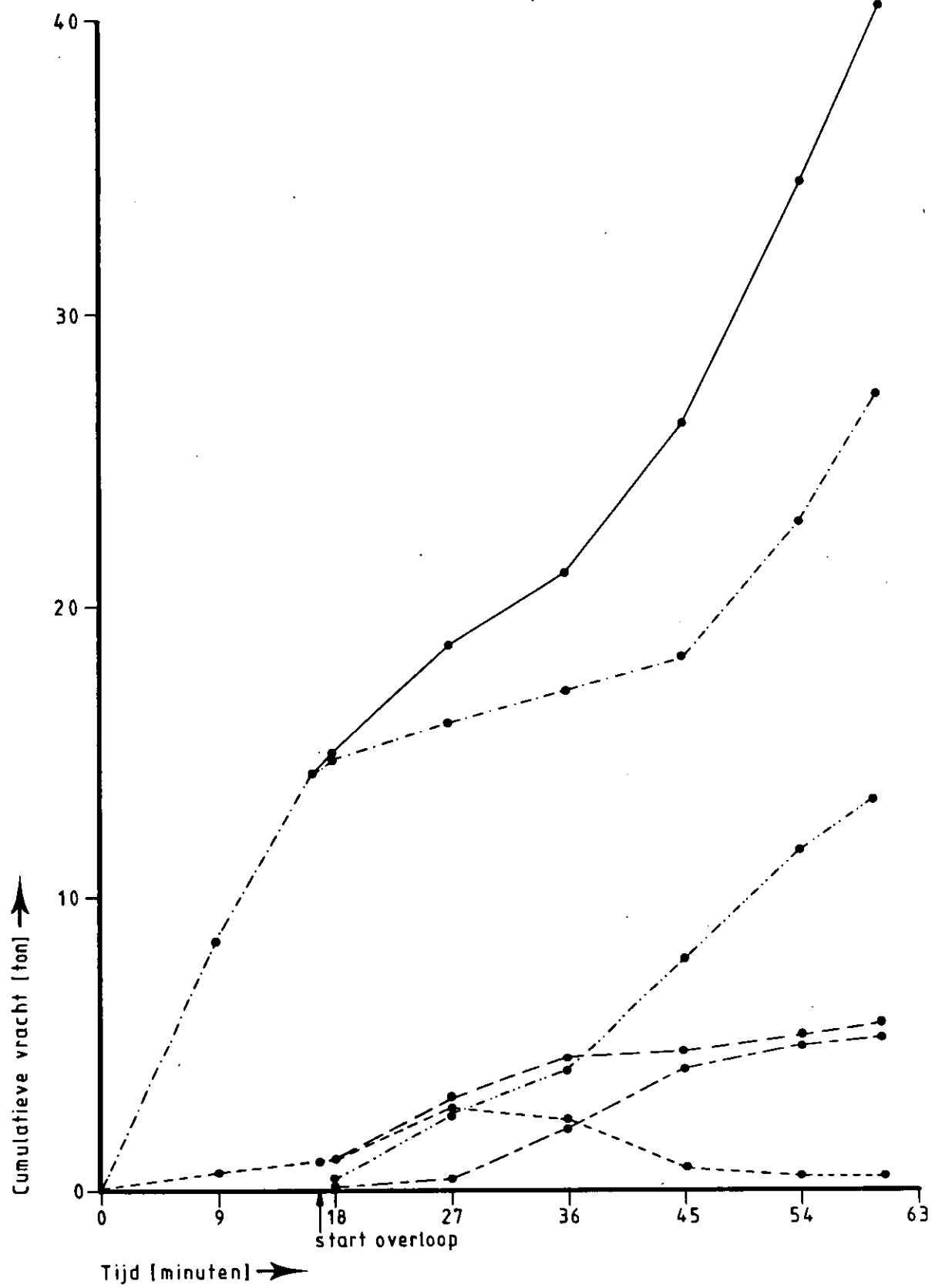
- CaCO_3 aangezogen
- - - CaCO_3 in het beun
- · - CaCO_3 retour
- - - organische stof in het beun
- - - organische stof aangezogen
- · - organische stof retour



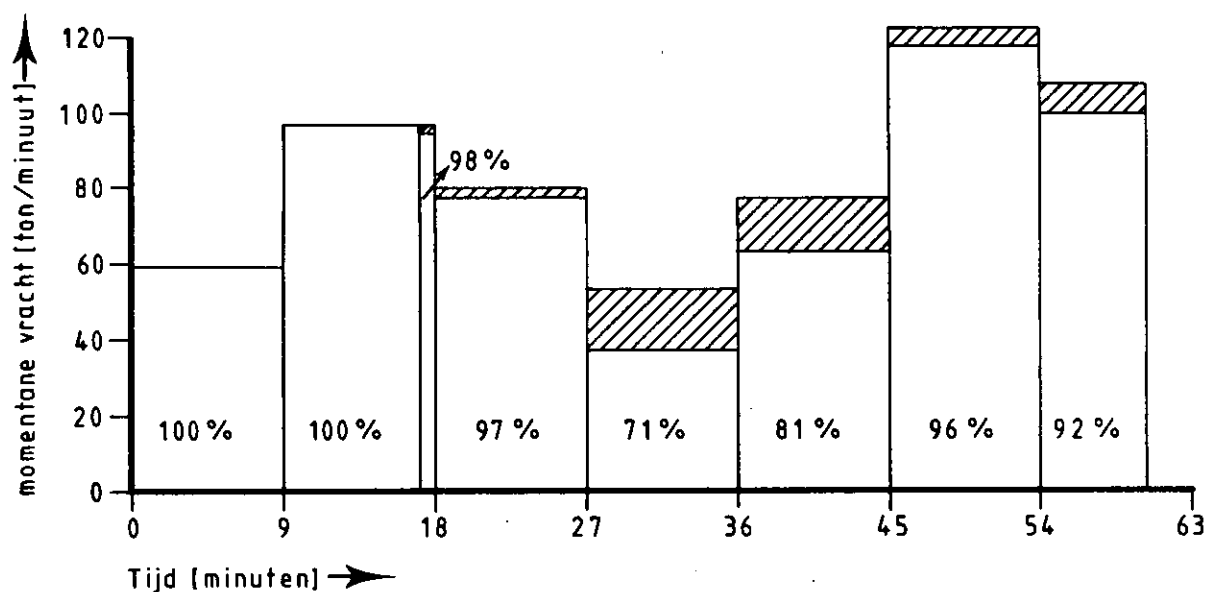
Legende:

Legende:

- fraktie 19,4 - 48,3 μm aangezogen
- - - - - fraktie 19,4 - 48,3 μm in het beun
- · - · - fraktie 19,4 - 48,3 μm retour
- - - - - fraktie < 19,4 μm in het beun
- - - - - fraktie < 19,4 μm aangezogen
- - - - - fraktie < 19,4 μm retour

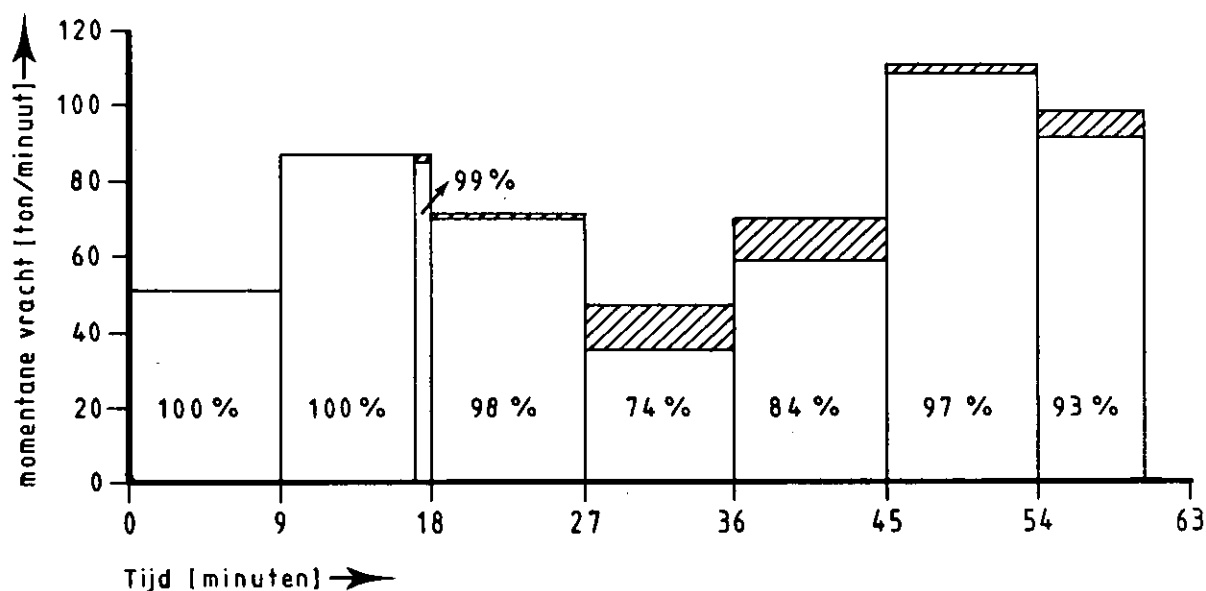


figuur 4.5



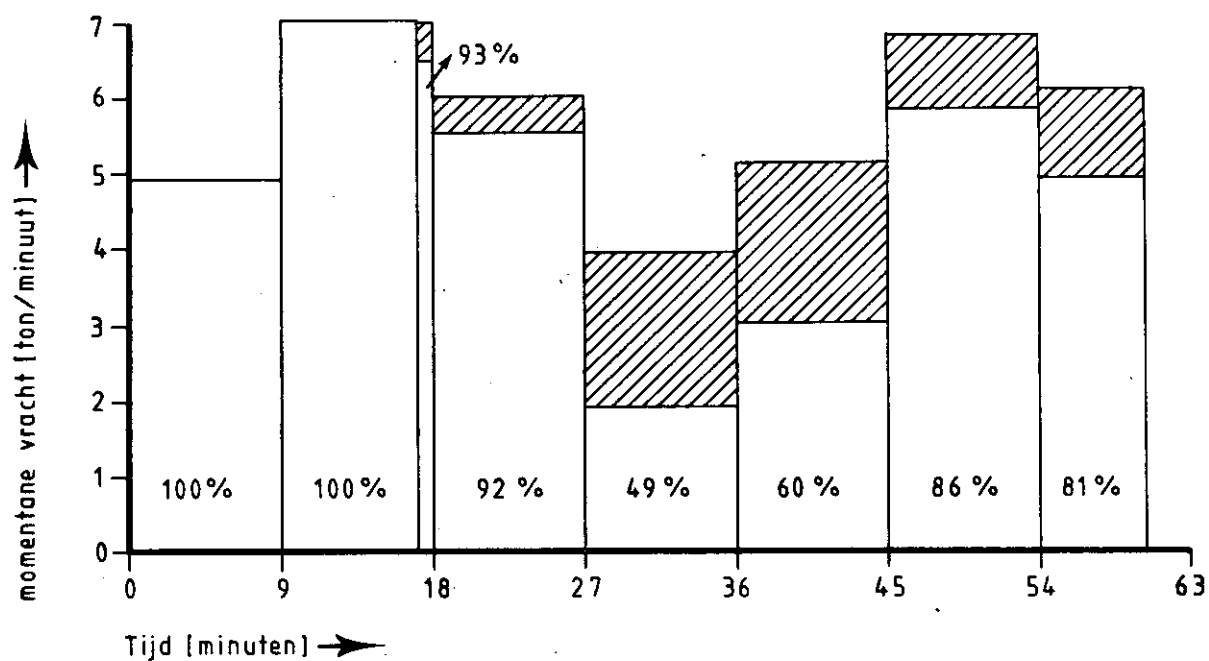
Momentane verdeling van vrachten sediment [ton/minuut] uit de aanzuig-
leiding over - beun [niet gearceerd] - retourwater [gearceerd]

figuur 4.6



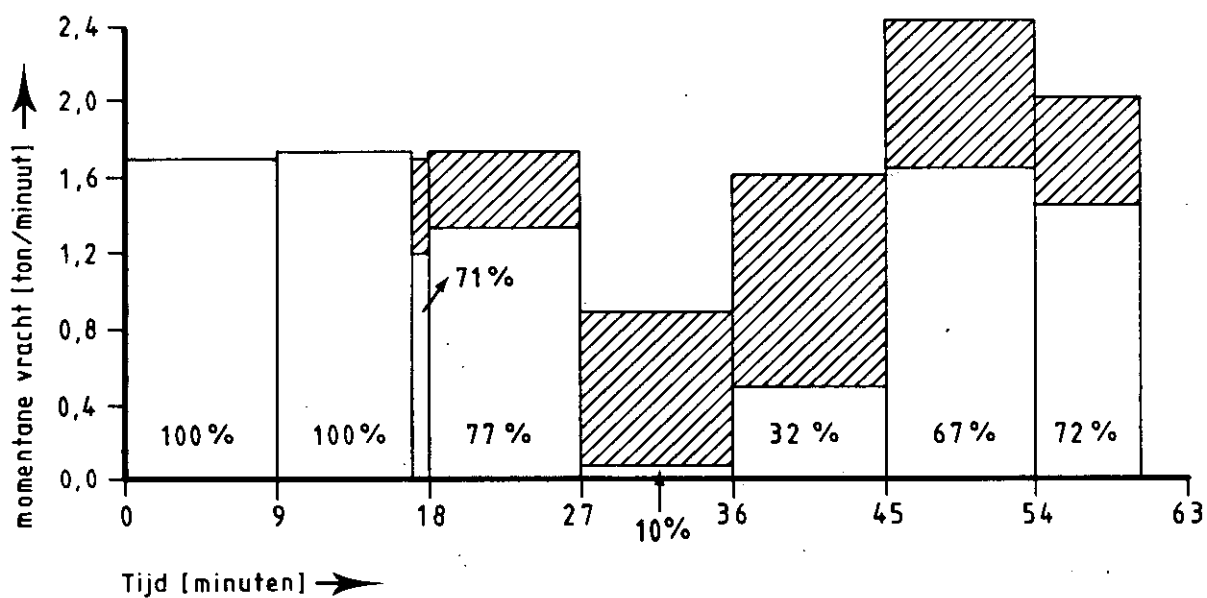
Momentane verdeling van vrachten zand [ton/minuut] uit de aanzuig-
leiding over - beun [niet gearceerd] - retourwater [gearceerd]

figuur 4.7



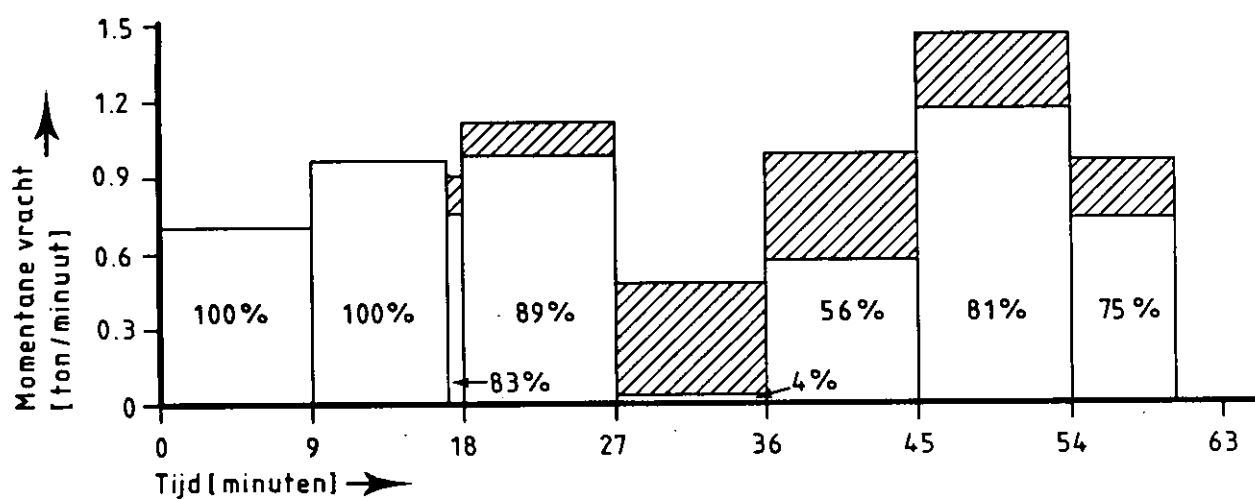
Momentane verdeling van vrachten kalk (ton/minuut) uit de aanzuig-leiding over -beun (niet gearceerd) -retourwater (gearceerd)

figuur 4.8



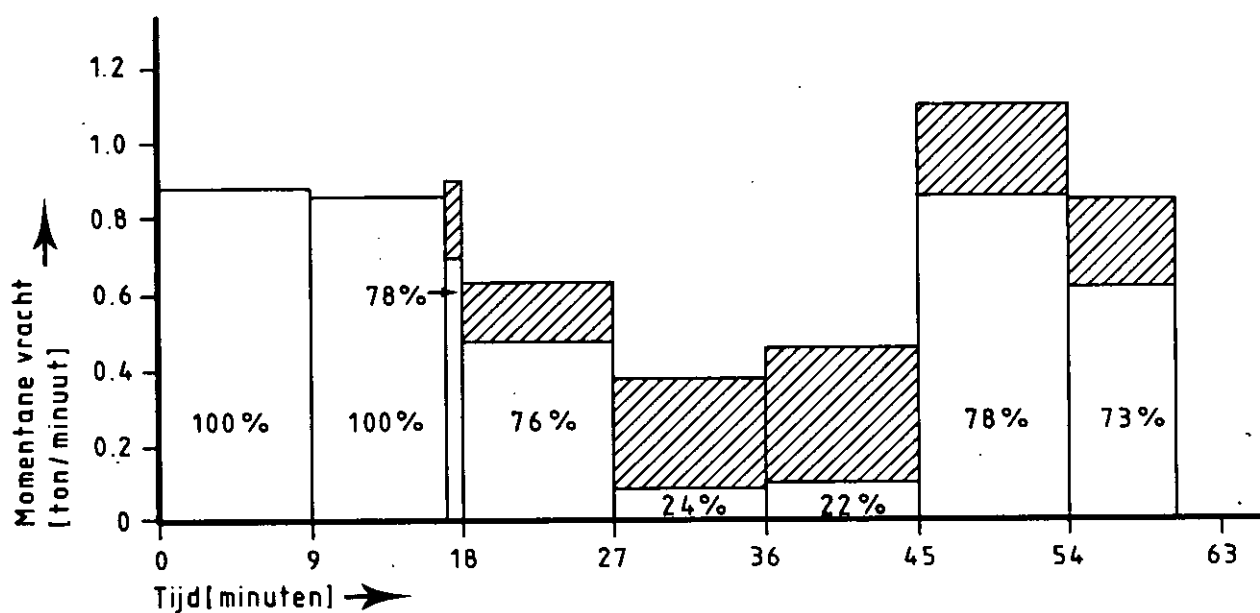
Momentane verdeling van vrachten slib (<63 μm; ton/minuut) uit de aanzuig-leiding over -beun (niet gearceerd) -retourwater (gearceerd)

figuur 4.9



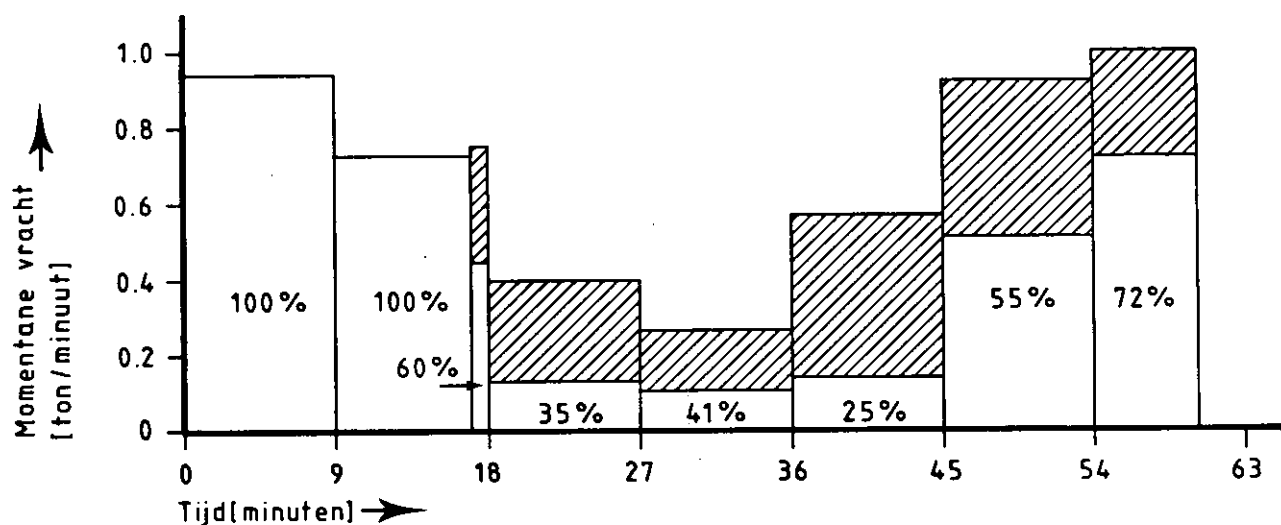
Momentane verdeling van vrachten 48.3-63 μ m[ton/ minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.10



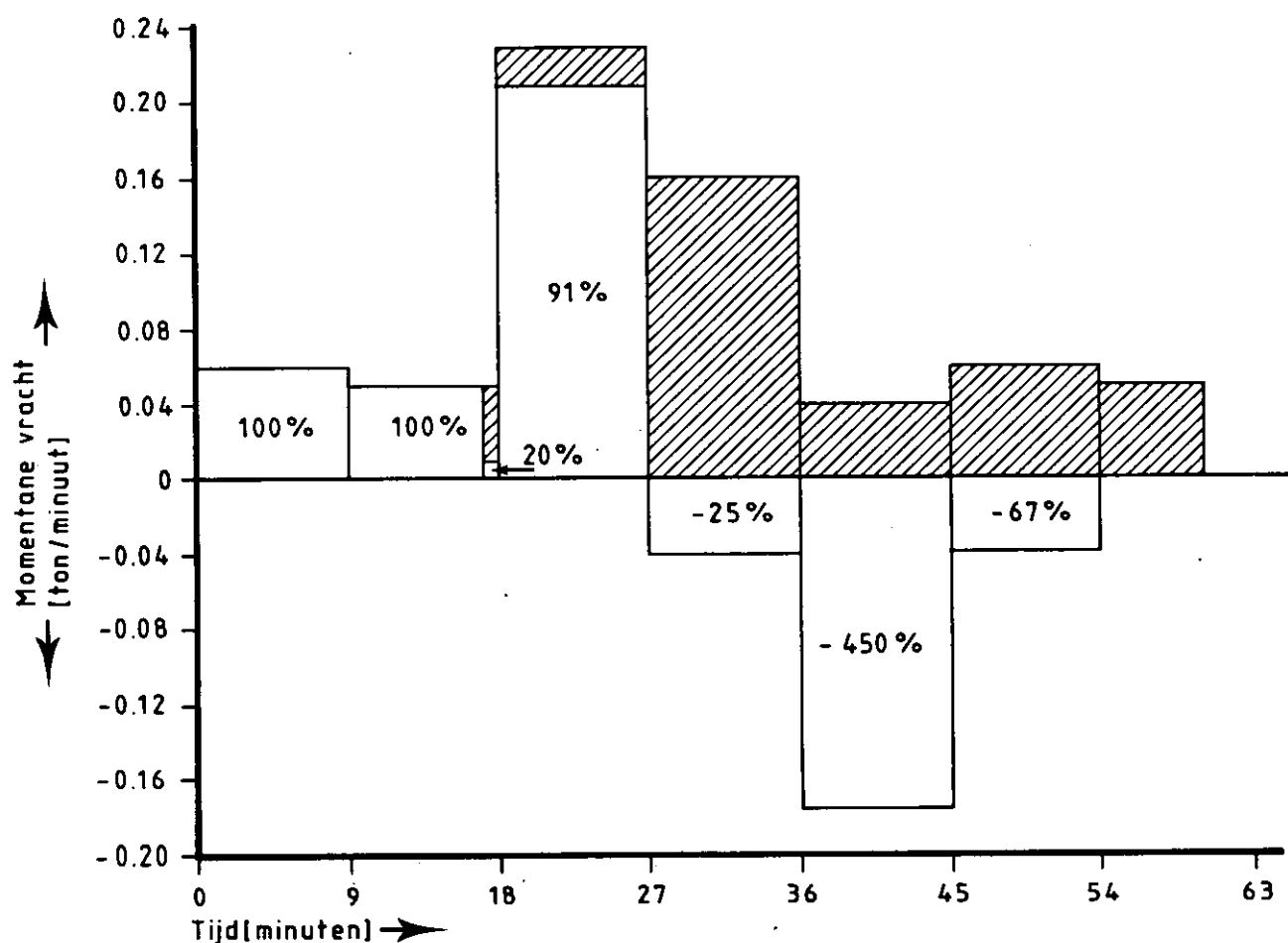
Momentane verdeling van vrachten humus[ton/ minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.11



Momentane verdeling van vrachten 19.4 - 48.3 μ m [ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun (niet gearceerd) en retourwater (gearceerd).

figuur 4.12



Momentane verdeling van vrachten < 19.4 μ m [ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun (niet gearceerd) en retourwater (gearceerd).

5. CONCLUSIES

De onderstaande conclusies gelden enkel voor het onderzoek rond de drempel van Borssele in de Westerschelde.

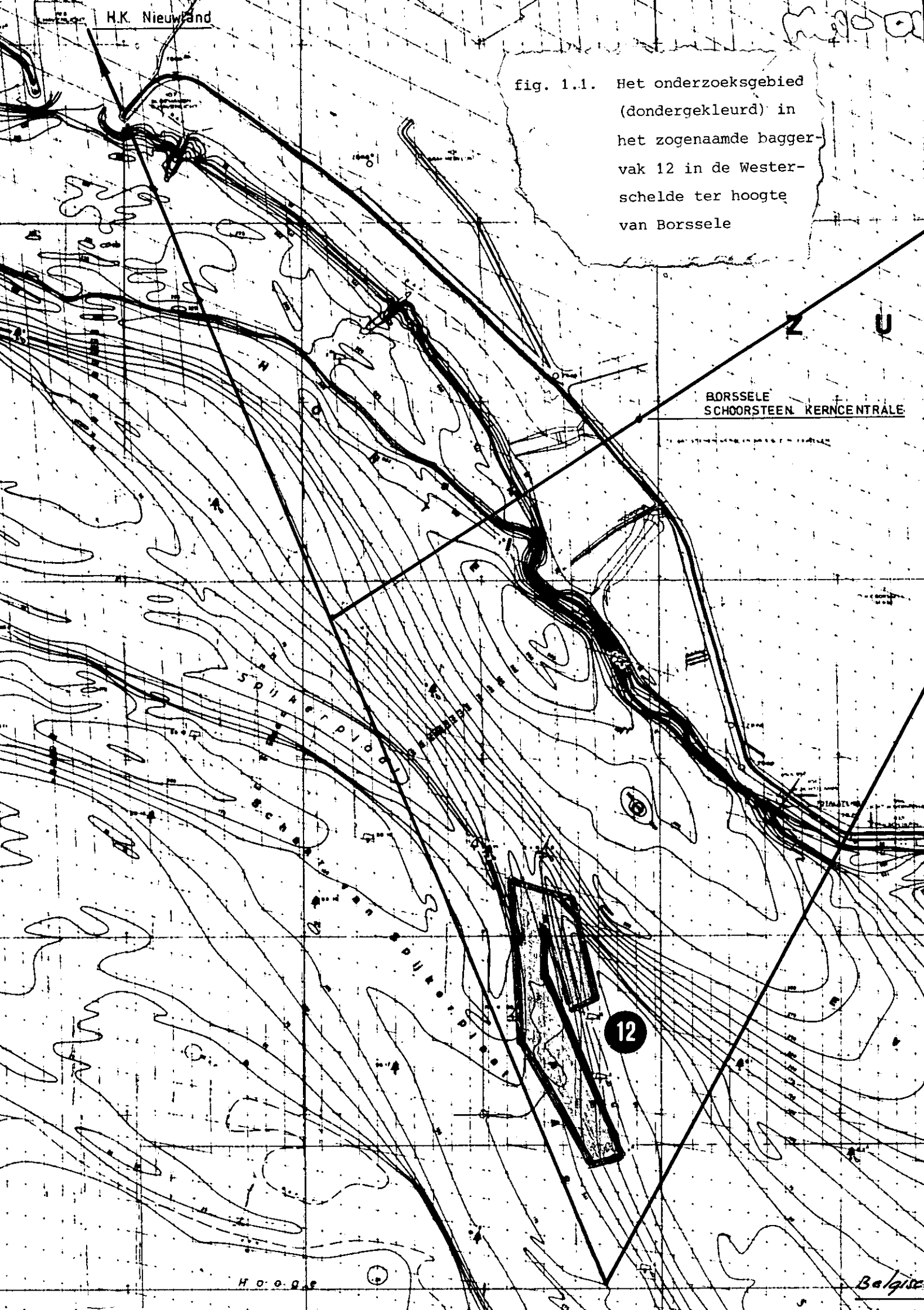
- Door het baggeren met een sleephopperzuiger vindt een scheiding van de diverse sedimentfrakties over het beun (wat elders gestort wordt) en het retourwater plaats. Van de totale hoeveelheden aangezogen sediment en zand (met ca. 90% hoofdbestanddeel) blijft 92-94% in het beun. Van de overige sedimentfrakties is dit lager: humus (organische stof) 75%, kalk 83%, slib (deeltjes $< 63 \mu\text{m}$) 69%, deeltjes $48,3-63 \mu\text{m}$ 77%, deeltjes $19,4-48,3 \mu\text{m}$ 67% en deeltjes $< 19,4 \mu\text{m}$ 7%. Dit betekent dat de fijnste deeltjes voor het grootste deel weer uitgespoeld worden.
- Bovenstaande conclusie wordt bevestigd door de bodemonsters genomen op de drempel van Borssele. Na afloop van de baggercampagne werd een hoger percentage zand gevonden met een hoger percentage $< 19,4$ en $< 48,3 \mu\text{m}$ dan voor het begin van de baggercampagne. De overige sedimentfrakties zijn lager, hetgeen aangeeft dat een zandiger laag is opgelegd onder uitspoeling van fijne deeltjes.
- De scheiding van de fijne en grove delen vindt niet geleidelijk plaats. Rond 10 minuten tot 20 minuten na het begin van de overloop verdwijnt het grootste deel van de aangezogen fijne delen weer overboord. In deze periode verdwijnen ook voor een belangrijk deel de reeds in het beun aanwezige deeltjes $< 19,4 \mu\text{m}$. Vanaf 20 minuten na het begin van de overloop tot het eind van de baggerperiode (ca. 43 minuten na het begin van de overloop) is de scheiding van de frakties minder groot.
- Van de totaal aangezogen metalen, N en P verdwijnt slechts ca 10% weer met het retourwater. Dit is het gevolg van de lage slibfractie van het onderzochte sediment. Uitzondering hierop vormt Hg, waarvan ca 90% retour gaat, mogelijk als gevolg van de gehalten die rond de detectiegrens liggen.

- Van de enkel via de slibfractie (fractie $< 63 \mu\text{m}$) aangezogen metalen verdwijnt ca. 30% met het retourwater. Op grond van de grote scheiding van de deeltjes $< 19,4 \mu\text{m}$ kan geconcludeerd worden dat meer dan 90% van de aan deze fractie gebonden metalen, N en P retour gaan.
- Aanbevolen wordt om in slibrijkere gebieden (zoals havens) dit onderzoek te herhalen. Verwacht mag dan worden dat een groter percentage van de totaal aangezogen verontreinigingen weer via het retourwater overboord gaat.
- Te overwegen is om in verontreinigde slibrijke gebieden het retourwater via een centrifuge of hydrocycloon terug te voeren naar het oppervlaktewater teneinde de daarin aanwezige fijnere slibfracties met verontreinigingen te kunnen achterhouden.

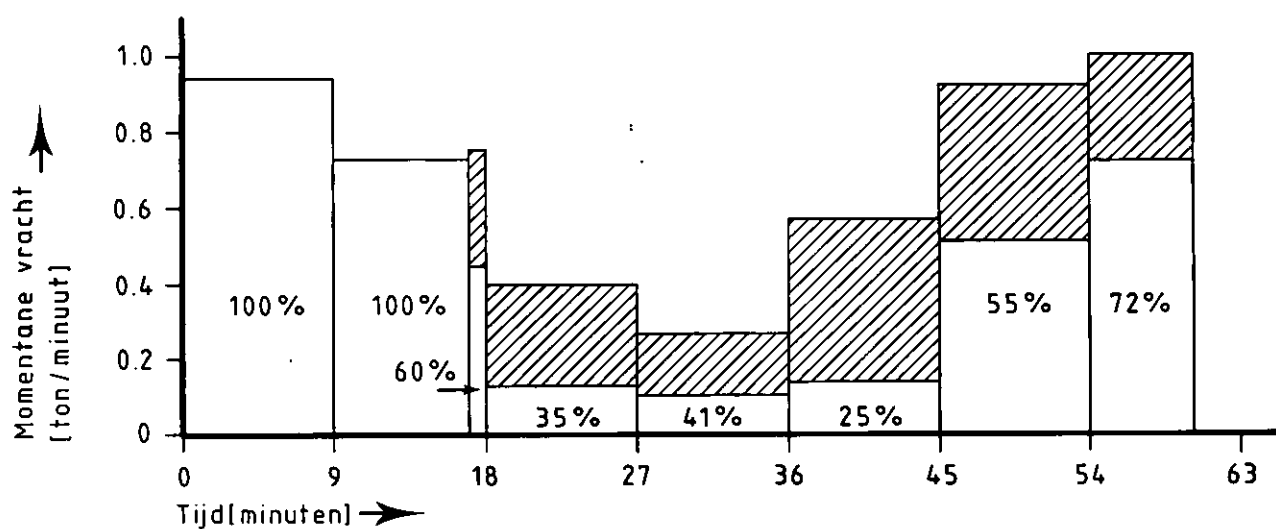
Geraadpleegde bronnen:

1. Waterloopkundig laboratorium. Verslaglegging onderzoek Westerschelde (1^e concept) Haren, 22-4-1985 (M2073).

fig. 1.1. Het onderzoeksgebied
(dondergekleurd) in
het zogenaamde bagger-
vak 12 in de Wester-
schelde ter hoogte
van Borssele

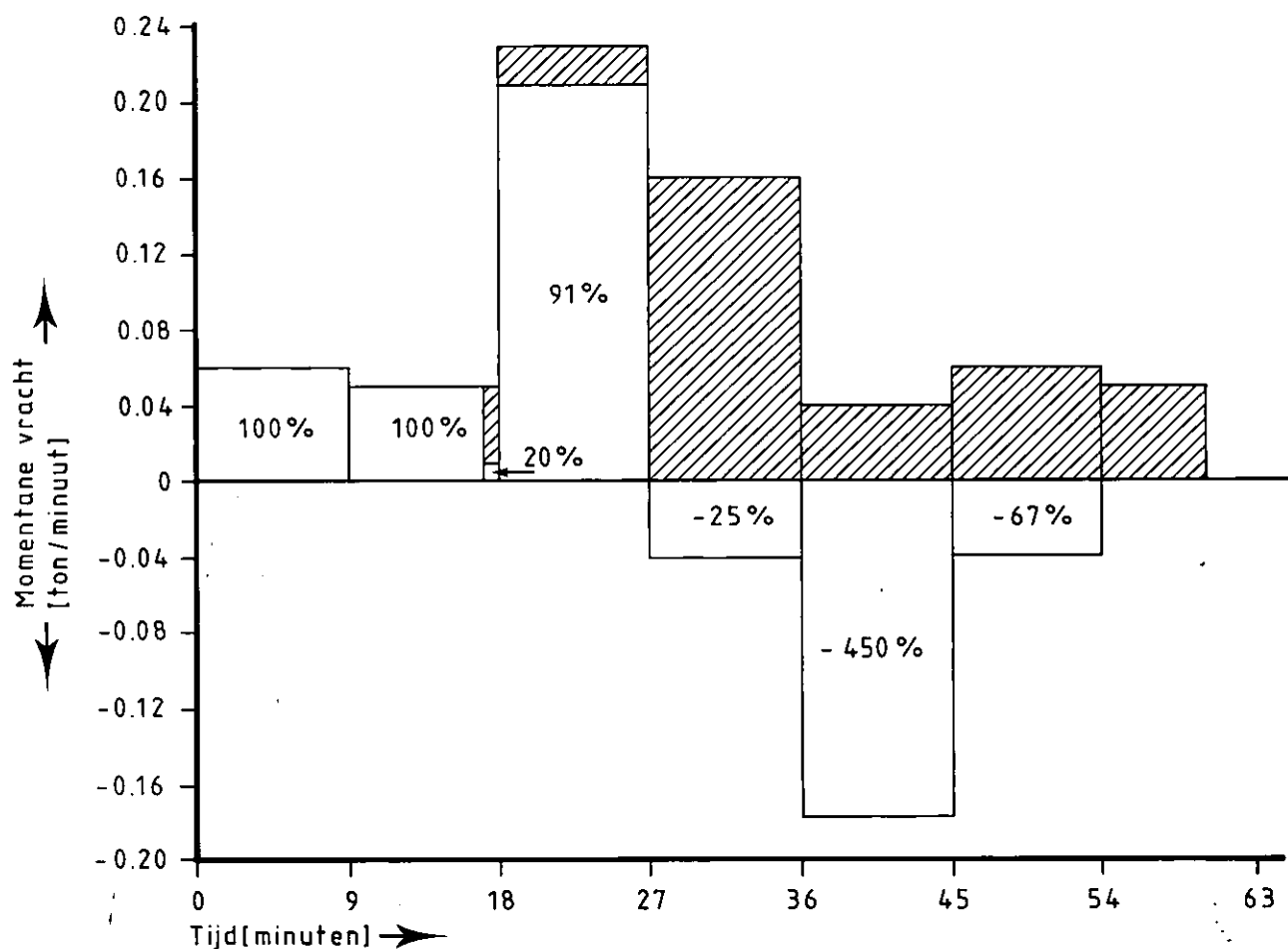


figuur 4.11



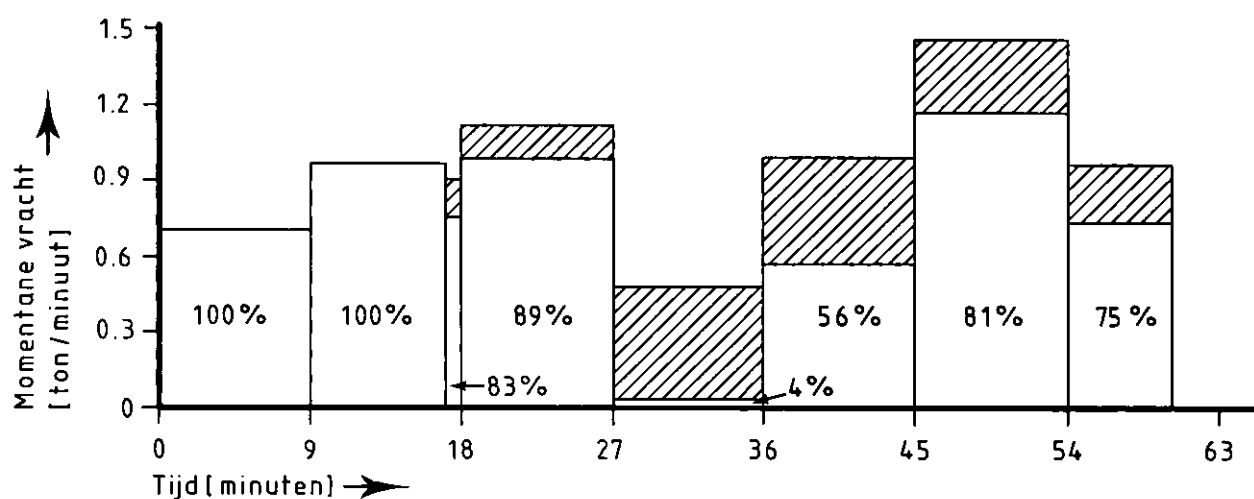
Momentane verdeling van vrachten 19.4 - 48.3 μ m[ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.12



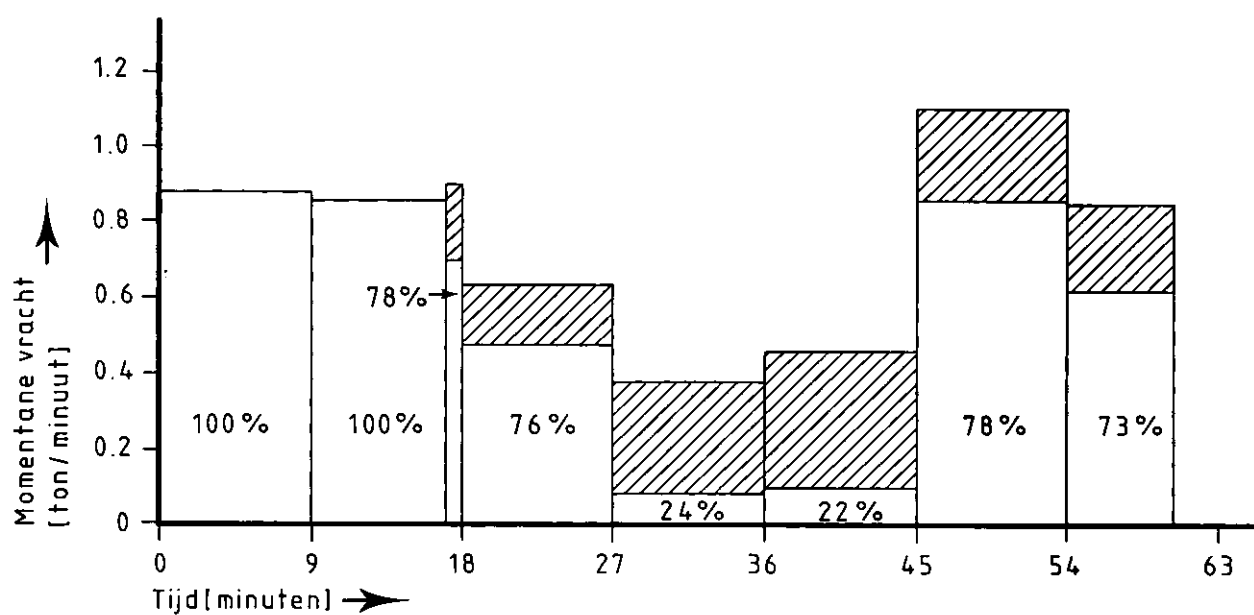
Momentane verdeling van vrachten < 19.4 μ m[ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.9



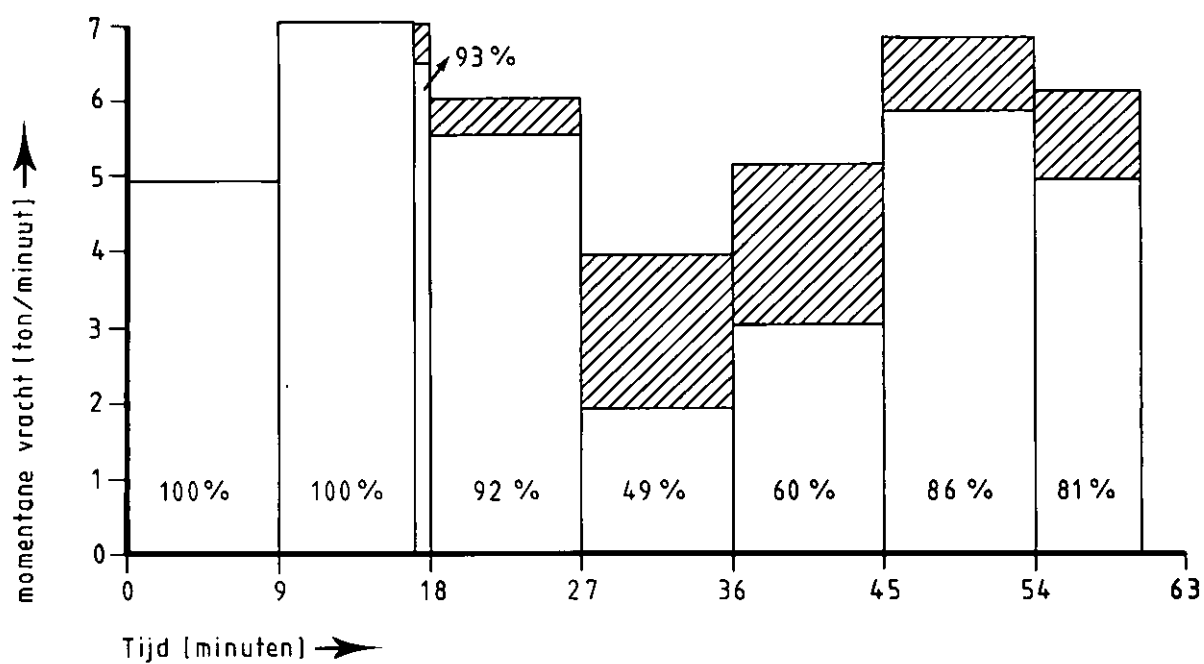
Momentane verdeling van vrachten 48.3-63 μ m [ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.10



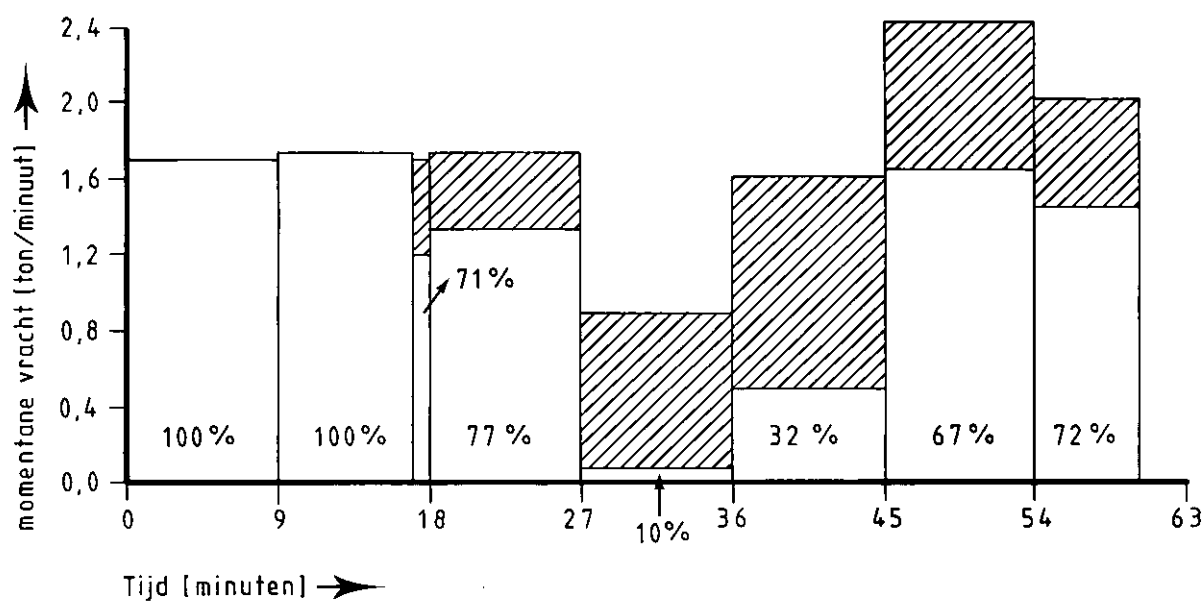
Momentane verdeling van vrachten humus [ton/minuut] uit de aanzuigleiding over beun(niet gearceerd) en retourwater(gearceerd).

figuur 4.7



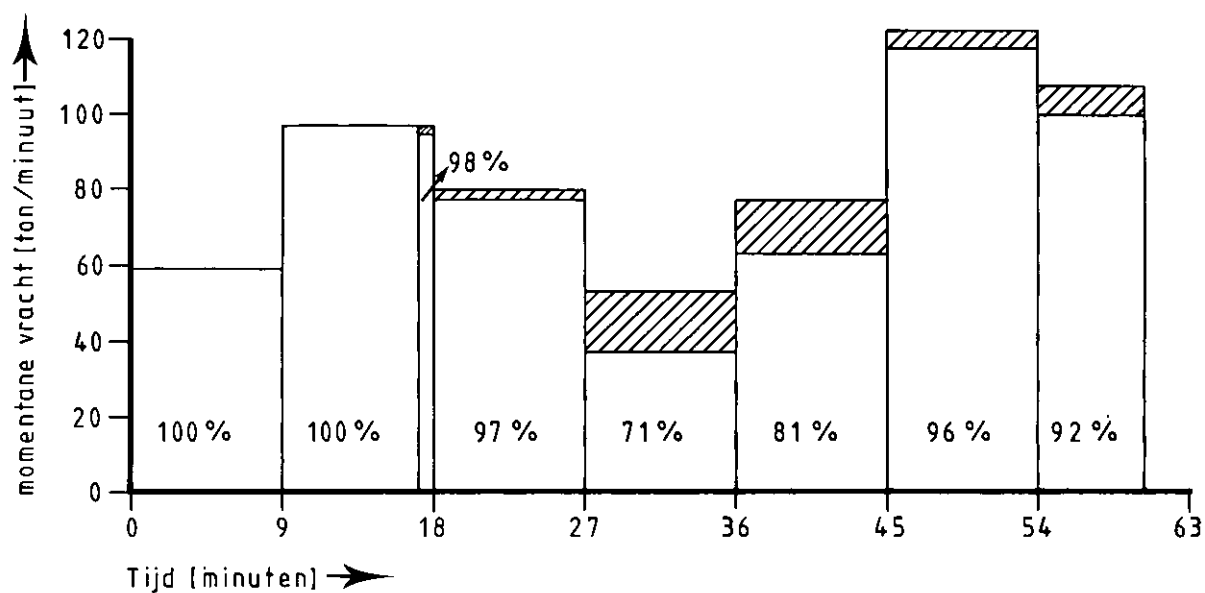
Momentane verdeling van vrachten kalk (ton/minuut) uit de aanzuig-
leiding over -beun (niet gearceerd) -retourwater (gearceerd)

figuur 4.8



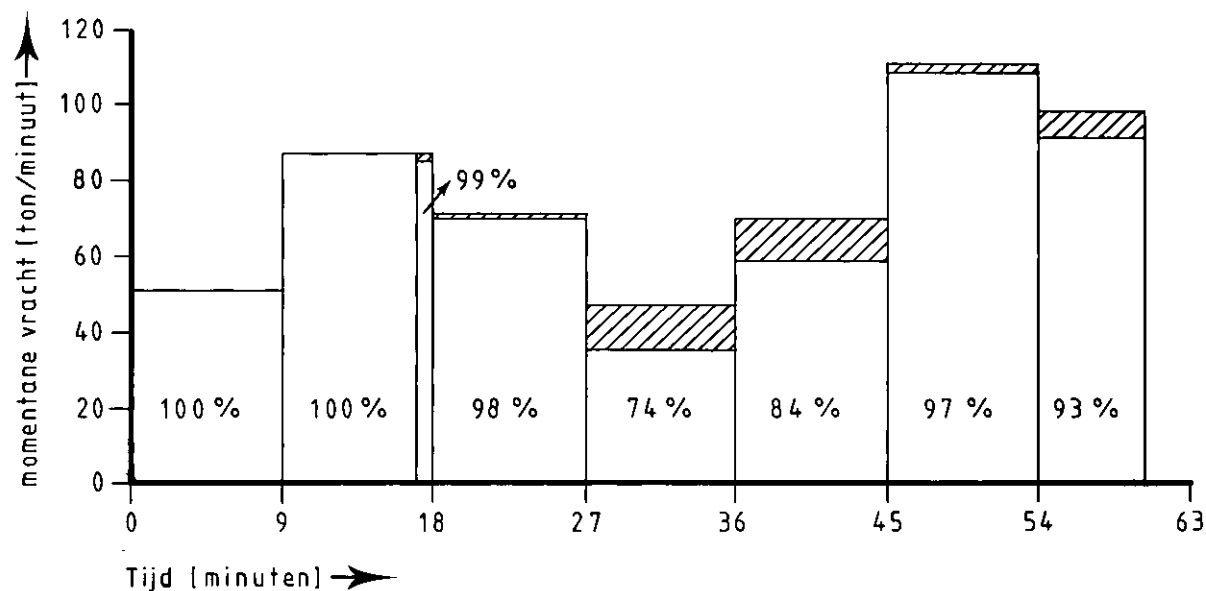
Momentane verdeling van vrachten slib (<63 μm; ton/minuut) uit de aanzuig-
leiding over -beun (niet gearceerd) -retourwater (gearceerd)

figuur 4.5



Momentane verdeling van vrachten sediment [ton/minute] uit de aanzuig-
leiding over - beun (niet gearceerd) - retourwater [gearceerd]

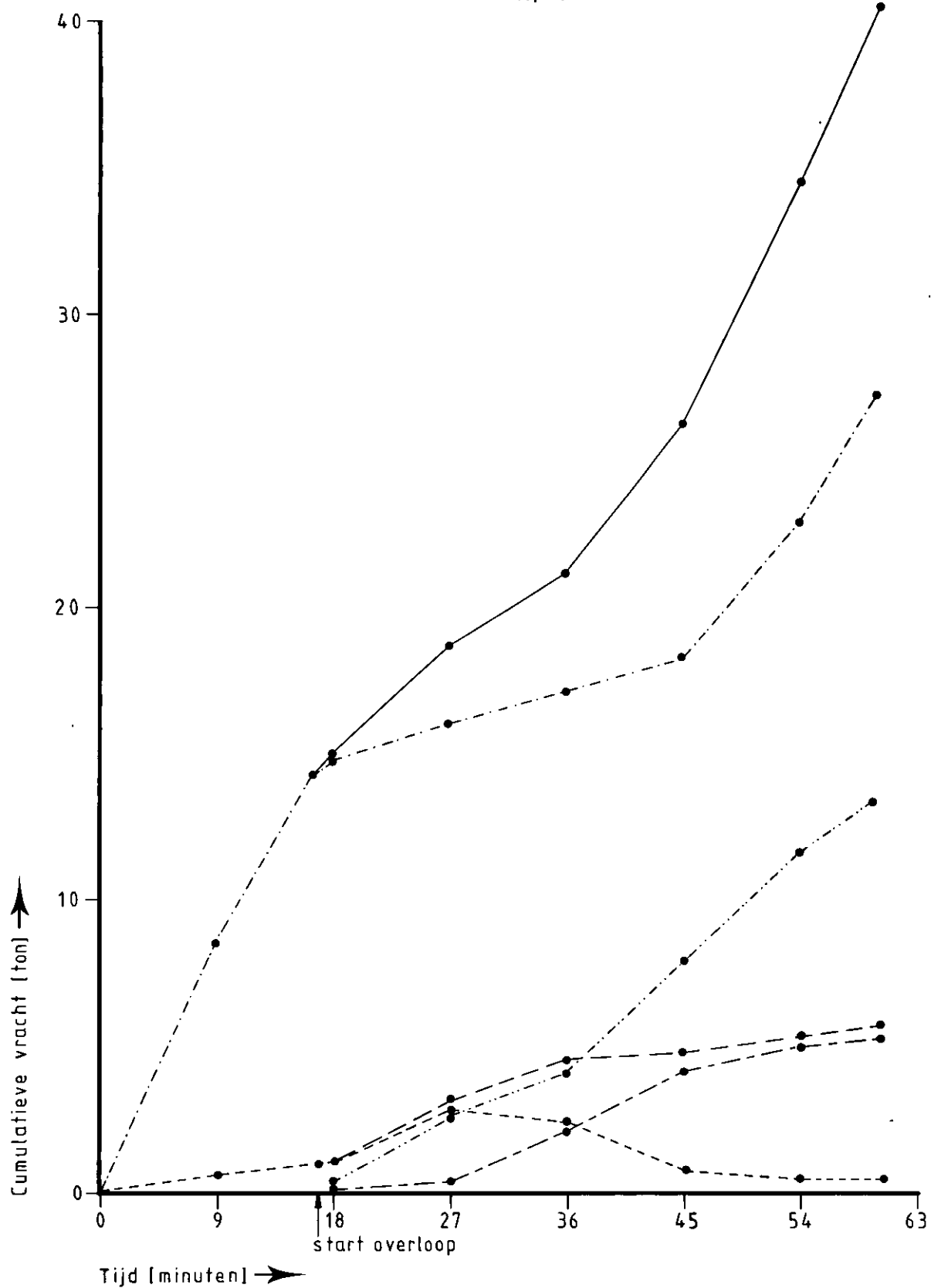
figuur 4.6

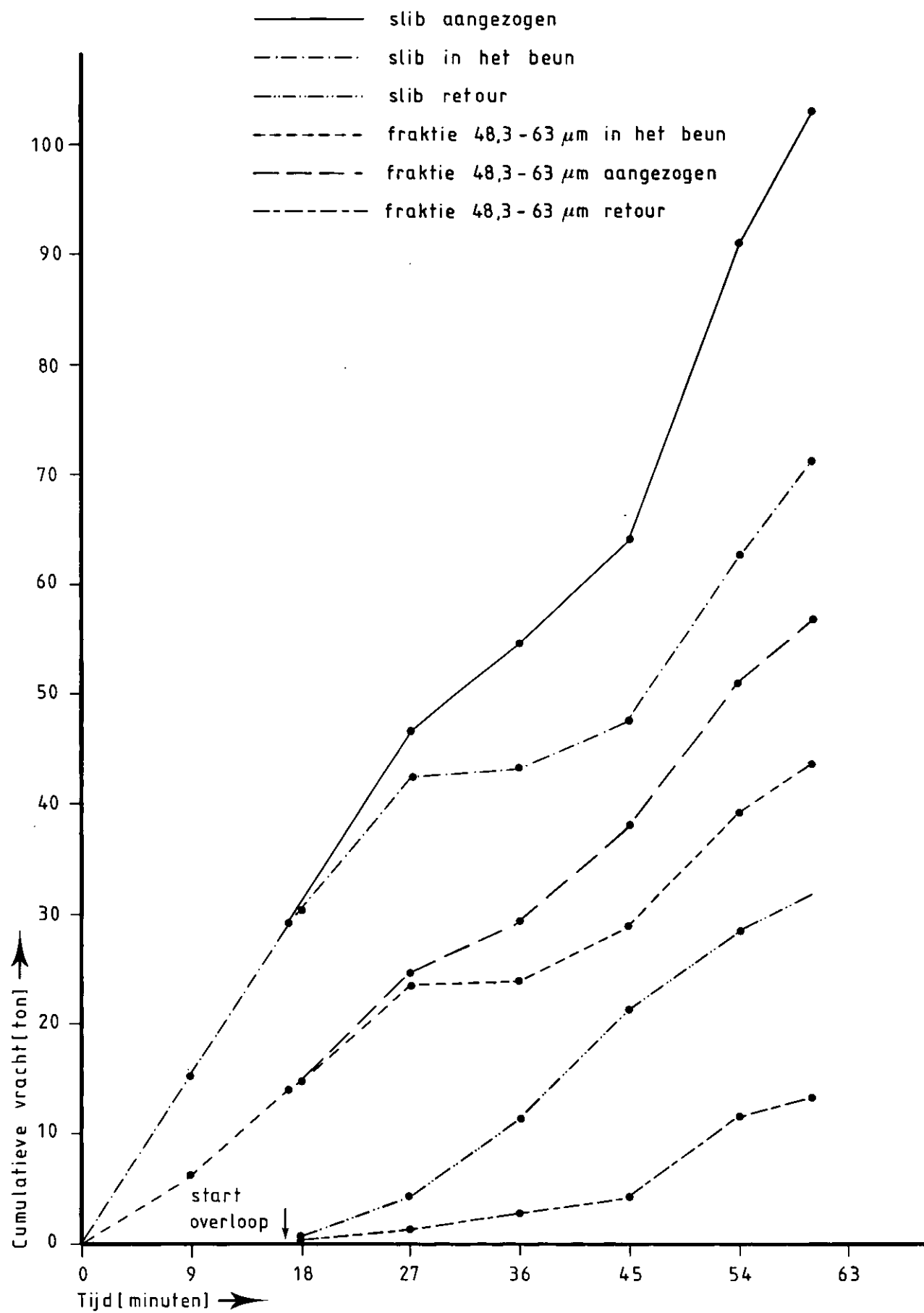


Momentane verdeling van vrachten zand [ton/minute] uit de aanzuig-
leiding over - beun (niet gearceerd) - retourwater [gearceerd]

Legende:

-  fraktie 19,4 - 48,3 μm aangezogen
-  fraktie 19,4 - 48,3 μm in het beun
-  fraktie 19,4 - 48,3 μm retour
-  fraktie <19,4 μm in het beun
-  fraktie <19,4 μm aangezogen
-  fraktie <19,4 μm retour

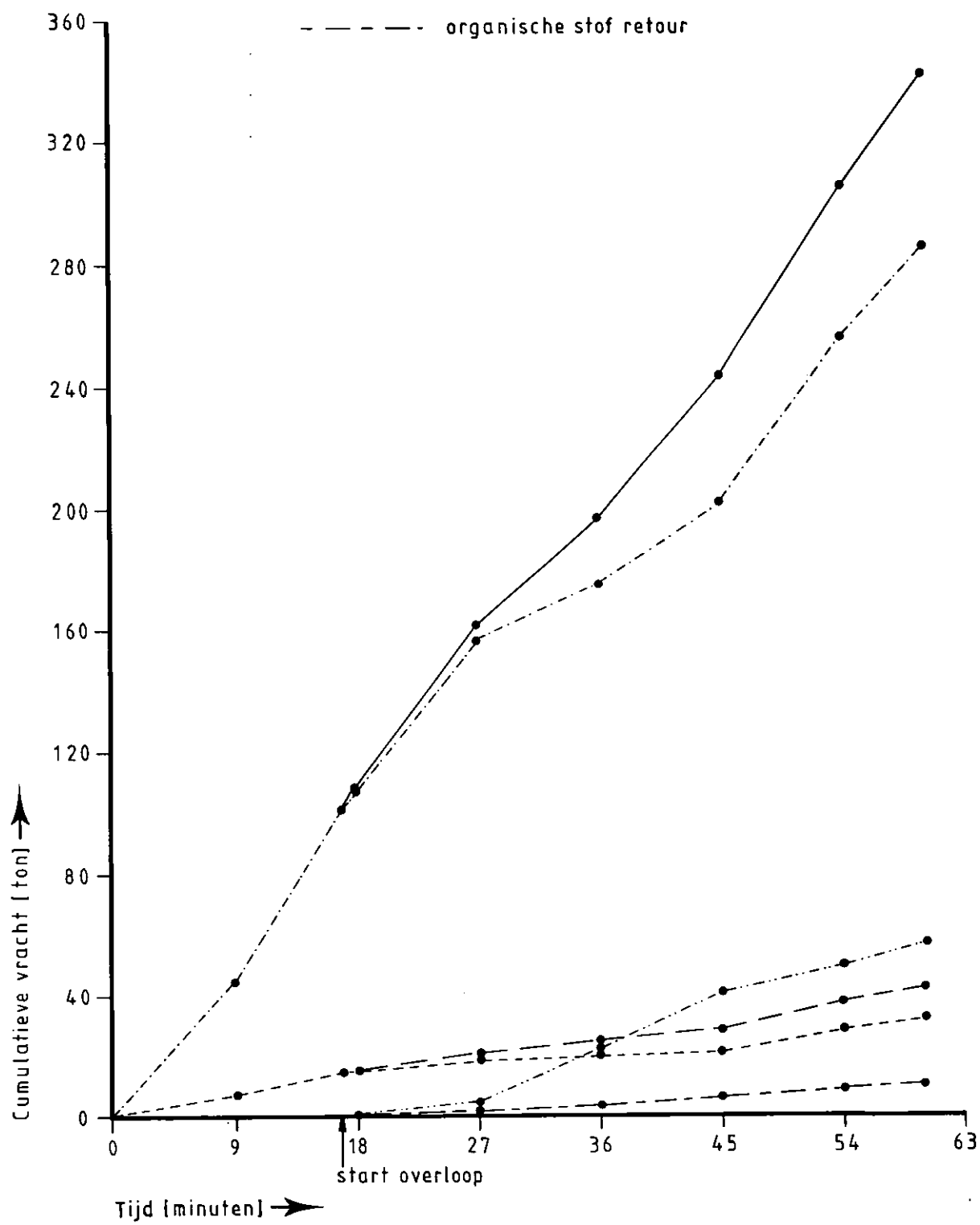


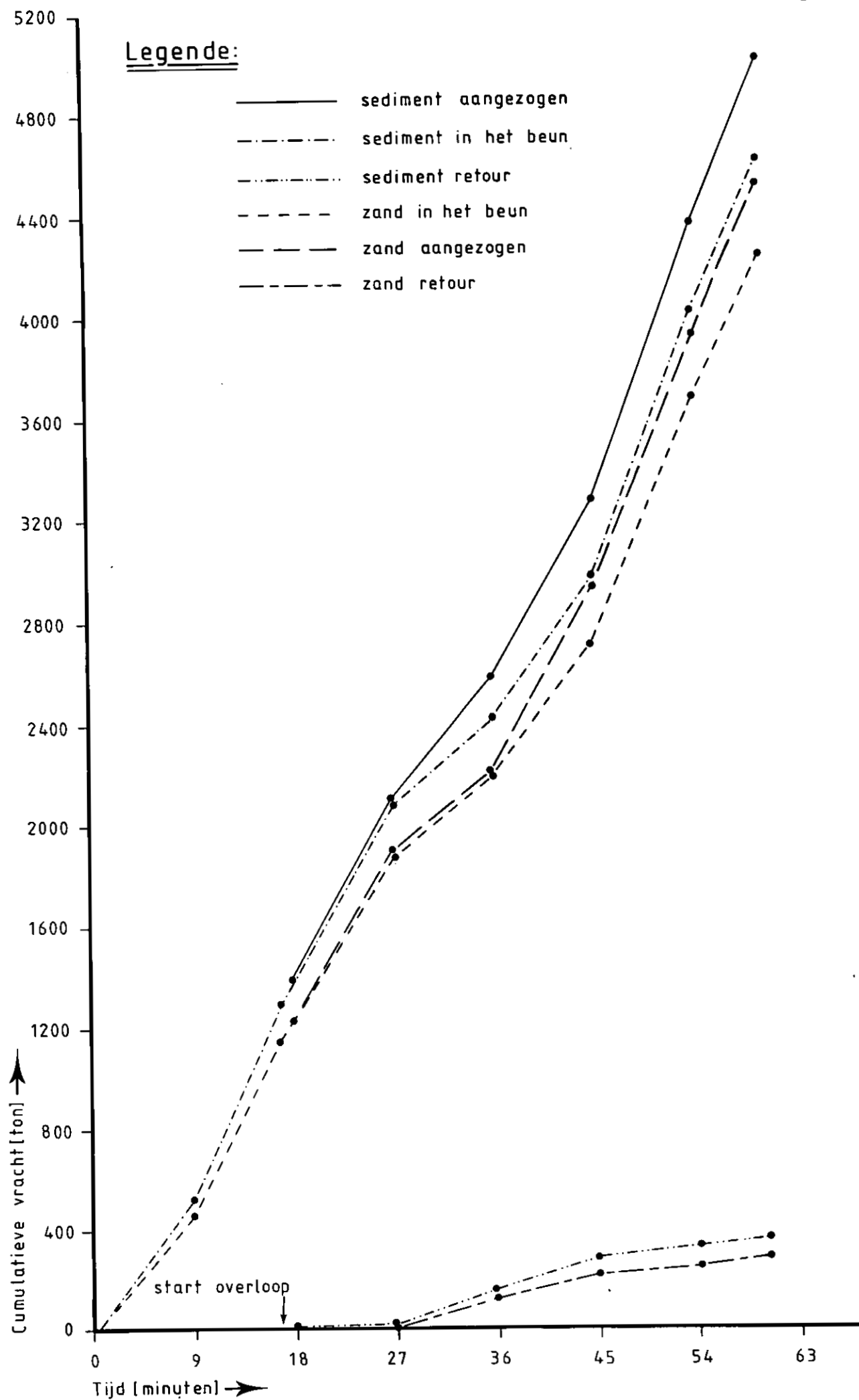
Legende:

figuur 4.2

Legende:

- CaCO_3 aangezogen
- - - CaCO_3 in het beun
- · - CaCO_3 retour
- - - organische stof in het beun
- · - organische stof aangezogen
- - - organische stof retour





figuur 2.1

Bemonsteringsschema op en rond de sleephopperzuiger "Maas"

