



C-11770

430

HOGESCHOOL WEST-BRABANT
Polytechnische Faculteit
Concordialaan 137
4874 NS Etten-Leur

W.C.M. Schrauwen

**EFFECT VAN HET VERANDERD GETIJ OP
DE SCHORREN IN DE OOSTERSCHELDE EN
DE INVLOED VAN MENSELIJK HANDELEN
OP DE SCHORREN BIJ WAARDE IN DE
WESTERSCHELDE**

Afstudeerbegeleiders: Drs D.J. de Jong
Mw. Drs. R Postma
Afstudeerdocent: Drs. A.A.H. van Oosterhout

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Rijkswaterstaat Zeeland

Middelburg, mei 1994

VOORWOORD

In het kader van het afstuderen van vierdejaars studenten Milieukunde van de Polytechnische Faculteit te Etten-Leur is door ondergetekende de afstudeeropdracht verricht bij het Rijksinstituut voor Kust en Zee te Middelburg in de periode 3 januari tot en met 1 juni 1994.

De afstudeeropdracht bestond uit het bepalen van het effect van het veranderd getij op de schorren in de Oosterschelde en de invloed van menselijk handelen op de schorren bij Waarde in de Westerschelde. Het eerste onderdeel van de opdracht is verricht in het kader van het project "Lamsoor", waarbij er onderzoek gedaan wordt naar de maatregelen om de schorren in het Oosterscheldegebied te beschermen tegen de gevolgen van de aanleg van de Oosterscheldewerken.

De uitvoering van de opdracht is mogelijk gemaakt dankzij de goede begeleiding van de Dick de Jong, Renske Postma en Ad van Oosterhout. Tevens bedank ik Annemieke van der Pluym en Gerard Spronk voor hun hulp tijdens het veld- en laboratoriumwerk.

Middelburg, mei 1994

Wilma Schrauwen

SAMENVATTING

Effect van het veranderd getij op de schorren in de Oosterschelde (deel A en B).

De aanleg van de Oosterscheldewerken had invloed op de schorren in de Oosterschelde. Tijdens de afwerkperiode (mei 1986 - april 1987) traden er veel veranderingen op de schorren op. Doordat de overspoeling van de schorren in deze periode nihil was, nam de sedimentatie op de schorren sterk af. Bovendien trad uitdroging van de bodem op, waardoor de vegetatie afstierf. Een ander gevolg van de verdroging was verzuring van de schorbodem, doordat het in de bodem aanwezige pyriet (FeS_2) oxideerde. Na het gereed komen van de Oosterscheldewerken reduceerde het getij in de Oosterschelde sterk. Doel van dit onderzoek was het bepalen van het effect van het veranderd getij op de verzuring van schorbodems in de Oosterschelde door de oxidatie van pyriet (deel A) en op de sedimentatie op de schorren in de Oosterschelde (deel B). De veranderingen in de verzuring werd bepaald door de gegevens over verzuring tussen 1990 en 1994 te verwerken. De sedimentatie op de schorren werd bekeken door vergelijking van de toename van de laagdikte op de schorren met behulp van kaolienveldjes.

Uit het onderzoek bleek dat de pH (een maat voor verzuring) in de loop der jaren constant en hoog gebleven is en dat er geen potentiële kans op verzuring van de schorbodem was. Dit leidde tot de conclusie dat het veranderd getij en de daarmee samenhangende vermindering van de overspoelingsfrequentie in de Oosterschelde na het gereed komen van de Oosterscheldewerken nog geen effect heeft op de feitelijke verzuring van de schorbodems. Voor de sedimentatie op de schorren kon geconcludeerd worden dat op de schorren bij Sint Annaland de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor en na de afwerkperiode gemiddeld gezien ongeveer hetzelfde is. Op de schorren Rattekaai west bleek dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode gemiddeld gezien aanzienlijk kleiner was dan voor de afwerkperiode. Bovendien bleken stormen of stormrijke periodes van groot belang te zijn voor de sedimentatie op de schorren.

De invloed van menselijk handelen op de schorren bij Waarde in de Westerschelde (deel C).

In de Westerschelde vonden tussen 1987 en 1992 vele grote stortingen van baggerspecie plaats, voornamelijk in de Schaar van Waarde, een geul welke vlak voor de schorren bij Waarde gelegen is. Doel van dit onderzoek was het bepalen van de invloed van stortingen van baggerspecie op de sedimentatie op de schorren bij Waarde. De sedimentatie op de schorren werd bekeken door vergelijking van de toename van de laagdikte op de schorren met behulp van kaolienveldjes. Het verloop van de laagdikte werd vergeleken met de hoeveelheid gestorte baggerspecie. Op de schorren bleek dat de laagdikte tijdens en direct na de stort van baggerspecie sneller toenam, dan wanneer er enige tijd geen stortingen van baggerspecie plaatsgevonden hadden. Geconcludeerd kon worden dat de stortingen van baggerspecie een directe invloed hebben op de sedimentatie op de schorren bij Waarde in de Westerschelde. Bovendien bleken stormen of stormrijke periodes van groot belang te zijn voor op de sedimentatie op de schorren.

INHOUDSOPGAVE

	pagina
Voorwoord	
Samenvatting	
Verklarende woordenlijst	9
1 Algemene inleiding	11
1.1 Begrip schor	11
1.2 Ontstaan van het schor	12
1.3 Ligging van de onderzoeksgebieden	13
Deel A: Effect veranderd getij op de schorren in de Oosterschelde: Verzuring van schorbodems door de oxidatie van pyriet	15
A 1 Inleiding	17
A 2 Literatuurstudie naar de verzuring van schorbodems	19
A 2.1 Accumulatie van pyriet	19
A 2.2 Kalk	20
A 2.3 Oxidatie van pyriet en buffering	20
A 2.4 Kenmerken van een potentiële zure sulfaatbodem	22
A 3 Methode	23
A 3.1 Veldwerkzaamheden	23
A 3.2 Laboratoriumonderzoek	23
A 3.2.1 PH-bepaling	23
A 3.2.2 PH(H ₂ O ₂)-bepaling	23
A 3.2.3 Controle pH(H ₂ O ₂)-bepaling	24
A 3.2.4 Kalkgehalte-bepaling	24
A 4 Resultaten	26
A 4.1 PH, pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte	26
A 4.2 Relatie overspoelingsfrequentie en schorindeling met de pH, pH(H ₂ O ₂) en het kalkgehalte	35
A 4.3 Controle pH(H ₂ O ₂)-bepaling	36
A 4.4 Vergelijking kalk-H ₂ S-geur	36
A 5 Discussie en conclusies	37
A 5.1 PH	37
A 5.2 PH(H ₂ O ₂)	37
A 5.3 Kalkgehalte	38
A 5.4 Relatie pH, pH(H ₂ O ₂), kalkgehalte en aeratiediepte	38
A 5.5 Vergelijking kalkgehalte en H ₂ S-geur	39
A 5.6 Verzuringsskans	40
A 5.7 Ligging van de kommen	41
A 6 Aanbevelingen	42
Deel B: Effect veranderd getij op de schorren in de Oosterschelde: Sedimentatie op de schorren	43
B 1 Inleiding	45
B 2 Methode	47
B 2.1 Veldwerkzaamheden	47
B 2.2 Verwerken veldmetingen	47

	pagina
B 2.2.1 Algemeen	47
B 2.2.2 Bepaling van de mate van inklinking	48
B 3 Resultaten	49
B 3.1 Resultaten laagdikte per raai	49
B 3.1.1 Sint Annaland	49
B 3.1.2 Rattekaai west	50
B 3.2 Vergelijking laagdikte met stormen	51
B 3.2.1 Sint Annaland	51
B 3.2.2 Rattekaai west	52
B 3.3 Inklinking	52
B 3.4 Resultaten sedimentatie totaal	54
B 3.4.1 Sint Annaland	54
B 3.4.2 Rattekaai west	55
B 3.5 Schorindeling	56
B 3.6 Sedimentatiesnelheid	57
B 3.6.1 Algemeen	57
B 3.6.2 Sint Annaland	58
B 3.6.3 Rattekaai west	59
B 4 Discussie en conclusies	61
B 4.1 Algemeen	61
B 4.2 Sint Annaland	62
B 4.3 Rattekaai west	63
B 4.4 De toekomst	63
B 5 Aanbevelingen	64
B 5.1 Algemeen	64
B 5.2 Veldwerkzaamheden	64
Deel C: De invloed van menselijk handelen op de schorren bij Waarde in de Westerschelde	67
C 1 Inleiding	69
C 2 Methode	70
C 2.1 Veldwerkzaamheden	70
C 2.2 Verwerken veldmetingen	70
C 2.3 Beschrijving van de raaien	71
C 3 Ontwikkelingen in de omgeving van de schorren bij Waarde	72
C 3.1 Algemeen	72
C 3.2 Stortingen en winningen in de Schaar van Waarde per jaar	73
C 3.3 Veranderingen geulen	74
C 4 Resultaten	75
C 4.1 Resultaat laagdikte per raai	75
C 4.2 Vergelijking laagdikte met stormen	77
C 4.3 Resultaten sedimentatie totaal	77
C 4.4 Schorindeling	79
C 4.5 Sedimentatiesnelheid	80
C 5 Discussie en conclusies	83
C 5.1 Relatie sedimentatie met de stortingen, winningen en stormen	83
C 5.2 Totaal	83
C 5.3 De toekomst	84
C 6 Aanbevelingen	85
Literatuurlijst	

Bijlage I	: Ligging van de onderzoeksgebieden
Bijlage II	: Ligging van de onderzochte kommen en raaien op de schorren Rattekaai west, Rattekaai oost en Stroodorpepolder (verzuring; 2, 5, 32, 41, 42; sedimentatie: B4, B5, B6, B8, B9, B10)
Bijlage III	: Ligging van de onderzochte kommen en raaien op de schorren bij Sint Annaland (verzuring: 7, 11, 27, 28; sedimentatie: 2, 3, 4)
Bijlage IV	: Ligging van de onderzochte kom op de schorren bij Anna Jacobapolder (verzuring)
Bijlage V	: Ligging van de raaien op de schorren bij Waarde (sedimentatie)
Bijlage VI	: Ligging van geulen in het oostelijk deel van de Westerschelde
Bijlage VII	: pH Rattekaai oost kom 2
Bijlage VIII	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Rattekaai oost kom 2
Bijlage IX	: pH Sint Annaland kom 7
Bijlage X	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Sint Annaland kom 7
Bijlage XI	: pH Sint Annaland kom 11
Bijlage XII	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Sint Annaland kom 11
Bijlage XIII	: pH Sint Annaland kom 27
Bijlage XIV	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Sint Annaland kom 27
Bijlage XV	: pH Sint Annaland kom 28
Bijlage XVI	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Sint Annaland kom 28
Bijlage XVII	: pH Anna Jacobapolder kom 26
Bijlage XVIII	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Anna Jacobapolder kom 26
Bijlage XIX	: pH Stroodorpepolder kom 45
Bijlage XX	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Stroodorpepolder kom 45
Bijlage XXI	: pH Rattekaai west kom 5
Bijlage XXII	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Rattekaai west kom 5
Bijlage XXIII	: pH Rattekaai west kom 32
Bijlage XXIV	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Rattekaai west kom 32
Bijlage XXV	: pH Rattekaai west kom 41
Bijlage XXVI	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Rattekaai west kom 41
Bijlage XXVII	: pH Rattekaai west kom 42
Bijlage XXVIII	: pH(H ₂ O ₂) en kalkgehalte volgens Scheibler-methode Rattekaai west kom 42
Bijlage XXIX	: Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Rattekaai oost kom 2 en Sint Annaland kom 7
Bijlage XXX	: Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Sint Annaland kom 11 en Sint Annaland kom 27
Bijlage XXXI	: Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Sint Annaland kom 28 en Anna Jacobapolder kom 26
Bijlage XXXII	: Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Stroodorpepolder kom 45 en Rattekaai west kom 5

Bijlage XXXIIII : Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Rattekaai west kom 32 en Rattekaai west kom 41
 Bijlage XXXIV : Kalkgehalte volgens HCl-opbruismethode Rattekaai west kom 42
 Bijlage XXXV : Controle pH(H₂O₂) serie A en B
 Bijlage XXXVI : Controle pH(H₂O₂) serie C en totaal
 Bijlage XXXVII : H₂S-geur kommen Rattekaai oost, Anna Jacobapolder en Stroodorpepolder
 Bijlage XXXVIII : H₂S-geur kommen Sint Annaland
 Bijlage XXXIX : H₂S-geur kommen Rattekaai west
 Bijlage XL : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: raai 2
 Bijlage XLI : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: raai 3
 Bijlage XLII : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: raai 4
 Bijlage XLIII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B4
 Bijlage XLIV : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B5
 Bijlage XLV : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B6
 Bijlage XLVI : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B8
 Bijlage XLVII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B9
 Bijlage XLVIII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: raai B10
 Bijlage XLIX : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: oeverwallen en overgangen
 Bijlage L : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: kommen en hoogte kaolienplotjes
 Bijlage LI : Sedimentatie schorren Rattekaai west: oeverwallen en overgangen
 Bijlage LII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: kommen
 Bijlage LIII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: inklinking raai B4 en raai B5
 Bijlage LIV : Sedimentatie schorren Rattekaai west: inklinking raai B6 en raai B8
 Bijlage LV : Sedimentatie schorren bij Sint Annaland: hoogte versus sedimentatiesnelheid en overspoelingsfrequentie versus sedimentatiesnelheid
 Bijlage LVI : Sedimentatie schorren Rattekaai west: hoogte versus sedimentatiesnelheid en overspoelingsfrequentie versus sedimentatiesnelheid
 Bijlage LVII : Sedimentatie schorren Rattekaai west: hoogte kaolienplotjes
 Bijlage LVIII : Sedimentatie schorren bij Waarde: raai 11 en 12
 Bijlage LIX : Sedimentatie schorren bij Waarde: raai 13 en 14
 Bijlage LX : Sedimentatie schorren bij Waarde: raai 15 en 16
 Bijlage LXI : Sedimentatie schorren bij Waarde: raai 17 en 18
 Bijlage LXII : Sedimentatie schorren bij Waarde: raai 19
 Bijlage LXIII : Sedimentatie schorren bij Waarde: oeverwallen lokatie west en midden
 Bijlage LXIV : Sedimentatie schorren bij Waarde: oeverwallen lokatie oost
 Bijlage LXV : Sedimentatie schorren bij Waarde: overgangen lokatie west en midden
 Bijlage LXVI : Sedimentatie schorren bij Waarde: overgangen lokatie oost
 Bijlage LXVII : Sedimentatie schorren bij Waarde: kommen lokatie west en midden
 Bijlage LXVIII : Sedimentatie schorren bij Waarde: kommen lokatie oost

- Bijlage LXXIX : Sedimentatie schorren bij Waarde: hoogte versus sedimentatiesnelheid en overspoelingsfrequentie versus sedimentatiesnelheid lokatie west
- Bijlage LXX : Sedimentatie schorren bij Waarde: hoogte versus sedimentatiesnelheid en overspoelingsfrequentie versus sedimentatiesnelheid lokatie midden
- Bijlage LXXI : Sedimentatie schorren bij Waarde: hoogte versus sedimentatiesnelheid en overspoelingsfrequentie versus sedimentatiesnelheid lokatie oost
- Bijlage LXXII : Grafische weergave storten en winnen Schaar van Waarde
- Bijlage LXXIII : Sedimentatie schorren bij Waarde: hoogte kaolienplotjes lokatie west en midden
- Bijlage LXXIV : Sedimentatie schorren bij Waarde: hoogte kaolienplotjes lokatie oost
- Bijlage LXXV : Grafische weergave stormen Oosterschelde
- Bijlage LXXVI : Grafische weergave stormen Westerschelde

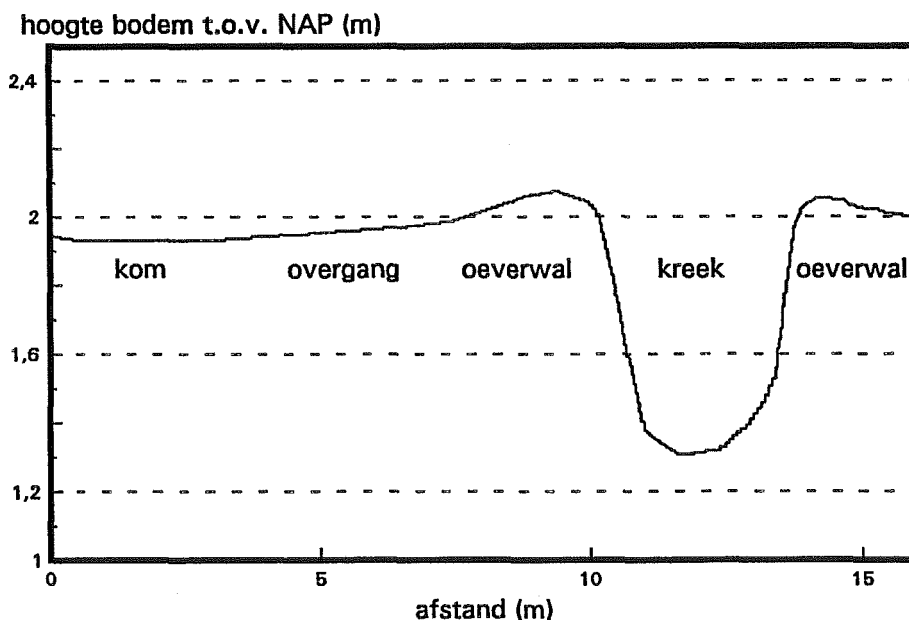
VERKLARENDE WOORDENLIJST

aeratie	: beluchting
afwerkperiode	: de periode waarin de stormvloedkering in de Oosterschelde werd voltooid (mei 1986-april 1987)
erosie	: afslijting en afvoer van deeltjes aan het bodemoppervlak door de werking van wind, ijs, stromend water en zee
hoogschor	: schor waarvan de kommen tussen de 5 en 300 keer per jaar overspoeld worden
klei	: bodemdeeltjes met een diameter kleiner dan $2\mu\text{m}$
(in)klinken	: het verzakken van de bodem door wateruittreding
kom	: relatief laag gelegen deel van een schor, omsloten door oeverwallen (zie figuur 1)
kreek	: periodiek watervoerende geul (zie figuur 1)
laagschor	: schor waarvan de kommen meer dan 500 keer per jaar overspoeld worden
middenschor	: schor waarvan de kommen tussen de 300 en 500 keer per jaar overspoeld worden
oeverwal	: verhoogde rand langs een schorkreek (zie figuur 1)
overgang	: gedeelte van het schor, gelegen tussen oeverwal en kom (zie figuur 1)
overspoelingsduur	: het aantal malen dat het gebied onder water komt te staan
overspoelings- frequentie	: het aantal keren per jaar dat de schorren overspoeld worden
rijping	: proces van compacter worden van de bodem onder invloed van externe factoren
schor	: buitendijks met zoutminnende vegetatie begroeide gebieden, welke vrij toegankelijk zijn voor het zoute water: de vegetatiebedekking is minimaal 50 %
schorklif	: abrupte overgang in de vorm van een steile rand van begroeid schor naar onbegroeid slik
schorontwikkeling	: de natuurlijke ontwikkeling van een schor in de tijd en ruimte
schorrand	: geleidelijke overgang van begroeid schor (> 50 % bedekking) naar onbegroeid slik (< 50 % bedekking), waarbij een pol met een doorsnede van 2 meter als kleinste meeteenheid wordt gebruikt
sedimentatie	: het bezinken van deeltjes in het water op de bodem
silt	: bodemdeeltjes met een diameter tussen 2 en $50\mu\text{m}$
slik	: onbegroeid voor het schor gelegen gebied, dat bij laag water droogvalt
substraat	: onderlaag, voedingsbodem
zand	: bodemdeeltjes met een diameter groter dan $50\mu\text{m}$
zuurgraad (pH)	: getal om aan te geven hoe zuur een bodem is (< 7 = zuur; 7 = neutraal; > 7 = basisch)

1. ALGEMENE INLEIDING

1.1 BEGRIP SCHOR

Een schor is een deel van het intergetijdegebied met zacht substraat, dat zijn ondergrens in het algemeen rondom gemiddeld hoogwater bij doodtij heeft en zich kan uitstrekken tot boven gemiddeld hoogwater bij springtij. Hierbij wordt het gehele schor regelmatig overspoeld met zout of brak water, variërend van 5 tot 600 keer per jaar. De ondergrens van 5 overspoelingen per jaar is "per definitie" vastgelegd, op basis van vegetatiekundige kenmerken. Een schor is begroeid met hogere, zoutminnende planten (m.u.v. Groot en Klein zeegras), waarvan de totale bedekking meer dan 50 % bedraagt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de grens minder dan 50 % - meer dan 50 % bedekking "per definitie" is vastgelegd. Schorren in zuidwest Nederland worden aan de zeezijde meestal begrensd door schorkliffen en schorranden en aan de landzijde door dammen en dijken. Aan de zeezijde bevinden zich slikken. Een schor is opgebouwd uit een complex van relatief kleiige kommen en zandige oeverwallen (zie figuur 1) binnen een stelsel van grote en kleine kreek. Schorren hebben een hoge natuurwaarde door de grote variatie in planten- en diersoorten. De schorren zijn van belang als broedgebied, hoogwatervluchtplaats en fourageergebied voor vogels [Lit. 10].



Figuur 1 Reliëf van het schor

1.2 ONTSTAAN VAN HET SCHOR

Op die plaatsen op het slik waar de omstandigheden m.b.t. sedimentatie gunstig zijn, zal het maaiveld op een bepaald moment zo hoog komen te liggen, dat de eerste pioniersvegetatie zich kan vestigen. De gunstigste plaatsen zijn daar waar de stromings- en/of golfdynamiek gering is. Dit zijn voornamelijk gunstig gelegen bochten in de dijk of binnenbochten van geulen of prielen. Zodra de vegetatie zich heeft kunnen vestigen kan ook door de planten slib worden ingevangen. De hoeveelheid hangt van de soort af. Sedimentatie vindt plaats, doordat met de aanvoer van water tevens sediment wordt aangevoerd. Tijdens hoogwaterkentering kan dit sediment uitzakken en ingevangen worden door de vegetatie. De pioniersplanten (en wel voornamelijk de grassen) creëren een rustiger milieu waardoor ze zichzelf gemakkelijk kunnen uitbreiden. Deze uitbreiding zorgt weer voor meer slibinvang. Is er eenmaal sprake van een primair schor, dan zal door aanwezige verschillen in dichtheden van de vegetatie het water in bepaalde banen afstromen. Hierdoor zullen zich ter plaatste van de geconcentreerde afstroming kreekjes kunnen ontwikkelen. Het vloedwater zal eerst de kreekjes binnen stromen en daarna het hele primair schor overspoelen. Als de krekken overstromen, neemt de stroomsnelheid, en daarmee het transportvermogen snel af, waardoor langs de krekken het meeste en het grovere materiaal wordt afgezet en verder van de kreek vandaan het fijne sediment. Door deze verschillen in grofheid en hoeveelheid sediment begint zich een eerste, minuscule reliëfontwikkeling af te tekenen, met enigszins verhoogde, meer zandige oeverwallen langs de krekken en iets lager liggende slibrijke kommen erachter. Naast het buiten de oevers treden van krekken, kan het schor tevens worden overspoeld door water dat aan de kreekuiteinden de kommen inloopt. Deze wijze levert eveneens een bijdrage aan de sedimentatie in de kommen. Een derde manier is het door het rijzende water overspoelen van de schorrand. Naarmate het begroeide deel vaker is overspoeld, is het gesedimenteerde pakket dikker geworden. Dit heeft tot gevolg dat het maaiveld hoger komt te liggen en dat hierdoor zowel de overspoelingsfrequentie als de overspoelingsduur kleiner wordt. Naarmate de overspoelingsfrequentie kleiner wordt, zal de getijstroomsnelheid afnemen omdat het schor pas tegen hoogwaterkentering overstroomt. Daarom zal er meer en fijner materiaal kunnen uitzakken dan op het laagschor. De relatief lange overstromingsduur op het laagschor heeft tot gevolg dat de bodem moeilijk ontwaterd. Hierdoor zullen alleen de bovenste centimeters van de bodem geareerd kunnen worden, waardoor weinig chemische en fysische rijping van de bodem op zal treden. Wanneer het schor minder vaak en minder lang overspoeld wordt, dan kan de bodem uitdrogen, waardoor er allerlei chemische en fysische veranderingen in de bodem optreden, de zogenaamde bodemrijping [Lit. 10].

1.3 LIGGING VAN DE ONDERZOEKSGBIEDEN

De schorren Rattekaai west en Rattekaai oost, Stroodorpepolder, Sint Annaland en Anna Jacobapolder liggen in de Oosterschelde.
De schorren bij Waarde liggen in de Westerschelde.

Rattekaai west: 1,3 - 2,4 m +NAP, 99 ha
Rattekaai oost: 1,3 - 2,4 m +NAP, 43 ha
Stroodorpepolder: 1,4 - 2,6 m +NAP, 25 ha
Sint Annaland: 1,2 - 1,7 +NAP, 195 ha
Anna Jacobapolder: 1,3 - 1,8 m +NAP, 159 ha
Waarde: 2,5 - 3,1 m +NAP, 100 ha

Voor de ligging van de schorren in het Deltagebied wordt verwezen naar bijlage I. De lokaties van het verzurings- en sedimentatie-onderzoek zijn geselecteerd aan de hand van de beschikbare gegevens.

DEEL A

**EFFECT VERANDERD GETIJ OP DE SCHOR-
REN IN DE OOSTERSCHELDE:
VERZURING VAN SCHORBODEMS DOOR DE
OXIDATIE VAN PYRIET**

A 1 INLEIDING

Door de aanleg van de Oosterscheldewerken zijn er veranderingen opgetreden in het getijverschil in de Oosterschelde. Het getijverschil is na de aanleg van de Oosterscheldewerken verminderd met 10 % ten opzichte van de oorspronkelijke situatie van voor 1986. Dit heeft tot gevolg dat de overspoelingsfrequentie van de schorren af nam met 15 % voor het laag-schor tot 70 % voor het hoog-schor [Lit. 16]. Hierdoor treden veranderingen in de bodemprocessen op, zoals uitdroging en rijping van de bodem. De gevolgen van de veranderende processen zijn tussen 1983 en 1987 onderzocht door Vranken [Lit. 18] en De Jong [lit. 8]. De schorbodems bleken door een verminderde overspoelingsfrequentie sterk ingeklonken en gerijpt. In een vervolg op de door Vranken lokaal gevonden lage pH waarden van de bodem is door Houtekamer in 1990 [Lit. 11] en 1991 [Lit. 12] nader onderzoek verricht naar de directe gevolgen van de uitdroging van de schorbodem en dan met name de verzuring. Er is vanaf 1991 een monitoringsprogramma opgesteld om de verzuring in de loop der jaren op de schorren te volgen.

Uit het onderzoek van Oenema, 1988 [Lit. 14] is gebleken dat schorbodems, en dan met name de kommen, veel pyriet (FeS_2) bevatten, een verbinding welke stabiel is onder gereduceerde omstandigheden, maar met zuurstof reageert tot zwavelzuur. Het zwavelzuur wordt primair geneutraliseerd door kalk in de bodem, waarbij gips ontstaat. Indien er niet genoeg kalk aanwezig is om het zwavelzuur te neutraliseren, daalt de pH waarna een andersoortige, secundaire buffering optreedt (zie hoofdstuk A 2) en kan er op den duur kateklei ontstaan. Kateklei is een zeer zure kalkloze bodem met een ongunstige bodemstructuur die ongeschikt is voor vegetatiebegroeiing en dus ook voor de vegetatie op de schorren. Oxidatie van pyriet is in schorbodems de belangrijkste oorzaak van de verzuring [Lit. 11 en 12].

De mate van verzuring van de bodem kan gevolgd worden door bepaling van de pH. Tevens kan de laagst mogelijke pH worden bepaald welke de bodem van het schor kan bereiken, de zogenaamde $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ is een maat voor de totale buffercapaciteit van de bodem. Het kalkgehalte in de bodem is een maat voor de primaire buffercapaciteit van de bodem en met behulp van deze parameters kan bekeken worden of de schorbodem aangemerkt dient te worden als een potentiële zure sulfaatbodem.

De vragen waar het in dit onderzoek om draait zijn:

Zijn er schorbodems in de Oosterschelde die aangemerkt dienen te worden als potentiële zure sulfaatbodems?

Moet het monitoringsprogramma voortgezet worden?

Doel van dit onderzoek is het aangeven van de mate van verzuring van de bodem voor vijf schorren in de Oosterschelde tussen 1990 en 1993. Met dit onderzoek kan bekeken worden of de situatie op de verschillende gebieden in evenwicht is gekomen. Uiteindelijk kan op basis van de resultaten worden bezien of voortzetting van het huidige monitoringsprogramma gewenst is of dat de metingen eventueel gestaakt kunnen worden, dan wel aangepast moeten worden. Bovendien kan een voorspelling gedaan worden over de kans dat de bodem van het schor zich tot een potentiële zure sulfaatbodem ontwikkelt en of er maatregelen nodig zijn om de verzuring terug te dringen.

De opbouw van dit verslag is als volgt:

Hoofdstuk A 2 behandelt de theoretische achtergrond van de verzuring van schorbodems en de verschillende bodemprocessen welke hierop van invloed zijn in de vorm van een literatuurstudie.

Hoofdstuk A 3 beschrijft de methode van het monitoringsprogramma.

Hoofdstuk A 4 bespreekt de resultaten en hoofdstuk A 5 bevat de discussie en conclusies van het onderzoek. Hoofdstuk A 6 tenslotte geeft enkele aanbevelingen.

A 2 LITERATUURSTUDIE NAAR VERZURING VAN SCHORBODEMS

Deze literatuurstudie naar verzuring van schorbodems is gebaseerd op onderzoeken van Vranken [Lit. 18], Oenema, 1988 [Lit. 1], Houtekamer, 1990 [Lit. 11] en Houtekamer, 1991 [Lit. 12].

A 2.1 ACCUMULATIE VAN PYRIET

Voor het ontstaan van pyriet (FeS_2) moet aan een vijftal voorwaarde worden voldaan:

- er moet aanvoer zijn van sulfaatrijk zeewater;
- er moeten sulfaatreducerende bacteriën aanwezig zijn;
- er moet voldoende vers, dood organisch materiaal aanwezig zijn;
- er moet sprake zijn van een gereduceerd milieu;
- er moet voldoende ijzer in de bodem aanwezig zijn.

De hoeveelheid pyriet is afhankelijk van de volgende factoren:

1. Er sedimenteert pyriethoudend materiaal dat afkomstig is van oudere pyriethoudende sedimenten. Hierdoor is in de oppervlaktelagen van de Oosterschelde veel pyriet aanwezig.
2. Op de grens van het geoxideerde en gereduceerde sediment wordt pyriet gevormd uit FeS . Er is een snelle omzetting van FeS naar FeS_2 op de grens van het geoxideerde en gereduceerde sediment in de door *Spartina* begroeid sediment. Hiervoor zijn drie oorzaken:
 - a. Wortels creëren lokaal oxiderende omstandigheden waardoor sulfiden oxideren tot S.
 - b. De drainage karakteristiek in combinatie met de seizoensdynamiek van *Spartina* bevordert een op en neer bewegen van de oxidatiereductie grens. Er is een tijdelijke oxidatie van gereduceerde zwavelvormen op die grens. Dit bevordert de vorming van S en pyriet.
 - c. Een iets lagere pH (0,2 tot 0,3 eenheden) in begroeide sedimenten bevordert pyrietvorming.
3. Er verdwijnt pyriet door de oxidatie in de wortelzone en door een toename van de rijping.

De hoeveelheid pyriet is positief gecorreleerd met het percentage organische stof in de bodem. Hierdoor is er ook een hoge correlatie met het percentage klei en silt. De hoeveelheid pyriet in de bodem neemt af waar de zandige ondergrond begint.

De hoeveelheid pyriet hangt ook samen met de topografie. In de laagste delen van het schor die regelmatig met sulfaatrijk water overspoeld worden en waar veel overspoelingswater via de bodem afgevoerd wordt, accumuleert het meeste pyriet.

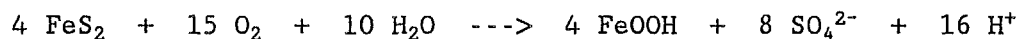
Er zijn ruwweg twee pyrietvormen te onderscheiden die verschillend zijn wat betreft grootte en ontstaanswijze. Het gedrag van deze vormen is ook verschillend. De eerste vorm, euhedraal-pyriet (ook wel primair pyriet genoemd) wordt snel en direct gevormd. De grootte van de pyrietkristallen is 0,1 tot 2 micrometer. De seizoensvariatie in de hoeveelheid pyriet is groot wanneer het pyriet in deze vorm aanwezig is. De tweede vorm is het zogenaamde framboïdaal pyriet (diameter 5-70 micrometer), ook wel secundair pyriet genoemd. Deze vorm ontstaat via ijzermonosulfides (FeS). Het framboïdale pyriet is minder gevoelig voor seizoensvariaties en de aanwezigheid van dit pyriet duidt op een grote toevoer van organisch materiaal. In de Oosterschelde komt hoofdzakelijk het framboïdale pyriet voor.

A 2.2 KALK

De in het zeewater meegevoerde kalk bestaat voornamelijk uit schelpdelen en andere dierlijke restanten, vaak zeer fijn verdeeld. Door de grote inwendige oppervlakte van de fijne fractie precipiteert de kalk voornamelijk in de fijne silt- en kleifractie. Ontkalking, wat plaatsvindt doordat kalk fungeert als buffer voor verzurende stoffen, kan reeds tijdens het sedimentatie proces optreden, zodat het gehalte aan kalk tevens van de sedimentatiesnelheid afhankelijk is.

A 2.3 OXIDATIE VAN PYRIET EN BUFFERING

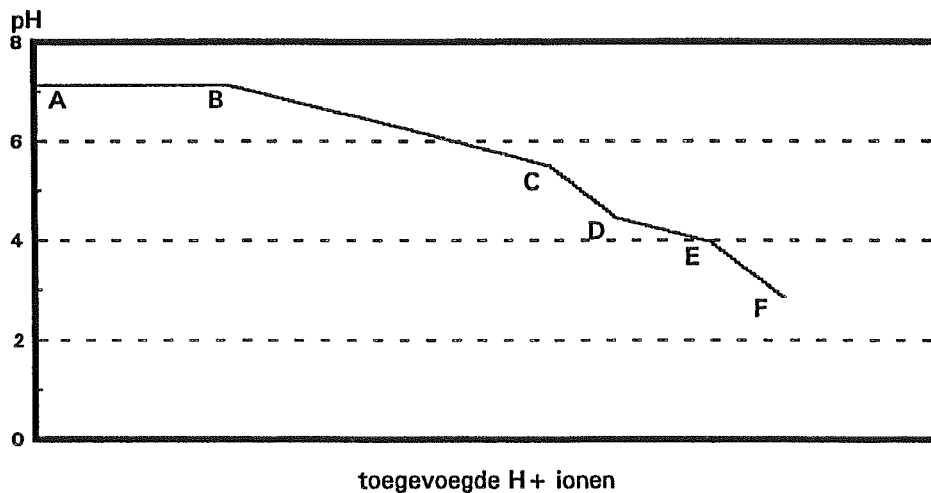
Wanneer de rijpingsgraad van de bodem toeneemt en er meer lucht in de bodem kan binnendringen, begint de oxidatie van het in de bodem aanwezige pyriet. Pyriet is onder gereduceerde omstandigheden stabiel, maar met zuurstof reageert pyriet snel tot zwavelzuur. Tijdens de oxidatie van pyriet ontstaat er ijzerhydroxide en zwavelzuur volgens de reactie:



Uit deze reactievergelijking blijkt dat bij iedere mol pyriet die geoxideerd wordt 4 mol H^+ ionen vrijkomt.

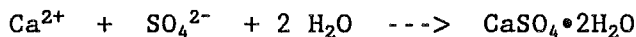
De mate van pyrietoxidatie wordt sterk beïnvloed door de oppervlakte van het pyrietkristal, de pH en de zuurstofspanning. Oxidatie van pyriet verloopt sneller als de oppervlakte van het pyrietkristal klein, de pH laag en de zuurstofspanning hoog is.

Het zuur dat vrijkomt bij de oxidatie van pyriet kan door verschillende stoffen in de bodem geneutraliseerd worden. Welke stof actief is als buffer hangt af van de pH van de bodem. Zo zijn er een aantal pH-trajecten (figuur A 2.1) waarin steeds een andere bufferende stof actief is. Deze trajecten overlappen elkaar wel gedeeltelijk.



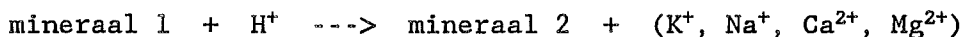
Figuur A 2.1 Hypothetische titratiecurve van een goed gedraineerde, kalkrijke en lutumhoudende bodem, getitreerd met een sterk zuur

Wanneer er voldoende kalk (CaCO_3) in de bodem aanwezig is en er geen sterke uitspoeling is, wordt het gevormde zuur geneutraliseerd volgens de volgende vergelijkingen (primaire buffercapaciteit):



Er ontstaat gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en de pH van het poriënwater blijft ongeveer 7 (traject A-B).

Wanneer de kalk in de bodem opgebruikt is zullen kleimineralen (bijvoorbeeld smectiet, illiet, kaoliniet) H^+ opnemen tegen uitwisseling van kationen volgens de vergelijking:



Deze buffer is actief in het traject B-C.

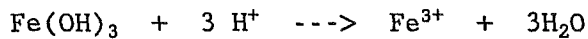
In het pH-traject 5,5-4,5 vervult met name het adsorptiecomplex van de kleimineralen een bufferfunctie (traject C-D). Hierbij worden kationen aan het adsorptiecomplex uitgewisseld tegen H^+ . De buffercapaciteit in dit traject wordt gekarakteriseerd door de C.E.C. (cation exchange capacity).

De H^+ -ionen vervangen vervolgens aluminium hydroxidegroepen van het kleimineraal (Al-octaëder), waarbij het kleimineraal wordt afgebroken. Deze secundaire aluminiumhydroxide groepen vervullen vervolgens een bufferende werking in het pH traject 4,5-4,0 (traject D-E) volgens de vergelijking:



Dit proces verloopt langzaam en verhindert de vorming van een zure sulfaatbodem niet, maar het beperkt wel de ernst van de verzuring. Wanneer er veel aluminiumhydroxiden in de bodem aanwezig zijn zal de verzuring bij dit buffertraject stoppen. Er ontstaat echter een ander probleem dat minstens net zo erg is voor de vegetatie en dat is aluminiumvergiftiging.

Tenslotte zullen bij een pH die lager is dan 3 ijzerhydroxiden H^+ -ionen opnemen (traject E-F) volgens de vergelijking:



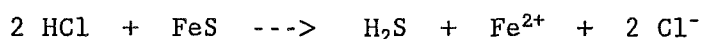
Fe_2O_3 en Al_2O_3 zijn relatief onoplosbaar boven een pH van respectievelijk 3 en 5. Deze verbindingen zijn daarom vooral belangrijk als buffer bij een langzaam verlopend proces en lage pH-waarden.

A 2.4 KENMERKEN VAN EEN POTENTIËLE ZURE SULFAATBODEM

Men spreekt van een zure sulfaatbodem wanneer de hoeveelheid zuur in de bodem groter is dan de neutraliserende capaciteit van de bodem en de pH na oxidatie met waterstofperoxide ($pH(H_2O_2)$) gedaald is tot een waarde beneden 2,5 [Lit. 6 en 8].

Een potentiële zure sulfaatbodem heeft meestal de volgende kenmerken:

- de bodem is gereduceerd;
- de bodem is grijs met zwarte vlekken rondom plantenresten en wortels;
- de bodem bevat meer dan 30-35 klei;
- het kalkgehalte is meestal laag, maar kan tot 6 à 7 bedragen;
- de bodem bevat gemiddeld 1-5 pyriet-zwavel;
- bij behandeling met zoutzuur kan een H_2S geur vrijkomen door de reactie:



- de bodem bevindt zich meestal in relatief laag gelegen delen van het landschap;
- bij de oxidatie met H_2O_2 daalt de $pH(H_2O_2)$ tot 2,5 of lager [Lit. 6].

A 3 METHODE

A 3.1 VELDWERKZAAMHEDEN

In elf kommen verspreid over de schorren bij Sint Annaland, Anna Jacobapolder, Rattekaai west en oost en Stroodorpepolder worden twee tot vier keer per jaar in de periode juni-oktober boringen tot ca. 80 cm verricht (afhankelijk van de lokatie) en per 10 cm grondmonsters genomen. In het veld wordt het relatieve kalkgehalte bepaald met de HCl-opbruismethode (zie paragraaf A 3.2.3) en wordt tevens het bodemprofiel beschreven. De monsters worden in het laboratorium geanalyseerd op de pH, de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en incidenteel op het kalkgehalte. Zie bijlage I voor de ligging van de verschillende schorren in de Oosterschelde. De ligging van de onderzochte kommen op het schor is aangegeven in de bijlagen II tot en met IV.

A 3.2 LABORATORIUMONDERZOEK

A 3.2.1 pH-bepaling

Zo spoedig mogelijk na de monsternamen wordt de pH van de veldvochtige bodemmonsters bepaald. Hiertoe wordt 10 gram grond afgewogen waaraan 25 ml demiwater toegevoegd wordt, waarna het geheel geschud wordt. De volgende dag wordt de pH met een pH-meter bepaald [Lit. 11].

A 3.2.2 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ -bepaling

De rest van de monsters worden, nadat deze genomen zijn, ingevroren totdat deze geanalyseerd worden op de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$. Voor de analyse worden de grondmonster ontdooid, waarna aan 5 gram monster 25 ml demiwater en 10 ml waterstofperoxide ($30 \text{ H}_2\text{O}_2$) toegevoegd wordt. Na twee dagen worden de monsters verhit en nadat alle waterstofperoxide verbruikt is en de monsters afgekoeld zijn, wordt het monster aangevuld met demiwater en wordt de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ bepaald met behulp van een pH-meter. Bij deze proef neemt men een pH van 2,5 na oxidatie met waterstofperoxide als grens voor het kunnen ontstaan van een zure sulfaatbodem [Lit. 6].

A 3.2.3 Controle pH(H₂O₂)-bepaling

Uit de resultaten is gebleken dat er een sterke spreiding is in de pH(H₂O₂). Een mogelijkheid is dat deze sterke spreiding in de pH(H₂O₂) toegeschreven kan worden aan analysefouten. Het grondmonster kan niet geheel geoxideerd zijn waardoor de pH(H₂O₂) hoog blijft. Een andere mogelijkheid is dat de samenstelling van de bodem in de kom sterk verschilt, waardoor ook de pH(H₂O₂) sterk verschilt. Om de oorzaak van deze sterke spreiding te kunnen achterhalen zijn in kom RW 42 op drie plaatsen binnen een straal van twee meter rond het herkenningspunt in de kom boringen tot ca. 80 cm verricht en per 20 cm grondmonsters genomen. Deze monsters zijn een week ingevroren. Nadat de monsters zijn ontdooid, zijn ze zeer goed gemengd. Deze monsters zijn daarna in triplo geanalyseerd op de pH(H₂O₂), volgens de aangegeven methode in paragraaf A 3.2.2.

A 3.2.4 Kalkgehalte-bepaling

In het veld is het kalkgehalte van de bodemmonsters bepaald met behulp van de HCl-opbruismethode. Op wat bodemmonster wordt zoutzuur (HCl) gebracht en de mate van hoorbare en zichtbare reactie hierbij is een maat voor de hoeveelheid kalk in de bodem. Hierbij worden de volgende klassen onderscheiden:

klasse 1: geen hoorbare reactie/geen of zeer weinig kalk

klasse 2: wel een hoorbare reactie, geen zichtbare reactie/weinig kalk

klasse 3: een zichtbare reactie/veel kalk

klasse 4: een zeer heftige, zichtbare reactie/zeer veel kalk

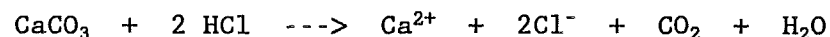
De HCl-opbruismethode is een niet erg nauwkeurige maat voor de hoeveelheid kalk in de bodem en daarom is in 1990 en 1994 het kalkgehalte van de bodemmonsters bepaald met de zogenaamde Scheibler-methode [Lit. 11].

De Scheibler-methode is in 1994 als volgt verricht:

De bodemmonsters worden gedurende 65 uur gedroogd bij 50 °C.

De monster worden gemalen wanneer deze afgekoeld zijn en er wordt een deelmonster van ongeveer 3,5 gram afgewogen. Aan de deelmonsters wordt 20 ml water en een overmaat zoutzuur (HCl) toegevoegd, waarna het geheel 15 minuten wordt geschud. In 1990 is de Scheibler-methode op dezelfde manier verricht, alleen zijn de bodemmonsters toen gedurende 24 uur bij een temperatuur van 105 °C gedroogd.

De aanwezige kalk (CaCO₃) in het bodemmonster wordt door het zoutzuur (HCl) omgezet in calcium (Ca²⁺) en koolzuurgas (CO₂) volgens de reactie:



Het gevormde koolzuurgas (CO₂) wordt opgevangen en het volume hiervan is een maat voor de hoeveelheid kalk in het bodemmonster.

Het gemeten volume gas wordt omgerekend naar een standaard maat op basis van de gaswet : $P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$ waarbij

1 mmol gas = 22,4 ml bij 0 °C en 76 cm kwikdruk

P1 = cm kwikdruk bij 0 °C

P2 = cm kwikdruk tijdens het uitvoeren van de Scheibler-methode

T1 = temperatuur = 273 K (= 0 °C)

T2 = temperatuur tijdens het uitvoeren van Scheibler-methode in K

V1 = gecorrigeerd volume

V2 = volume van opgevangen hoeveelheid koolzuurgas

$$V_1 = P_2 \times V_2 \times T_1 / P_1 \times T_2 = P_2 \times V_2 \times 273 / 76 \times (273 + T_2)$$

Het kalkgehalte van de bodemmonsters wordt berekend volgens de formule:

$$\% \text{CaCO}_3 = [(V_1 \times 100) / (22,4 \times g \times 1000)] \times 100\%$$

waarbij g = gewicht van het afgewogen bodemmonster in grammen

Bij het bepalen van de kalkgehalten van de bodemmonsters is tevens een eventuele waargenomen H₂S geur genoteerd. Hierbij worden de volgende klassen onderscheiden:

geen klasse : geen geur

klasse 1 : lichte geur

klasse 2 : matige geur

klasse 3 : sterke geur

A 4 RESULTATEN

Voor elke kom afzonderlijk is de pH, de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte uitgezet tegen de diepte in cm beneden maaiveld. Hierdoor kunnen veranderingen in het verloop van de verzuring van de schorren in de loop der jaren en in relatie met de diepte gevolgd worden. Tevens wordt een verband aangegeven tussen de mate van potentiële verzuring en de primaire buffercapaciteit van schorbodem.

De overspoelingsfrequentie is vergeleken met de primaire buffercapaciteit van de schorbodem en de mate van waargenomen H_2S -geur is vergeleken met de hoeveelheid kalk in de bodem.

De volgende afkortingen worden gebruikt:

RO 2: Rattekaai oost kom 2
SA 7: Sint Annaland kom 7
SA 11: Sint Annaland kom 11
SA 27: Sint Annaland kom 27
SA 28: Sint Annaland kom 28
AJ 26: Anna Jacobapolder kom 26
SP 45: Stroodorpepolder kom 45
RW 5: Rattekaai west kom 5
RW 32: Rattekaai west kom 32
RW 41: Rattekaai west kom 41
RW 42: Rattekaai west kom 42

A 4.1 PH, $\text{PH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ EN KALKGEHALTE

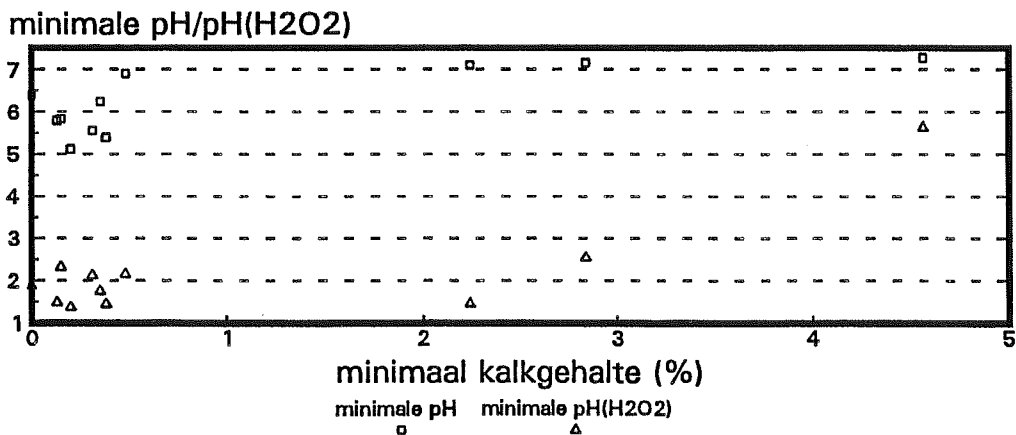
De resultaten van de metingen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte zijn per kom weergegeven in de bijlagen VII t/m XXXIV. In tabel A 4.1 zijn per kom de minima en maxima van de afzonderlijke metingen over alle jaren weergegeven. De aeratiediepte is de maximale diepte tot waar lucht de bodem binnen kan dringen.

Tabel A 4.1 Spreiding pH, pH(H₂O₂) en kalkgehalte

Kom	pH		pH(H ₂ O ₂)		Kalkgehalte (% CaCO ₃)		Aeratie- diepte (cm beneden maaiveld)	
	min	max	min	max	min	max	min	max
RO 2	7,16	8,14	2,55	7,88	2,84	8,63	10	24
SA 7	6,40	8,14	1,88	7,95	0,00	2,65	45	62
SA 11	5,83	7,96	2,32	7,26	0,15	2,63	40	57
SA 27	5,56	8,17	2,12	7,18	0,31	4,96	51	68
SA 28	5,12	8,22	1,37	8,14	0,20	5,58	30	46
AJ 26	6,24	7,96	1,75	7,95	0,35	8,03	17	32
SP 45	5,79	8,04	1,48	7,68	0,13	6,47	31	46
RW 5	6,90	8,18	2,15	8,06	0,48	8,07	27	35
RW 32	7,28	8,32	5,63	8,02	4,56	8,25	5	25
RW 41	5,39	7,68	1,44	7,46	0,38	9,88	15	20
RW 42	7,10	7,90	1,46	7,46	2,24	5,31	19	28

Uit de tabel blijkt dat de pH van de bodem afhankelijk is van het kalkgehalte. Een hoger kalkgehalte resulteert in een hogere pH. De pH(H₂O₂) heeft geen duidelijke relatie met het kalkgehalte, omdat de spreiding van de pH(H₂O₂) voor de vergelijking met het kalkgehalte te groot is.

Voor een goede vergelijking tussen het minimaal kalkgehalte met de minimale pH en pH(H₂O₂) zijn deze tegen elkaar uitgezet in figuur A 4.1. Hieruit blijkt dat bij een kalkgehalte van minder dan ca. 0,5 % de minimale pH lager is (tussen 5,12 en 6,40) dan bij een kalkgehalte groter dan ca. 0,5 % (minimale pH hoger dan 6,90). Bij een kalkgehalte van minder dan ca. 2,5-3 % is de pH(H₂O₂) lager (onder 2,5, de grenswaarde volgens Dent, 1986 [lit. 6]). Over het algemeen kan gezegd worden dat wanneer het kalkgehalte in de bodem minder dan 3 % bedraagt, de bodem een potentiële zure sulfaatbodem is of kan worden. Omdat er niet veel meetresultaten zijn kunnen geen vergaande conclusies aan figuur A 4.1 verbonden worden.



Figuur A 4.1 Vergelijking minimaal kalkgehalte met de minimale pH/pH(H₂O₂)

De resultaten van de metingen van de pH, pH(H₂O₂) en het kalkgehalte worden hier per kom besproken.

Rattekaai oost

Kom 2 (bijlagen VII en VIII)

De pH blijft door de jaren heen constant en blijft constant of stijgt zeer licht met toenemende diepte. De pH ligt tussen 7,16 en 8,14. De aeratiediepte varieert tussen 10 en 23 cm beneden het maaiveld.

De pH(H₂O₂) volgt een redelijk vast dieptepatroon door de jaren heen (uitzondering 10-6-1993 en 30-6-1993). De pH(H₂O₂) is in alle opnamedata op een diepte van 35 en 65 cm beneden het maaiveld gelijk en zakt op een diepte van 25, 45 en 55 tot beduidend lagere waarden. De pH(H₂O₂) heeft geen vast jaarpatroon en ligt tussen 2,55 en 7,88.

Het kalkgehalte volgt een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het hoge kalkgehalte van 1990 op 45 cm beneden het maaiveld, in 1994 op 35 cm beneden het maaiveld ligt. Het kalkgehalte van de grond tot en met 35 cm beneden het maaiveld is in 1994 hoger dan in 1990 en vanaf 45 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte in 1990 hoger dan in 1994. Het kalkgehalte ligt tussen 2,84 en 8,63 %.

Hoewel de pH constant blijft, varieert de pH(H₂O₂) en stijgt het kalkgehalte over het algemeen in de loop der jaren. Het dieptepatroon van de pH verschilt van de dieptepatronen van de pH(H₂O₂) en het kalkgehalte. De dieptepatronen van de pH(H₂O₂) en het kalkgehalte zijn ongeveer gelijk. Opvallend is dat het kalkgehalte op 35 cm onder het maaiveld hoog is en dat op deze diepte in alle opnamedata de pH(H₂O₂) ook hoog is.

Er is geen relatie tussen de aeratiediepte en de diepte- en jaarpatronen van de pH en pH(H₂O₂). Er is ook geen relatie tussen de aeratiediepte en het jaarpatroon van het kalkgehalte, maar wel blijkt dat het kalkgehalte lager is in de wisselende aeratiezone.

Sint Annaland

Kom 7 (bijlagen IX en X)

De pH blijft door de jaren heen constant en is tot en met een diepte van 35 cm beneden het maaiveld lager dan op grotere diepten. De pH ligt tussen 6,40 en 8,14.

De aeratiediepte varieert tussen 45 en 62 cm beneden het maaiveld.

De pH(H₂O₂) heeft geen vast dieptepatroon door de jaren heen.

De pH(H₂O₂) varieert sterk, maar heeft op een diepte van 25 en 65 cm beneden het maaiveld in alle opnamedata ongeveer dezelfde waarde. Deze waarde is ook aanzienlijk hoger dan op andere diepten. De pH(H₂O₂) stijgt over het algemeen met de toenemende diepte. De pH(H₂O₂) heeft geen vast jaarpatroon en ligt tussen 1,88 en 7,95.

Het kalkgehalte heeft een redelijk vast dieptepatroon door de jaren heen met een laag kalkgehalte tot ca. 45 cm beneden het maaiveld. Vanaf 55 cm beneden het maaiveld stijgt het kalkgehalte, maar in 1994 daalt het kalkgehalte weer op 65 cm beneden het maaiveld. In 1990 is er een hoog kalkgehalte op 35 cm beneden het maaiveld, maar in de overige jaren is dit niet het geval. Het kalkgehalte is in 1994 over het algemeen hoger dan in 1990 en ligt tussen 0,00 en 2,65 %.

De pH blijft constant, terwijl de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ sterk varieert en het kalkgehalte stijgt in de loop der jaren. De pH en $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ stijgen beide met de diepte. De dieptepatronen van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen niet overeen. Het kalkgehalte is laag en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert sterk. Wel is op ca. 65 cm beneden het maaiveld het kalkgehalte hoger dan op andere diepten en hier is in alle opnamedata de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ ook hoog.

In de volledig gereduceerde zone is de pH en $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ in alle opnamedata constant en hoger dan in de volledig geoxideerde en wisselende aeratiediepte zone. Er is geen relatie tussen de aeratiediepte en het diepte- en jaarpatroon van het kalkgehalte.

Kom 11 (bijlagen XI en XII)

De pH blijft constant door de jaren heen en is constant met de diepte, waarbij op een diepte van 45 cm beneden het maaiveld de pH iets hoger of juist lager is. De pH ligt tussen 5,83 en 7,96.

De aeratiediepte varieert tussen 40 en 57 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft een redelijk vast dieptepatroon en is constant met de diepte of daalt of stijgt licht vanaf 25/35 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ daalt in de loop der jaren in de dieptezone 15-45 cm beneden het maaiveld en ligt tussen 2,32 en 7,26.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen. Het kalkgehalte is redelijk constant met de diepte met een lager kalkgehalte op 45 en 55 cm beneden het maaiveld en een hoger kalkgehalte op 65 cm beneden het maaiveld. Het kalkgehalte is in 1994 hoger dan in 1990 en ligt tussen 0,15 en 2,63 %.

De pH blijft constant door de jaren heen, terwijl de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ daalt en het kalkgehalte stijgt in de loop der jaren. De dieptepatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen overeen.

Er is geen relatie te geven tussen de aeratiediepte en de diepte- en jaarpatronen van de pH en $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$. Het kalkgehalte heeft een lagere waarde in de wisselende aeratiezone dan in de volledig geoxideerde en gereduceerde zone.

Kom 27 (bijlagen XIII en XIV)

De pH blijft redelijk constant door de jaren heen en blijft constant of stijgt zeer licht met toenemende diepte (uitzondering 11-9-1991). De pH ligt tussen 5,56 en 8,17.

De aeratiediepte varieert tussen 51 en 68 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft een redelijk vast dieptepatroon door de jaren heen (uitgezonderd 11-9-1991), is redelijk constant met de diepte en vertoont een lichte daling op 45 cm beneden het maaiveld. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ daalt in de loop der jaren in de dieptezone 25-55 cm beneden het maaiveld en ligt tussen 2,12 en 7,18.

Het kalkgehalte heeft, met uitzondering van de dieptezone 55-65 cm beneden het maaiveld in 1994, een vast dieptepatroon door de jaren heen. Het kalkgehalte is laag tot en met 45 cm beneden het maaiveld en stijgt vanaf 55 cm beneden het maaiveld, maar in 1994 blijft het kalkgehalte constant laag met toenemende diepte. Wel is over het algemeen het kalkgehalte in 1994 een beetje hoger ten opzichte van 1990 en ligt tussen 0,31 en 4,96 %.

De pH blijft constant door de jaren heen, terwijl de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ daalt en het kalkgehalte licht stijgt in de loop der jaren. De dieptepatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen overeen.

Er is geen relatie aan te geven tussen de aeratiediepte en de diepten- en jaarpatronen van de pH en $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$. Het kalkgehalte blijkt in de volledig gereduceerde zone een hogere waarde te hebben dan in de volledig geoxideerde en wisselende aeratiezone.

Kom 28 (bijlagen XV en XVI)

De pH blijft constant door de jaren heen en stijgt met toenemende diepte. De pH ligt tussen de 5,12 en 8,22.

De aeratiediepte varieert tussen 5 en 46 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft een redelijk vast dieptepatroon met op een diepte van 25 tot en met 45 cm beneden het maaiveld een lage $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en op 75 cm beneden het maaiveld een hoge $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ voor bijna alle opnamedata. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast jaarpatroon en ligt tussen 1,37 en 8,14.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen. Het kalkgehalte is laag tussen 15 en 55 cm beneden het maaiveld en hoger op 5, 65 en 75 cm beneden het maaiveld. Het kalkgehalte is in 1990 en 1994 ongeveer gelijk, maar op de diepten 5 en 55 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte in 1990 beduidend hoger dan in 1994. Het kalkgehalte ligt tussen 0,20 en 5,58 %.

De pH en het kalkgehalte blijven constant door de jaren heen en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ wisselt. De dieptepatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen redelijk overeen.

De pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte blijken in de volledig gereduceerde zone hoger te liggen dan in de volledig geoxideerde en wisselende aeratiezone. Er is geen relatie tussen de aeratiediepte en de jaarpatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

Anna Jacobapolder

Kom 26 (bijlagen XXVII en XXVIII)

De pH daalt licht door de jaren heen en stijgt met toenemende diepte.

De pH ligt tussen 6,24 en 7,96.

De aeratiediepte varieert tussen 17 en 32 cm beneden het maaiveld.

De pH(H₂O₂) heeft een vast dieptepatroon (uitgezonderd 9-6-1993) waarbij de pH(H₂O₂) tussen 25 en 45 cm beneden het maaiveld laag is en op 55 cm beneden het maaiveld hoog is. Op 15 cm beneden het maaiveld wisselt de pH(H₂O₂) in de verschillende opnamedata sterk.

De pH(H₂O₂) blijft redelijk constant door de jaren heen en ligt tussen 1,75 en 7,95.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het kalkgehalte laag is tot en met 35 cm beneden het maaiveld en stijgt vanaf 45 cm beneden het maaiveld. Het hoge kalkgehalte in 1990 op 15 cm beneden het maaiveld is in de andere jaren niet aangetroffen. Het kalkgehalte is in 1990 en 1994 ongeveer gelijk en ligt in 1994 tussen 0,35 en 8,03 %.

De pH, pH(H₂O₂) en het kalkgehalte blijven in de loop der jaren constant. De dieptepatronen van de pH, pH(H₂O₂) en het kalkgehalte komen overeen.

In de volledig gereduceerde zone zijn de pH en het kalkgehalte hoger dan in de volledig geoxideerde en wisselende aeratiezone. In de volledig gereduceerde zone blijft de pH(H₂O₂) constant in de loop der jaren, terwijl in de volledig geoxideerde en wisselende aeratiezone de pH(H₂O₂) varieert.

Stroodorpepolder

Kom 45 (bijlagen XIX en XX)

De pH stijgt in 1993 licht ten opzicht van de jaren 1991 en 1992. In de jaren 1991 en 1992 stijgt de pH met toenemende diepte, maar van 25 tot en met 35 cm beneden het maaiveld daalt de pH eerst. In 1993 is de pH constant met de diepte (uitzondering 10-6-1993). De pH ligt tussen 5,79 en 8,04.

De aeratiediepte varieert tussen 14 en 46 cm beneden het maaiveld.

De pH(H₂O₂) heeft voor een aantal opnamedata een vast dieptepatroon, waarbij de pH(H₂O₂) tussen 25 en 45 cm beneden het maaiveld laag is en tussen 55 en 75 cm hoog is. De resultaten van 28-9-1993 hebben een opvallend verloop. Het is zeer waarschijnlijk dat de monsters bij de veldwerkzaamheden of in het laboratorium "omgedraaid" zijn d.w.z.

meting 25 cm beneden het maaiveld is meting 75 cm beneden het maaiveld. In de grafiek zijn daarom de metingen ook "omgedraaid".

De pH(H₂O₂) heeft geen vast jaarpatroon en ligt tussen 1,48 en 7,68.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het kalkgehalte daalt van 5 tot en met 35 cm beneden het maaiveld en daarna weer stijgt. Op 75 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte weer lager. Het kalkgehalte is in 1994 over het algemeen iets hoger, maar op een diepte van 45 en 55 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte in 1990 hoger dan in 1994. Het kalkgehalte ligt tussen 0,13 en 6,47 %.

De pH stijgt licht in de loop der jaren, terwijl de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte variëren. De dieptepatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen overeen.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte zijn in de wisselende aeratiezone lager dan in de volledig geoxideerde en gereduceerde zone. In de volledig gereduceerde zone wisselt de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ sterker dan in de wisselende aeratiezone.

Rattekaai west

Kom 5 (bijlagen XXI en XXII)

De pH blijft constant door de jaren heen en is constant of stijgt licht met toenemende diepte. De pH ligt tussen 6,90 en 8,18.

De aeratiediepte varieert tussen 27 en 35 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft over het algemeen geen vast dieptepatroon, maar op 25, 65 en 75 cm beneden het maaiveld is de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ voor bijna alle opnamedata ongeveer gelijk. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ stijgt in de loop der jaren en ligt tussen 2,15 en 8,06.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het kalkgehalte daalt van 5 tot en met 25 cm beneden het maaiveld en daarna weer stijgt. Het kalkgehalte varieert in 1994 t.o.v. 1990 op verschillende diepten, maar is over het algemeen vrij constant door de jaren. Het kalkgehalte ligt tussen 0,48 en 8,07 %.

De pH en het kalkgehalte blijven constant en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ stijgt in de loop der jaren. Het dieptepatroon is voor de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte ongeveer gelijk. Bij het dieptepatroon van de pH treedt ook een stijging op met toenemende diepte, maar dit patroon komt niet overeen met het dieptepatroon van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte zijn in de wisselende aeratiezone lager dan in de volledig geoxideerde en gereduceerde zone. In de volledig geoxideerde zone blijft de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ constant door de jaren heen.

Kom 32 (bijlagen XXIII en XXIV)

De pH blijft constant door de jaren heen en is redelijk constant met de diepte. De pH ligt tussen 7,28 en 8,32.

De aeratiediepte varieert tussen 5 en 25 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ volgt een vast dieptepatroon en is constant met de diepte. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast dieptepatroon en ligt tussen 5,63 en 8,02.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het kalkgehalte stijgt van 5 tot en met 25 cm beneden het maaiveld en iets lager is op 65 cm beneden het maaiveld. In 1990 zijn geen kalkgehalten bepaald. Het kalkgehalte ligt tussen 4,56 en 8,25 %.

De pH is constant en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert in de loop der jaren. De dieptepatronen van de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte komen overeen. Er is geen relatie aan te geven tussen de aeratiediepte en de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

Kom 41 (bijlagen XXV en XXVI)

De pH blijft constant door de jaren heen en is redelijk constant met de diepte (uitzondering 26-8-1993). De pH ligt tussen 5,39 en 7,68. De aeratiediepte varieert tussen 15 en 20 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast dieptepatroon, maar op 35 cm beneden het maaiveld is er over het algemeen een lage $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en op 75 cm beneden het maaiveld een hoge $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast dieptepatroon en ligt tussen 1,44 en 7,46.

Het kalkgehalte heeft een vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het dieptepatroon van het kalkgehalte in de jaren 1992 tot en met 1994 dieper ligt t.o.v. 1990. Het kalkgehalte daalt van 5 tot en met 35 cm beneden het maaiveld en stijgt daarna weer met een kleine daling op 65 cm beneden het maaiveld. Opvallend is dat in 1990 het kalkgehalte op 5 cm beneden het maaiveld beduidend lager is dan in 1994. Wanneer de dieptepatronen van 1990 en 1994 ten opzichte van elkaar vergeleken worden, dan blijkt dat de kalkgehalten in 1994 hoger zijn dan in 1990. Het kalkgehalte ligt in tussen 0,38 en 9,88 %.

De pH blijft constant, de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert en het kalkgehalte stijgt in de loop der jaren, wanneer de dieptepatronen met elkaar vergeleken worden. Het dieptepatroon is voor de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte ongeveer gelijk. Het dieptepatroon van de pH komt niet overeen met de dieptepatronen van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte. Er is geen relatie aan te geven tussen de aeratiediepte en de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

Kom 42 (bijlagen XXVII en XXVIII)

De pH blijft constant door de jaren heen en is constant met de diepte. De pH ligt tussen 7,10 en 7,90. De aeratiediepte varieert tussen 19 en 28 cm beneden het maaiveld.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast dieptepatroon, maar is op een diepte van 75 cm beneden het maaiveld voor bijna alle opnamedata gelijk. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ heeft geen vast jaarpatroon en ligt tussen 1,46 en 7,46.

Het kalkgehalte heeft een redelijk vast dieptepatroon door de jaren heen, waarbij het kalkgehalte daalt van 5 tot en met 15 cm beneden het maaiveld en stijgt vanaf 55 cm beneden het maaiveld. Tussen 15 en 55 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte redelijk constant. Het kalkgehalte varieert in 1994 t.o.v. 1990, maar is over het algemeen redelijk constant. Het kalkgehalte ligt in 1994 tussen 2,24 en 5,31 %.

De pH en het kalkgehalte zijn constant en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert in de loop der jaren. De dieptepatronen van de pH en het kalkgehalte komen overeen. Het dieptepatroon van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert sterk. Er is geen relatie aan te geven tussen de aeratiediepte en de pH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

Totaal beeld

Verloop pH per jaar

In 1991 blijft de pH constant of daalt licht.

In 1992 blijft de pH constant of er treedt een daling in het midden van het jaar op waarna de pH weer stijgt.

In 1993 blijft de pH constant of daalt licht.

Verloop $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ per jaar

$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ gaat omlaag door het jaar heen:

RO kom 2 1993

SA kom 11 1993

SA kom 27 1992/1993

SA kom 28 1993

SP kom 45 1993

RW kom 32 1992

Er is sprake van een seizoenspatroon:

RO kom 2 1992

SA kom 28 1992

SP kom 45 1992

RW kom 41 1992/1993

RW kom 42 1993

Verloop door de jaren heen

Over het algemeen blijft de pH in de loop der jaren constant.

De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ varieert over het algemeen sterk in de loop der jaren.

Het kalkgehalte blijft constant of stijgt in de loop der jaren.

A 4.2 RELATIE OVERSPOELINGSFREQUENTIE EN SCHORINDELING MET DE PH, PH(H₂O₂) EN HET KALKGEHALTE

De hoogteligging en gemiddelde overspoelingsfrequentie zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel A 4.2 Hoogte, overspoelingsfrequentie en schorindeling

Kom	Hoogte m t.o.v. NAP		Overspoelingsfrequentie		Schorindeling	
	1990	1994	1990	1994	1990	1994
RO 2	1,87	1,89	330	330	midden	midden
SA 7	1,46	1,52	415	325	midden	midden
SA 11	1,60	1,60	230	230	hoog	hoog
SA 27	1,54	1,60	325	230	midden	hoog
SA 28	1,44	1,54	415	325	midden	midden
AJ 26	1,41	1,45	500	500	laag	laag
SP 45	2,09	2,13	175	115	hoog	hoog
RW 5	2,06	2,07	175	175	hoog	hoog
RW 32	1,72	1,87	460	330	midden	midden
RW 41	2,03	2,02	175	175	hoog	hoog
RW 42	1,93	1,99	260	260	hoog	hoog

Uit deze tabel blijkt dat de hoogte van de kommen in 1994 over het algemeen iets toegenomen is ten opzichte van 1990. Dit verschil komt door een toename van sediment op het schor (zie deelrapport B). De overspoelingsfrequentie is in 1994 t.o.v. 1990 gelijk gebleven of afgenomen.

Wordt de overspoelingsfrequentie met het kalkgehalte (tabel A 4.1) vergeleken dan blijkt dat op Rattekaai west en oost en Stroodorpepolder het kalkgehalte op het middenschor duidelijk hoger is dan op het hoogschor.

Het kalkgehalte neemt hier dus toe met toenemende overspoelingsfrequentie.

Voor Sint Annaland is geen relatie aan te geven tussen de overspoelingsfrequentie en het kalkgehalte. Op Anna Jacobapolder is het maximale kalkgehalte hoog en hier is de overspoelingsfrequentie ook hoog, maar omdat hier slechts één meetpunt is, kan er geen relatie aangegeven worden tussen de overspoelingsfrequentie en het kalkgehalte. Uit de tabel kan geen duidelijk relatie afgeleid worden tussen de overspoelingsfrequentie en de pH respectievelijk de pH(H₂O₂).

A 4.3 CONTROLE PH(H₂O₂)-BEPALING

Uit de analyseresultaten blijkt het volgende (zie bijlagen XXXV en XXXVI):

Het minimale verschil en het maximale verschil in de pH(H₂O₂) per triplo-analyseserie bedraagt 0,14 respectievelijk 1,92.

Wanneer de monsters enige tijd blijven staan, nadat deze met demiwater aangevuld en gemengd zijn, blijkt over het algemeen dat de pH(H₂O₂) is gestegen, t.o.v. de pH(H₂O₂) die meteen na het aanvullen met demiwater en mengen is bepaald (ordegrootte 0,5 pH-eenheid).

Uit de resultaten van de totale bemonstering, drie series en per serie in triplo, blijkt dat het minimale en maximale verschil in de pH(H₂O₂) 2,61 respectievelijk 3,55 bedraagt.

A 4.4 VERGELIJKING KALK-H₂S-GEUR

Bij het bepalen van het kalkgehalte van de verschillende bodemmonsters volgens de Scheibler-methode is er bij een aantal monsters een H₂S-geur waargenomen, nadat de monsters behandeld zijn met zoutzuur (HCl) (zie bijlagen XXXVII t/m XXIX).

Het ontstaan van een H₂S-geur bij de behandeling van het monster met zoutzuur geeft aan dat er een potentiële kans bestaat dat de bodem zich ontwikkelt tot een zure sulfaatbodem. Een H₂S-geur geeft aan dat er FeS aanwezig is wat omgezet kan worden in pyriet en dit kan bij oxidatie invloed hebben op de hoeveelheid kalk in de bodem.

De mate van waargenomen H₂S-geur is vergeleken met de hoeveelheid kalk in de bodem en hieruit blijkt het volgende:

- Er ontstaat een H₂S-geur wanneer het kalkgehalte relatief laag is bij de monsters van een diepte van 15/25 tot 45 cm beneden het maaiveld.
- Wanneer er een H₂S-geur vrijkomt bij de monsters van een diepte van 55 of/tot 65 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte relatief hoog (uitgezonderd RO kom 2 en RW kom 32).

A 5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Doel van dit onderzoek is het aangeven van de mate van verzuring van de bodem voor vijf schorren in de Oosterschelde tussen 1990 en 1993. In dit hoofdstuk worden de discussie en conclusies behandeld. De conclusies aan de hand van de resultaten is gebaseerd op de aannemen:

- dat er voldoende zuurstof in de bodem kan binnendringen voor de oxidatie van pyriet;
- dat er geen zuur wordt afgevoerd door drainage;
- dat de hoeveelheid zuur welke door de zure regen op de schorren terecht komt, geneutraliseerd wordt door de kalk die door aanslibbing op het schor terecht komt;
- dat de vorm en de grootte van de pyriet dusdanig is dat alle pyriet kan oxideren.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat het veranderd getij en de daarmee samenhangende vermindering van de overspoelingsfrequentie nog geen effect heeft op de feitelijke verzuring van de schorbodems. Wel blijkt in sommige kommen de totale buffercapaciteit in de loop der jaren af te nemen. Hier staat tegenover dat het kalkgehalte in verschillende komen in de loop der jaren gelijk is gebleven of zelfs is gestegen. Dit geeft aan dat de kommen nog goed in staat zijn om de verzuring te neutraliseren.

A 5.1 PH

Voor alle kommen geldt dat de pH in de loop der jaren constant en hoog blijft. Ook binnen een afzonderlijk jaar treedt er weinig verandering op in de pH. De pH blijft constant of daalt licht in het midden van het jaar, waarna de pH weer stijgt. De pH blijft constant of stijgt met toenemende diepte.

Er bestaat geen relatie tussen de pH en de overspoelingsfrequentie.

A 5.2 PH(H₂O₂)

Er bestaat geen relatie tussen de pH(H₂O₂) en de overspoelingsfrequentie. De meeste kommen hebben een vast dieptepatroon door de jaren heen. Het verloop van de pH(H₂O₂) wisselt over het algemeen in de loop van één jaar en ook in de loop der jaren. Hieruit blijkt dat de pH(H₂O₂) onderhevig is aan seizoensinvloeden. Oenema vond geen seizoensvariatie in de hoeveelheid pyriet in de bodem, zodat de variatie van de pH(H₂O₂) in enkele kommen in de loop der jaren aan andere factoren toegeschreven dient te worden.

Uit de resultaten van de controle-analyse van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ blijkt dat de sterke spreiding in de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ voornamelijk veroorzaakt wordt door variatie in de bodem van de kom en in mindere mate door analysefouten. Geconcludeerd kan worden dat voor een goede indicatie van de totale buffercapaciteit van de bodem er veel metingen in de kom moeten plaatsvinden. Wanneer de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ -metingen per kom ongeveer dezelfde waarden hebben, geeft dit een goede indicatie van de laagst mogelijke pH welke de bodem van het schor kan bereiken.

A 5.3 KALKGEHALTE

Voor alle kommen geldt dat het kalkgehalte een vast dieptepatroon heeft door de jaren heen. Het kalkgehalte blijft constant of stijgt in de loop der jaren. Op Rattekaai west is het kalkgehalte in de toplaag (tot 10 cm beneden het maaiveld) in 1994 echter aanzienlijk gedaald t.o.v. 1990. Dit duidt op een toename van verzurende stoffen in de bovenlaag van het schor en/of een afname van de kalkaanvoer naar het schor. Op Rattekaai west en oost en Stroodorpepolder neemt het kalkgehalte toe met toenemende overspoelingsfrequentie. Voor Sint Annaland en Anna Jacobapolder is er geen relatie aan te geven tussen het kalkgehalte en de overspoelingsfrequentie.

A 5.4 RELATIE PH, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$, KALKGEHALTE EN AERATIEDIEPTE

Uit de resultaten blijkt dat de pH over het algemeen constant blijft, de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ wisselt en het kalkgehalte stijgt in de loop der jaren. Er blijkt dus geen duidelijke relatie te bestaan tussen het verloop van de pH, de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte in loop der jaren.

In de meeste kommen komen de dieptepatronen van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte overeen. Er is dus wel een duidelijke relatie tussen de dieptepatronen van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte.

Het dieptepatroon van de pH komt meestal niet overeen met de dieptepatronen van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte. De pH blijft over het algemeen constant met toenemende diepte, terwijl de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte variëren met toenemende diepte. Wel blijkt dat een hoog kalkgehalte resulteert in een hogere pH.

In de volledig gereduceerde zone is de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en het kalkgehalte over algemeen hoger dan in de wisselende aeratiezone.

Voor de kommen Sint Annaland 11 en Sint Annaland 27 is waargenomen dat de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ zakt terwijl het kalkgehalte stijgt in de loop der jaren. Dit lijkt in tegenspraak met elkaar, omdat enerzijds de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ zakt, wat duidt op een verminderde buffercapaciteit, terwijl anderzijds de buffercapaciteit juist stijgt door een toename van het kalkgehalte.

De mogelijkheid bestaat dat de bufferfunctie van het adsorptiecomplex van de kleimineralen, aluminiumhydroxide-groepen en ijzerhydroxiden sterk verminderd is. Dit is niet onderzocht, zodat hier geen eenduidige uitspraak over gedaan kan worden. Ook bestaat de mogelijkheid dat er fouten gemaakt zijn bij de analyses van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ en de kalkgehalten. Uit de controle-analyse van de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ blijkt namelijk dat er een spreiding in meetresultaten zit. De pH blijft echter in de meeste kommen constant in de loop der jaren, wat aangeeft dat de buffercapaciteit nog groot genoeg is om de hoeveelheid geoxideerde pyriet in de bodem te neutraliseren.

A 5.5 VERGELIJKING KALKGEHALTE EN H_2S -GEUR

Onder geoxideerde omstandigheden zal kalk in de bodem reageren met pyriet.

Tot een diepte van 45 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte over het algemeen laag. De aeratiezone kan deze diepte bereiken en wanneer er dus een H_2S -geur vrijkomt bij de behandeling van het grondmonster met zoutzuur, dan betekent dit dat het kalkgehalte af kan nemen.

Op een diepte van 55 tot 65 cm beneden het maaiveld is het kalkgehalte hoog. De oxidatiezone zal deze diepte in de meeste gevallen niet bereiken, zodat de hoeveelheid kalk hier niet af zal nemen.

Aan de hand van de resultaten met de waargenomen H_2S -geur kan gesteld worden dat tien van de elf kommen een potentiële zure sulfaatbodem hebben.

Kom	Diepte (cm beneden maaiveld)
SA 7	25+55 (de aeratiediepte kan tot 62 cm beneden het maaiveld dalen)
SA 11	5-35
SA 27	55 (de aeratiediepte varieert van 51 tot 68 cm beneden het maaiveld)
SA 28	15
AJ 26	15-45
SP 45	25-35
RW 5	25-35
RW 32	5-25
RW 41	15-45
RW 42	25-45

De waarnemingen zijn echter veel minder nauwkeurig dan de pH -, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ - en kalkmetingen, zodat hier geen vergaande conclusies aan verbonden kunnen worden.

A 5.6 VERZURINGSKANS

Rattekaai oost kom 2 zal niet verzuren, omdat het kalkgehalte hoog is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ niet ver daalt.

Sint Annaland kom 7 zal niet verzuren, hoewel het kalkgehalte laag is. De $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ ligt in de meeste gevallen boven de 2,5 en varieert in de loop der jaren.

Sint Annaland kom 11 kan in de toekomst een potentiële zure sulfaatbodems worden, doordat het kalkgehalte laag is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ de laatste jaren daalt.

Sint Annaland kom 27 kan in de toekomst een potentiële zure sulfaatbodems worden, doordat het kalkgehalte laag is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ de laatste jaren daalt.

Sint Annaland kom 28 is een potentiële zure sulfaatbodem, doordat het kalkgehalte laag is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ veelvuldig tot onder de 2,5 daalt.

Anna Jacobapolder kom 26 is een potentiële zure sulfaatbodem, doordat het kalkgehalte laag is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ veelvuldig tot onder de 2,5 daalt.

Stroodorpepolder kom 45 is tot op een diepte van 45 cm beneden het maaiveld een potentiële zure sulfaatbodem, doordat het kalkgehalte laag is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ veelvuldig tot onder de 2,5 daalt.

Rattekaai west kom 5 zal niet verzuren, omdat het kalkgehalte over het algemeen hoog is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ niet ver daalt.

Rattekaai west kom 32 zal niet verzuren, omdat het kalkgehalte en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ hoog zijn.

Rattekaai west kom 41 is een potentiële zure sulfaatbodem, omdat de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ veelvuldig tot onder de 2,5 daalt hoewel het kalkgehalte over het algemeen redelijk hoog is.

Rattekaai west kom 42 kan in de toekomst een potentiële zure sulfaatbodems worden, omdat de het kalkgehalte matig is en de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}_2)$ soms tot onder de 2,5 daalt.

Opgemerkt dient te worden dat er pas een verzuringskans bestaat bij uitdroging van de bodem. Wanneer de bodem uitdroogt, treedt er oxidatie van pyriet op, waardoor de primaire buffercapaciteit van de schorbodem afneemt en de verzuringskans dus groter wordt.

De kans op verzuring is het grootst tot op een diepte van ca. 45 cm beneden het maaiveld en de verzuring kan dus een negatieve invloed hebben op de vegetatie van de schorren. Op de schorren is een pH lager dan 4,5 al fataal voor de vegetatie (aluminiumvergiftiging). De pH bereikt deze waarde echter niet zodat er geen gevaar is voor de vegetatie.

A 5.7 LIGGING VAN DE KOMMEN

De kommen met potentiële zure sulfaatbodems blijken op het midden van de schorren te liggen. De kommen welke geen potentiële zure sulfaatbodems hebben, liggen dicht bij de dijk of juist dicht bij het schorklif. Er bestaat geen duidelijke relatie tussen de verzuringskans van de kommen en de schorindeling van de kommen.

Het blijkt dat de bodem niet verzuurd, omdat de pH in de loop der jaren constant en hoog blijft. Bovendien verandert het kalkgehalte niet noemenswaardig, zodat de bodem zonder vergaande verdroging niet zal verzuren. Het monitoringsprogramma kan dus gestaakt worden.

Om toch waakzaam te zijn op eventuele veranderingen in de verzuringskans van de schorbodems wordt aanbevolen de verzuring van de kommen met potentiële zure sulfaatbodems (SA kom 28, AJ kom 26, SP kom 45, RW kom 41) eens per jaar (september) te bemonsteren en te analyseren op de pH en het kalkgehalte. In verband met de grote variatie van de bodem, moet er bij de monsternamen op gelet worden, dat er zoveel mogelijk op één bepaalde plaats in de kom bemonsterd wordt. Ook kunnen er op minstens vijf plaatsen in de kom monsters genomen worden en hiervan kan één mengmonster gemaakt en geanalyseerd worden.

De pH(H₂O₂)-metingen kunnen gestaakt worden, omdat door grote variatie in de bodem van de kom en analysefouten deze metingen een te grote spreiding hebben voor een goede indicatie van de laagst mogelijke pH welke de bodem van het schor kan bereiken.

Onderzocht kan worden wat de mogelijkheden zijn om de verzuring van de schorbodems terug te dringen voor het geval de potentiële zure sulfaatbodems werkelijk verzuren. Gedacht moet worden aan een verbetering van de buffercapaciteit en tegengaan van verdroging. De buffercapaciteit kan verbeterd worden door de hoeveelheid kalk in de bodem te vergroten. De bekalkingsmethode welke in de landbouw gebruikt worden zijn op de schorren niet geschikt, omdat de schorren niet omgeploegd kunnen worden. Aangezien de toplaag van de bodem de meeste kans heeft op verzuring en deze laag het belangrijkste is voor de vegetatie op de schorren, kunnen de schorren met kalk bestrooid worden. Het kalkgehalte blijkt op Rattekaai west en oost en Stroodorpepolder toe te nemen met toenemende gemiddelde overspoelingsfrequentie. Toename van het aantal overspoelingen vergroot de aanvoer van kalk en daarmee de primaire buffercapaciteit van de schorbodem. Kalk wat op de schorbodem terecht komt, kan meegevoerd worden in de diepere lagen van de bodem. Een grotere gemiddelde overspoelingsfrequentie heeft ook tot gevolg dat de verdroging, en daarmee de verzuring, teruggedrongen wordt. Op dit moment is er geen sprake van werkelijke verzuring van de schorbodems, zodat de voorgestelde maatregelen nog niet nodig zijn.

DEEL B

**EFFECT VERANDERD GETIJ OP DE SCHOR-
REN IN DE OOSTERSCHELDE:
SEDIMENTATIE OP DE SCHORREN**

B 1 INLEIDING

Schorren worden overspoeld met water dat slib bevat. Dit slib kan zich afzetten op de schorren (zie algemene inleiding). In de Oosterschelde hoogden de schorren bij Sint Annaland en Rattekaai west hierdoor jaarlijks globaal met 7 mm respectievelijk 13 mm op. Door een sterke getijreductie ten behoeve van de aanleg en afbouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde in de periode mei 1986-april 1987 (de zogenaamde afwerkperiode) is het grootste deel van de schorren in de Oosterschelde in deze periode niet of nauwelijks overspoeld met zout water. Tijdens de afwerkperiode zijn de schorren tussen 1,40 m +NAP en 2,00 m +NAP aanzienlijk minder vaak overspoeld. De hogere delen zijn in deze periode zelfs helemaal niet overspoeld. Dit heeft tot gevolg gehad dat er weinig tot geen sediment op de schorren terecht kwam. Bovendien was er een afname van de aanvoer van sediment, omdat het overspoelingswater nauwelijks sediment bevatte. Na de afwerkperiode is het aantal overspoelingen van de lagere niveaus (< 2 m +NAP) weer bijna toegenomen tot het oude niveau. Het aantal overspoelingen van de hogere niveaus blijft relatief gering [Lit. 11]. De vegetatie op de schorren is tijdens en vlak na de afwerkperiode en mede door toedoen van de strenge winters sterk achteruit gegaan en op sommige plaatsen zelfs verdwenen. Ook deze vermindering van de vegetatie is er de oorzaak van dat minder slib ingevangen is. Uit het onderzoek van De Jong [Lit. 9] is gebleken dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tijdens de afwerkperiode sterk vermindert is ten opzicht van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de afwerkperiode. Na 1987 bleek er een herstel plaats te vinden in de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid, maar vanaf maart 1990 volgde een afname van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid. Is deze afname structureel of slechts tijdelijk? Dat is de vraag waar het in dit rapport om draait.

Aan de ene kant kan de sedimentatie op de schorren afnemen, door afname van het sedimentaanbod vanuit het overspoelingswater. Doordat de stroomsnelheden in de Oosterschelde na het gereed komen van de Oosterscheldewerken sterk zijn afgenomen [Lit. 17], wordt er minder sediment meegevoerd. Verder zijn door het verminderde getijvolume de geulen te ruim in verhouding tot de hoeveelheid water die er door heen stroomt. Om een nieuw evenwicht te bereiken is 400 tot 600 miljoen m³ zand nodig om de geulen op te vullen: de zandhonger van de Oosterschelde. Deze zandhonger blijft voorshands groot, omdat import van zand uit de Voordelta te verwaarlozen is. De geulen worden daarom vooral opgevuld met zand en fijn slib van platen en slikken in de Oosterschelde, sediment wat anders ten dele op de schorren zou kunnen sedimenteren. De zandhonger van de geulen resulteert dus in een afname van het beschikbare sediment voor de schorren. Dit komt tot uitdrukking doordat het water in de Oosterschelde de laatste jaren helderder is geworden.

Aan de andere kant kan aanbod van sediment vergroot worden door erosie van de schorkliffen. De erosiebestendigheid van de schorrand is namelijk afgenomen als gevolg van verdroging en sterfte van vegetatie tijdens de afwerkperiode van de Oosterscheldewerken. Bovendien is de golfaanvalsduur sinds 1987 ongeveer verdubbeld. Beide aspecten samen hebben geleid tot een toename van de schorranderosie. Sediment dat hierbij vrijkomt, als mede sediment dat door erosie van de voor het schor liggende slikken vrijkomt, zal vermoedelijk elders op de schorren sedimenteren. Na 1989 heeft de vegetatie op de schorren zich weer hersteld, zodat het aangevoerde slib weer beter ingevangen kan worden.

Doel van dit onderzoek is het verloop van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de schorren Sint Annaland en Rattekaai west in de Oosterschelde weer te geven na de afwerkperiode en te vergelijken met de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de afwerkperiode. Sedimentatie op de schorren is van groot belang voor de schorren, doordat er inklinking van de bodem optreedt. Bovendien is de verwachting, dat door toedoen van het broeikas-effect de zeespiegel in de toekomst zal stijgen. De hoogte van de schorren zal dus mee moeten stijgen, omdat anders de schorren zullen "verdrinken".

De opzet van dit verslag is als volgt:

Hoofdstuk B 2 beschrijft de methode van de veldwerkzaamheden en het verwerken van de verkregen gegevens. Hoofdstuk B 3 bespreekt de resultaten en hoofdstuk B 4 bevat de discussie en conclusies van het onderzoek. Hoofdstuk B 5 tenslotte geeft enkele aanbevelingen.

B 2 METHODE

B 2.1 VELDWERKZAAMHEDEN

Vanaf 1983 worden sedimentatie en erosie gemeten in een zestal raaien op de schorren Rattekaai west en een drietal raaien op de schorren bij Sint Annaland. Zie de bijlage I voor de ligging van de schorren in de Oosterschelde. De ligging van de raaien op het schor zijn aangegeven in de bijlagen II en III. Elke raai bestaat uit 4 tot 6 plots van 30 bij 100 cm, welke bij aanvang van de metingen bestrooit zijn met een mengsel van 25 % kaolienklei en 75 % fijn wit zand, een zogenaamde kaolienlaag. Per raai liggen de plots in een rechte lijn van oeverwal naar kom over een afstand van 30 tot 50 meter. Bij de metingen worden per plot 5 of 10 waarnemingen verricht betreffende de dikte van het op de kaolienlaag afgezette hoeveelheid slib. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een gutsje van 10 cm lengte en 1 cm doorsnee. De metingen worden over het algemeen twee keer per jaar verricht, namelijk één keer in het voorjaar en één keer in het najaar. Bovendien zijn in januari 1994 hoogtemetingen t.o.v. NAP van de verschillende plotjes verricht.

B 2.2 VERWERKEN VELDMETINGEN

B 2.2.1 Algemeen

Voor dit onderzoek zijn de veldmetingen vanaf eind 1988 gebruikt. Bovendien is er één meting uit midden 1985 in dit onderzoek gebruikt. Uit de 5 of 10 waarnemingen per plot wordt de gemiddelde slibafzetting per plot berekend. De resultaten van de gemiddelde slibafzettingen worden tegen de opnamedata uitgezet, zodat een beeld verkregen wordt over het verloop van de laagdikte. Het maximale en minimale verloop van de laagdikte per raai en de het verloop van de laagdikte van de afzonderlijke plots per raai zijn in een grafiek weergegeven. Voor vergelijkingen tussen de raaien onderling en de ligging op het schor zijn het verloop van de laagdikte van de oeverwallen, overgangen en kommen in een grafiek weergegeven.

Wanneer de laagdikte toeneemt is de sedimentatie op het schor groter dan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor. Bij een gelijkblijvende laagdikte is de sedimentatie op het schor gelijk aan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor. Treed er een afname in de laagdikte op, dan is de sedimentatie op het schor kleiner dan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor.

De sedimentatie is in de meeste gevallen groter dan de erosie en/of inklinking van het schor, doordat de laagdikte over het algemeen in de loop der jaren toeneemt. In dit rapport wordt daarom wel gesproken van gemiddelde netto sedimentatiesnelheid, om het totale resultaat van sedimentatie, erosie en inklinking in de loop der jaren weer te geven.

Voor de vergelijking van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor en tijdens de afwerkperiode met de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode is gebruik gemaakt van de resultaten van de onderzoeken van Oenema [Lit. 14] en De Jong [Lit. 9].

B 2.2.2 Bepaling van de mate van inklinking

In diverse plots is één of meerdere keren een nieuwe laag kaolien opgebracht, omdat de te meten laagdikte vrij dik werd. Dit maakt het mogelijk globaal onderzoek te doen naar de inklinking welke optreedt in de bodemlaag tussen twee kaolienlaagjes. Er is sprake van inklinking van de bodem, wanneer de laagdikte toeneemt, terwijl de hoogte van het maaiveld t.o.v. NAP minder snel toeneemt dan de laagdikte.

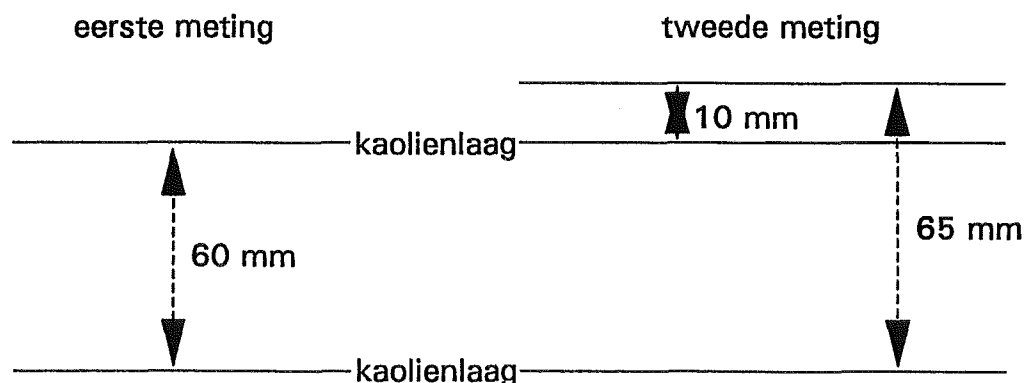
Inklinking van de bodem kan als volgt bepaald worden:

De laagdikte wordt gemeten vanaf het laatst opgebrachte kaolienlaagje, vermeerderd met de laagdikte voordat de nieuwe kaolien opgebracht werd. Bovendien wordt de laagdikte gemeten vanaf een eerder opgebracht kaolienlaagje.

Er is sprake van inklinking wanneer de laagdikte gemeten vanaf de laatst opgebrachte kaolienlaag, vermeerderd met de laagdikte voordat de nieuwe kaolien opgebracht werd, groter is dan de laagdikte gemeten vanaf een eerder opgebracht kaolienlaagje.

Voorbeeld ter verduidelijking (zie figuur B 2.1):

De laagdikte bedraagt 60 mm wanneer er een nieuw kaolienlaagje opgebracht wordt. Bij de volgende meting is de laagdikte gemeten vanaf de nieuwe laag 10 mm. De laagdikte gemeten vanaf het eerder opgebrachte kaolienlaagje bedraagt echter 65 mm. Er is dan sprake van 5 mm inklinking van de bodem in de onderste laag van 60 mm.



Figuur B 2.1 Bepaling van de mate van inklinking

B 3 RESULTATEN

B 3.1 RESULTATEN LAAGDIKTE PER RAAI

Bij de resultaten geven de nummers 2, 3 en 4 aan dat de raaien op het schor van Sint Annaland liggen. Raaien met de nummers B4, B5, B6, B8, B9 en B10 liggen op het schor van Rattekaai west. Voor een precieze ligging op het schor wordt verwezen naar de bijlagen II en III.

B 3.1.1 Sint Annaland

Raai 2 (bijlage XL)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. De laagdikte neemt duidelijk alleen op de oeverwal sterk toe. Op de overgang en in de kom is er sprake van een licht toenemende of gelijkblijvende laagdikte. Vanaf eind 1991 neemt de laagdikte op de oeverwal snel toe. Er is sprake van een afnemende laagdikte begin 1991, midden 1992 en alleen op de oeverwal ook midden 1993.

Raai 3 (bijlage XLI)

De toename van de laagdikte is het grootst in de kom en het kleinst op de overgang. Het verschil in laagdikte tussen de plots onderling is niet erg groot. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. Vanaf eind 1991/midden 1992 neemt de laagdikte snel toe. Tussen begin 1990 en eind 1991/midden 1992 is er sprake van een gelijkblijvende of afnemende laagdikte.

Raai 4 (bijlage XLII)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom, maar op een afstand van 9-10 meter van de kreek af gemeten is de hoogte van de plot aanzienlijk hoger dan op een afstand 2-3 meter. De laagdikte vermindert van oeverwal richting kom. Over het algemeen neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid toe met toenemende hoogte van de plots.

Er is een geleidelijke toename van de laagdikte, maar tussen eind 1990 en midden 1992 is er sprake van een gelijkblijvende of afnemende laagdikte. Ook vanaf midden 1993 is er sprake van een afnemende laagdikte.

B 3.1.2 Rattekaai west

Raai B4 (bijlage XLIII)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en in de kom en is op de overgang het kleinst. De hoogte van de plots loopt af van oeverwal naar overgang, maar de kom ligt hoger dan de overgang. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. Er is een geleidelijke toename van de laagdikte, maar tussen begin 1990 en begin 1992 is er sprake van gelijkblijvende laagdikte.

Opmerking:

De toename van de laagdikte van raai B4 zal groter zijn, doordat er geen gegevens zijn van de opnamedatum 1988. Voor de resultaten is de laagdikte van 1985 in 1988 overgenomen. Er is dus vanuit gegaan dat de laagdikte niet toe of afgenomen is, terwijl op basis van de gegevens van de andere raaien ervan uitgegaan mag worden dat de laagdikte wel toegenomen zal zijn.

Raai B5 (bijlage XLIV)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt af van oeverwal naar overgang, maar de kom ligt hoger dan de overgang. Opvallend is verder dat de plot op een afstand van 2-3 meter hoger ligt dan de plot 0-1 meter. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt over het algemeen toe met toenemende hoogte van de plots. Er is een geleidelijke toename van de laagdikte op de oeverwal. Opvallend is het sterk wisselend verloop van de laagdikte op een afstand van 2-3 meter van de kreek af gemeten. De toename van de laagdikte op de overgang en kom blijft vrij stabiel in de loop der jaren.

Raai B6 (bijlage XLV)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst op de overgang. De hoogte van de plots loopt af van oeverwal naar overgang, maar de kom ligt hoger dan de overgang. Opvallend is verder dat de plot op een afstand van 2-3 meter van de kreek af gemeten hoger ligt dan de plot 0-1 meter. Er is geen duidelijk verband tussen de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid en de hoogte van de plots. De laagdikte blijft tussen eind 1988 en midden 1992 ongeveer gelijk, maar neemt wel sterk toe tussen midden 1990 en begin 1991. Vanaf midden 1992 is er een duidelijke toename in de laagdikte waar te nemen.

Raai B8 (bijlage XLVI)

De toename van de laagdikte is het grootst in de kom en op overgang en het kleinst op de oeverwal. De plots van de oeverwal en overgang hebben ongeveer dezelfde hoogte, terwijl de kom duidelijk lager ligt. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt over het algemeen af met toenemende hoogte van de plots. Er is een geleidelijke toename van de laagdikte, maar er is sprake van een afnemende laagdikte tussen eind 1988 en begin 1990 en een gelijkblijvende laagdikte tussen begin 1991 en eind 1992. De laagdikte op de oeverwal op de oeverwal neemt in de loop der jaren af, terwijl laagdikte op de overige plots geleidelijk toeneemt in de loop der jaren.

Plot 17-18 gemeten vanaf de kreek wordt vanaf begin 1992 niet meer gemeten en er is een nieuw plotje aangelegd op 23-24 meter van de kreek af gemeten.

Raai B9 (bijlage XLVII)

De toename in de laagdikte is het grootst op de oeverwal en overgang en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom, maar de plot op een afstand van 22-23 meter van de kreek af gemeten ligt iets hoger. Op dit punt is de toename in de laagdikte het grootst. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt over het algemeen toe met toenemende hoogte van de plots. Omdat er slechts enkele meetopnamen zijn, kan geen goede uitspraak gedaan worden over het precieze verloop van de laagdikte in de loop der jaren. De laagdikte neemt wel toe.

Raai B10 (bijlage XLVIII)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt over het algemeen toe met toenemende hoogte van de plots. Omdat er slechts enkele meetopnamen zijn, kan geen goede uitspraak gedaan worden over het precieze verloop van de laagdikte in de loop der jaren. De laagdikte neemt wel toe.

B 3.2 VERGELIJKING LAAGDIKTE MET STORMEN

Zie bijlage LXXV voor de een grafisch overzicht van de stormen.

B 3.2.1 Sint Annaland

Algemeen raaien 2, 3 en 4

In het algemeen is er een duidelijk verband tussen de kracht van de storm en het aantal stormen en de laagdikte. Na een zware storm of een stormrijke periode neemt de laagdikte sterk toe. In een rustige periode met weinig of minder harde wind is de toename van de laagdikte veel minder of is er zelfs sprake van een gelijkblijvende of afnemende laagdikte.

Raai 2

Tussen midden en eind 1990 waren er geen stormen, terwijl de laagdikte in die periode toch iets toeneemt.

Raai 3

In het midden van 1993 is er een rustige periode in het aantal stormen, maar de laagdikte neemt in die periode toe.

Raai 4

Tussen midden en eind 1990 waren er geen stormen, maar er is in die periode een forse toename van de laagdikte.

B 3.2.2 Rattekaai west

Raai B4

De stormachtige periode januari-februari 1990 heeft niet geresulteerd in een toename van de laagdikte op de schorren, integendeel want er is zelfs sprake een gelijkblijvende en afnemende laagdikte in het maximale verloop van de laagdikte. Het minimale verloop in de laagdikte neemt wel toe. De najaarsstorm van 1992 geeft wel een duidelijke toename in de laagdikte.

Raai B5

In de rustige periode midden 1990-eind 1991 is er sprake van een afnemende laagdikte. De stormachtige periode januari-februari 1990 heeft weinig invloed op de laagdikte op de schorren gehad. De najaarsstorm van 1992 heeft wel effect gehad op de laagdikte.

Raai B6

Stormen hebben over het algemeen een duidelijk effect op de laagdikte. In een rustige periode is er relatief weinig toename van de laagdikte op de schorren of is er zelfs sprake van een afname van de laagdikte. In een stormrijke periode is er een sterke toename van de laagdikte. De stormachtige periode januari-februari 1990 is hierop echter een uitzondering omdat de laagdikte na deze periode juist gelijk blijft of zelfs afneemt.

Raai B8

Stormen hebben een duidelijk effect op de laagdikte. In een rustige periode is er relatief weinig toename van de laagdikte op de schorren of is er zelfs sprake van een afname van de laagdikte. In een stormrijke periode is er een sterke toename van de laagdikte.

Raai B9/B10

Het is moeilijk om een relatie aan te geven tussen het verloop van de laagdikte en de stormen, omdat er weinig gegevens over de laagdikte beschikbaar zijn.

B 3.3 INKLINKING

Voor de raaien op Sint Annaland en de raaien B9 en B10 op Rattekaai is geen relatie met de inklinking te geven, omdat hier geen dubbele metingen bekend zijn. De lijnen door de meetpunten in de grafieken van de inklinking kunnen een vertekenend beeld geven. Dit komt doordat er voor een aantal opnamedata geen dubbele metingen bekend zijn.

Raai B4 (bijlage LIII)

Er treedt een duidelijke inklinking van de bodem op de oeverwal op en deze inklinking bedraagt maximaal 14,5 mm.

Raai B5 (bijlage LIII)

Er treedt een duidelijke inklinking van de bodem op. De inklinking is groter op de oeverwal dan in de kom. De inklinking bedraagt op de oeverwal maximaal 33,5 mm en in de kom maximaal 13,2 mm.

Raai B6 (bijlage LIV)

Er treedt een kleine inklinking van de bodem in de kom op en deze inklinking bedraagt maximaal 7,0 mm.

Raai B8 (bijlage LIV)

Er is sprake van inklinking van de bodem en deze inklinking bedraagt maximaal 17,1 mm. Van een aantal jaren zijn er geen gegevens bekend van metingen zonder inklinking, zodat een duidelijke relatie niet aangegeven kan worden.

De laagdikte is met klink groter dan zonder klink bij de volgende plotnummers en opnamedata:

1. raai B5 plot 19-20 : 11-6-1992
2. raai B5 plot 19-20 : 5-11-1992
3. raai B6 plot 19-20 : 11-6-1992
4. raai B8 plot 29-30 : 30-3-1989

Een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel voor de nummers 1 en 2 kan zijn dat er slechts enkele meetgegevens zijn voor deze data.

De nummers 1 en 3 hebben dezelfde datum, zodat het mogelijk is dat bij het veldwerk fouten gemaakt zijn.

De best mogelijke verklaring voor alle verschillen ligt in het feit, dat bij de meting vanaf de oude kaolienlaag, de dikte van de nieuw opgebrachte kaolienlaag is meegerekend. De nieuw opgebrachte laag moet dan gemeten zijn vanaf de bovenkant van deze nieuwe kaolienlaag. Een kaolienlaag kan variëren van 1 tot wel 5 mm. Dit is dus extra sedimentatie wat er met opzet opgebracht is en dus niet meegeteld mag worden in de bepaling van de laagdikte.

Het percentage inklinking wordt berekend door de inklinking (k) te delen door de laagdikte tussen twee kaolienlaagjes (d) en te vermenigvuldigen met 100 %. Door dit getal te delen door het verschil in tijd (t) tussen de datum wanneer de nieuwe kaolienlaag opgebracht is en de opnamedatum wordt een maat verkregen voor de relatieve klink per jaar. In formule:

$$(k/d)/t \times 365,25 \times 100 \%$$

Bij het verwerken van de gegevens is uitgegaan van metingen zonder de dikte van de kaolienlaag. Het blijkt echter goed mogelijk te zijn dat deze kaolienlaag wel in de meetresultaten opgenomen is. Het gemiddelde inklinkingspercentage geeft dus de minimale inklinking. In werkelijkheid kan deze inklinking groter zijn. Er is dus ook een inklinkingspercentage berekend waarbij aangenomen wordt dat de nieuw opgebrachte kaolienlaag meegerekend is en ongeveer 3 mm respectievelijk 5 mm bedraagt. De meetopnamen waarbij de laagdikte met klink groter is, dan de laagdikte zonder klink zijn weggelaten.

Tabel B 3.1 klink van de bodem

raai	plot	d (mm)	t (dagen)	k (mm)	klink per jaar (%)	gem. -3 mm	gem. -5 mm	gem.
B4	0-1	70,4	352	5,8	8,6	6,0	8,3	9,8
		70,4	1158	8,2	3,7			
		70,4	1330	14,5	5,7			
B5	0-1	81,7	126	1,5	5,3	6,8	13,5	17,9
		81,7	488	9,0	8,6			
		81,7	683	14,8	9,7			
		81,7	1295	33,5	11,6			
		81,7	1442	18,1	5,6			
		81,7	1646	24,8	6,7			
		81,7	1818	20,6	5,1			
B5	19-20	28,0	590	5,3	11,7	17,2	23,0	27,0
		28,0	762	13,2	22,6			
B6	19-20	23,1	488	4,3	13,9	6,8	13,2	17,5
		23,1	683	0,1	0,2			
		23,1	1818	7,0	6,1			
B8	29-30	55,6	1235	17,1	9,1	7,2	8,7	9,7
		55,6	1295	12,2	6,2			
		55,6	1442	14,0	6,4			

Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde klink (met uitzondering van raai B5 plot 19-20) tussen de 6,0 en 7,2 % ligt. Wanneer een nieuw opgebracht kaolienlaagje van 3 mm met de metingen meegerekend neemt de klink met 17 tot 50 % toe t.o.v. klink bij de metingen zonder kaolienlaag. Bij een nieuw opgebracht kaolienlaagje van 5 mm bedraagt deze toename van de klink 26 tot 62 %.

B 3.4 RESULTATEN SEDIMENTATIE TOTAAL

B 3.4.1 Sint Annaland

Op Sint Annaland neemt de maximale toename van de laagdikte toe richting schorrand. De minimale toename van de laagdikte is voor de drie raaien op Sint Annaland ongeveer gelijk.

De toename van de laagdikte op de oeverwallen (zie bijlage XLIX) is het grootst aan de schorrandzijde (raai 2) en het kleinst aan de dijkzijde (raai 3). Er is een geleidelijke toename van de laagdikte met de jaren, maar er is sprake van een gelijkblijvende laagdikte tussen begin en eind 1991.

De toename van de laagdikte op de overgangen (zie bijlage XLIX) is vanaf eind 1992 voor alle raaien ongeveer gelijk. De laagdikte neemt wel toe met de jaren, maar heeft een zeer grillig verloop voor alle raaien.

De toename van de laagdikte in de kommen (zie bijlage L) is het grootst aan de dijkzijde (raai 3). De raaien 2 en 4 hebben in de kommen ongeveer een gelijke toename van de laagdikte. De laagdikte neemt toe met de jaren, maar voor alle raaien is er sprake van een gelijkblijvende en zelfs afnemende laagdikte tussen begin 1990 en begin 1992.

Zie bijlage L voor de hoogte van de plots t.o.v. NAP en de ligging van de plots vanaf de kreek gemeten.

Raai 3 ligt hoger dan raai 2. De plots 0-1 en 9-10 m van raai 4 liggen op ongeveer gelijke hoogte met dezelfde plots van raai 3. De plots 2-3, 19-20 en 29-30 van raai 4 liggen op ongeveer gelijke hoogte met dezelfde plots van raai 2. Hoewel de hoogte van de plots bij raai 4 een vreemd verloop heeft, neemt de laagdikte toch geleidelijk af van de oeverwal richting kom.

Per raai gezien neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over het algemeen toe met toenemende hoogte van de plots en dus af met toenemende overspoelingsfrequentie (zie bijlage LV). Wanneer de plots afzonderlijk worden beschouwd, is er geen duidelijke relatie tussen de hoogte van de plots en de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

B 3.4.2 Rattekaai west

De raaien B4, B5 en B6 liggen langs dezelfde kreek in het midden van het schor. De raaien B8, B9 en B10 liggen langs dezelfde kreek in het oosten van het schor.

De toename van de laagdikte is (met uitzondering van raai 10) in het midden van het schor groter dan in het oosten van het schor Rattekaai west. Bij de raaien B4, B5 en B6 neemt de laagdikte toe richting schorrand.

De toename van de laagdikte op de oeverwallen (zie bijlage LI) is het grootst op de raaien B4, B5 en B10 en het kleinst op de raai B8. Er is de laatste jaren een duidelijk toename van de laagdikte op de oeverwal van raai B4. Er is geen duidelijke relatie tussen de laagdikte en de hoogte en ligging van de oeverwallen. Wel ligt B8 het laagst van alle raaien en hier is de toename van de laagdikte ook het minst. De toename van de laagdikte op de oeverwallen is over het algemeen in het midden van het schor groter dan in het oosten van het schor Rattekaai west.

De toename van de laagdikte op de overgangen (zie bijlage LI) is het grootst op de raai B8 en het kleinst op de raaien B5 en B6. Raai B8 is het laagst gelegen en heeft de grootste toename in de laagdikte en B5 en B6 zijn het hoogst gelegen en hebben de kleinste toename in de laagdikte. De toename van de laagdikte op de overgangen neemt dus toe met afnemende hoogte.

Bovendien is de toename van de laagdikte op de overgangen in het oosten hoger dan op de overgangen in het midden van het schor.

De toename van de laagdikte in de kommen (zie bijlage LII) is het grootst op de raaien B4 en B8 en het kleinst op raai B10. De raaien B4 en B8 liggen aan de schorrandzijde.

Zie bijlage LVII voor de hoogte van de plots t.o.v. NAP en de ligging van de plots vanaf de kreek gemeten.

De raaien B4, B5 en B6 liggen hoger dan B8, B9 en B10. B10 ligt op ongeveer dezelfde hoogte als B4. De plots op een afstand van 2-3 meter van de kreek af gemeten van de raaien B5 en B6 liggen hoger dan de plots 0-1 meter.

Raai B8 heeft de grootste sedimentatie op de overgang en kom en de kleinste sedimentatie op de oeverwal vergeleken met andere raaien op Rattekaai west.

Met uitzondering van de raaien B6 en B8 neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over het algemeen iets toe met toenemende hoogte van de plots en dus af met toenemende overspoelingsfrequentie (zie bijlage LVI).

B 3.5 SCHORINDELING

De hoogte van de plots t.o.v. NAP (zie ook bijlagen L en LVII), de gemiddelde overspoelingsfrequentie op basis van gegevens uit 1990 en de schorindeling zijn in onderstaande tabel weergegeven. Hieruit blijkt dat raai B8 in het laagshor ligt, raai B9 ligt in het middenshor en de overige raaien liggen in het hoogshor.

Tabel B 3.2 Hoogte, overspoelingsfrequentie en schorindeling raaien

Schor	Raai	Hoogte kom m t.o.v. NAP	Overspoelings- frequentie	Schorindeling
Sint Annaland	2	1,63	230	hoog
Sint Annaland	3	1,81	120	hoog
Sint Annaland	4	1,64	230	hoog
Rattekaai west	B4	2,01	175	hoog
Rattekaai west	B5	2,22	85	hoog
Rattekaai west	B6	2,21	85	hoog
Rattekaai west	B8	1,60	505	laag
Rattekaai west	B9	1,90	330	midden
Rattekaai west	B10	1,97	260	hoog

B 3.6 SEDIMENTATIESNELHEID

B 3.6.1 Algemeen

Door Oenema (a) [Lit. 14] en de Jong (b) [Lit. 9] zijn de volgende gemiddelde netto sedimentatiesnelheden (mm per jaar) berekend:

Tabel B 3.3 Sedimentatiesnelheden per periode

periode	Rattekaai west		Sint Annaland	
	oeverwal	kom	oeverwal	kom
1983-1985 (b)	25,0	12,5	4,0	4,0
1984-1986 (a)	16,0	10,1		
1985-1988 (b)	7,0	6,0	4,5	2,7
1988-1990 (b)	12,0	12,5	10,5	14,3

In de periode 1985-1988 valt ook de afwerkperiode.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over lange tijd (100 jaar) gemeten met behulp van de dikte van de aangeslibde laag is voor Sint Annaland 4-9 mm per jaar en voor Rattekaai west 10-15 mm per jaar.

Op Rattekaai west is bovendien met behulp van een cesium isotoop (^{137}Ce) vastgesteld dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de periode 1954-1963 13 mm per jaar is en in de periode 1963-1985 16 mm per jaar [Lit. 14]. Dit verschil wordt voor 60 % verklaart met de klink van de bodem. De dichtheid van de bodem neemt toe met de diepte.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid is berekend voor de schorren bij Sint Annaland in de periode 29-3-1989 tot en met 15-10-1993 en voor de schorren Rattekaai west in de periode 30-3-1989 tot en met 16-11-1993. Hierdoor kan deze sedimentatiesnelheid vergeleken worden met de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over lange termijn. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in mm per jaar per plot is berekend door het verschil in laagdikte tussen de twee data te delen door het verschil in tijd tussen de twee data. Uit deze gegevens wordt de totale gemiddelde netto sedimentatiesnelheid (V gem. in mm per jaar) per raai bepaald. Ook is voor beide schorren de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de oeverwal, overgang en kom berekend. Door het vergelijken van deze gegevens met de gemiddelde netto sedimentatiesnelheden van Oenema en de Jong kan een uitspraak gedaan worden over veranderingen in de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor, tijdens en na de afwerkperiode.

B 3.6.2 Sint Annaland

Tabel B 3.4 Sedimentatiesnelheid (mm per jaar) per raai periode
29-3-1989 - 15-10-1993

	raai 2	raai 3	raai 4
oeverwal	12,1	4,9	7,6
oeverwal	7,4	3,9	4,0
overgang	3,9	3,1	3,1
kom	4,6	2,7	1,7
kom	3,7	4,4	0,1
	----	----	----
V gem.	6,3	3,8	3,3

Ervan uitgaande dat de 3 raaien representatief zijn voor het hele schor bedraagt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 29-3-1989 en 15-10-1993 voor de schorren bij Sint Annaland 4,5 mm per jaar. Hieruit blijkt dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode vergeleken met de sedimentatiesnelheid over langere tijd (100 jaar) vrij laag is.

Tabel B 3.5 Sedimentatiesnelheid per periode

Periode	gemiddelde netto sedimentatiesnelheid (mm/jaar)		
	oeverwal	overgang	kom
29-3-1989 - 9-10-1990	9,4	4,8	5,7
9-10-1990 - 10-6-1992	1,0	0,9	-1,9
10-6-1992 - 15-10-1993	10,6	4,7	5,5
29-3-1989 - 15-10-1993	6,6	3,4	2,9

Voor de schorren bij Sint Annaland blijkt uit bovenstaande tabel dat tijdens de afwerkperiode de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in de kom kleiner is dan voor de afwerkperiode. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de oeverwal is tijdens de afwerkperiode groter dan voor de afwerkperiode. Tussen 1988 en 1990 (na de afwerkperiode) is er volgens De Jong een sterke toename van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de oeverwal en in de kom. Volgens de resultaten uit dit onderzoek neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 1989 en 1990 ook toe, maar deze toename is kleiner dan de toename die door De Jong bepaald is. In de periode eind 1990-midden 1992 is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid zeer klein tot zelfs negatief in de kom, wat duidt op erosie. Vanaf midden 1992 neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid weer sterk toe. Wordt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de periode 29-3-1989 - 15-10-1993 vergeleken met de sedimentatiesnelheid voor de afwerkperiode, dan blijkt dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor en na de afwerkperiode gemiddeld gezien ongeveer hetzelfde is.

B 3.6.3 Rattekaai west

Tabel B 3.6 Sedimentatiesnelheid (mm per jaar) per raai periode
30-3-1989 - 16-11-1993

	raai B4	raai B5	raai B6	raai B8	raai B9	raai B10
oeverwal	20,4	10,7	5,0	-5,4	1,0	12,2
oeverwal		3,5	2,7	8,3	7,9	5,4
overgang	9,1	1,3	0,7	4,1	8,1	6,1
kom	6,7	3,4	12,5	10,9	6,0	3,6
kom	18,1	3,8	6,0	14,7	0,5	5,7
kom		1,9	3,6	4,5	2,6	
	----	----	----	----	----	----
gem.	13,6	4,1	5,1	6,5	4,7	5,9

Ervan uitgaande dat de 6 raaien representatief zijn voor het schor bedraagt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 30-3-1989 en 16-11-1993 voor de schorren Rattekaai west 6,2 mm per jaar.

Hieruit blijkt dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode afgenomen is met 38 tot 60 % t.o.v. de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over langere tijd (100 jaar).

Wordt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode vergeleken met de sedimentatiesnelheid welke met behulp van een cesium isotoop is bepaald, dan blijkt dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 1989 en 1993 met 61 % ten opzichte van de periode 1963-1985 is afgenomen.

Tabel B 3.7 Sedimentatiesnelheid per periode

Periode	gemiddelde netto sedimentatiesnelheid (mm/jaar)		
	oeverwal	overgang	kom
30-3-1989 - 8-10-1990	6,0	7,6	7,2
8-10-1990 - 11-6-1992	5,8	3,7	4,2
11-6-1992 - 16-11-1993	13,1	7,6	12,5
30-3-1989 - 16-11-1993	6,5	4,9	6,5

Uit bovenstaande tabel blijkt dat op de schorren Rattekaai west de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op zowel de oeverwal als in de kom tijdens de afwerkperiode aanzienlijk kleiner is dan voor de afwerkperiode. Tussen 1988 en 1990 (na de afwerkperiode) is er volgens De Jong een sterke toename van de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de oeverwal en in de kom. Volgens de resultaten uit dit onderzoek neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 1989 en 1990 ook toe, maar deze toename is kleiner dan de toename die door De Jong bepaald is. In de periode eind 1990-midden 1992 is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid weer kleiner.

Vanaf midden 1992 neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid weer sterk toe. Wordt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de periode 30-3-1989 - 16-11-1993 vergeleken met de sedimentatiesnelheid voor de afwerkperiode, dan blijkt dat de sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode zowel op de oeverwal als in de kom aanzienlijk kleiner is dan voor de afwerkperiode.

B 4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

B 4.1 ALGEMEEN

Vlak na de afwerkperiode zijn de schorren weer regelmatig overspoeld. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid nam na de afwerkperiode tot eind 1990 toe. Vanaf eind 1990 trad er echter een afname in de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op. Deze afname tussen eind 1990 en midden 1992 is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat het water in de Oosterschelde de laatste jaren helderder geworden is. Het water bevat dus minder slib, zodat er ook minder sediment beschikbaar komt om op de schorren te sedimenteren. Bovendien waren in deze periode weinig (zware) stormen, wat ook een oorzaak kan zijn van de verminderde gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

Vanaf midden 1992 neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op beide schorren sterk toe. Waarschijnlijk is slib afkomstig uit de voor het schor gelegen slik op het schor gesedimenteerd. Het is goed mogelijk dat de erosie van het schorklif een direct effect heeft op de sedimentatie op de schorren. Wanneer het schorklif sterk erodeert, komt er veel materiaal vrij, dat op de schorren kan sedimenteren. Vanaf midden 1992 zijn er ook weer enkele zware stormen geweest, waardoor het sediment op de schorren terecht kan komen.

Voor de schorren bij Sint Annaland en Rattekaai west blijkt dat de grootste gemiddelde netto sedimentatiesnelheid plaats vindt aan de kant van de schorrandzijde en de kleinste gemiddelde netto sedimentatiesnelheid plaats vindt aan de dijkzijde. Per raai gezien met uitzondering van de raaien B6 en B8 neemt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid toe met toenemende hoogte van de plots en afnemende overspoelingsfrequentie. Wanneer de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid vergeleken wordt met de overspoelingsfrequenties van alle plots, dan blijkt er geen duidelijke relatie te bestaan tussen de overspoelingsfrequentie en de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

Op Rattekaai west is er naast sedimentatie op de schorren ook sprake van inklinking van de bodem. Waarschijnlijk is dit op Sint Annaland ook het geval, maar de metingen zijn daar niet zodanig verricht dat hierover een uitspraak gedaan kan worden.

Het verloop van de laagdikte op de schorren in de Oosterschelde ondervindt invloed van de stormen. Op Sint Annaland is er een duidelijke relatie tussen het verloop van de laagdikte en de stormen, maar op Rattekaai west is dit veel minder het geval. Stormen dragen nu voor het belangrijkste deel bij aan de sedimentatie op de schorren, doordat door de wind er meer opwerveling is van grof sediment en dit ook meegevoerd wordt. Tijdens storm komt er meer water op het schor en ook gedurende een langere tijd, zodat dit sediment op de schorren terecht kan komen.

Uit de resultaten blijkt dat de grootste gemiddelde netto sedimentatiesnelheid plaats vindt aan de kant van het schorklif en de kleinste gemiddelde netto sedimentatiesnelheid aan de dijkzijde. Dit duidt ook op een aanvoer van sediment via stormen, doordat het overspoelingswater tijdens stormen vanaf de schorrand binnenkomt en daar ook het sediment afzet. Onder "normale" rustige weersomstandigheden komt het overspoelingswater vanuit de krekken het schor op. Stormen voeren voornamelijk grof sediment, zoals zand en schelpen aan. Dit is van groot belang bij de ophoging van het schor omdat de het volume van het sediment niet alleen groter is, maar de klink aanzienlijk kleiner is, dan bij fijn sediment.

B 4.2 SINT ANNALAND

Op Sint Annaland treedt er over het algemeen een sterke toename van de laagdikte op tussen begin 1989 en begin/midden 1990. Voor alle raaien is er sprake van een gelijkblijvende of afnemende laagdikte tussen begin/midden 1990 en midden 1992. Vanaf midden 1992 treedt er weer wel een toename van de laagdikte op. Mogelijk is de sterke toename van de laagdikte tussen midden en eind 1990 op de raaien 2 en 4 te verklaren door het feit dat in de stormachtige periode januari-februari 1990 er erosie van het schorklif is opgetreden. Dit vrijgekomen sediment kan in de loop van dat jaar mee het schor opgevoerd zijn. Raai 3 is het verst van het schorklif af gelegen en hier is geen toename van de laagdikte in de periode midden-eind 1990, wat erop duidt dat het sediment dat vrijkomt bij de erosie van het schorklif niet tot aan de dijkzijde het schor binnen kan dringen. Bovendien is in de stormrijke periode januari-februari 1990 relatief veel import van sediment waargenomen vanuit de Noordzee de Oosterschelde in. Dit sediment kan dus ook op de schorren gesedimenteerd zijn en resulteren in een toename van de laagdikte.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode is op Sint Annaland het grootst op de oeverwallen (met uitzondering van raai 3) en het kleinst in de kommen. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid heeft zich na de afwerkperiode weer hersteld, waarbij de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de afwerkperiode gemiddeld gezien ongeveer hetzelfde als voor de afwerkperiode. Vanaf midden 1992 treedt er weer een sterke stijging op in de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

B 4.3 RATTEKAAI WEST

Op Rattekaai west is er sprake van een geleidelijke toename van de laagdikte of van een gelijkblijvende laagdikte tussen eind 1988 en begin/midden 1992. Vanaf midden 1992 neemt de laagdikte toe. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid is op Rattekaai west het grootst op de oeverwallen en in de kommen en het kleinst op de overgangen.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid heeft zich vlak na de afwerkperiode hersteld, over de periode 1989-1993 gezien treed er weer een sterke teruggang op in de gemiddelde netto sedimentatie. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid is na de afwerkperiode gemiddeld gezien aanzienlijk kleiner dan voor de afwerkperiode. Vanaf midden 1992 treedt er echter weer een sterke stijging op in de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

B 4.4 DE TOEKOMST

De verwachting is dat erosie van de schorkliffen ook in de toekomst nog zal plaatsvinden in de Oosterschelde en wel met ongeveer 2 hectare per jaar [Lit. 9]. Het sediment dat hierbij vrijkomt kan weer op het schor sedimenteren, zodat de hoogte van het schor toe zal nemen en de stijging van de zeespiegel kan "bijhouden".

Tegengaan van de zandhonger van de Oosterschelde kost te veel.

Schorren tegen erosie beschermen kan wel door kleisuppleties of stenen aan te brengen op de schorkliffen. Beter een kleiner schor met alles erop en eraan en in evenwicht dan een groot schor wat in zijn geheel sterk aan het aftakelen is.

Voorspelling:

Aangezien de sedimentatie afhankelijk blijkt te zijn van stormen of stormachtige perioden, zal de sedimentatie waarschijnlijk door toedoen van de stormachtige winter van 1993-1994 zijn toegenomen op de schorren bij Sint Annaland en Rattekaai west.

B 5 AANBEVELINGEN

B 5.1 ALGEMEEN

Aanbevolen wordt de schorranderosie van de afgelopen jaren in kaart te brengen, zodat een beter beeld verkregen wordt van de relatie tussen erosie van het schorklif en sedimentatie op het schor.

Ook kan de korrelgrootte van het gesedimenteerde materiaal in de bovenste 50 cm op het schor bepaald worden. Hieruit kan de conclusie, dat het sediment op het schor de laatste jaren voornamelijk tijdens stormen wordt afgezet, onderbouwd worden. Wanneer de korrelgrootte in de bovenste laag namelijk groter is dan in de lagen daaronder, dan duidt dit op grof sediment, wat voornamelijk tijdens stormen afgezet wordt.

Bovendien kan onderzocht worden wat de mogelijkheden zijn om de schorranden te beschermen tegen erosie. Wanneer het schor dermate hoog is, dat er geen kans meer bestaat dat het schor in de komende jaren "verdrinkt" dan kunnen maatregelen genomen worden om de schorranden te beschermen tegen erosie.

B 5.2 VELDWERKZAAMHEDEN

De inklinking van de bodem kan gevolgd worden, wanneer er regelmatig een nieuw kaolienlaagje aangebracht wordt. Het wordt dan ook aanbevolen om regelmatig een nieuw kaolienlaagje op de plotjes aan te brengen (1 maal in de 1 à 1½ jaar), zodat niet alleen de sedimentatie, maar ook de inklinking van de bodem gevolgd kan worden. Dit geeft een beter beeld van de totale verhoging van de schorren. Tijdens de veldmetingen moeten dan alle kaolienlaagjes gemeten worden. Wel moet goed genoteerd worden wanneer er nieuwe veldjes aangelegd zijn en hoeveel er in de loop der jaren zijn aangelegd. Het kan namelijk ook mogelijk zijn dat er oppervlakkige erosie optreedt, hetgeen op deze wijze te meten is. Natuurlijk kunnen ook regelmatig hoogtemetingen ten opzichte van NAP verricht worden om de veranderingen in de hoogte van de schorren te volgen.

Er moet een duidelijke handleiding komen voor het verrichten van de veldwerkzaamheden. Hierbij dient het volgende in acht genomen te worden.

Er zijn twee opties voor de meten van de laagdikte om misverstanden in de interpretatie te voorkomen.

1. Bij de metingen vanaf de oude kaolienlaag wordt de dikte van de tweede opgebrachte kaolienlaag afgetrokken. Bij de meting vanaf de tweede laag wordt gemeten vanaf de bovenkant van de laag, dus exclusief de kaolienlaag.
2. De meting vanaf de oude kaolienlaag wordt niet gecorrigeerd met de dikte van de kaolienlaag. De meting vanaf de tweede opgebrachte tracerlaag wordt dan gemeten vanaf de onderkant van de laag, dus inclusief de kaolienlaag. De dikte van de kaolienlaag moet dan wel vermeld worden in verband met de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid.

Wanneer een van deze methoden gebruikt worden, wordt de invloed van de kaolienlaag op de sedimentatie teniet gedaan. Wel moet duidelijk vermeld worden welke methode gebruikt is.

Hoewel de metingen in een plot goed verspreid plaatsvinden, moet er op gelet worden, dat dit ook in de toekomst goed gedaan blijft worden.

Het beste kunnen de metingen door 1 persoon verricht worden, zodat de manier waarop gemeten wordt vrijwel gelijk blijft.

De metingen dienen, zoals nu al het geval is, twee keer per jaar plaats te vinden, namelijk één keer in het voorjaar (mei) en één keer in het najaar (september).

DEEL C

DE INVLOED VAN MENSELIJK HANDELEN
OP DE SCHORREN BIJ WAARDE IN DE
WESTERSCHELDE

C 1 INLEIDING

De schorren bij Waarde zijn gelegen in het oosten van de Westerschelde zuidoostelijk van Waarde (zie bijlage I). Direct ten westen van de schorren bij Waarde bevindt zich de Schaar van Waarde. De Schaar van Waarde is een geul in de Westerschelde welke gebruikt wordt als stortplaats voor specie die vrijkomt bij baggerwerkzaamheden in de Westerschelde en het Kanaal door Zuid-Beveland. Het baggeren vindt plaats ten behoeve van het op diepte houden van de vaargeulen. Bovendien wordt uit de Schaar van Waarde zand gewonnen dat voor verschillende doeleinden gebruikt wordt.

Uit de metingen van het onderzoeksplan "Effecten speciebergiging kanaal door Zuid-Beveland" (notitie GWAO-86.538) [Lit. 7/16] blijkt dat er van een direct transport van sediment in de richting van het schor geen sprake is. Maar de Schaar van Waarde heeft hoge vloodsnelheden en een ruim sedimentaanbod, zodat er een grote dynamiek heerst in het gebied ten oosten van de Schaar van Waarde. Hier zijn de schorren bij Waarde gelegen, zodat de schorren bij Waarde toch invloed kunnen ondervinden van de veranderingen in de Schaar van Waarde. Hebben de stortingen van baggerspecie en de winningen van zand een invloed op de sedimentatie op de schorren bij Waarde? Dat is de vraag waar het in dit rapport om draait.

Doel van dit onderzoek is het bepalen van de effecten van de stortingen en winningen in de Schaar van Waarde in de Westerschelde op de sedimentatie op de schorren bij Waarde. Sedimentatie op de schorren is van groot belang voor de schorren, doordat er inklinking van de bodem optreedt. Bovendien is de verwachting, dat door toedoen van het broeikas-effect de zeespiegel in de toekomst zal stijgen. De hoogte van de schorren zal dus mee moeten stijgen, omdat anders de schorren zullen "verdrinken". Een sterke sedimentatie kan echter betekenen dat de schorren te snel opslibben en daarmee grotendeels buiten de getijvloed komen en zodoende een belangrijk deel van hun natuurwaarden verliezen.

De opzet van dit verslag is als volgt:

Hoofdstuk C 2 beschrijft de methode van het onderzoek. Vervolgens bespreekt hoofdstuk C 3 de ontwikkelingen in de omgeving van het schorren bij Waarde en behandelt hoofdstuk C 4 de resultaten. Hoofdstuk C 5 bevat de discussie en conclusies en tenslotte geeft hoofdstuk C 6 enkele aanbevelingen.

C 2 METHODE

C 2.1 VELDWERKZAAMHEDEN

Vanaf 4 maart 1987 worden sedimentatie en erosie gemeten in een negental raaien op de schorren bij Waarde. De raaien zijn per drie in een loodrechte lijn ten opzichte van het schorklif gelegen (zie bijlage V). Elke raai bestaat uit 2 tot 5 plots van 30 bij 100 cm, welke bij aanvang van de metingen bestrooit zijn met een mengsel van 25 % kaolienklei en 75 % fijn wit zand, een zogenaamde kaolienlaag. Per raai liggen de plots in een rechte lijn van oeverwal naar kom over een afstand van 8 tot 27 meter. Bij de metingen worden per plot 5 of 10 waarnemingen verricht betreffende de dikte van het op de kaolienlaag afgezette hoeveelheid slib. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een gutsje van 10 cm lengte en 1 cm doorsnee. In 1987 zijn er veel metingen verricht, omdat in dat jaar zeer grote stortingen van baggerspecie plaats vonden [Lit. 16]. Vanaf 1988 worden er gemiddeld 2 à 3 metingen per jaar verricht. In februari 1994 zijn bovendien hoogtemetingen t.o.v. NAP van de verschillende plots verricht.

In dit rapport wordt gesproken van verschillende lokaties. De lokatie west bestaat uit de raaien 11, 12 en 13, lokatie midden uit de raaien 14, 15 en 16 en de lokatie oost uit de raaien 17, 18 en 19.

Ook wordt er onderscheid gemaakt in de ligging van de raaien op het schor van dijkzijde naar klifzijde. Aan de dijkzijde liggen de raaien 11, 14 en 17, in het midden van het schor liggen de raaien 12, 15 en 18 en aan de klifzijde liggen de raaien 13, 16 en 19.

C 2.2 VERWERKEN VELDMETINGEN

Uit de 5 of 10 waarnemingen per plot wordt de gemiddelde slibafzetting per plot berekend. De resultaten van de gemiddelde slibafzetting worden tegen de opnamedata uitgezet, zodat een beeld verkregen wordt over het verloop van de laagdikte. Het verloop van de laagdikte van de afzonderlijke plots per raai is in grafieken weergegeven. Voor vergelijkingen tussen de verschillende lokaties (west, midden en oost) en de ligging van de raaien op het schor (dijkzijde, midden en klifzijde) zijn het verloop van de laagdikte van de oeverwallen, overgangen en kommen per lokatie weergegeven.

Wanneer de laagdikte toeneemt is de sedimentatie op het schor groter dan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor. Bij een gelijkblijvende laagdikte is de sedimentatie op het schor gelijk aan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor. Treed er een afname in de laagdikte op, dan is de sedimentatie op het schor kleiner dan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor. De sedimentatie is in de meeste gevallen groter dan de inklinking en/of oppervlakkige erosie van het schor, doordat de laagdikte over het algemeen in de loop der jaren toeneemt.

In dit rapport wordt daarom wel gesproken van gemiddelde netto sedimentatiesnelheid, om het totale resultaat van sedimentatie, erosie en inklinking in de loop der jaren weer te geven. Door de netto toename van de hoeveelheid sediment in de Schaar van Waarde te vergelijken met de toename van de laagdikte op het schor en de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid, kan bekeken worden of de stortingen en winningen in de Schaar van Waarde een invloed hebben op de sedimentatie op de schorren bij Waarde.

C 2.3 BESCHRIJVING VAN DE RAAIEN

Deze beschrijvingen zijn gebaseerd op een veldbezoek.

Raai 11

Gelegen langs een diepe kreek, de hoogte loopt geleidelijk af richting kom, de kom is zeer nat.

Raai 12

Gelegen langs de zeer grote kreek en ten oosten bevindt zich een kleinere kreek, de hoogte loopt geleidelijk af richting kom en de kom is nat.

Raai 13

Gelegen langs het schorklif; er zijn nieuwe paaltjes gezet vlakbij de ingang van de grote kreek; steil schorklif, schorklifafslag te zien aan planten- en veenresten in het water.

Raai 14

Gelegen aan het einde van de zeer grote kreek; de kom is op 8 m, vanaf de kreek gemeten, gelegen; de kom is nat en aan de overkant van de kreek is een ingang van een andere kreek.

Raai 15

Gelegen langs een kreek; de natte kom is op 8 m, vanaf de kreek gemeten, gelegen.

Raai 16

Gelegen langs het schorklif; er is een nieuwe raai aangelegd waarschijnlijk ten westen van waar de oude raai oorspronkelijk gelegen heeft.

Raai 17

Gelegen langs een kreek; deze kreek is breder geweest, maar is nu verder opgeslibt en er heeft begroeiing plaatsgevonden.

Raai 18

Gelegen langs een brede kreek met veel water aan de kant waar de oeverwal breed is; de kant van de kreek waar de raai ligt, is vlak en zeer slibrijk, de overzijde van de kreek is steil, zeer natte kom.

Raai 19

Niet gezien doordat een grote kreek niet gepasseerd kon worden.

C 3 ONTWIKKELINGEN IN DE OMGEVING VAN DE SCHORREN BIJ WAARDE

C 3.1 ALGEMEEN

In de Westerschelde worden de vaargeulen uitgebaggerd ten behoeve van de scheepvaart. De baggerspecie die hier bij vrij komt wordt gestort in de nevengeulen. De Schaar van Waarde is zo'n stortplaats voor baggerspecie. Doel van deze stortingen is het afremmen van schaarvorming om zodoende de energie van de vloedstroom meer naar het hoofdvaarwater te richten [Lit. 3].

De Schaar van Waarde wordt ook gebruikt voor het lozen van baggerspecie welke vrijkomt bij het uitbaggeren van het Kanaal door Zuid-Beveland (1987, 1990, 1991 en 1992). Deze specie wordt geloosd bij de stortplaatsen Westveerpolder, Radartoren en Zimmermangeul. De stortplaatsen Westveerpolder en Radartoren zijn ten noorden van de Schaar van Waarde gelegen en de Zimmermangeul bevindt zich ten zuidoosten van de schorren bij Waarde (zie bijlage VI). De stortplaats Zimmermangeul heeft tot doel door speciestorting nadelige nevengeulvorming tegen te gaan. Deze stortplaats is het laatst in 1990 gebruikt.

De speciestortingen bij de Westveerpolder en Radartoren vinden plaats bij vloed, zodat het sediment het schor binnen kan dringen. De speciestortingen in de Zimmermangeul vinden plaats bij eb en de specie zal, onder voorbehoud dat het meegevoerd wordt, naar het westen getransporteerd worden en zo een indirecte invloed op de schorren van Waarde kunnen hebben. Naast de stortingen van baggerspecie wordt de Schaar van Waarde ook gebruikt voor het winnen van zand, dat voor verschillende doeleinden gebruikt wordt. Deze winningen vindt plaats in de Schaar van Waarde en zullen ook invloed hebben op de sedimentatie en erosie op de schorren bij Waarde [Lit. 3].

In het onderzoeksplan "Effecten specieberging Kanaal door Zuid-Beveland" (notitie GWA0-86.538) [Lit. 7/16] worden 2 mogelijkheden beschreven van resulterend transport in de richting van de schorren bij Waarde:

1. Direct transport van zwevend materiaal in de richting van het schor.
2. Sedimentatie van de bij de lozing vrijkomende specie in het ondiepwatergebied en op de voor het schor gelegen slikken; opwoeling en transport in de richting van het schor van dit materiaal tijdens stormen.

Uit de metingen blijkt dat er van direct transport in de richting van het schor geen sprake is. Wel is er sprake van sedimentatie op het slik in het westelijk en oostelijk gebied.

C 3.2 STORTINGEN EN WINNINGEN SCHAAR VAN WAARDE PER JAAR

Tabel C 3.1 Stortingen, winningen en netto toename van sediment in de Schaar van waarde (in miljoen m³)

<u>jaar</u>	<u>stort bagger</u>	<u>stort KZB</u>	<u>totaal</u>	<u>winning</u>	<u>netto toename</u>
1983	1,20		1,20		1,20
1984	1,60		1,60	1,60	0,00
1985	1,10		1,10	0,02	1,08
1986	0,30		0,30		0,30
1987	1,20	1,82 (3,0)	3,02 (4,2)	0,18	2,84 (4,0)
1988	2,40		2,40	0,63	1,77
1989	1,00	0,06	1,06	0,97	0,09
1990	0,61	0,62 (1,2)	1,23 (1,8)	0,22	1,01 (1,6)
1991	0,18	0,12	0,30	0,19	0,12
1992	1,30	0,40	1,70	0,17	1,53
1993	0,96		0,96	0,68	0,29

KZB staat voor kanaal door Zuid-beveland.
Tussen haakjes is de stortingen inclusief Zimmermangeul.

De totale storting van baggerspecie in het gebied heeft een aflopend verloop van de jaren 1987 tot 1989 (van 3,00 naar 1,06 miljoen m³ per jaar). In 1986 en 1991 wordt er zeer weinig gestort (0,30 miljoen m³) en in 1990 is de storting ongeveer gelijk aan de storting in 1989. In 1992 vindt er een grote storting plaats van 1,70 miljoen m³ en in 1993 wordt er 0,96 miljoen m³ gestort.

De winning van zand daarentegen loopt op van 1987 tot 1989 (van 0,18 naar 0,97 miljoen m³). In 1986 en 1990, 1991 en 1992 vindt geen of nauwelijks winning plaats (tussen 0,17 en 0,22 miljoen m³). In 1993 wordt er totaal 0,68 miljoen m³ zand gewonnen.

De totale toename van de hoeveelheid sediment is in de jaren 1986, 1989, 1991 en 1993 zeer klein (minder dan 0,3 miljoen m³ per jaar) en in 1987 zeer groot (2,8 miljoen m³). In 1988, 1990 en 1992 is er eveneens een grote toename van sediment in de Schaar van Waarde (meer dan 1 miljoen m³ per jaar).

Hieruit blijkt dat er meer specie gestort dan gewonnen is en er dus een toename is van de hoeveelheid sediment in de Schaar van Waarde. Voor de een grafische weergave van gestorte en gewonnen hoeveelheden specie en de netto toename van specie in de Schaar van Waarde voor de jaren 1983 tot 1993 zie bijlage LXXII.

C 3.3 VERANDERINGEN GEULEN

De Schaar van Valkenisse heeft de laatste jaren een ander verloop gekregen. De Schaar van Valkenisse is verdiept en is enigszins gedraaid: ter plaatse van Waarde verplaatst de geul zich in noordoostelijke richting en in de nabijheid van de hoofdvaargeul (Overloop van Valkenisse) in zuidwestelijke richting. Hierdoor is de oostkant van de Schaar van Valkenisse meer in de richting van de schorren bij Waarde komen te liggen. Door de verplaatsing van de Schaar van Valkenisse is de overgangsgeul van de Schaar van Waarde naar de Zimmermangeul verplaatst in de richting van de schorren bij Waarde.

Hierdoor en door een reeds aanwezige kleine vloodschaar is het slik voor het schor sterk gaan eroderen, waardoor ook het schorklif sterk is gaan eroderen. Bovendien is er in 1993 vlak voor de schorren bij Waarde zand gewonnen wat het effect van erosie van het schorklif mogelijk verder versterkt heeft.

Waarschijnlijk zal de Schaar van Valkenisse zich verder ontwikkelen ten kosten van de Zimmermangeul. Er heeft aanslibbing van de platen van Valkenisse plaats gevonden. Deze aanslibbing is waarschijnlijk afkomstig van lozingen in de Schaar van Waarde en in de Zimmermangeul. Er is nabij de stortplaats Radartoren enige verdieping (uitschuring) opgetreden en er blijkt verondieping (aanzanding) ter plaatsen van de stortplaats Westveerpolder plaats te hebben gevonden. Dit duidt op een verplaatsing van de specie welke in de stortplaats Radartoren is gestort. Ter plaatse van de stortplaats Westveerpolder blijft de gestorte specie meer liggen [Lit. 3].

C 4 RESULTATEN

C 4.1 RESULTATEN LAAGDIKTE PER RAAI

Raai 11 (bijlage LVIII)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. Er is een geleidelijke toename van de laagdikte, maar midden 1989, eind 1990, begin/midden 1991, eind 1992 en eind 1993 is er sprake van een gelijkblijvende of afnemende laagdikte.

Raai 12 (bijlage LVIII)

De toename van de laagdikte is het grootst in de kom en het kleinst op de oeverwal. De overgang en de kom liggen op ongeveer gelijke hoogte, de oeverwal ligt hoger. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt over het algemeen af met toenemende hoogte van de plots. Er is een geleidelijke toename van de laagdikte, maar midden 1989 en eind 1990/begin 1991 neemt de laagdikte af.

Raai 13 (bijlage LIX)

De toename van de laagdikte is groot op enige afstand van het schorklif en een heeft een geleidelijk verloop. Het hoogteverschil tussen de plots is niet erg groot. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt af met toenemende hoogte van de plots. Direct op het schorklif is er nauwelijks toename van de laagdikte door afkalving van het schorklif. Echter tussen begin 1990 en eind 1991 vindt er wel een toename van de laagdikte plaats. Eind 1988, midden 1990 en tussen eind 1991 en eind 1992 blijft de laagdikte gelijk. Er zijn (wegens erosie van het schorklif) geen meetgegevens tussen begin 1989 en begin 1990 en na begin 1993. Er is in 1989 een nieuwe raai aangelegd. Voor de resultaten is de laagdikte van begin 1989 in 1990 overgenomen. Er is dus vanuit gegaan dat de laagdikte niet toe of afgenomen is, terwijl op basis van de gegevens van de andere raaien ervan uitgegaan mag worden dat de laagdikte wel toegenomen is. Na 1992 is de raai verdwenen door erosie van het schorklif.

Raai 14 (bijlage LIX)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De hoogte van de plots loopt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De tweede plot in de kom (geteld vanaf de kreek) ligt hoger dan de eerste plot in de kom. Er kan geen duidelijke uitspraak gedaan worden over de relatie tussen de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid en de hoogte van de plots. De toename van de laagdikte is geleidelijk, maar midden 1988, eind 1990 en midden 1991 is er sprake van een teruglopende laagdikte. In midden 1989 en tussen eind 1991 en eind 1993 is er sprake van een gelijkblijvende laagdikte.

Raai 15 (bijlage LX)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De overgang en de kom liggen op ongeveer gelijke hoogte, de oeverwal ligt hoger. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. De toename van de laagdikte is geleidelijk, maar eind 1990 en begin 1991 is er sprake van een afnemende laagdikte. De laagdikte blijft gelijk tussen eind 1991 en eind 1992.

Raai 16 (bijlage LX)

De toename van de laagdikte is groot op enige afstand van het schorklif en heeft een geleidelijk verloop, maar begin 1989, midden 1990 en begin 1991 neemt de laagdikte hier af. Het hoogteverschil tussen de plots is niet erg groot. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt af met toenemende hoogte van de plots. Direct op het schorklif is er een zeer wisselende toename van de laagdikte tot eind 1991, daarna treedt erosie van het schorklif op. Na begin 1993 is de raai verdwenen door erosie van het schorklif.

Raai 17 (bijlage LXI)

De toename van de laagdikte op de oeverwal, overgang en kom is vrijwel gelijk. De hoogte van de plots neemt geleidelijk af van de oeverwal naar de kom. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid blijft constant met toenemende hoogte van de plots. De laagdikte neemt geleidelijk toe. Midden 1990 neemt de laagdikte af en eind 1989 en tussen eind 1991 en eind 1992 blijft de laagdikte gelijk.

Raai 18 (bijlage LXI)

De toename van de laagdikte is het grootst op de oeverwal en het kleinst in de kom. De overgang en de kom liggen op ongeveer gelijke hoogte, de oeverwal ligt hoger. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots. De toename van de laagdikte heeft een zeer geleidelijk verloop.

Raai 19 (bijlage LXII)

Er is een grote toename van de laagdikte op enige afstand van het schorklif, maar begin 1989 is er sprake van een afnemende laagdikte en tussen midden 1989 en begin 1990 en tussen eind 1991 en eind 1993 is er sprake van een gelijkblijvende laagdikte. Direct op het schorklif is er ook sprake van toename van de laagdikte, maar deze toename is veel minder dan op enige afstand van het schorklif. Hier is er sprake van een afnemende laagdikte tussen begin en eind 1991 en tussen eind 1992 en eind 1993. De tweede plot (geteld vanaf het schorklif) ligt hoger dan de eerste plot. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt toe met toenemende hoogte van de plots.

C 4.2 VERGELIJKING LAAGDIKTE MET STORMEN

Over het algemeen blijkt dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de kracht van de storm of het aantal stormen en het verloop van de laagdikte. Na een zware storm of een stormrijke periode neemt de laagdikte sterk toe. In rustige periode met weinig of minder harde wind is de toename van de laagdikte veel minder of is er zelfs sprake van een afnemende of gelijkblijvende laagdikte. Zie bijlage LXXVI voor de een grafisch overzicht van de stormen. Tevens is er sprake van een seizoencyclus. In de winter is er een toename van de laagdikte ten gevolge van stormen en in de zomer is er een gelijkblijvende of afnemende laagdikte ten gevolge van rustige weersomstandigheden en klink van de bodem. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid neemt wel af vanaf begin 1991/eind 1991, hoewel er tussen eind 1991 en eind 1993 toch enkele stormrijke periodes geweest zijn.

Uitzondering hierop zijn de volgende raaien:

Raai 13

Er is geen duidelijke relatie tussen de kracht van de stormen of het aantal stormen en het verloop van de laagdikte. De toename van de laagdikte is namelijk zeer geleidelijk. Dit is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat de raai aan de schorklifzijde gelegen is.

Raai 18

De toename van de laagdikte is zeer geleidelijk en er is geen directe relatie tussen de kracht van de storm of het aantal stormen en het verloop van de laagdikte.

Raai 19

Er is geen relatie tussen de kracht van de storm of het aantal stormen en het verloop van de laagdikte. Opvallend is zelfs dat na de stormachtige periode januari-februari 1990 de laagdikte zelfs afneemt en daarna pas sterk stijgt. Dit is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat de raai aan de schorklifzijde gelegen is en dus sterk onderhevig is aan erosie, door golven die op het klif breken. Tijdens een storm vindt er vaak erosie van het schorklif plaats en dit vrijgekomen sediment kan na een stormachtige periode weer op het schor sedimenteren.

C 4.3 RESULTATEN SEDIMENTATIE TOTAAL

1. 1987

Sterke toename in de laagdikte van eind maart tot midden/eind april (raai 15, 16 en 19 hebben een geleidelijk verloop). Dit snelle verloop van de toename van de laagdikte wordt mogelijk veroorzaakt door windopzet. De afname in mei is mogelijk het gevolg van inklink, erosie of meetonnauwkeurigheid (door ziekte van de vaste medewerker werd er op die dag een ander ingezet). Eind april/begin mei treedt er een afname van de laagdikte op. De tweede helft van mei neemt de laagdikte in de meeste gevallen weer toe. In juni is er sprake van een gelijkblijvende laagdikte.

In juli is er weer een toename van de laagdikte en deze toename zet door in de loop van het jaar. De stortingen blijken geen direct effect op de toename van de laagdikte van de schorren bij Waarde te hebben.

2. Na 1987 neemt de laagdikte geleidelijk toe. De totale stortingen van de baggerspecie hadden ook een geleidelijk verloop met de tijd.
3. De grootste toename van de laagdikte vind plaats op de oeverwallen en de kleinste toename van de laagdikte in de kommen. Uitzondering hierop is raai 12 waar de toename van de laagdikte het grootst is in de kom en het kleinst op de oeverwal.
De uitzondering van raai 12 is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat deze raai gelegen is langs de zeer grote kreek. De mogelijkheid bestaat dat door hoge stroomsnelheden op de oeverwal het sediment in het water niet op de oeverwal neer kan slaan, maar pas in de kom.
4. Op de raaien 13, 16 en 19 is de toename van de laagdikte het grootst op enige afstand van het schorklif. De raaien 13, 16 en 19 zijn gelegen langs het schorklif en als zodanig zeer gevoelig voor erosie ten gevolge van golfwerking op het klif. Bij de veldwaarnemingen blijkt dat het schorklif erodeert en dat de raaien 13, 16 en 19 dus zullen verdwijnen ten gevolge van de kliferosie. Raai 19 is echter tot nu toe niet mee geërodeerd. Dit is te verklaren door de gunstige ligging in het oosten van de schorren, zodat de raai minder invloed ondervindt van de verplaatsing van de Schaar van Valkenisse. Bovendien ligt de tweede plot van raai 19 (gerekend vanaf het schorklif) hoger dan de eerste plot. Bij de raaien 13 en 16 ligt de tweede plot juist lager dan de eerste plot.
5. De toename van de laagdikte op raai 18 is het grootst van alle raaien. De grote toename van de laagdikte op raai 18 is mogelijk te verklaren door de ligging van de plot langs een vrij grote kreek met veel water. Bovendien is de raai gelegen aan de langzaam oplopende zijde terwijl de bodem zeer slibrijk is. Dit duidt op een grote aanslibbing op deze lokatie. Volgens de meetafdeling wordt de sterke sedimentatie van raai 18 veroorzaakt door de ongunstige (niet representatieve) ligging van de betreffende plot op de rand van een kreek.
6. De plots op de lokatie west liggen hoger dan de plots op de lokaties midden en oost.
7. De toename van de laagdikte op de oeverwallen is het grootst aan de dijkzijde en het kleinst aan de schorklifzijde (zie bijlage LXIII en LXIV). Uitzondering hierop is lokatie oost, waar raai 18 (midden) de grootste toename van de laagdikte op de oeverwal heeft. Dit is te verklaren door doordat op de lokaties west en midden de raaien aan de dijkzijde hoger liggen dan de raaien in het midden, maar op de lokatie oost is de raai 18 (midden) hoger gelegen dan de raai aan de dijkzijde.

8. De toename van de laagdikte op de overgangen is het grootst aan de schorklifzijde en het kleinst aan de dijkzijde (zie bijlage LXV en LXVI). Uitzondering hierop is lokatie oost, waar raai 18 (midden) de grootste toename van de laagdikte op de overgang heeft.
9. De toename van de laagdikte in de kommen is bij de lokaties west en oost in het midden hoger dan aan de dijkzijde (zie bijlage LXVII en LXVIII). Bij de lokatie midden is de toename van de laagdikte in het midden en aan de dijkzijde gelijk.

Over het algemeen geldt voor de sedimentatie het volgende verloop:

Toenemende laagdikte:	Gelijkblijvende of afnemende laagdikte:
1. Eind 1987 t/m midden 1988.	1. Begin 1989 t/m eind 1989.
2. Midden 1988 t/m begin 1989.	2. Begin 1990 t/m eind 1990.
3. Eind 1989 t/m begin 1990.	3. Begin 1991 t/m midden 1991.
4. Eind 1990 t/m begin 1991.	4. Eind 1991 t/m eind 1992.
5. Midden 1991 t/m eind 1991.	
6. Eind 1992 t/m eind 1993.	

C 4.4 SCHORINDELING

De hoogte van de plots t.o.v. NAP (zie ook bijlagen LXXIII en LXXIV), de gemiddelde overspoelingsfrequentie op basis van gegevens uit 1990 en de schorindeling zijn in onderstaande tabel weergegeven. De resultaten zijn gebaseerd op de hoogte van de plot welke per raai het verst van de kreek af gelegen is. Hieruit blijkt dat de raaien 14, 15 en 17 in het middenschor en de raaien 11, 12, 13, 16, 18 en 19 in het hoogschor liggen.

Tabel C 4.1 Hoogte, overspoelingsfrequentie en schorindeling raaien

Raai	Hoogte plot m t.o.v. NAP	Overspoelings- frequentie	Schorindeling
11	2,89	235	hoog
12	2,85	265	hoog
13	2,86	235	hoog
14	2,69	360	midden
15	2,70	360	midden
16	2,99	175	hoog
17	2,70	360	midden
18	2,81	265	hoog
19	2,91	205	hoog

C 4.5 SEDIMENTATIESNELHEID

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid voor de periode tussen 4 maart 1987 en 25 oktober 1993 wordt in onderstaande tabel berekend. Voor raai 13 plot 0-1 en 5-6 en raai 16 plot 7-8 is er gerekend tot 9 november 1992 in verband met het verdwijnen van de raaien na deze datum. Voor raai 16 plot 0-1 is hierdoor gerekend tot 4 juli 1991. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in deze periode kan vergeleken worden met de sedimentatiesnelheid over lange termijn, zodat een uitspraak gedaan kan worden of de stortingen van baggerspecie een invloed hebben op de sedimentatie op de schorren.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in mm per jaar per plot is berekend door het verschil in laagdikte tussen de twee data te delen door het verschil in tijd tussen de twee data. Uit deze gegevens wordt de totale gemiddelde netto sedimentatiesnelheid (V gem. in mm per jaar) per raai bepaald.

Daarnaast is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de oeverwal, overgang en kom afzonderlijk en de totale snelheid berekend. Bovendien is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de lokaties west, midden en oost en de liggingen op het schor dijkzijde, midden en klifzijde berekend. Hierdoor kan een uitspraak gedaan worden over verschil in sedimentatiesnelheid op verschillende plaatsen op het schor. Er is onderscheid gemaakt tussen verschillende periode om een relatie aan te geven tussen de gemiddelde sedimentatiesnelheid en de hoeveelheden gestorte baggerspecie en stormen.

Tabel C 4.2 Sedimentatiesnelheid (mm per jaar) per raai

raai	11	12	13	14	15	16	17	18	19	excl. klif
oeverwal	15,6	10,8	0	19,8	13,2	6,9	13,2	34,8	4,6	17,9
overgang	9,3	12,8	26,9	7,6	10,6	21,6	13,0	23,4	16,6	12,8
kom	8,5	13,4		10,8	7,8		13,4	22,1		13,3
kom	7,2	17,0		8,2	10,1		13,2	24,1		
kom		16,7								
V gem.	10,2	14,1	13,4	11,6	10,4	14,2	13,2	26,1	10,6	14,3

Ervan uitgaande dat de 9 raaien representatief zijn voor het hele schor bedraagt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid tussen 4-3-1987 en 25-10-1993 14,0 mm per jaar. Wanneer de sedimentatiesnelheid van raai 18 buiten beschouwing wordt gelaten dan is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid 12,2 mm per jaar. Worden de raaien 13, 16 en 19 welke aan het schorklif gelegen zijn, buiten beschouwing gelaten, dan bedraagt de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid 14,3 m per jaar.

Berger en Eisman beschrijven de datering van sediment in de Westerschelde met behulp van de isotopen ^{134}Cs , ^{137}Cs en ^{210}Pb [Lit 1/3]. Uit de relatieve veranderingen in ^{137}Cs -concentratie valt over de periode 1963-1987 een gemiddelde netto sedimentatiesnelheid af te leiden van gemiddeld 8,4 mm per jaar voor de schorren bij Waarde. Het ^{210}Pb -onderzoek over langere periode (tot 100 jaar terug) geeft een gemiddelde netto sedimentatiesnelheid van 9,0 mm per jaar ter plaatste van de schorren bij Waarde te zien. Hierbij dient opgemerkt worden dat dit bepaald is aan de hand van één punt in de kom.

Wanneer de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over de periode 1963-1987 of over langere periode vergeleken wordt met de sedimentatiesnelheid over de periode 1987-1993, dan blijkt dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid toegenomen is. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat bij de metingen met behulp van de isotopen de mate van klink van de bodem in de metingen verwerkt is. Bij de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid over de periode 1987-1993 is er voor de meeste raaien geen rekening gehouden met inklinking van de bodem, doordat er slechts één kaolienlaagje aangebracht is (zie subparagraaf B 2.2.2 van dit rapport). Hierdoor zal de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in de periode 1987-1993 kleiner zijn dan de in dit onderzoek bepaalde waarden.

Tabel C 4.3 Sedimentatiesnelheid per periode

Periode	gemiddelde netto sedimentatiesnelheid (mm/jaar)			
	oeverwal	overgang	kom	totaal
4-3-1987 - 1-3-1989	17,1	18,5	18,5	18,1
1-3-1989 - 18-1-1991	17,9	18,2	11,8	15,4
18-1-1991 - 25-10-1993	9,3	11,8	10,5	10,5
4-3-1987 - 25-10-1993	13,2	15,7	13,3	14,0

Tabel C 4.4 Sedimentatiesnelheid (mm per jaar) per lokatie en ligging

	lokatie			dijk-zijde	ligging	
	west	midden	oost		midden	klif-zijde
4-3-1987 - 1-3-1989	18,6	16,3	19,4	17,8	22,1	10,1
1-3-1989 - 18-1-1991	13,8	13,3	19,3	11,0	17,3	20,1
18-1-1991 - 25-10-1993	7,1	9,0	15,7	7,7	12,3	12,3
4-3-1987 - 25-10-1993	12,6	11,7	17,8	11,7	16,7	12,8

Uit de tabellen 4.3 en 4.4 blijkt dat de totale gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de schorren bij Waarde in de loop der jaren afneemt. Opvallend is dat de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na de grote stortingen van 1987 en 1988 (periode 4-3-1987 - 1-3-1989) hoog is.

Op de oeverwallen en op de overgangen is er sprake van een verminderde gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na 1991, waarbij de oeverwallen de sterkste teruglopende gemiddelde netto sedimentatiesnelheid hebben. In de kommen treedt deze teruggang al na 1989 op.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de lokaties west en midden neemt na 1989 sterk af. Op de lokatie oost is er sprake van een kleine teruglopende gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na 1991.

Ook op de raaien die aan de dijkzijde en in het midden van het schor gelegen zijn is er sprake van een afnemende gemiddelde netto sedimentatiesnelheid na 1989. Op de raaien aan de klifzijde is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in de periode 1-3-1989 - 18-1-1991 groter dan in de periode 4-3-1987 - 1-3-1989, maar na 1991 neemt ook hier de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid af. Dit verschijnsel is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat deze raaien onderhevig zijn aan erosie.

De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid is in de periode 4-3-1987 - 25-10-1993 op de lokatie oost het hoogst van alle lokaties. De raaien welke op het midden van het schor gelegen zijn, hebben gemiddeld ook de hoogste gemiddelde netto sedimentatiesnelheid van de drie liggingsgebieden in deze periode. De gemiddelde netto sedimentatiesnelheid op de lokatie west en midden en de raaien welke aan de dijk- en klifzijde gelegen zijn hebben gemiddeld gezien in deze periode een sedimentatiesnelheid welke in dezelfde orde grootte ligt.

Er is geen duidelijke algemene relatie aan te geven tussen de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid en de hoogte of de overspoelingsfrequentie (zie bijlagen LXIX t/m LXXXI).

C 5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

C 5.1 RELATIE SEDIMENTATIE MET DE STORTINGEN, WINNINGEN EN STORMEN

Het algemene verloop van de sedimentatie op de schorren bij Waarde zou als volgt te verklaren kunnen zijn:

Begin 1987: sterke toename van de laagdikte --> storm in 1987.

Eind 1987 t/m midden 1988: sterke toename van de laagdikte --> zeer grote netto toename van sediment in 1987 + stormachtige periode.

Midden 1988 t/m begin 1989: toenemende laagdikte --> grote netto toename van sediment in 1988, welke kleiner is dan de netto toename van sediment in 1987 + rustige periode.

Begin 1989 t/m eind 1989: gelijkblijvende of afnemende laagdikte --> zeer kleine netto toename van sediment door grote winning en storting in 1989 + rustige periode.

Eind 1989 t/m begin 1990: toenemende laagdikte --> zeer stormachtige periode.

Begin 1990 t/m eind 1990: gelijkblijvende of afnemende laagdikte --> zeer rustige periode.

Eind 1990 t/m begin 1991: toenemende laagdikte --> netto toename van sediment in 1990 + een storm.

Begin 1991 t/m midden 1991: gelijkblijvende of afnemende laagdikte --> zeer rustige periode.

Midden 1991 t/m eind 1991: toenemende laagdikte --> zeer kleine netto toename van sediment in 1991.

Eind 1991 t/m eind 1992: gelijkblijvende of afnemende laagdikte --> zeer kleine netto toename van sediment in 1991, echter wel stormachtige periode.

Eind 1992 t/m eind 1993: toenemende laagdikte --> netto toename van sediment in 1992 + stormachtige periode.

C 5.2 TOTAAL

Wanneer het verloop van de netto toename van sediment in de Schaar van Waarde in de loop der jaren vergeleken wordt met het verloop van de laagdikte op de schorren bij Waarde in de loop der jaren, blijken de stortingen van baggerspecie en de winning van zand in de Schaar van Waarde direct invloed te hebben op het verloop van de laagdikte op de schorren bij Waarde. Een grote netto toename van sediment in de Schaar van Waarde resulteert in een grote toename van de laagdikte op het schor. De stortingen en de winningen blijken tot ½ jaar na de stortingen of winningen door te werken op de laagdikte op de schorren bij Waarde.

Daarnaast blijkt dat de hoeveelheid sediment dat op de schorren terecht komt afhankelijk is van de windkracht. Vlak na een zware storm of stormachtige periode neemt de laagdikte op de schorren sterker toe dan tijdens rustige periodes. In rustige periodes en wanneer er tevens weinig aanbod van sediment is er vaak sprake van een gelijkblijvende laagdikte of is er zelfs sprake van een afnemende laagdikte.

De gemiddelde sedimentatiesnelheid over de periode 1987-1993 ligt hoger dan de sedimentatiesnelheid welke met behulp van de isotopenonderzoeken is bepaald. Deze toename in de sedimentatiesnelheid kan toegeschreven worden aan de lozingen van baggerspecie. De grote gemiddelde netto sedimentatiesnelheid in de periode 4-3-1987 - 1-3-1989 is waarschijnlijk het gevolg van de grote toename van sediment in 1988 en 1989 in de Schaar van Waarde. Tussen 1-3-1989 en 18-1-1991 is de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid ook nog groot. Dit kan waarschijnlijk toegeschreven worden aan de toename van sediment in de Schaar van Waarde in 1990, maar vooral ook door de stormen begin 1990.

Na 18-1-1991 neemt op alle lokaties en liggingsgebieden de gemiddelde netto sedimentatiesnelheid af. Deze afname is te verklaren door het feit dat in 1991 weinig toename van sediment in de Schaar van Waarde heeft plaatsgevonden. Bovendien waren er tussen eind 1990 en midden 1992 weinig (zware) stormen. In 1992 heeft echter wel een grote toename van sediment in de Schaar van Waarde plaatsgevonden en begin 1993 was er ook sprake van een stormrijke periode. Op de meeste raaien neemt de laagdikte vanaf eind 1992 dan ook weer sneller toe ten opzichte van de toename van de laagdikte tussen begin 1991 en eind 1992.

Samengevat kan dus geconcludeerd worden dat de stortingen en winningen in de Schaar van Waarde een directe invloed hebben op de sedimentatie op de schorren bij Waarde. Bovendien blijken stormen of stormrijke periodes een belangrijke rol te spelen in de toename van de laagdikte op de schorren.

C 5.3 DE TOEKOMST

In 1993 is er sprake van een kleine netto toename van sediment in de Schaar van Waarde, zodat er niet veel extra sediment beschikbaar is om op de schorren bij Waarde te sedimenteren. De winter 1993-1994 is echter zeer stormachtig geweest, zodat het beschikbare sediment op de schorren terecht gekomen zal zijn.

Op langere termijn zal de sedimentatie op de schorren bij Waarde waarschijnlijk weer afnemen tot normale waarden, doordat er in de komende jaren geen stortingen van baggerspecie in de Schaar van Waarde meer plaats zullen vinden.

Aan de andere kant kan er weer wel een toename van de sedimentatie op de schorren bij Waarde plaatsvinden. Er is namelijk sprake van verandering in het verloop van de Schaar van Valkenisse vlak voor de schorren bij Waarde, waardoor er een sterke erosie van het schorklif plaatsvindt. Het sediment dat hierbij vrijkomt zou dus ook op de schorren kunnen sedimenteren. Bovendien kan er verlaging van de voor het schor gelegen slikken optreden en sediment dat hierbij vrijkomt kan ook op de schorren sedimenteren.

C 6 AANBEVELINGEN

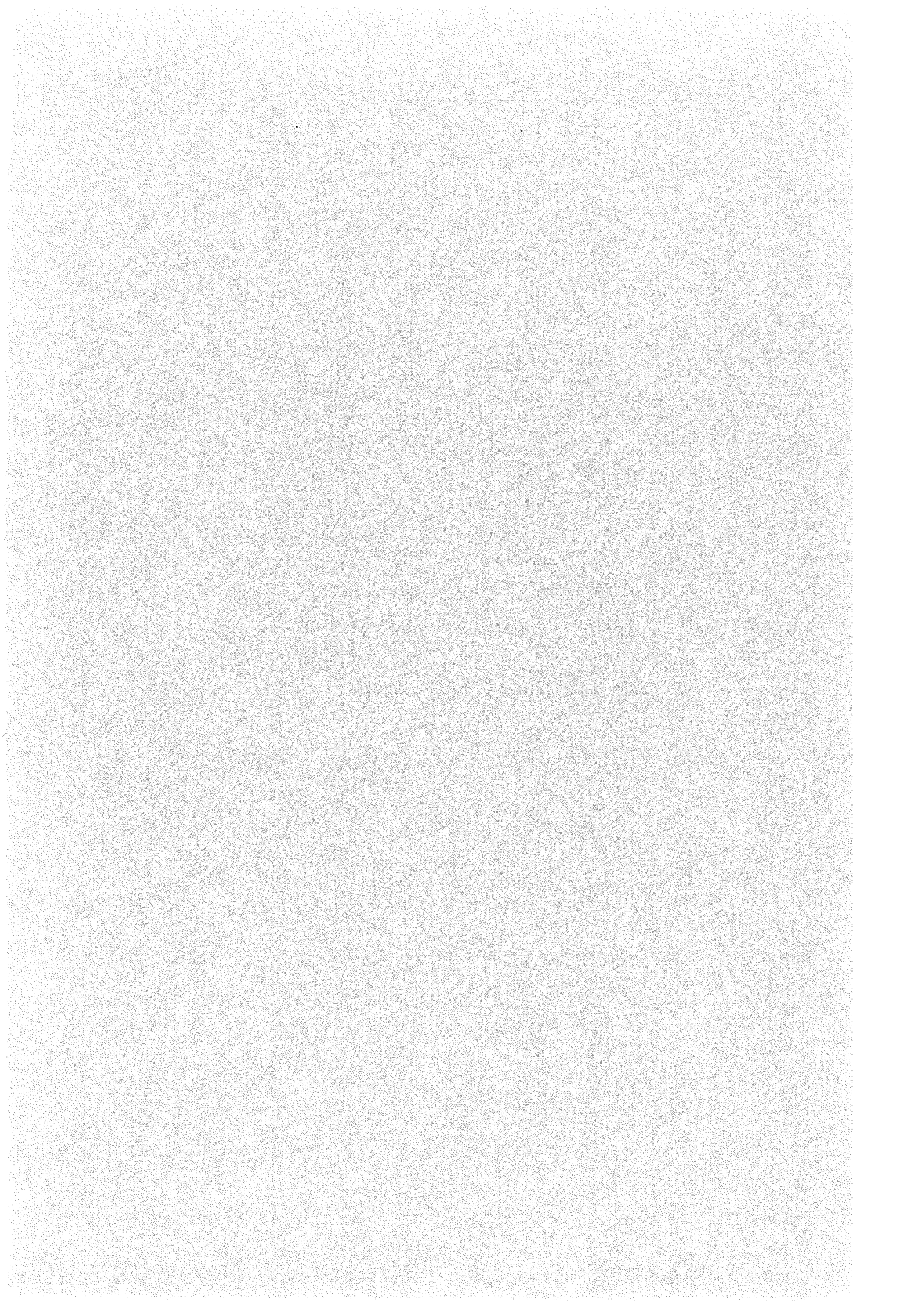
Zie hoofdstuk B 5 van dit rapport voor de aanbevelingen.

LITERATUURLIJST

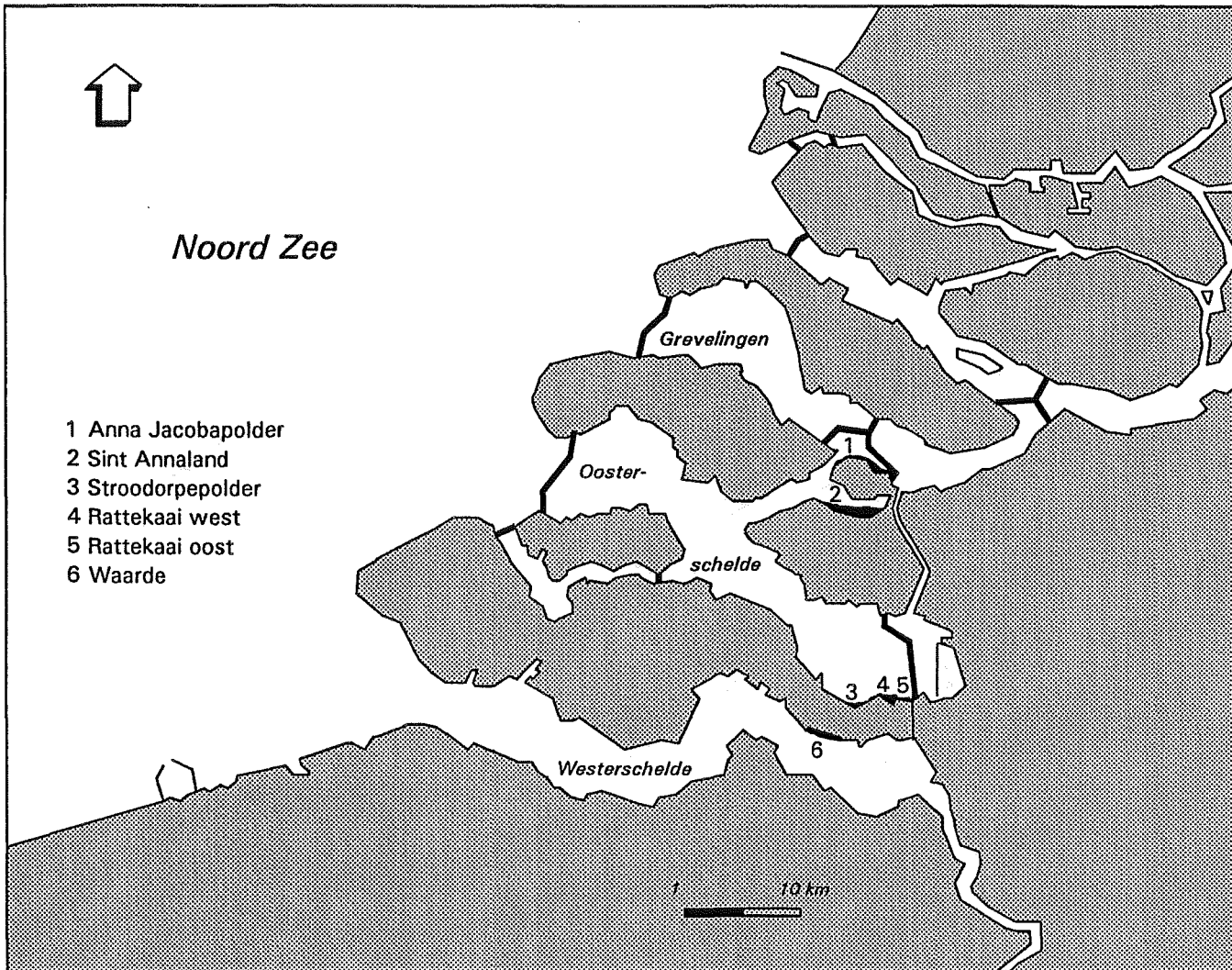
1. Berger, G.W en D. Eisma, *Datering van sedimenten in de Westerschelde met behulp van de isotopen ^{134}Cs , ^{137}Cs en ^{210}Pb* , NIOZ-Rapport 1988-2, z.p., 1988.
2. Bogaard, E., E. de Deckere, L. van Katwijk, e.a., *Verdieping in de Westerschelde, Onderzoek naar de mogelijke effecten van ingrepen in de Westerschelde, ten behoeve van een grotere diepgang in de vaargeul en natuurontwikkeling in de Westerschelde*, Landbouwniversiteit Wageningen, november 1990.
3. Bollebakker, P., D. de Jong, J. Vroon, *Evaluatie effecten lozing specie Kanaal Zuid-Beveland*, notitie GWWS-89.508, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, maart 1989.
4. Bollebakker, P., *Morfologische ontwikkelingen schorren en slikken van waarde*, notitie GWWS-91.13038, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, 13 maart 1991.
5. Bongaarts, R. en W. Cramer, *Bodemonderzoek op het schor Rattekaai west*, Utrecht, september 1982.
6. Dent, D., *Acid sulphate soils: a baseline for research and development*, IRLI publication 39, Wageningen.
7. Jong, D.J. de, F. Steyaert, *Onderzoeksplan effecten speciebergingskanaal door Zuid-Beveland*, notitie GWAO-86.538, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, 1986.
8. Jong, Z. de, D. de Jong en J. Mulder, 'Effecten van het veranderd getij voor de schorren in de Oosterschelde', *De Levende Natuur* 5 (1992).
9. Jong, Z. de, *Schorren in de Oosterschelde: Veranderingen van de morfologie, de bodem en de vegetatie, tijdens en na de aanleg van de stormvloedkering, analyses en prognoses*, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, 1993.
10. Goedheer, G.J., *Schorontwikkeling, Een kwalitatieve en kwantitatieve beschouwing van de invloed van abiotische factoren op de vegetatie van schorren en van vegetatie op de morfologische ontwikkeling (een literatuurstudie)*, nota nr. DDMI-85.22, Rijksuniversiteit Utrecht, mei 1985.
11. Houtekamer, N.L., *De veranderingen van de bodem en vegetatie van vijf schorren in het Oosterscheldegebied*, Middelburg, oktober 1990.
12. Houtekamer, N.L., *Schorren in de Oosterschelde: Onderzoek naar het verzuringsrisico van schorbodems door de oxidatie van pyriet*, Middelburg, april 1991.

13. Loran, T., R. Menting, R. Nieuwenhuys e.a., *Verslag van een bodemkundig onderzoek op de buitendijkse gronden bij Sint Annaland, Tholen, Utrecht, januari 1982.*
14. Oenema, O., *Early diagenesis in recent fine-grained sediments in the Eastern Scheldt, Utrecht, mei, 1988.*
15. Steyaert, F., *Erosie/sedimentatie schor en slik Emanuelpolder, notitie GWAO-87.493, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, 11 september 1987.*
16. *Veilig getij, Beheer en gebruik stormvloedkering Oosterschelde, ervaring en bijstelling, Rijkswaterstaat directie Zeeland, Middelburg, november 1991.*
17. *Veilig getij, Evaluatie van de Oosterscheldewerken na 5 jaar stormvloedkering, Rijkswaterstaat directie Zeeland, Middelburg, november 1991.*
18. Vranken, M., O. Oenema, O. en J. Mulder, 'Effects of tide range alterations on salt marsh sediments in the Eastern Scheldt, southwest Netherlands', *Hydrobiologia* 195.
19. Zwolsman, J., G.W. Berger, G.T.M. van Eck, *Sediment accumulation rates, historical input, postdepositional mobility and retention of major elements and trace metals in salt marsh sediments of the Scheldt estuary, SW Netherlands, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Middelburg, 18 februari 1993.*

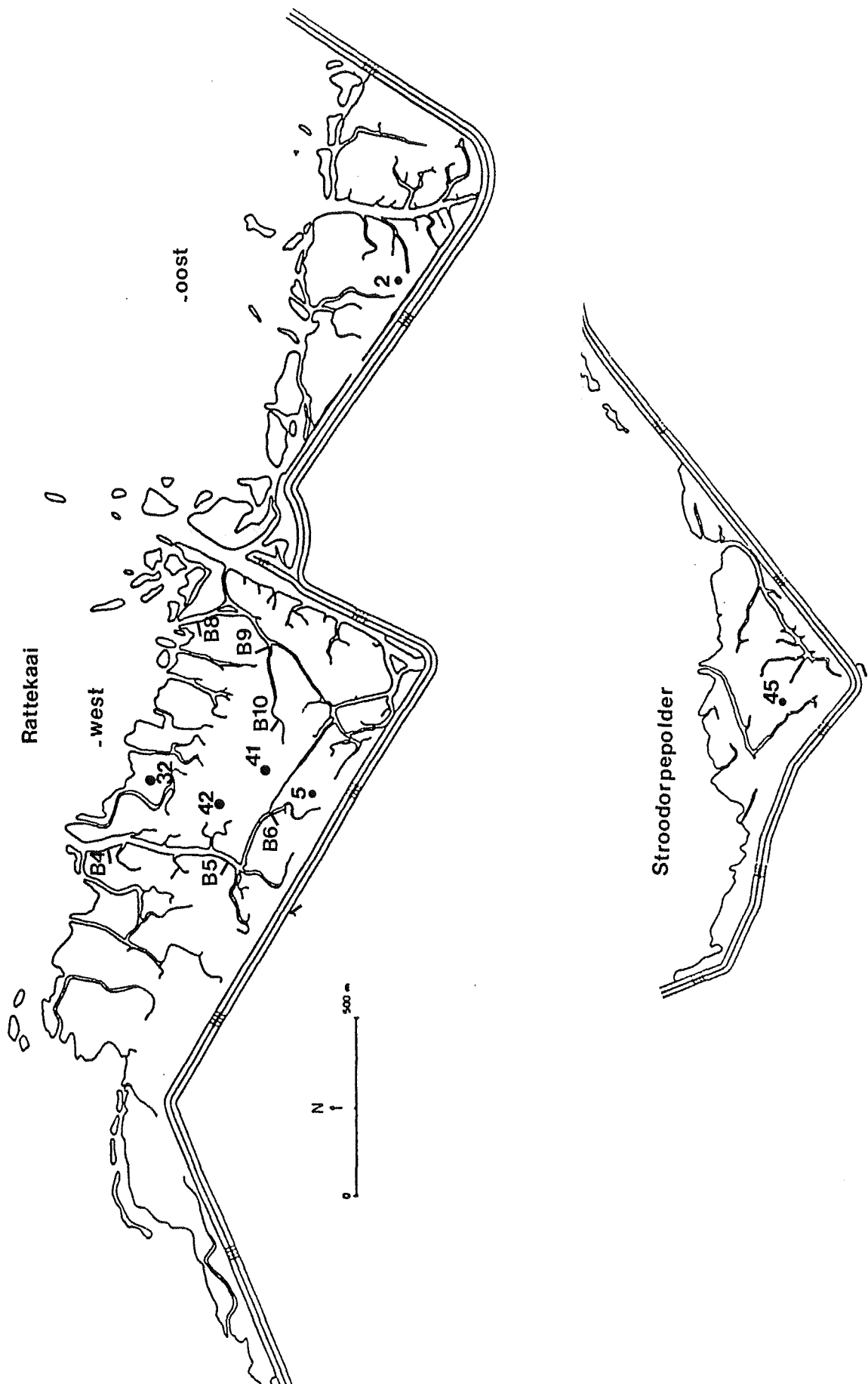
BIJLAGEN



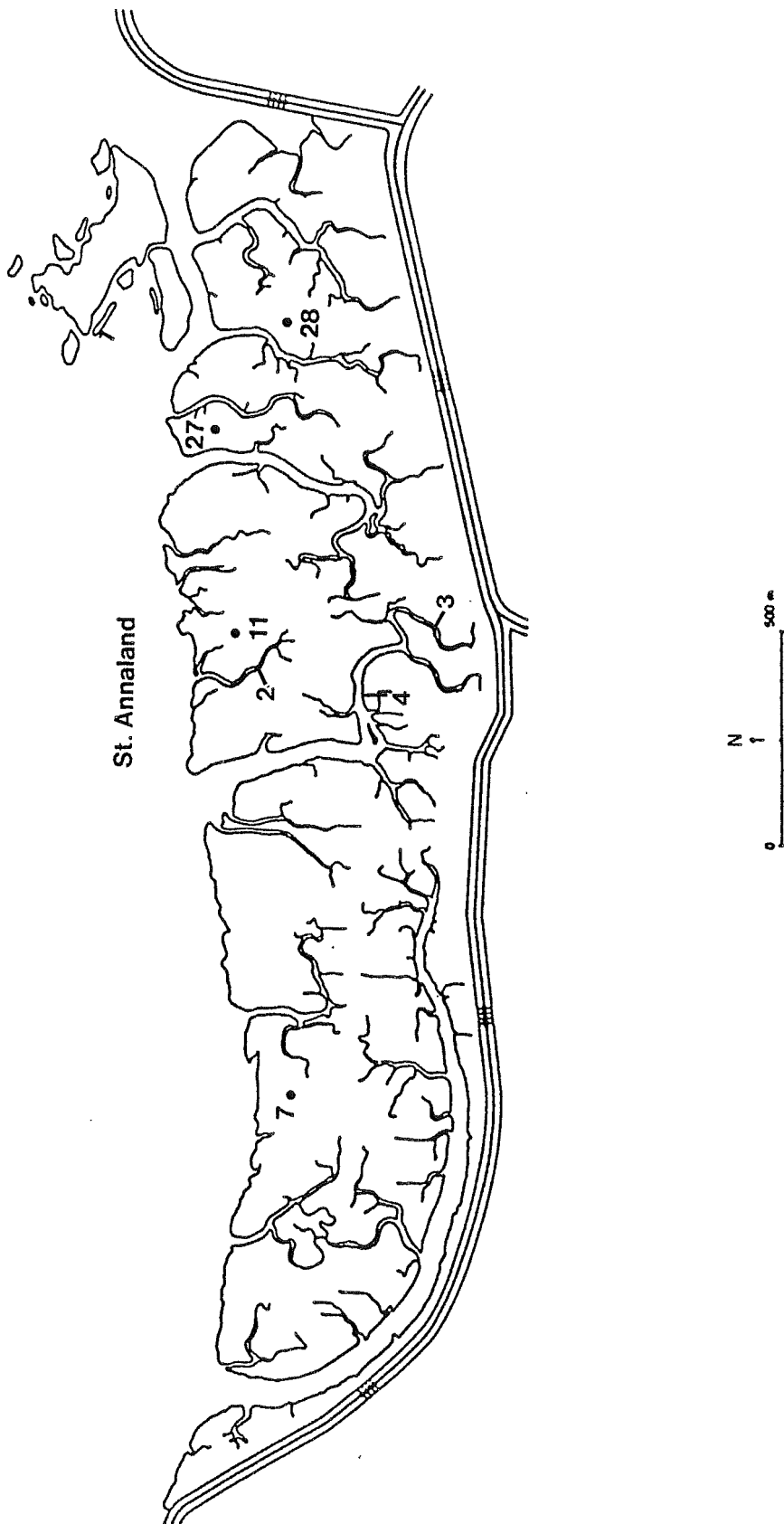
BIJLAGE I: LIGGING VAN DE ONDERZOEKSGBIEDEN



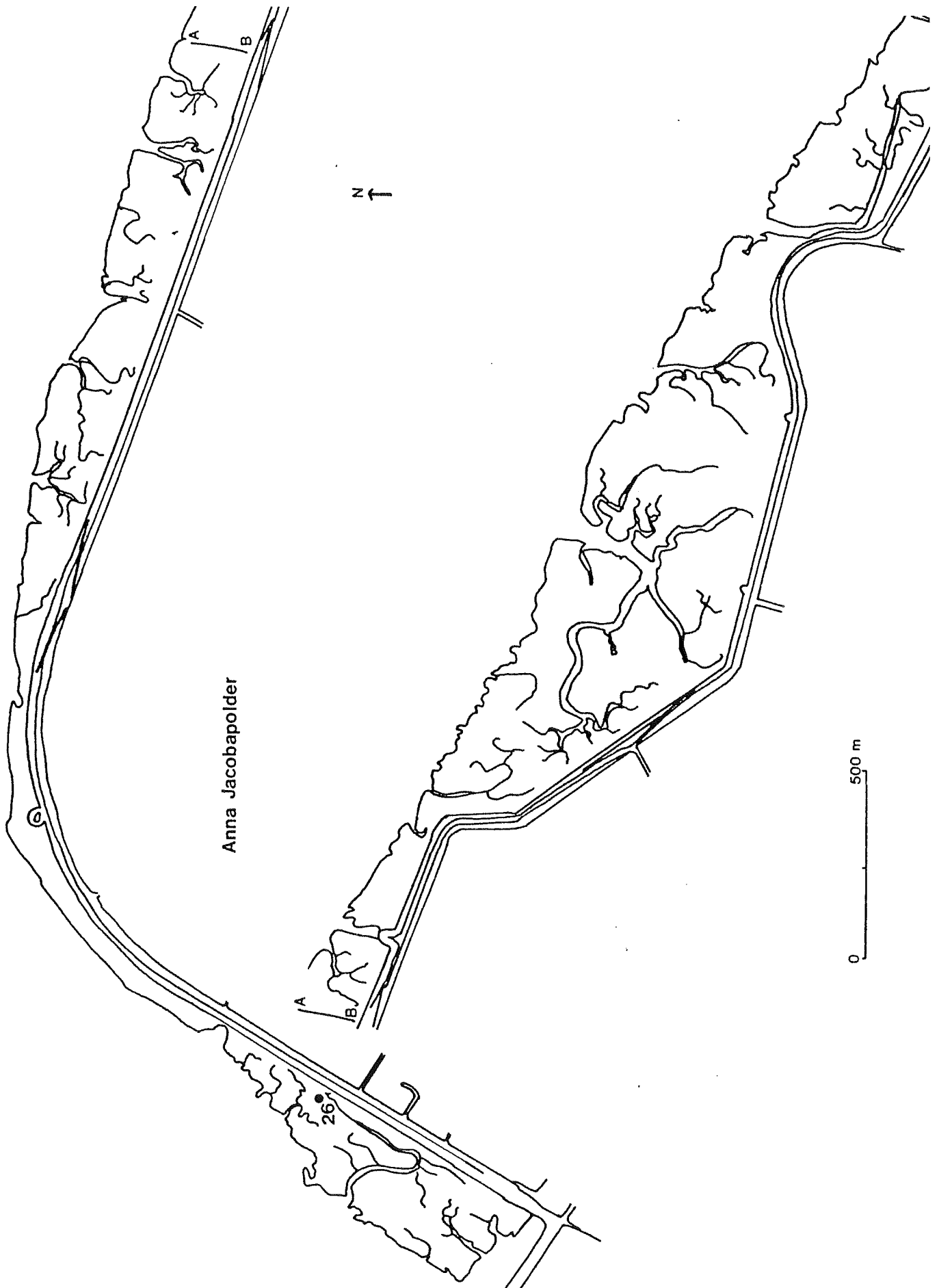
BIJLAGE II: LIGGING VAN DE ONDERZOCHE KOMMEN EN RAAIEN OP DE SCHORREN RATTEKAAI WEST, RATTEKAAI OOST EN STROODORPEPOLDER (VERZURING: 2, 5, 32, 41, 42; SEDIMENTATIE: B4, B5, B6, B8, B9, B10)



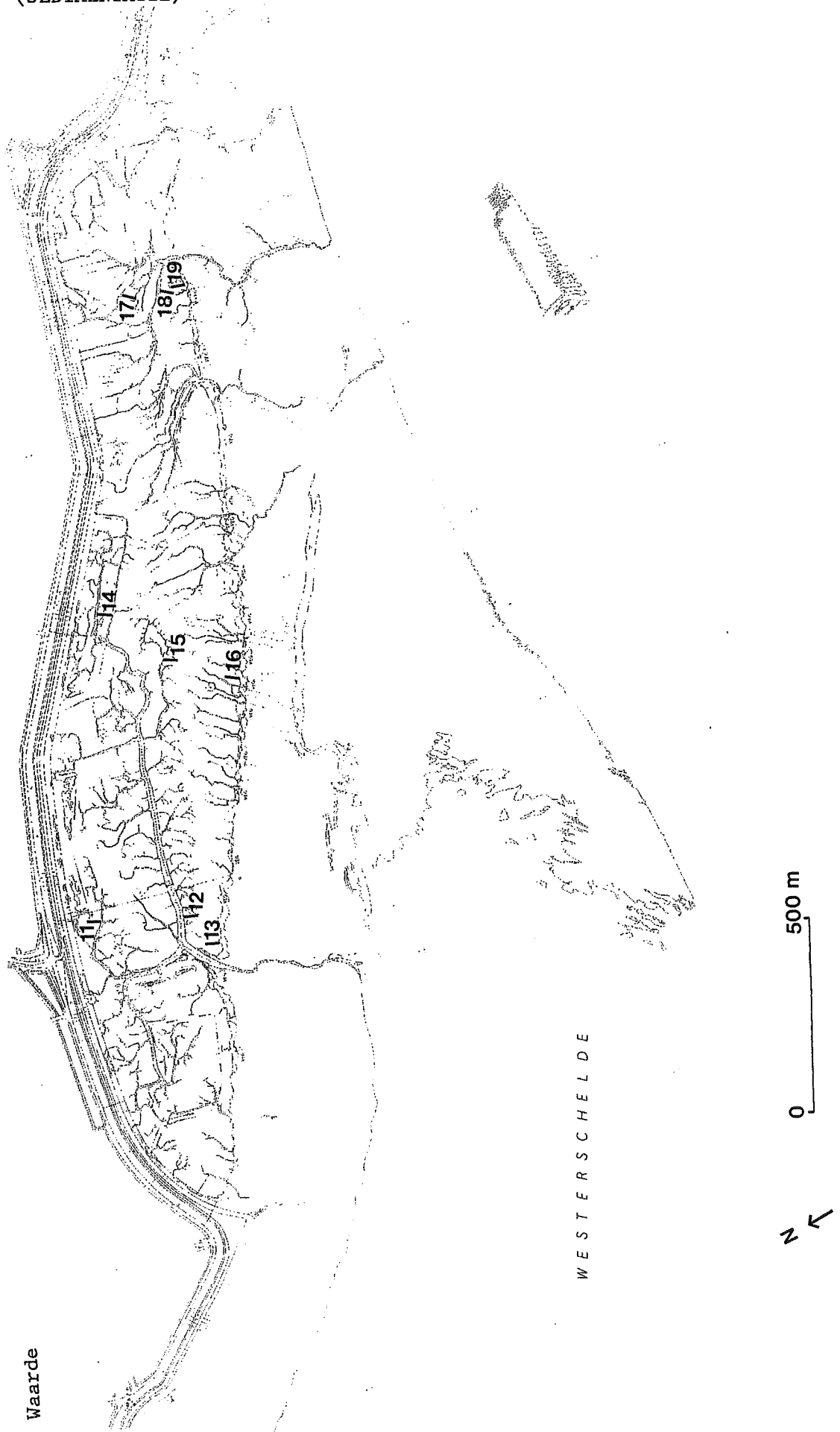
BIJLAGE III: LIGGING VAN DE ONDERZOCHE KOMMEN EN RAAIEN OP DE SCHORREN BIJ SINT ANNALAND (VERZURING: 7, 11, 27, 28; SEDIMENTATIE: 2, 3, 4)



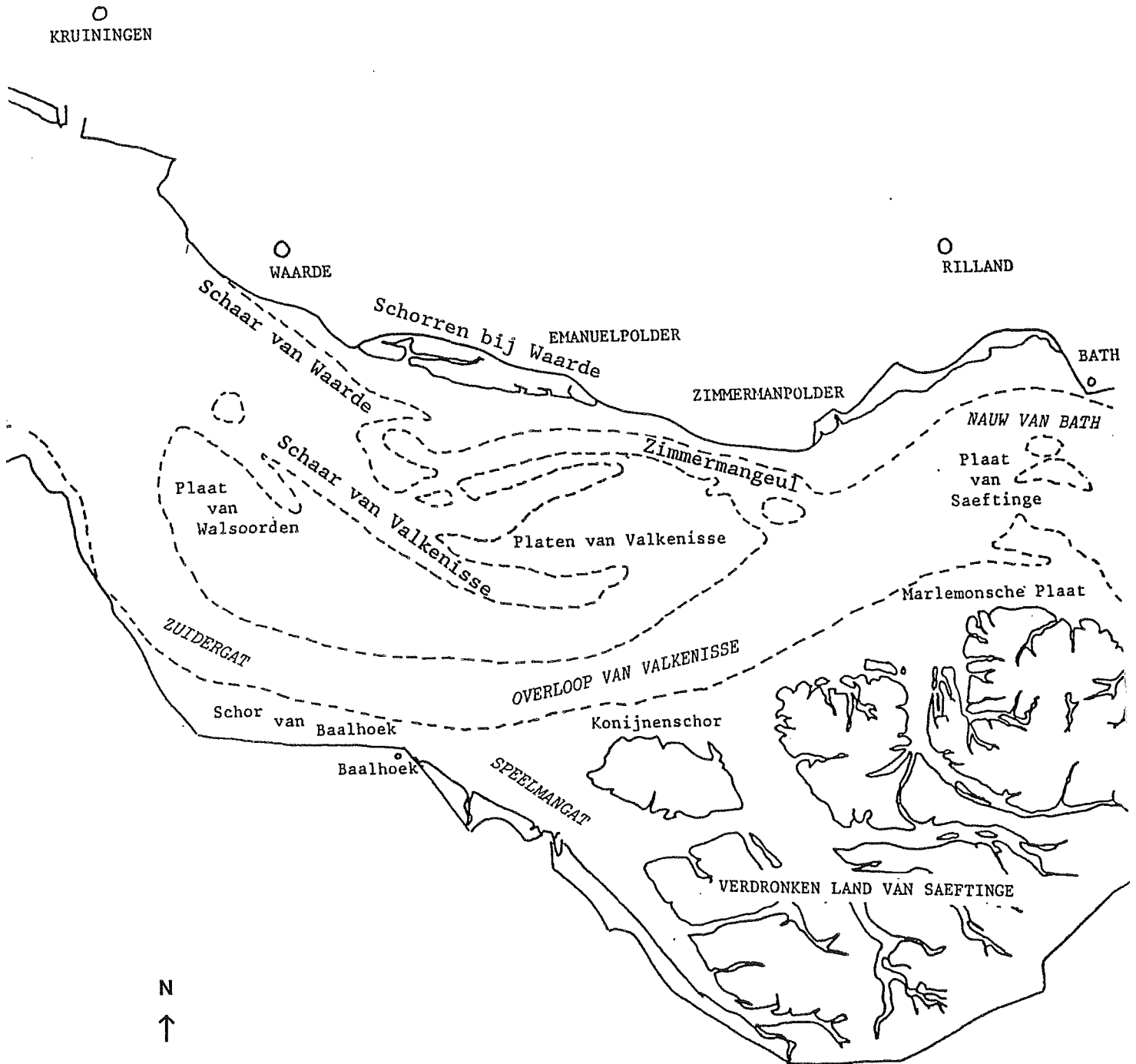
BIJLAGE IV: LIGGING VAN DE ONDERZOCHE KOM OP DE SCHORREN BIJ ANNA JACOBAPOLDER (VERZURING)



BIJLAGE V: LIGGING VAN DE ONDERZOCHE RAAIEN OP DE SCHORREN BIJ WAARDE
(SEDIMENTATIE)



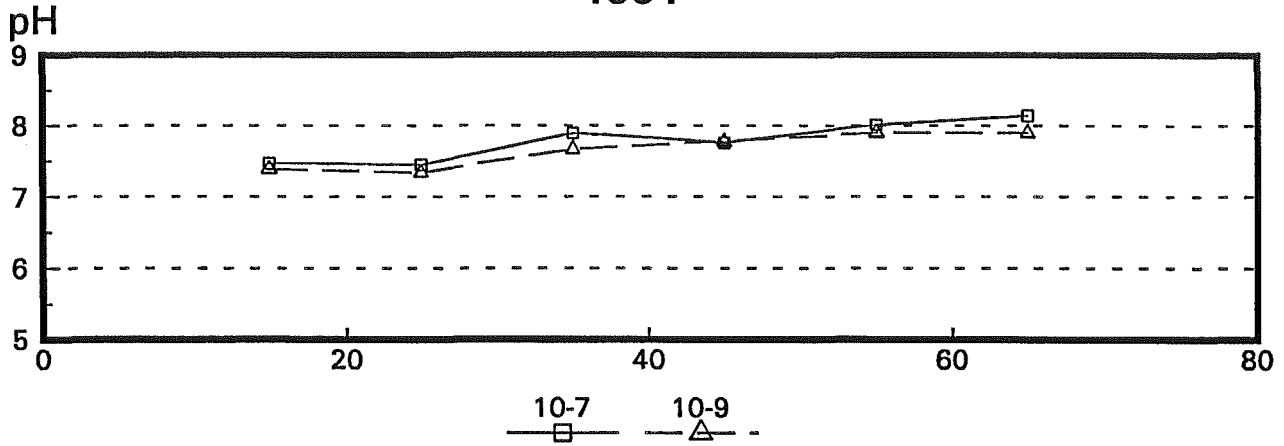
BIJLAGE VI: LIGGING VAN GEULEN IN DE OOSTERLIJK DEEL VAN DE WESTERSCHELDE



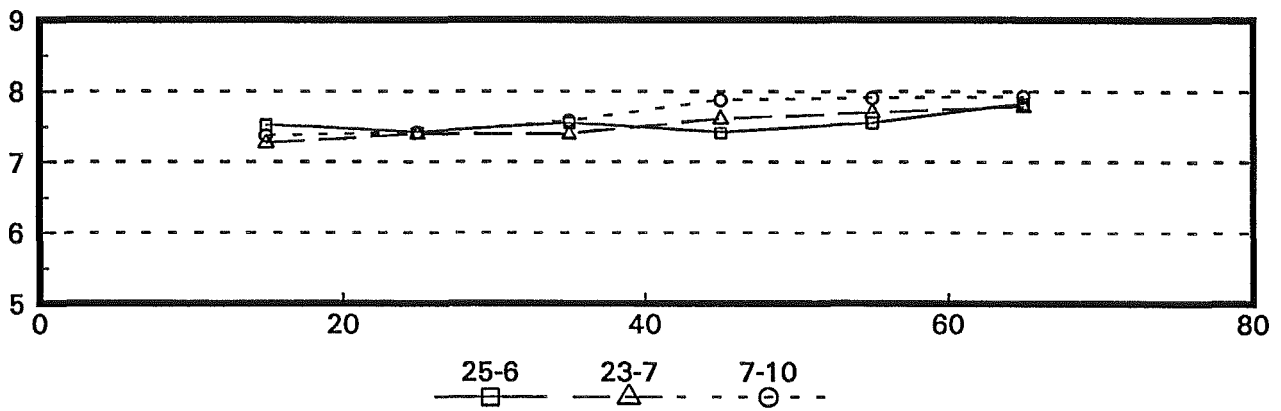
Rattekaai oost kom 2

pH

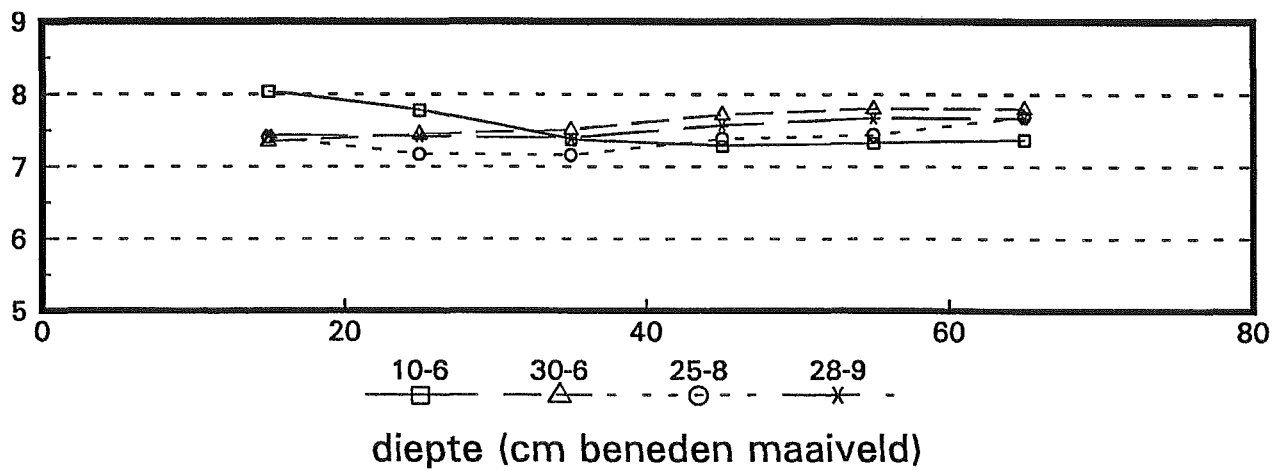
1991



1992

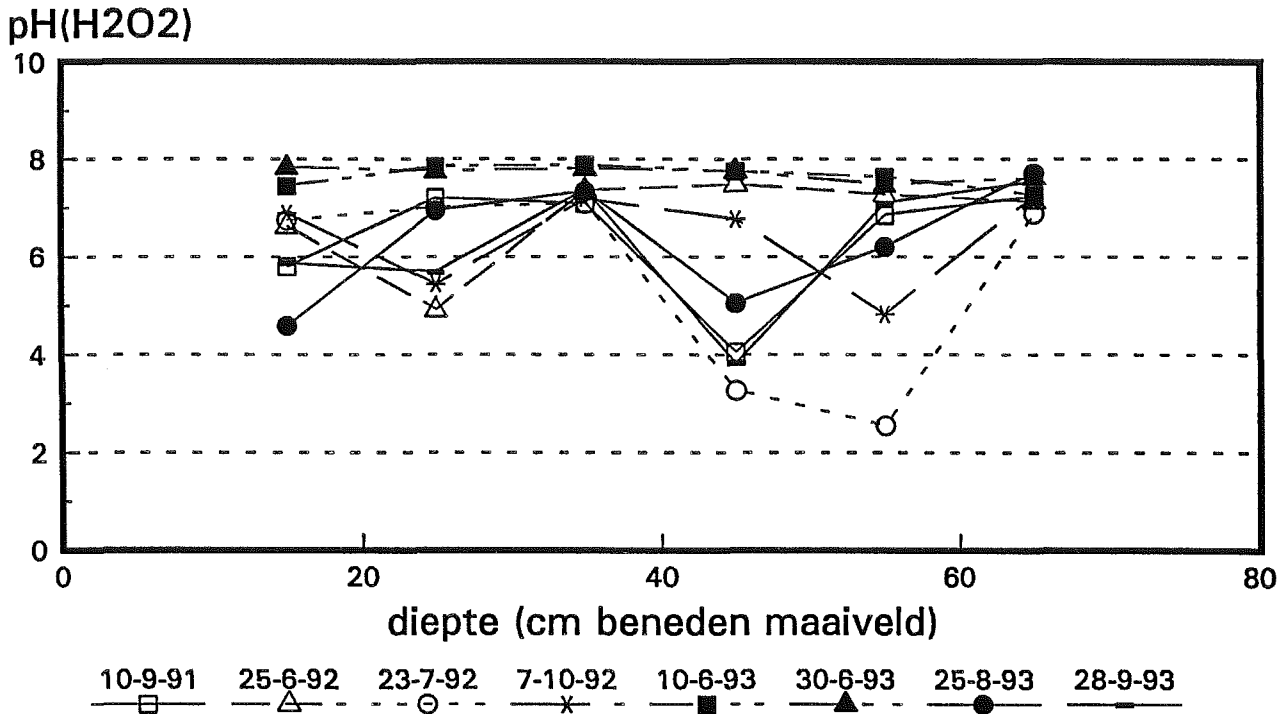


1993

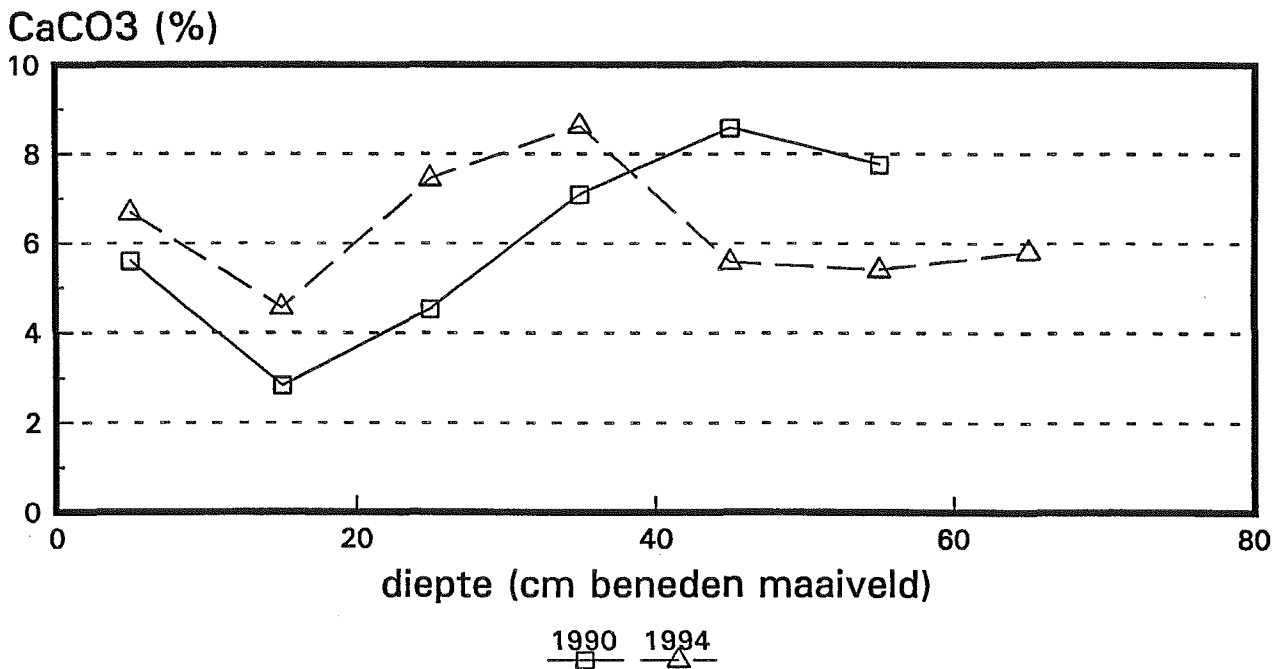


Rattekaai oost kom 2

pH(H₂O₂)



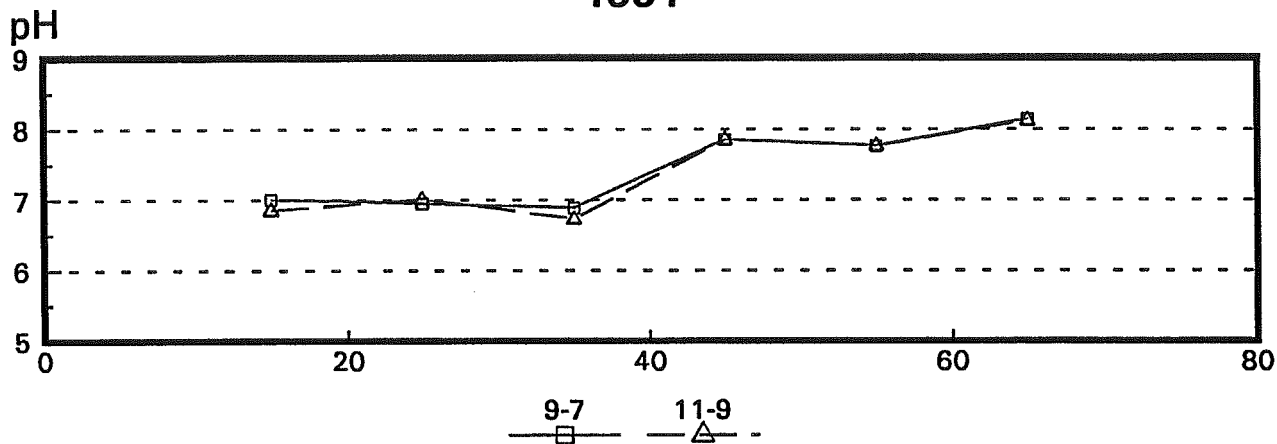
Kalkgehalte Scheibler-methode



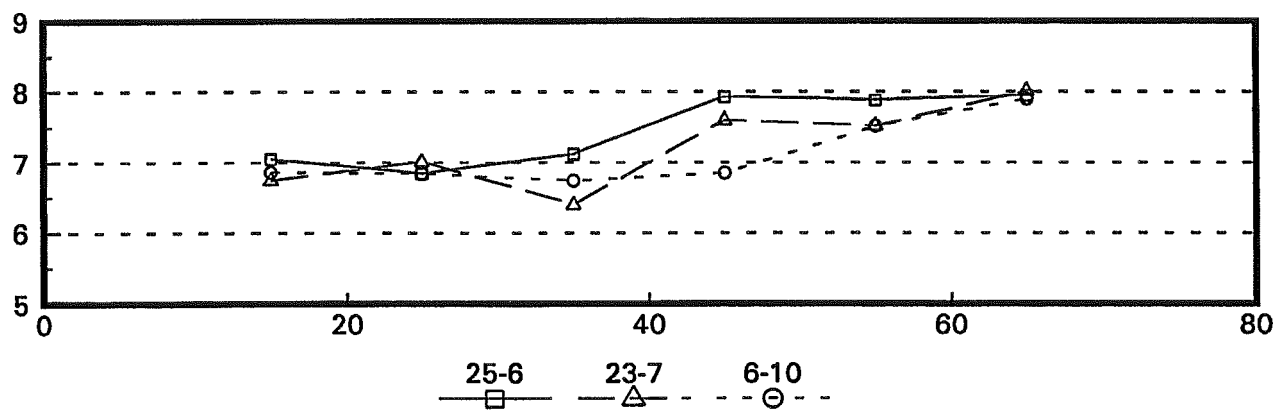
Sint Annaland kom 7

pH

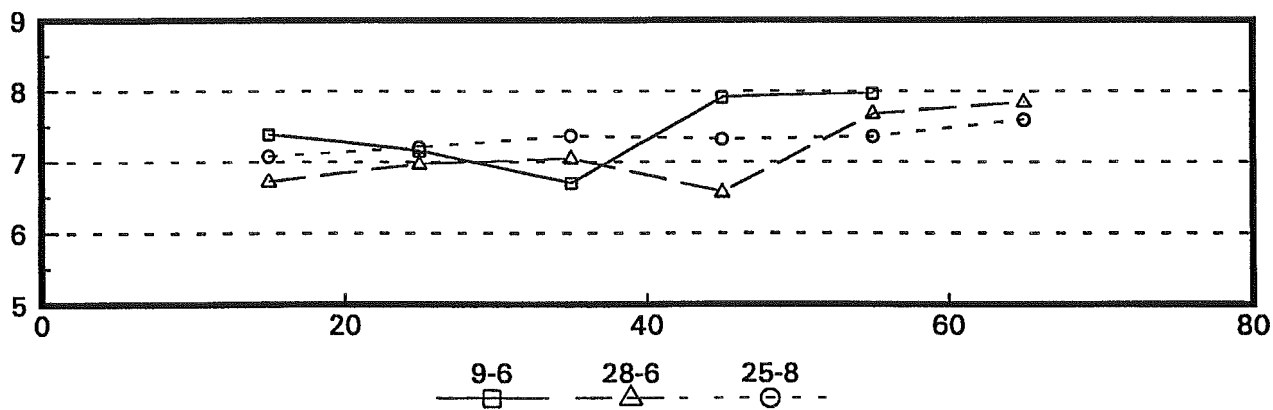
1991



1992



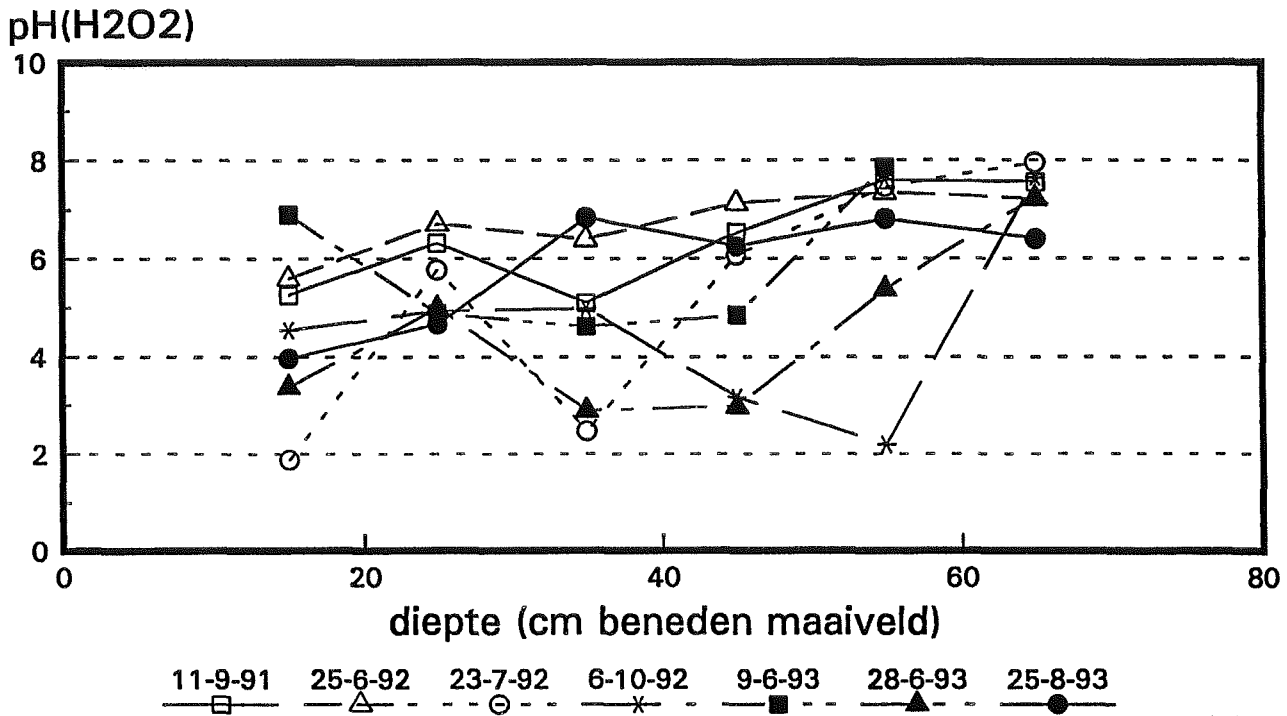
1993



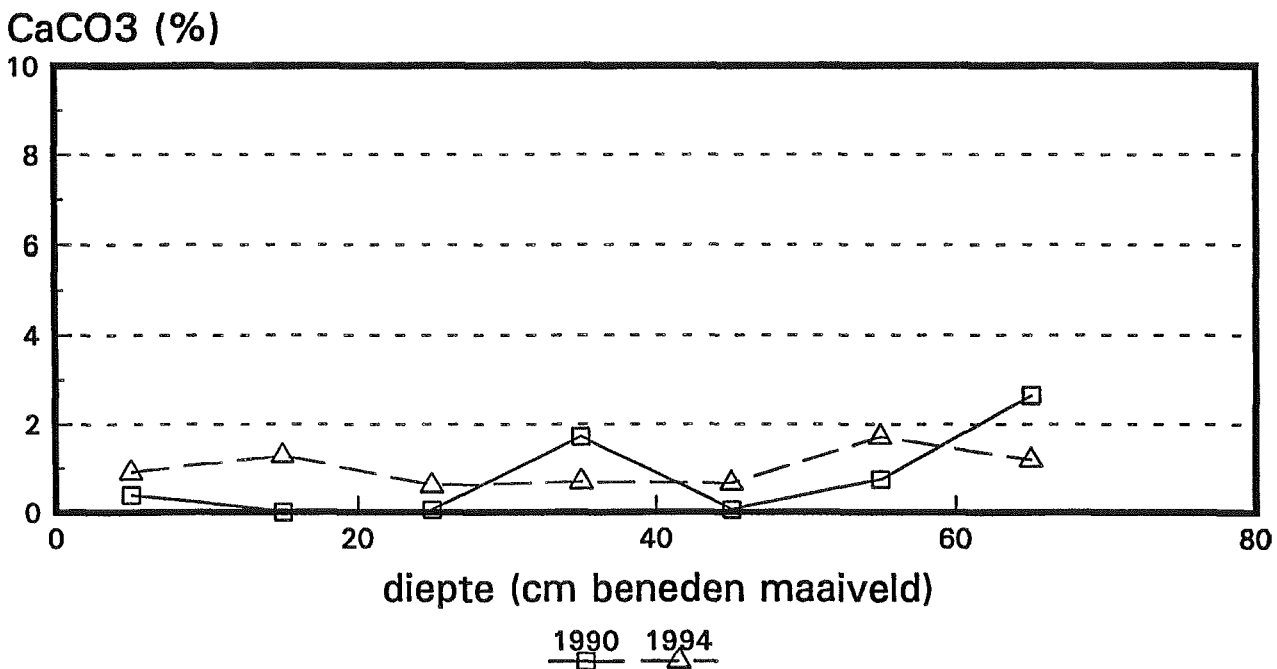
diepte (cm beneden maaiveld)

Sint Annaland kom 7

pH(H₂O₂)



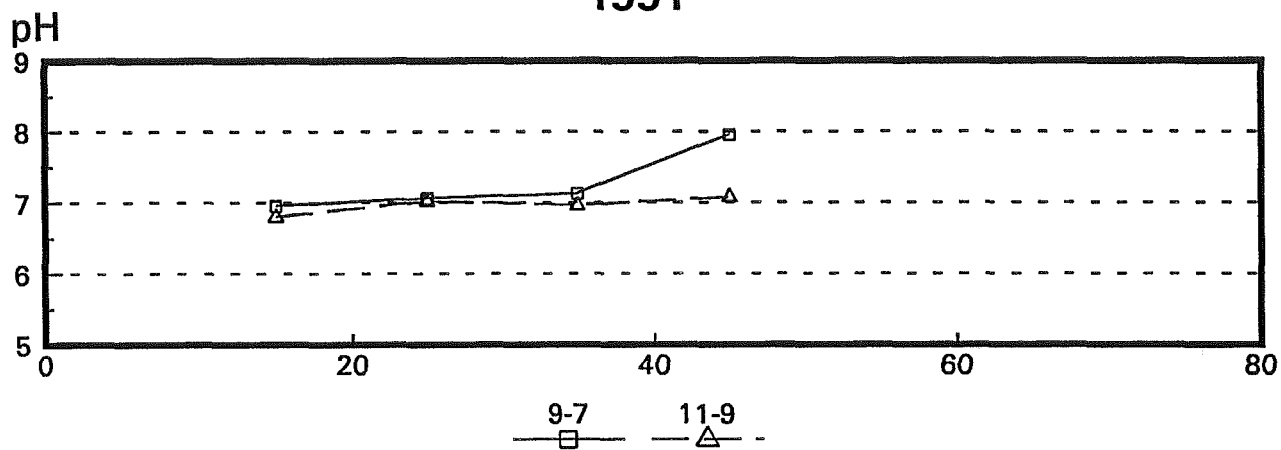
Kalkgehalte Scheibler-methode



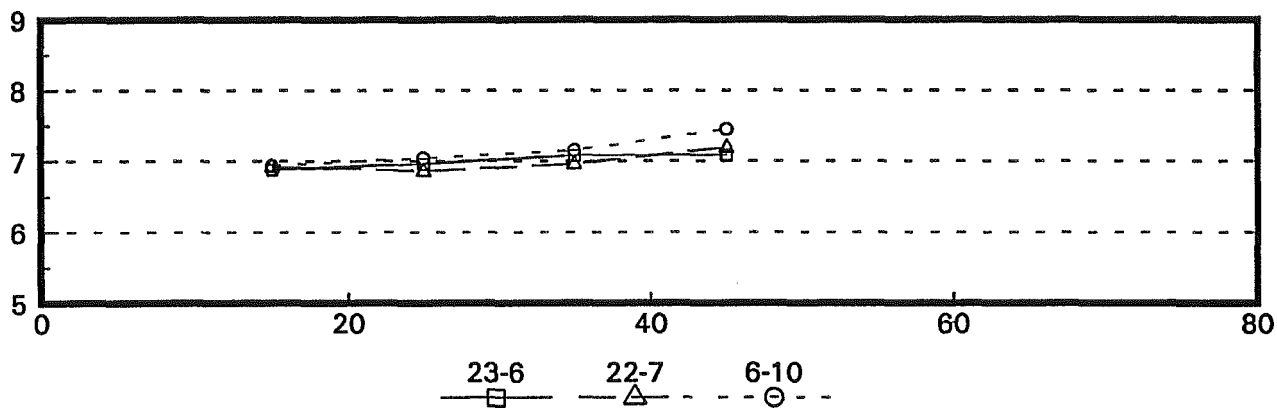
Sint Annaland kom 11

pH

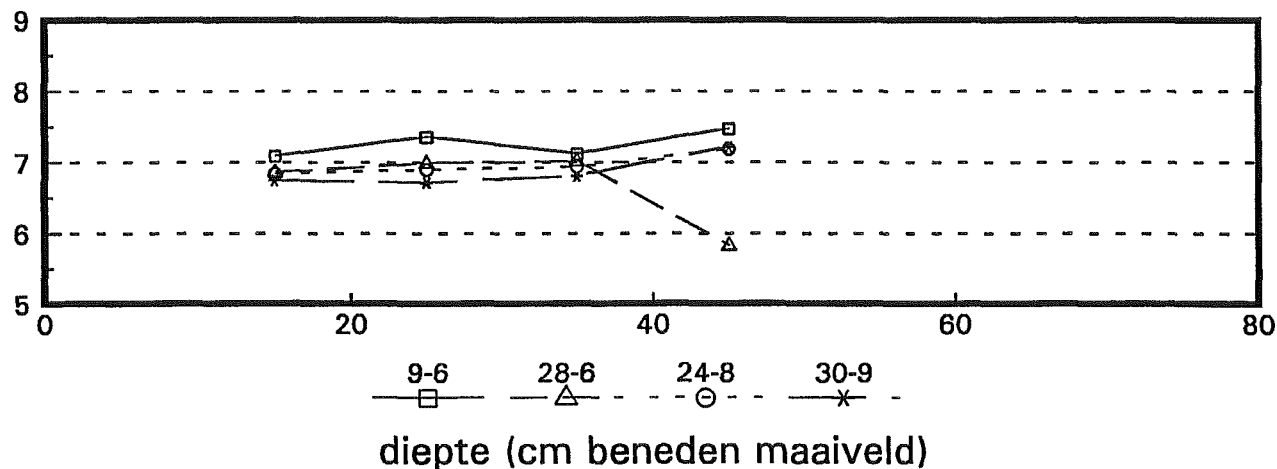
1991



1992



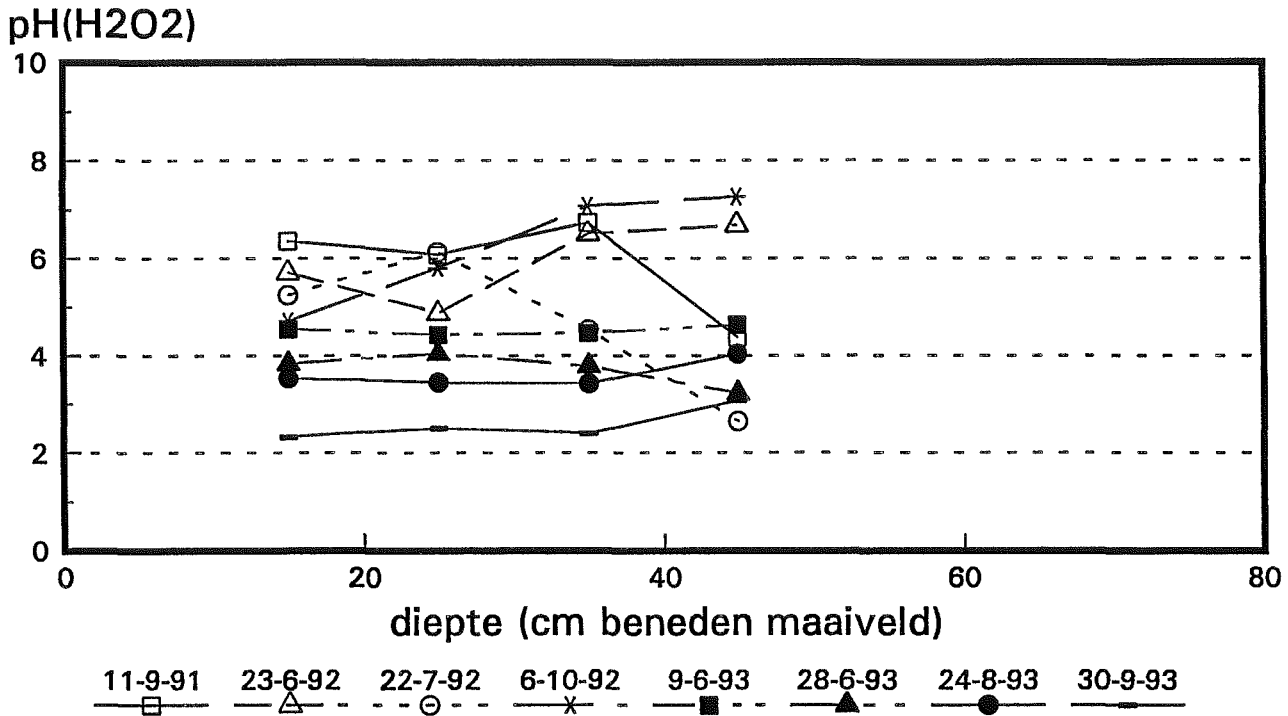
1993



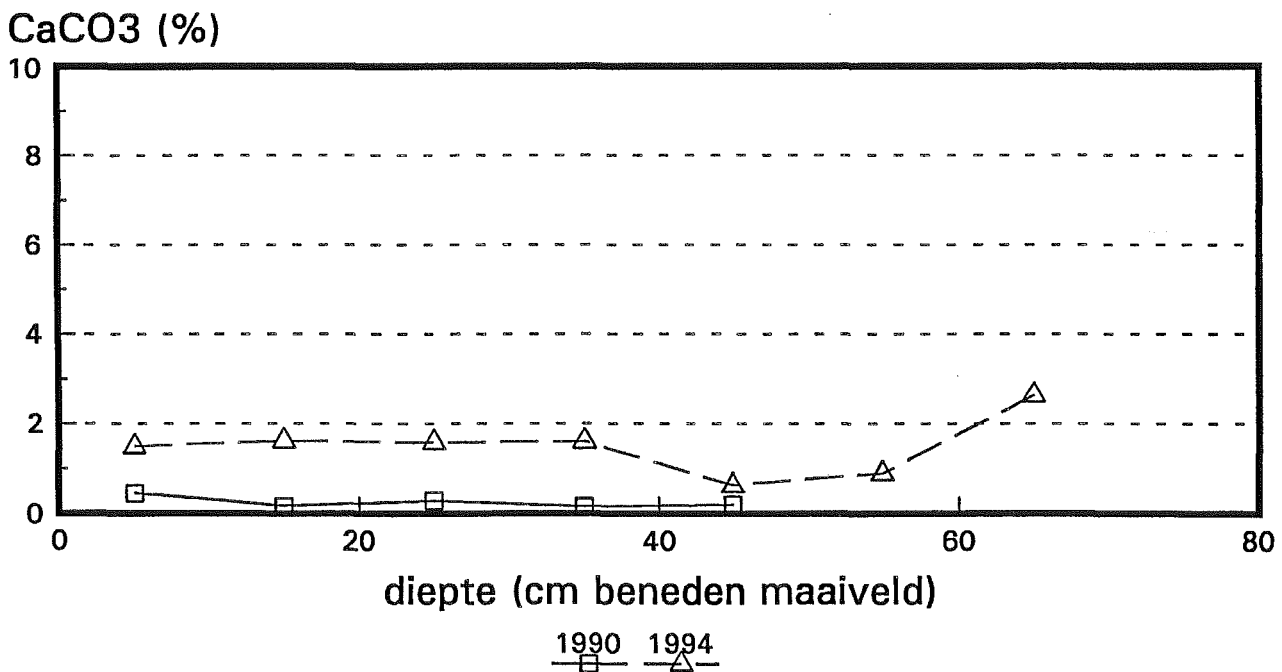
diepte (cm beneden maaiveld)

Sint Annaland kom 11

pH(H₂O₂)



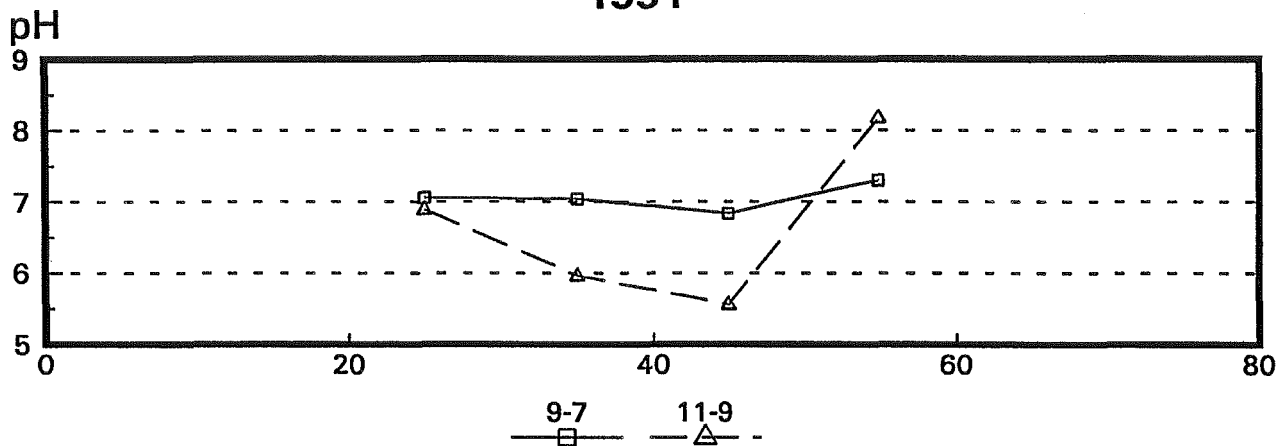
Kalkgehalte Scheibler-methode



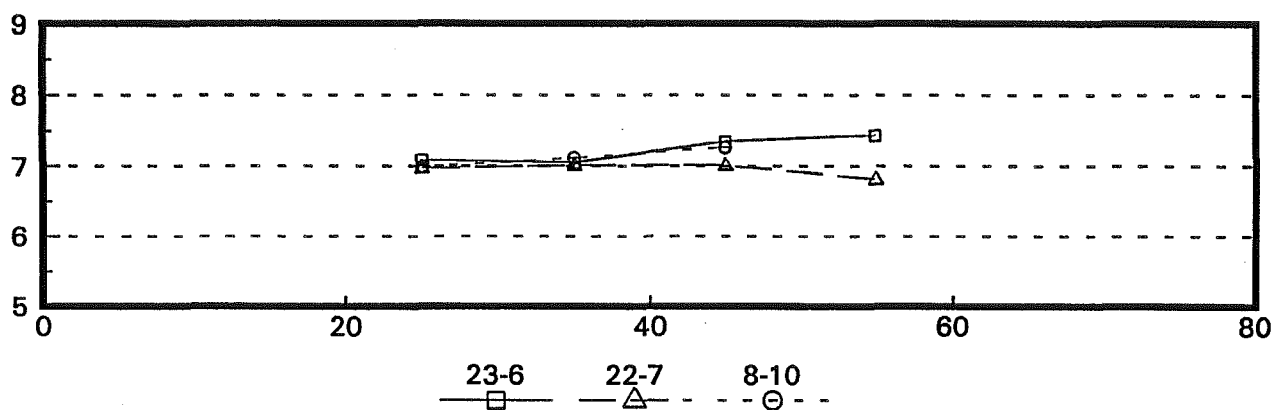
Sint Annaland kom 27

pH

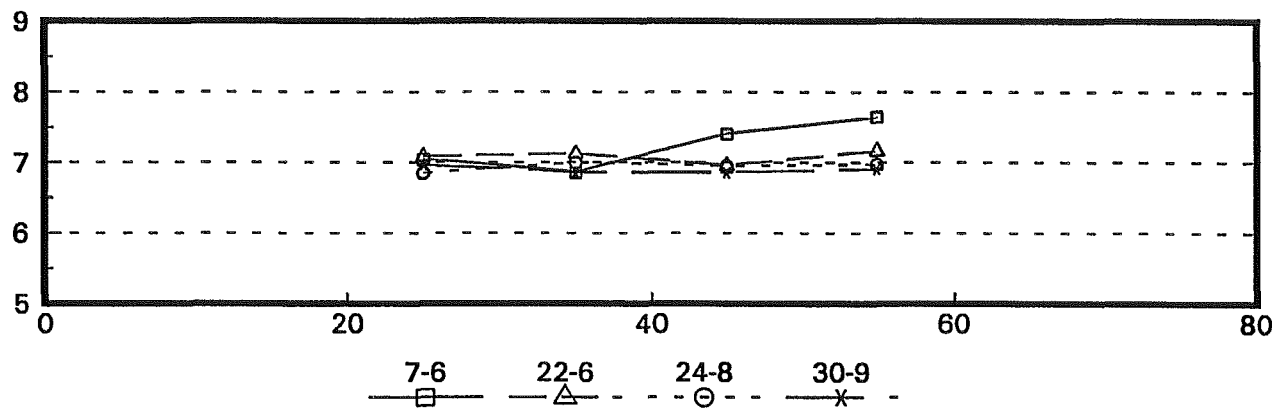
1991



1992



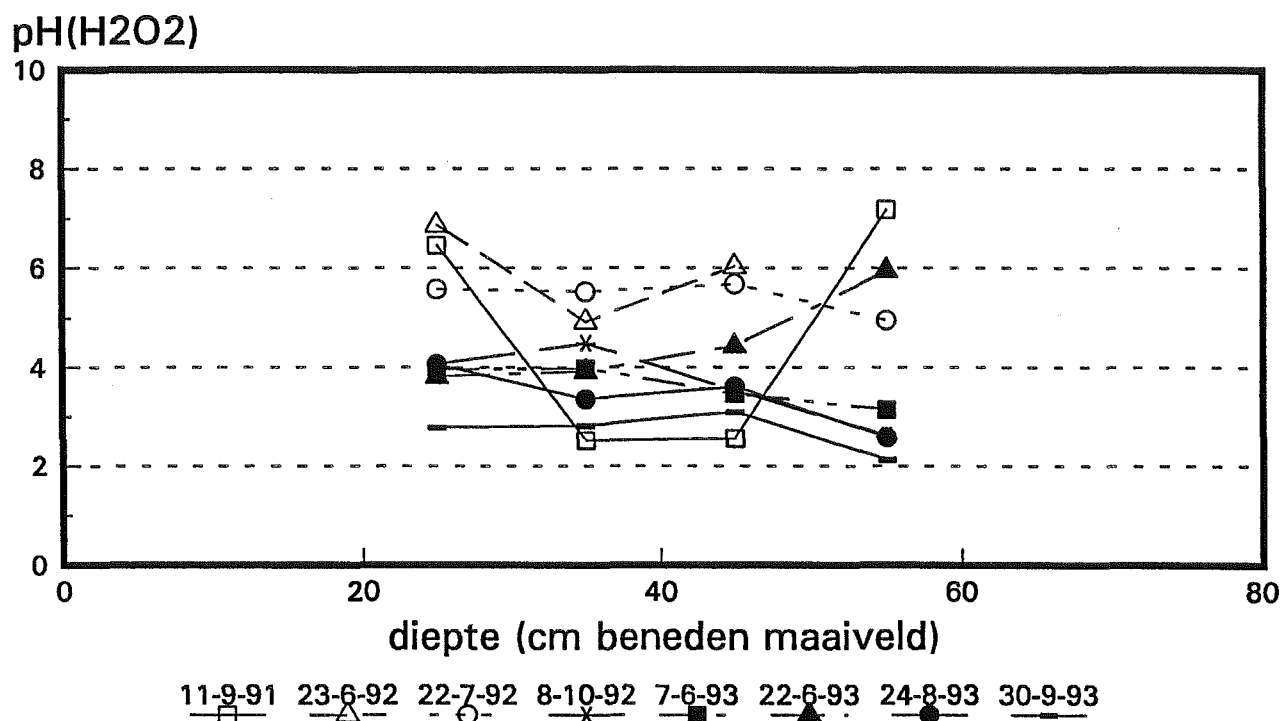
1993



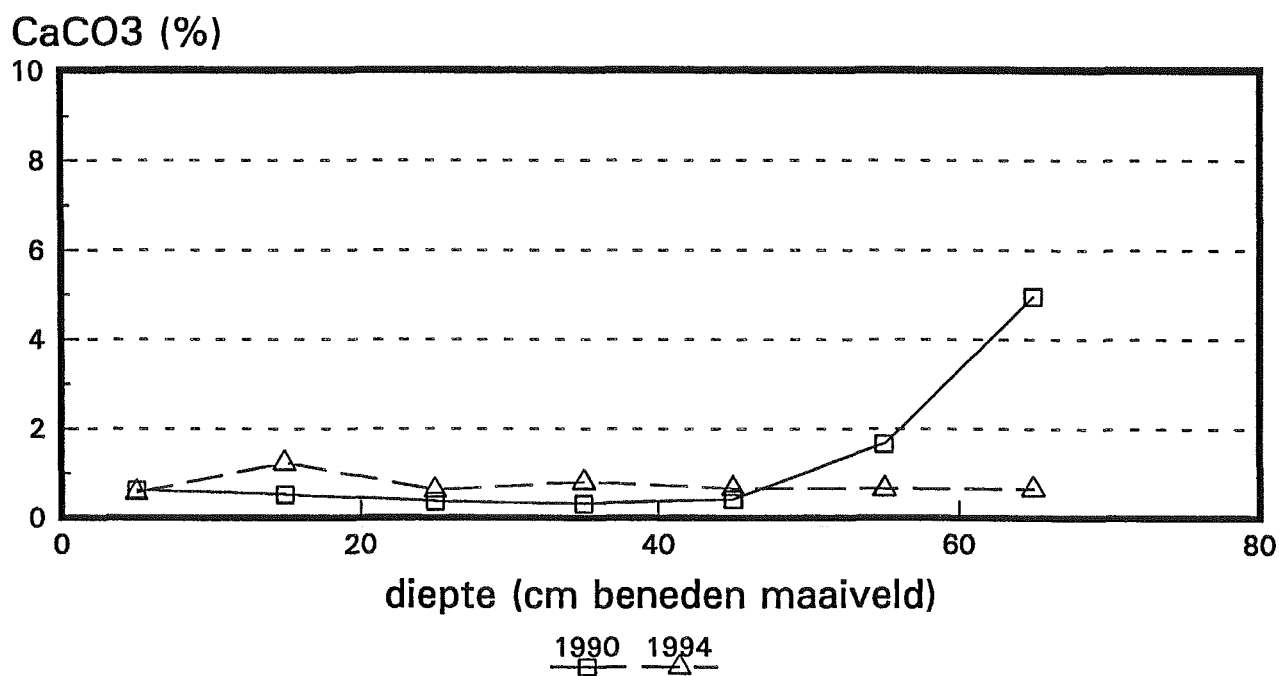
diepte (cm beneden maaiveld)

Sint Annaland kom 27

pH(H₂O₂)



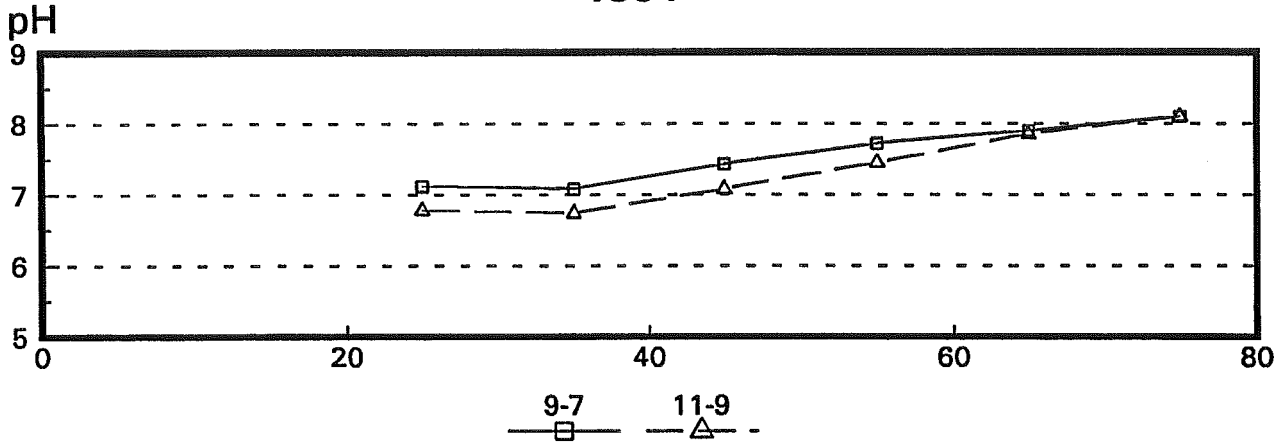
Kalkgehalte Scheibler-methode



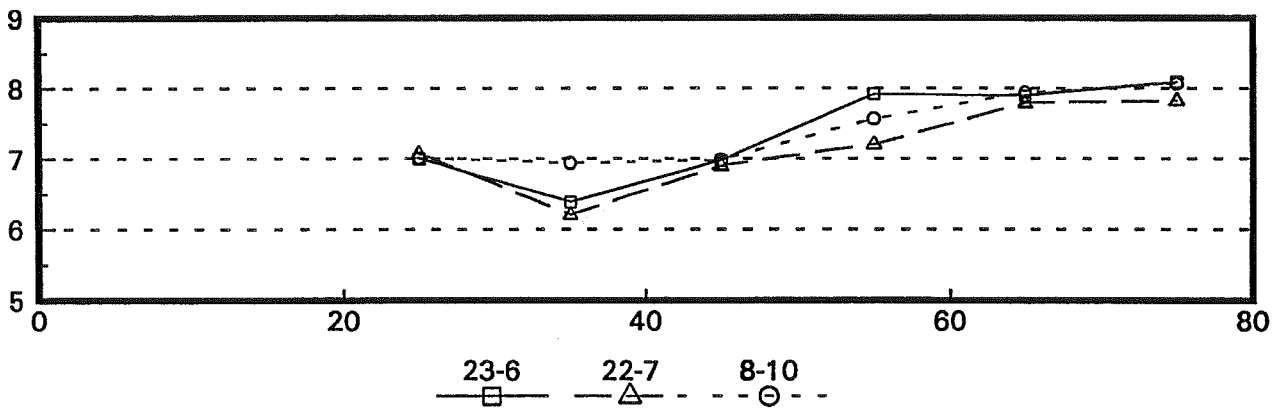
Sint Annaland kom 28

pH

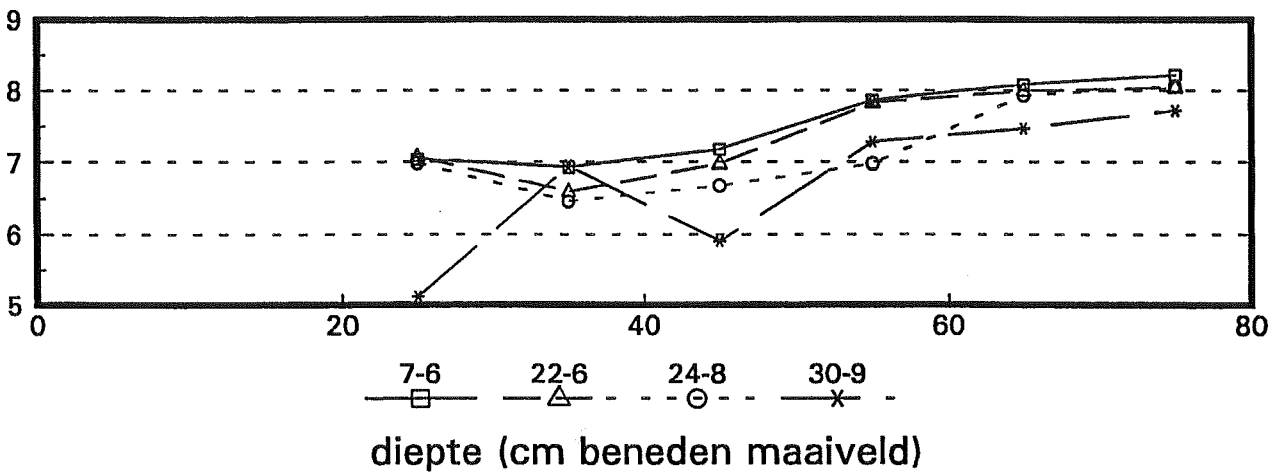
1991



1992

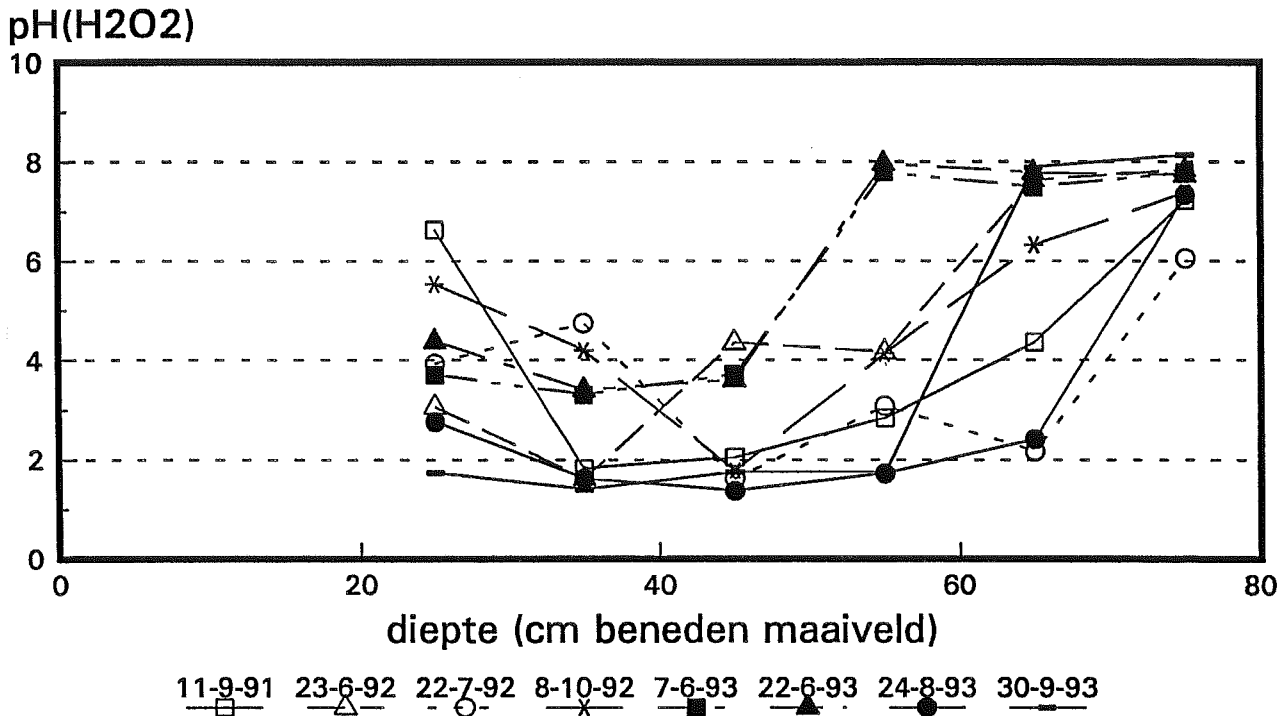


1993

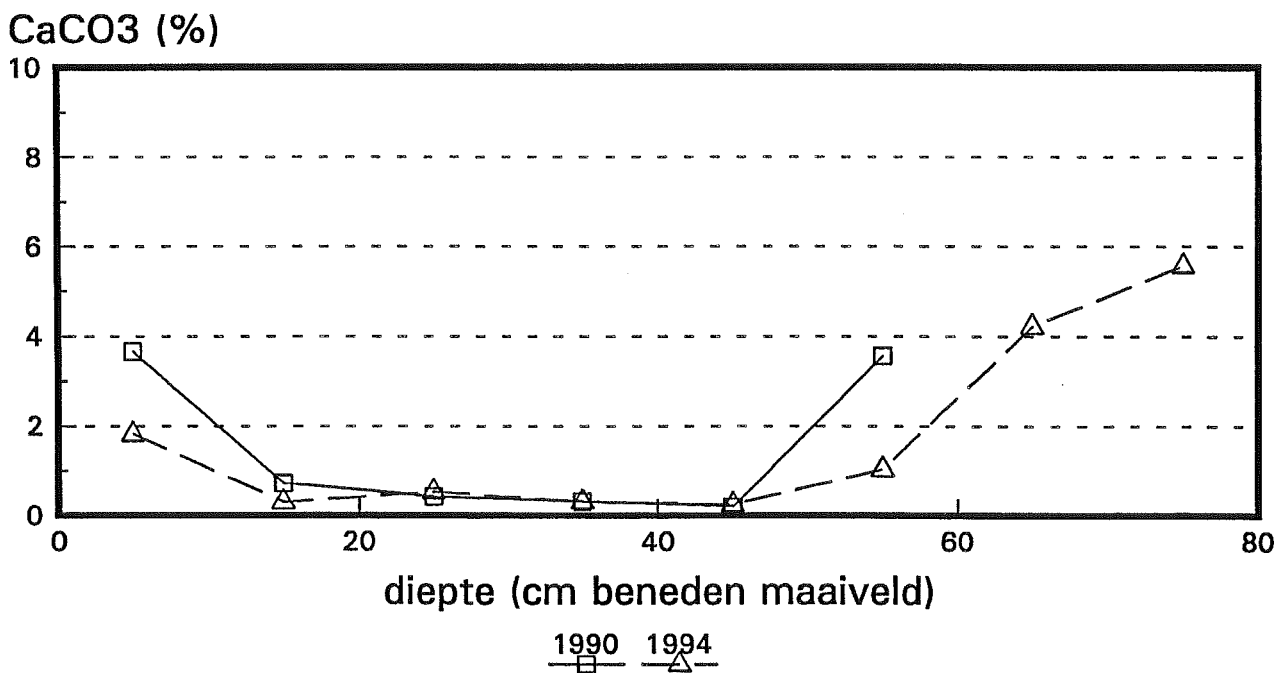


Sint Annaland kom 28

pH(H₂O₂)



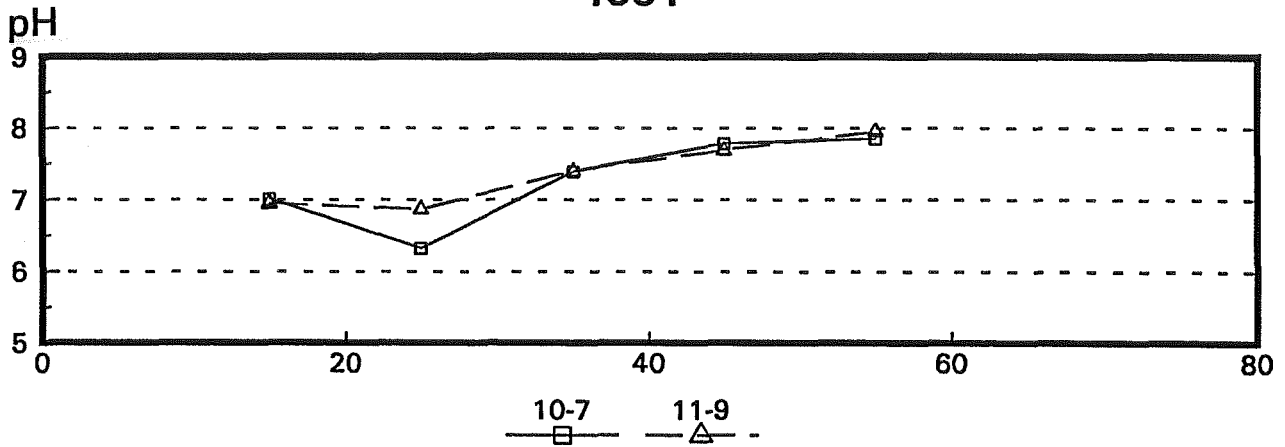
Kalkgehalte Scheibler-methode



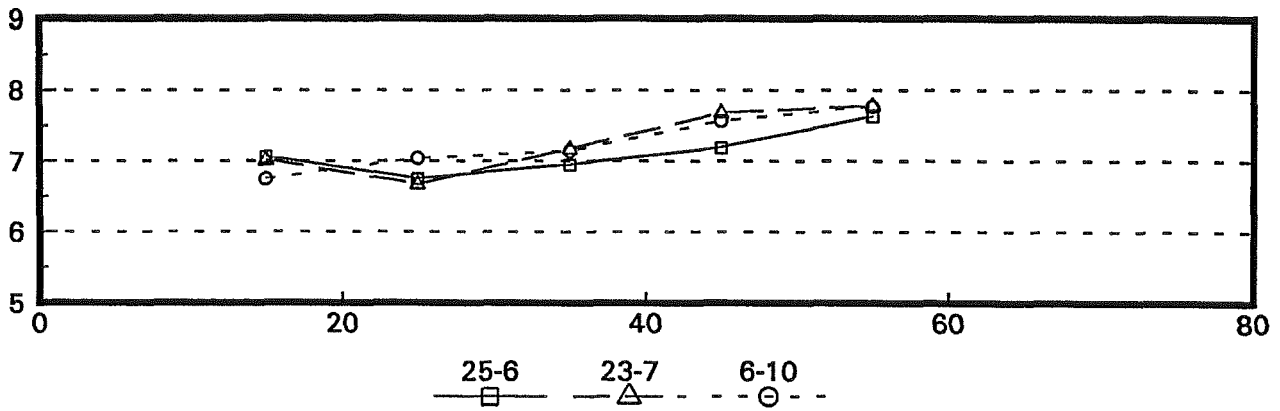
Anna Jacobapolder kom 26

pH

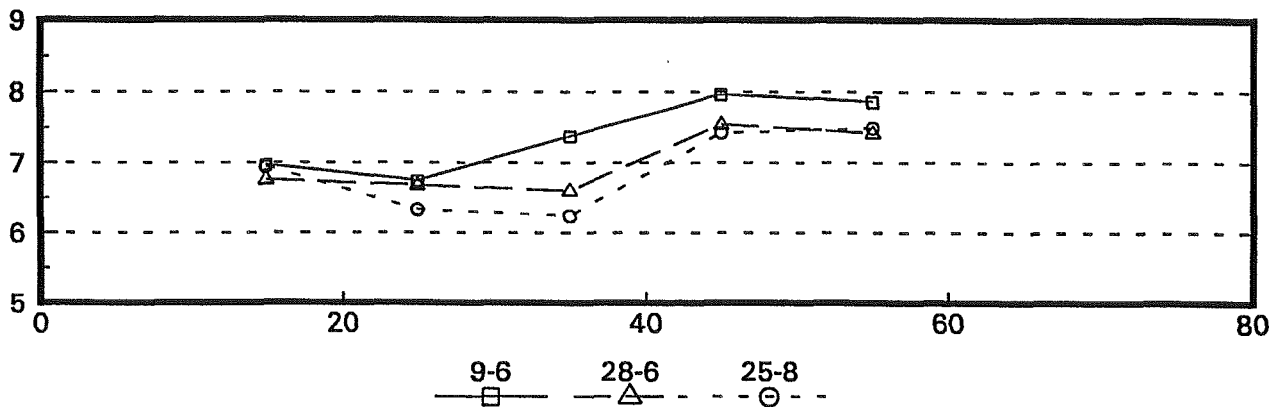
1991



1992



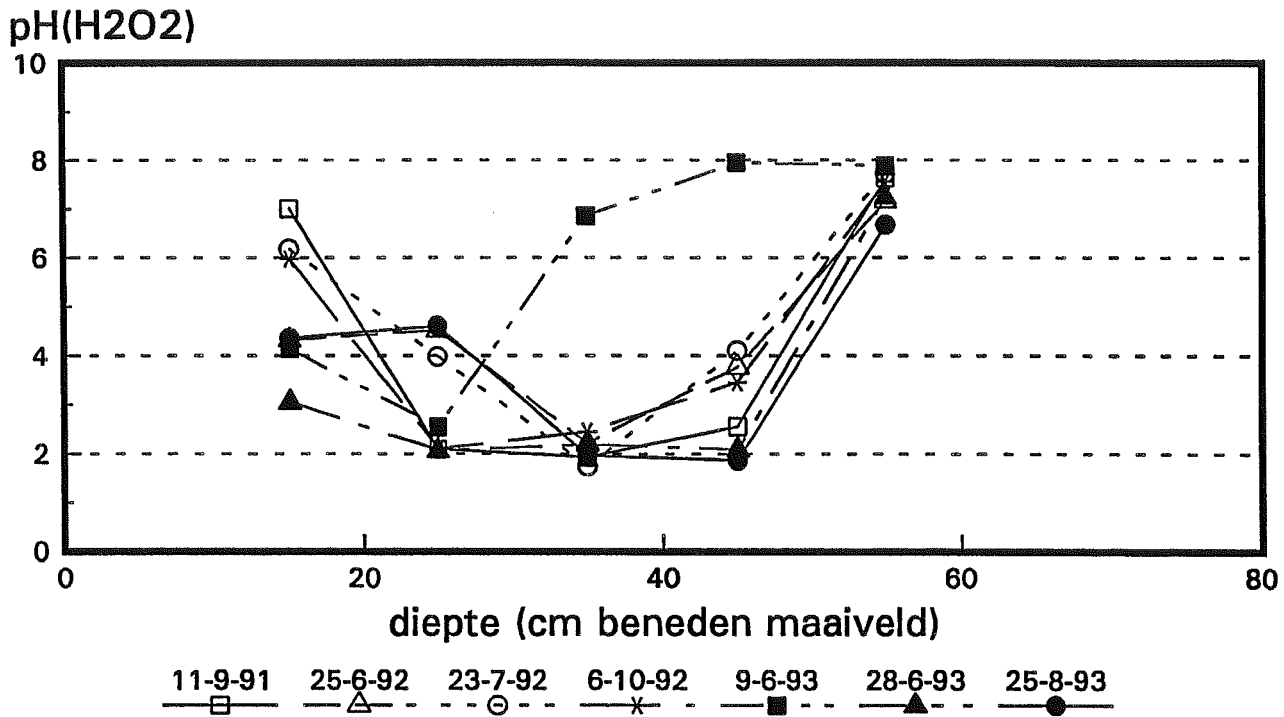
1993



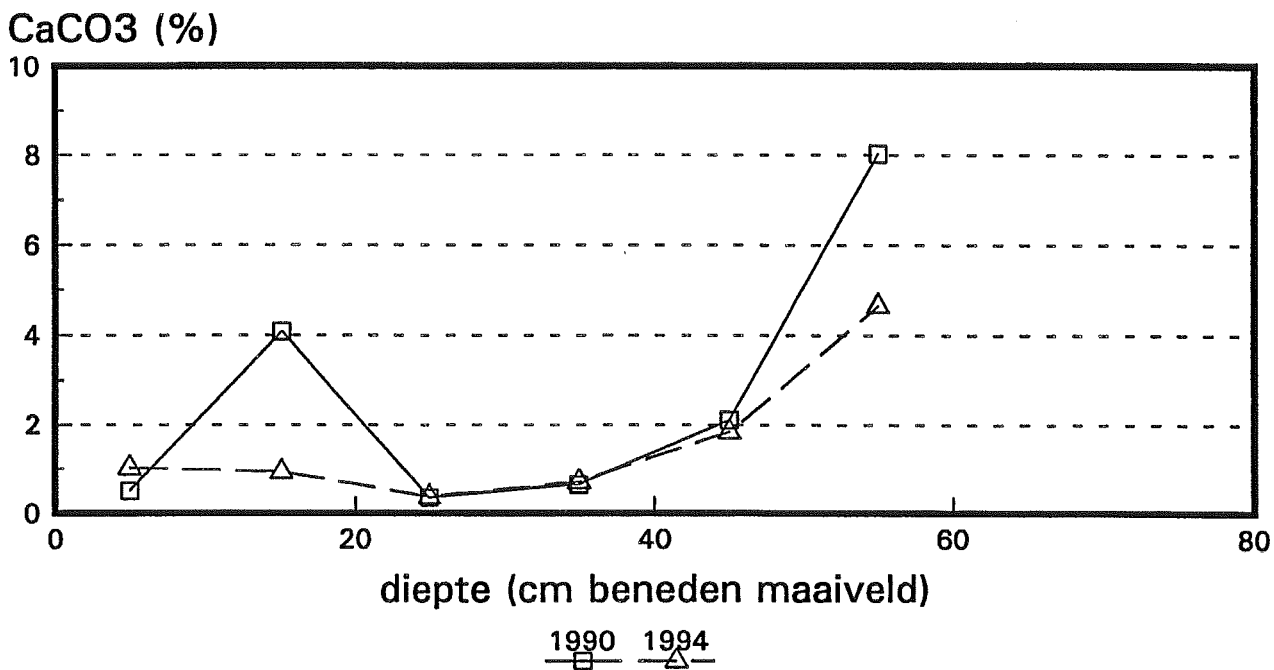
diepte (cm beneden maaiveld)

Anna Jacobapolder kom 26

pH(H₂O₂)



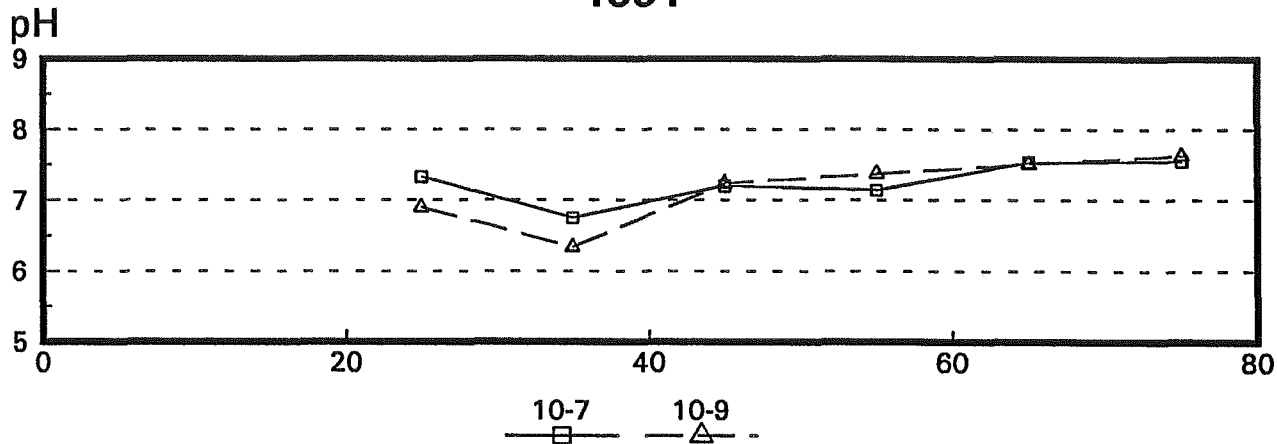
Kalkgehalte Scheibler-methode



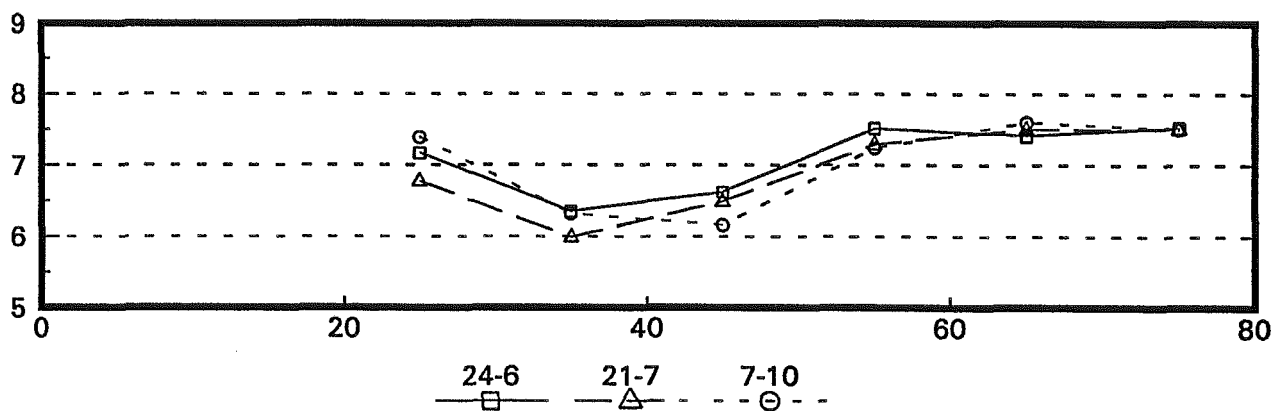
Stroodorpepolder kom 45

pH

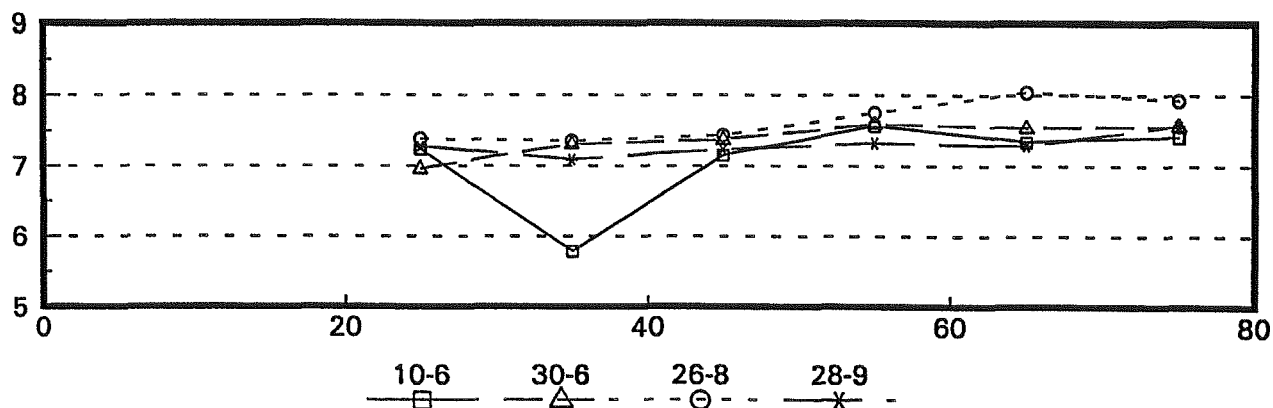
1991



1992



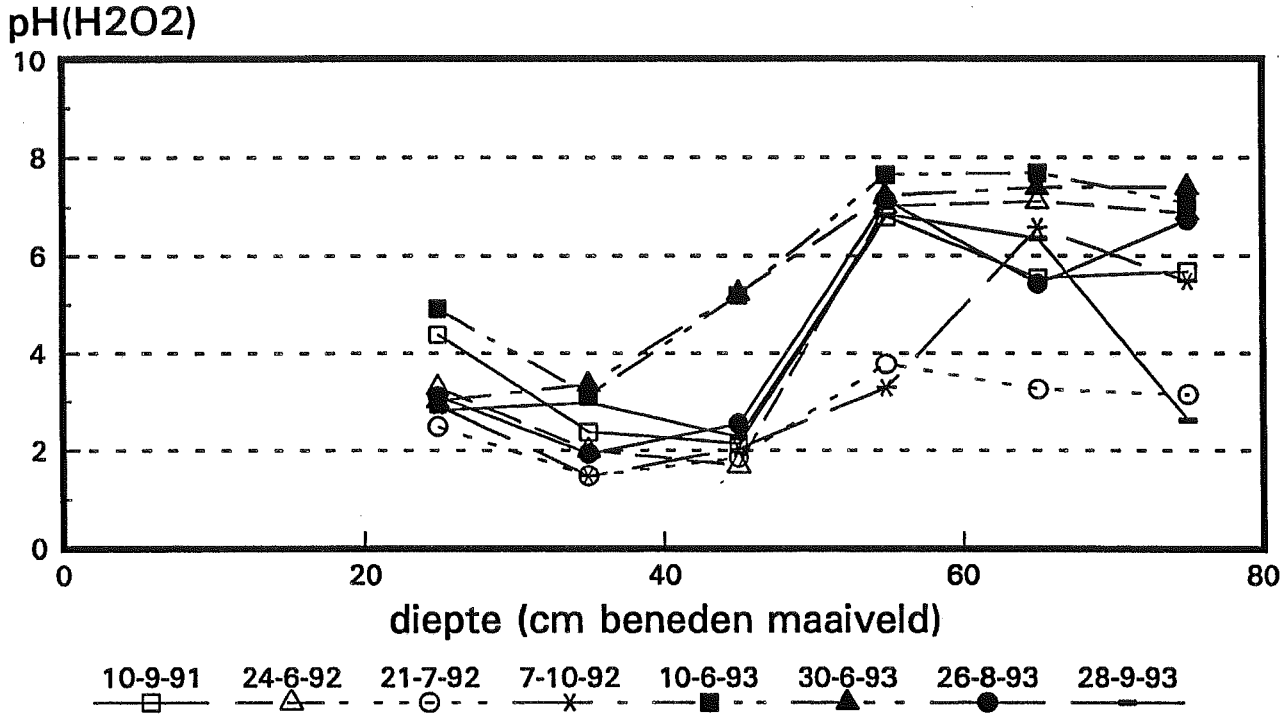
1993



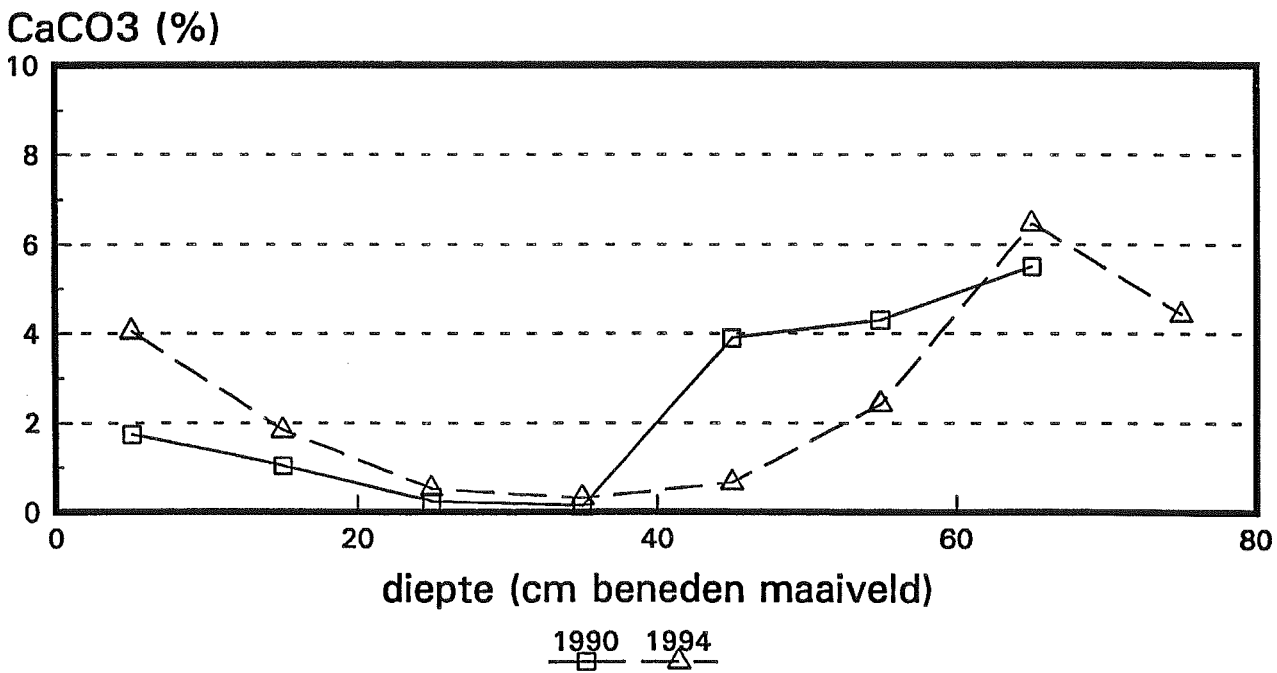
diepte (cm beneden maaiveld)

Stroodorpepolder kom 45

pH(H₂O₂)



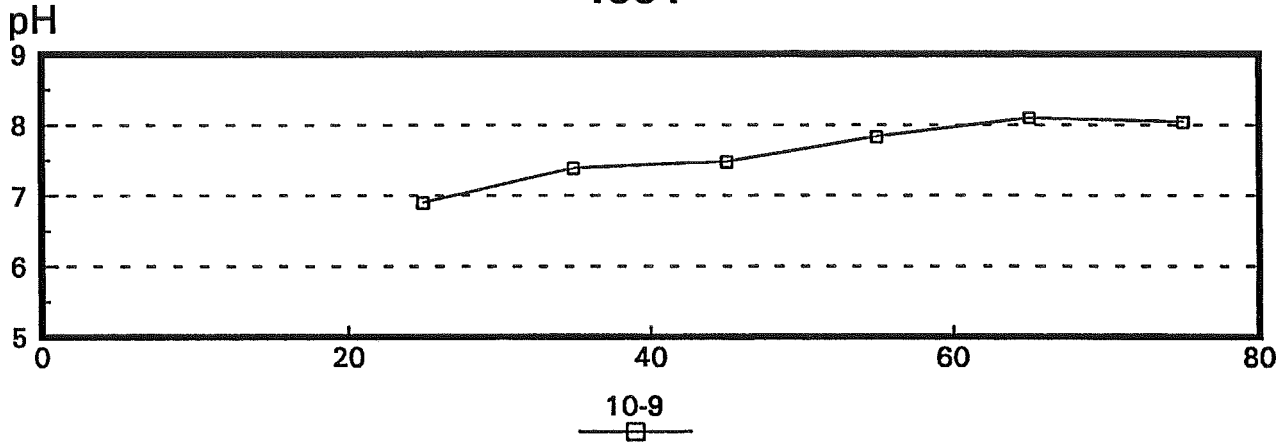
Kalkgehalte Scheibler-methode



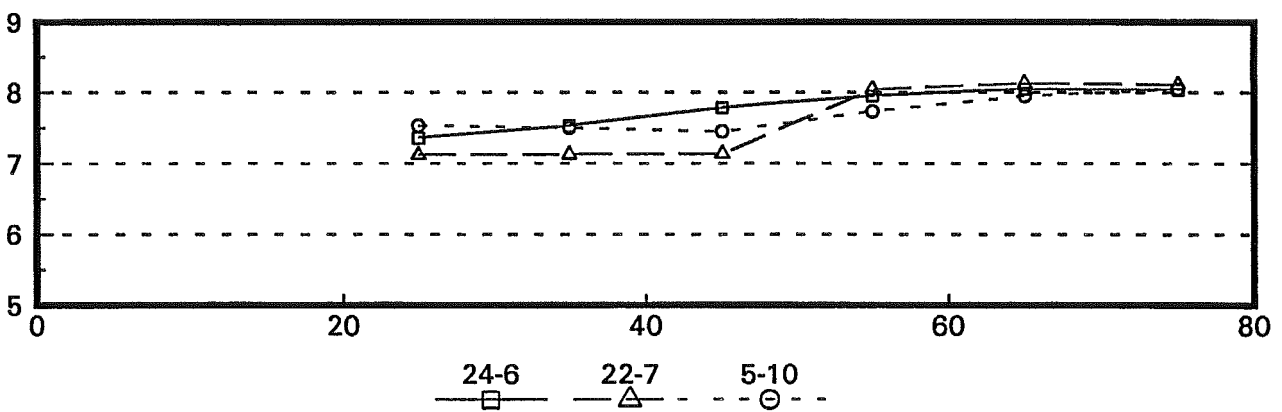
Rattekaai west kom 5

pH

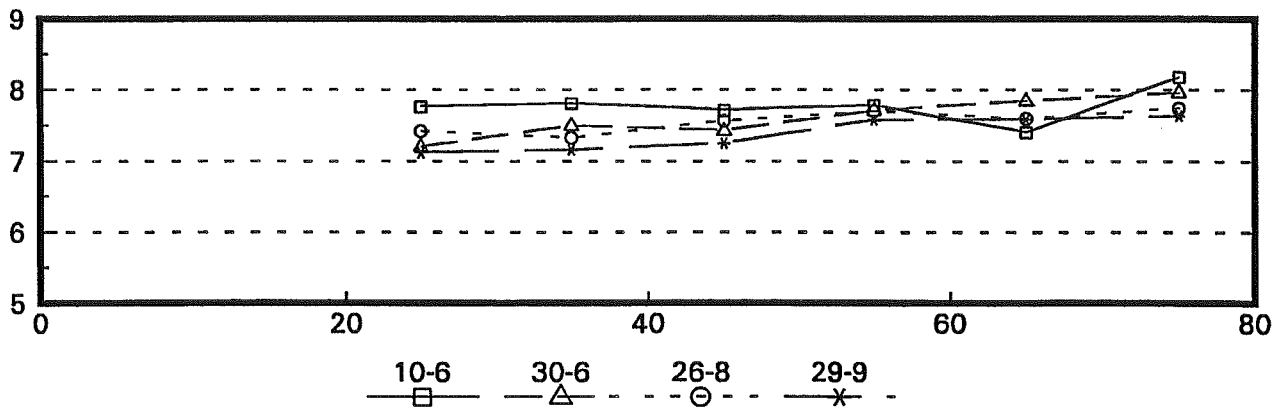
1991



1992



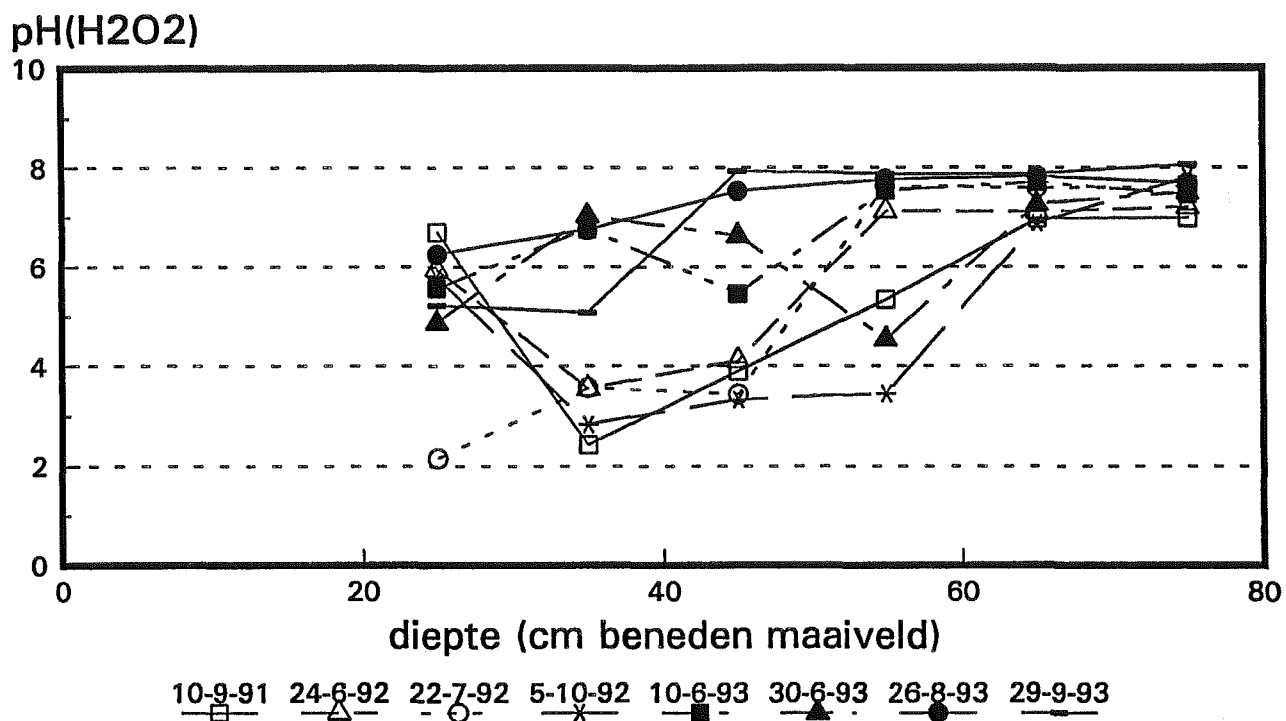
1993



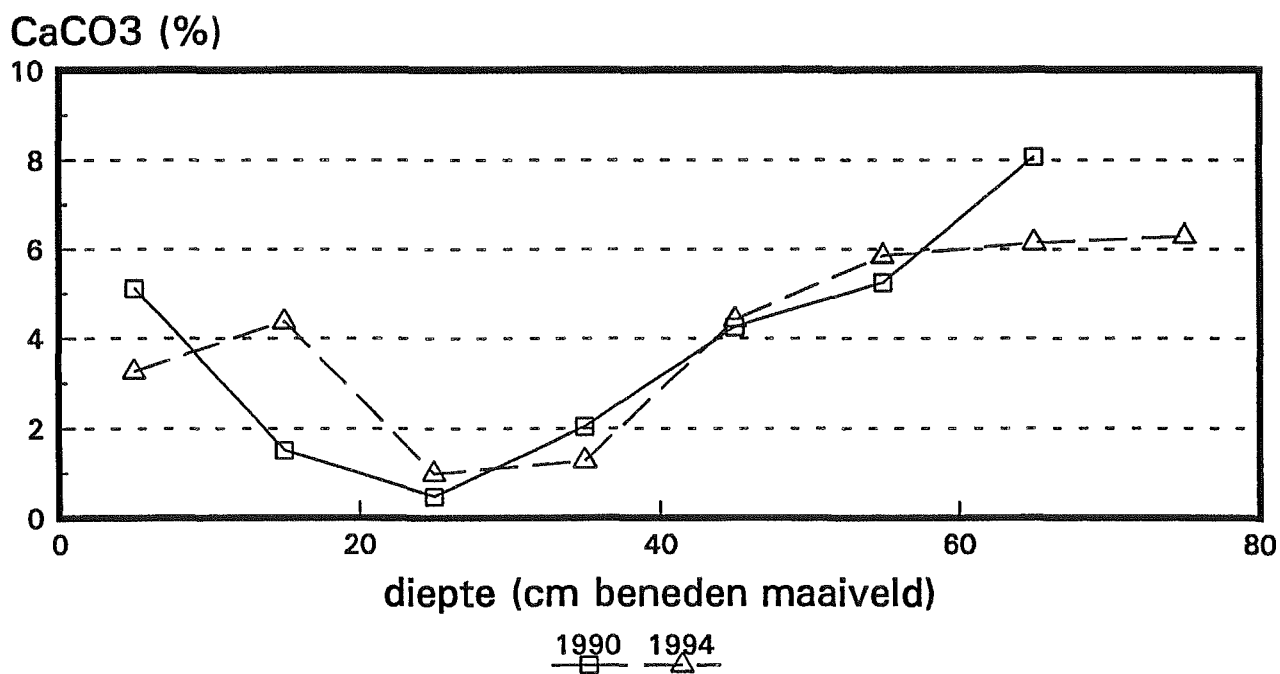
diepte (cm beneden maaiveld)

Rattekaai west kom 5

pH(H₂O₂)



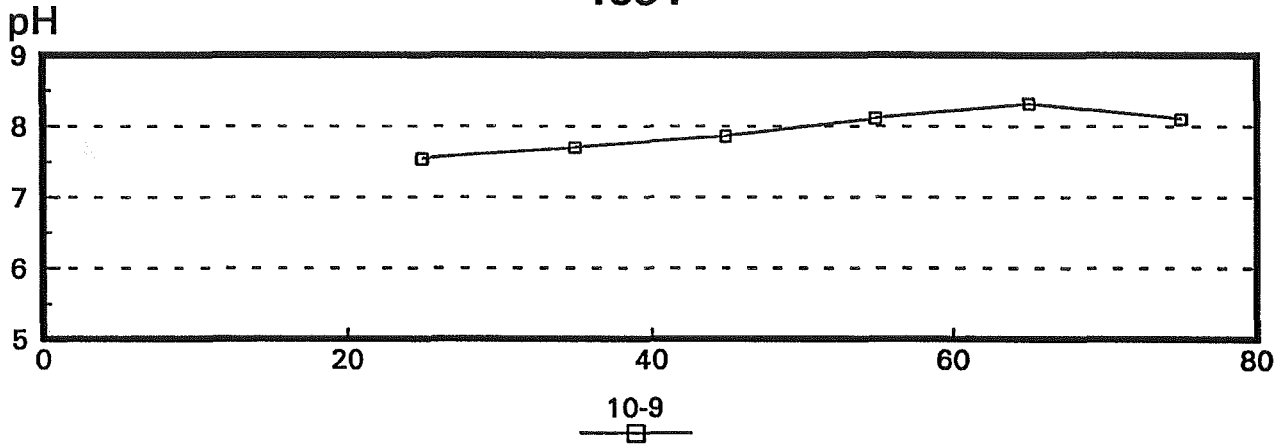
Kalkgehalte Scheibler-methode



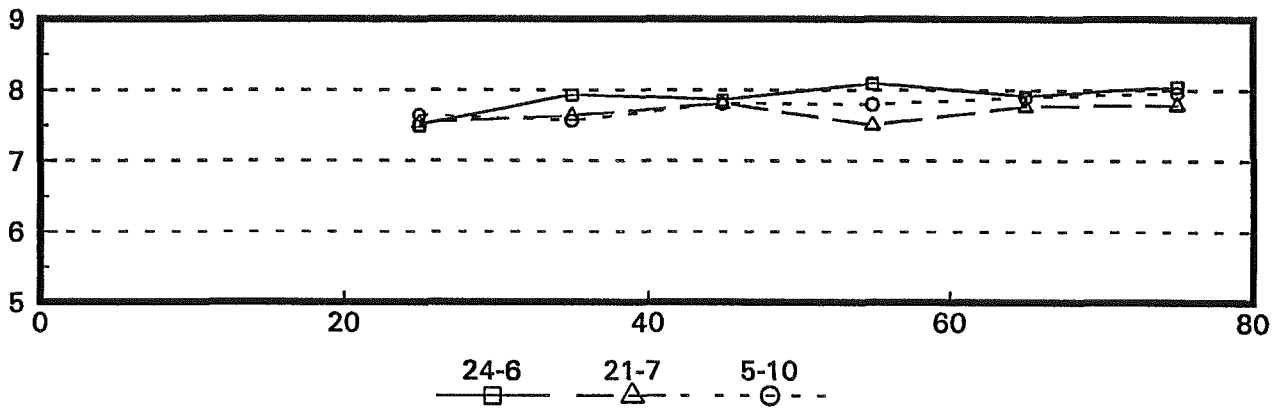
Rattekaai west kom 32

pH

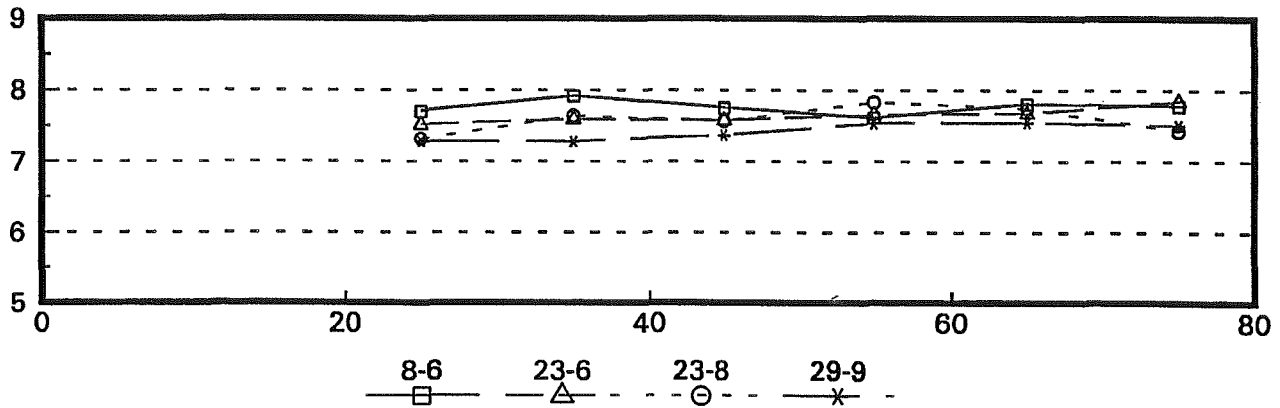
1991



1992



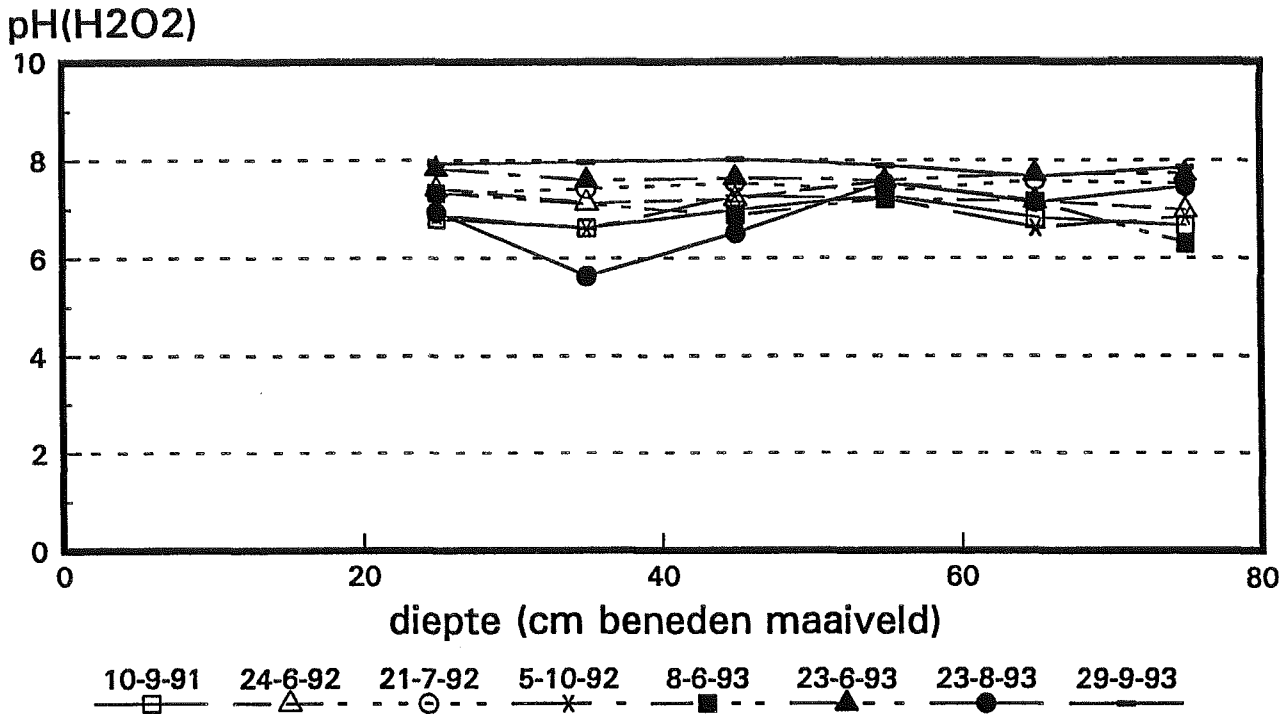
1993



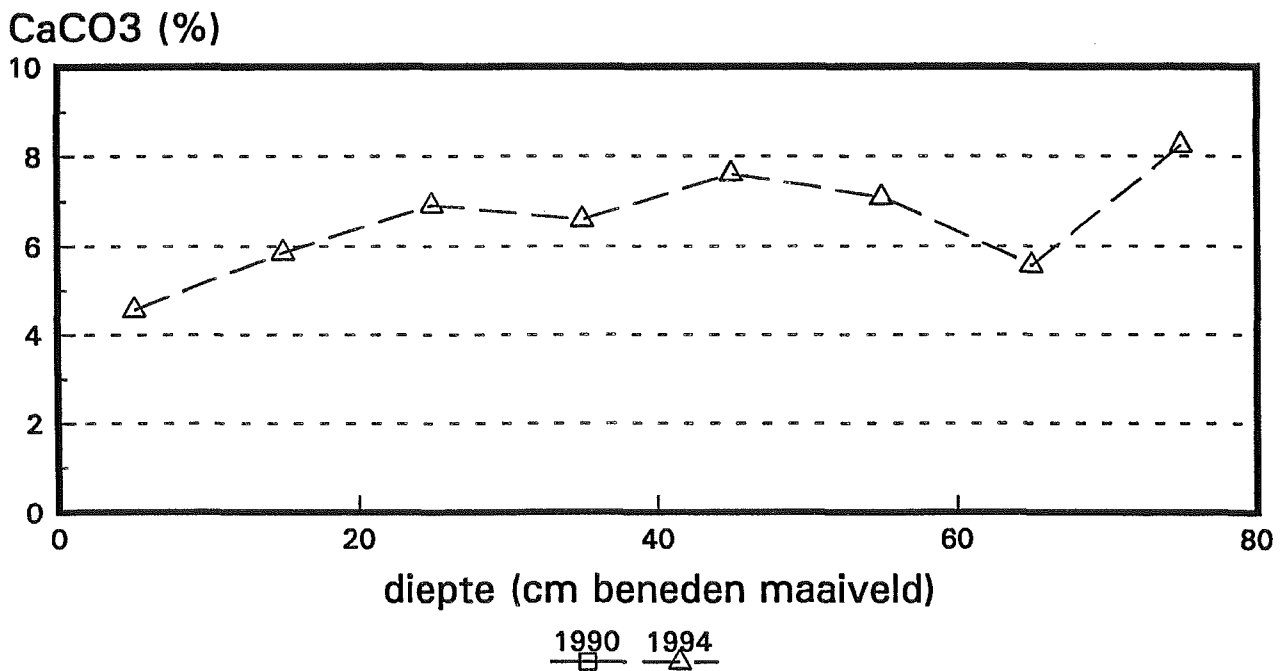
diepte (cm beneden maaiveld)

Rattekaai west kom 32

pH(H2O2)



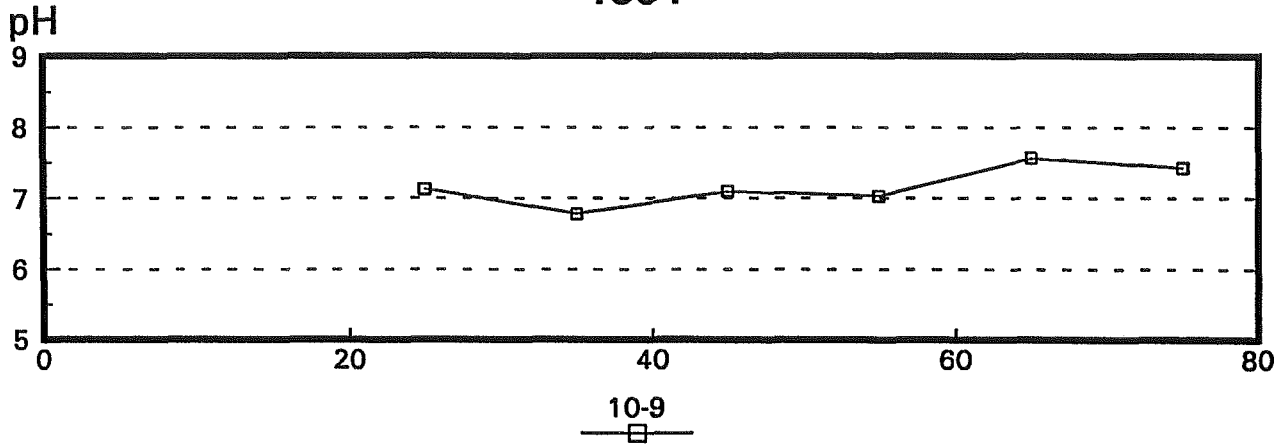
Kalkgehalte Scheibler-methode



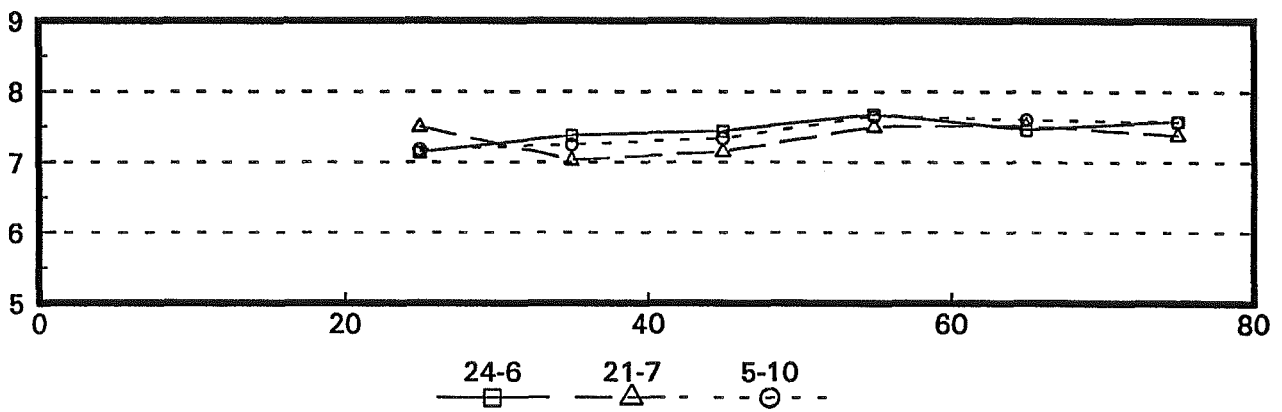
Rattekaai west kom 41

pH

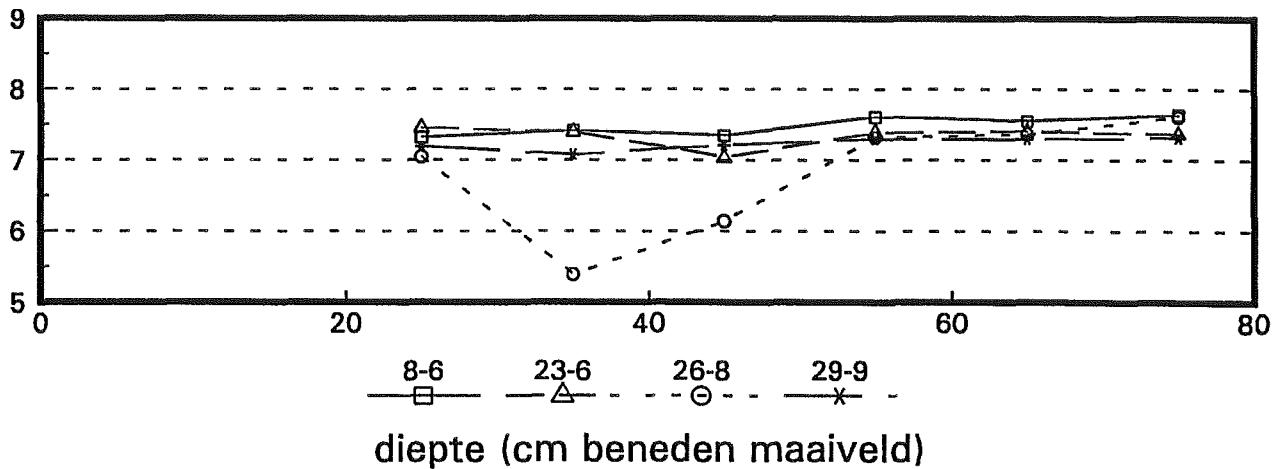
1991



1992



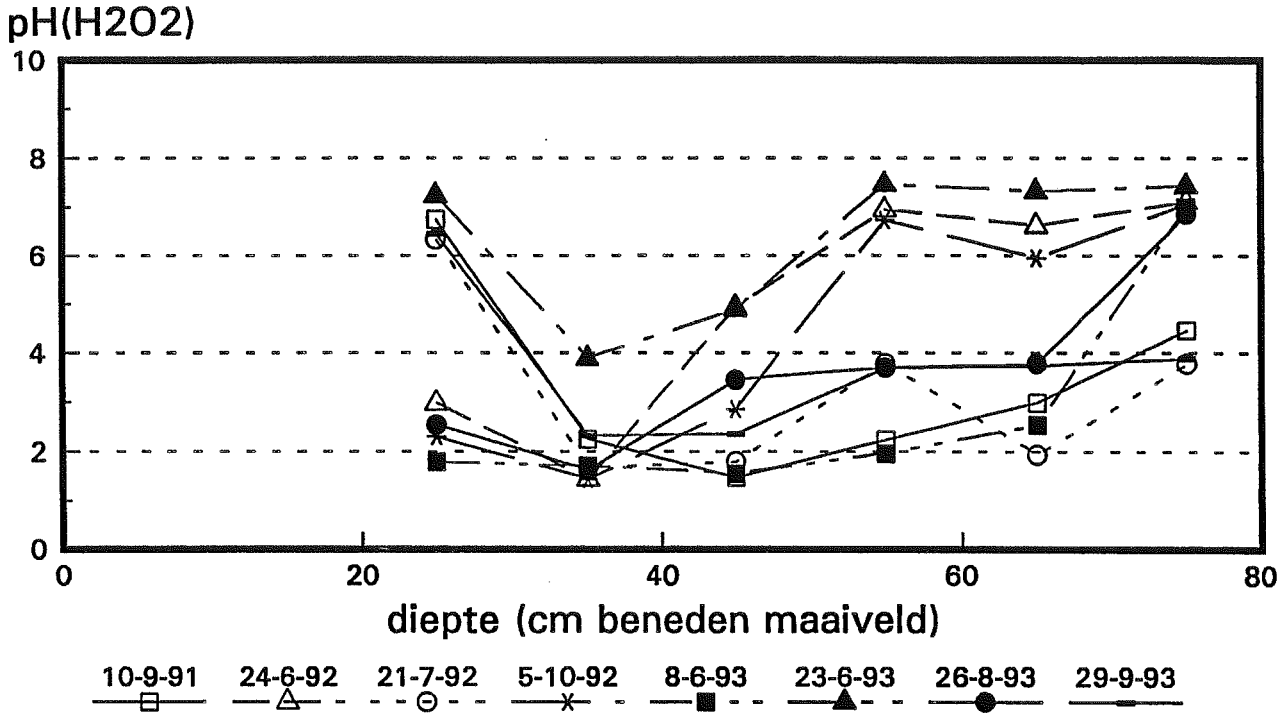
1993



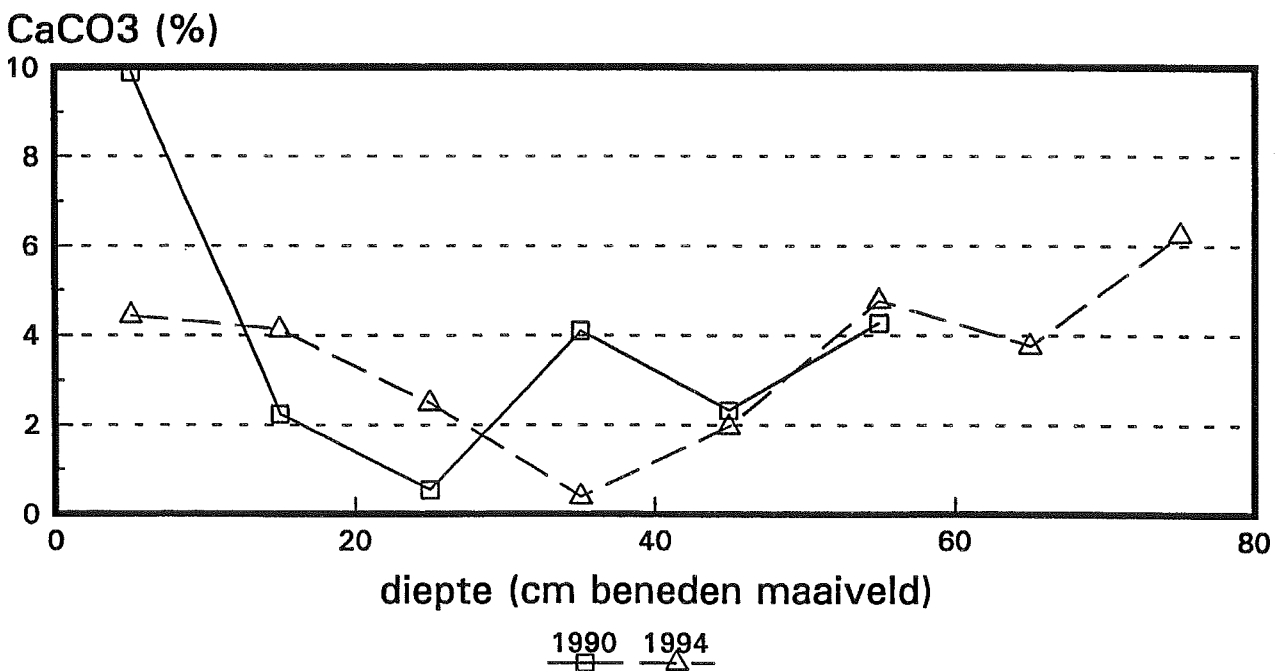
diepte (cm beneden maaiveld)

Rattekaai west kom 41

pH(H₂O₂)



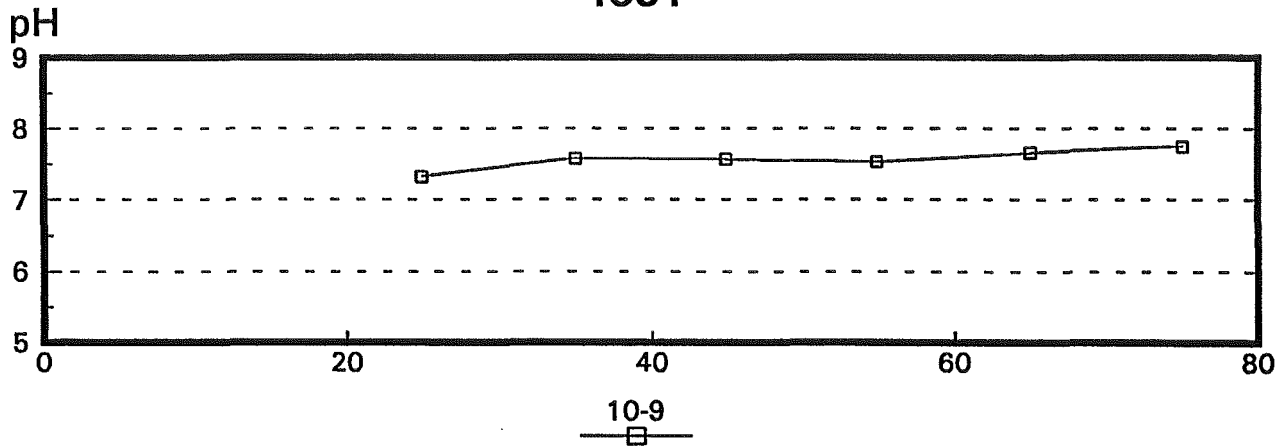
Kalkgehalte Scheibler-methode



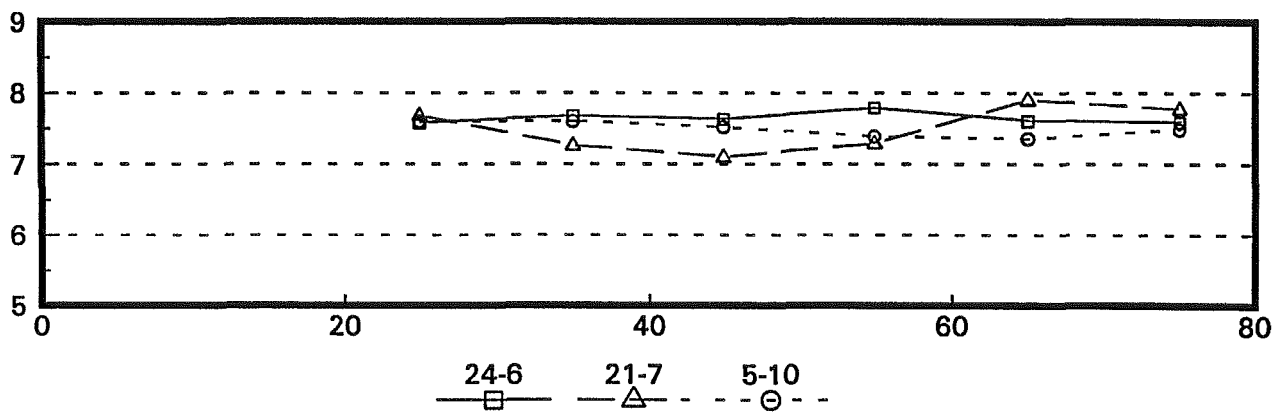
Rattekaai west kom 42

pH

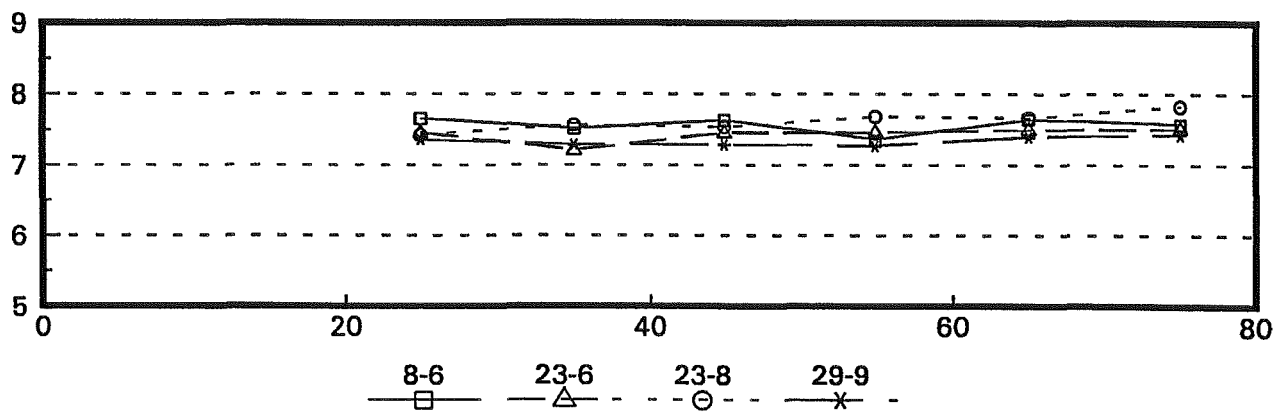
1991



1992



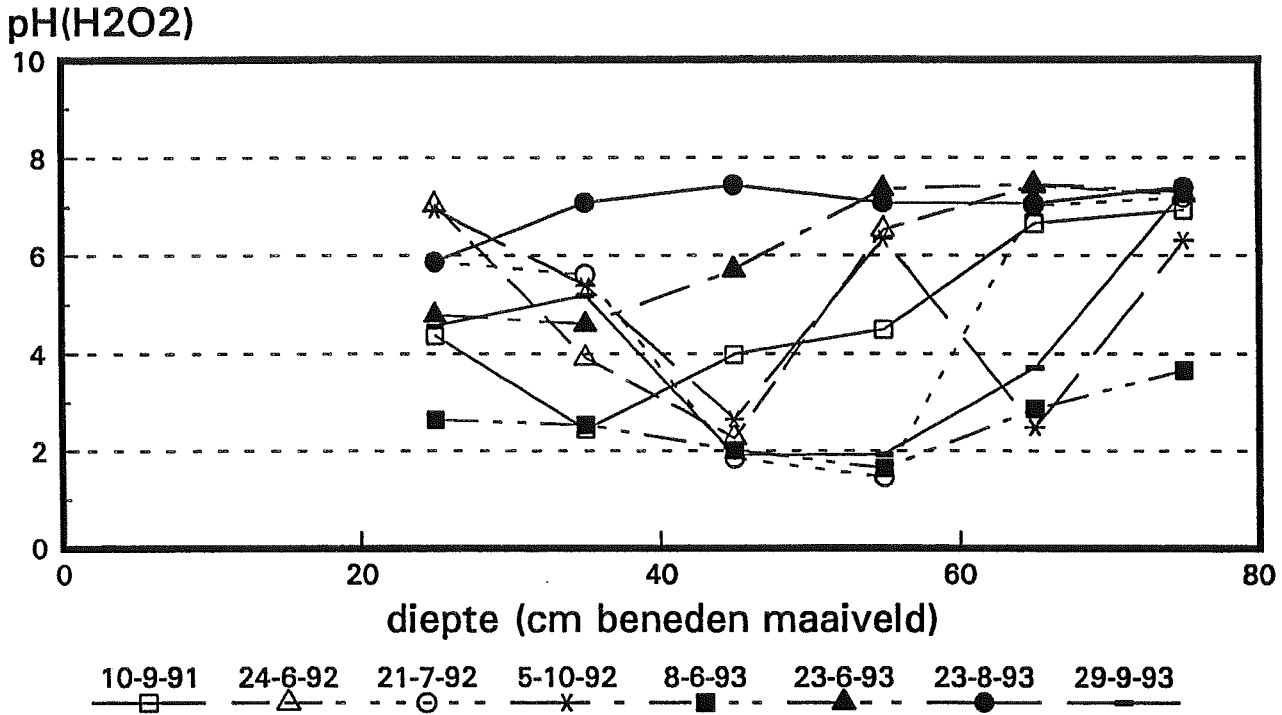
1993



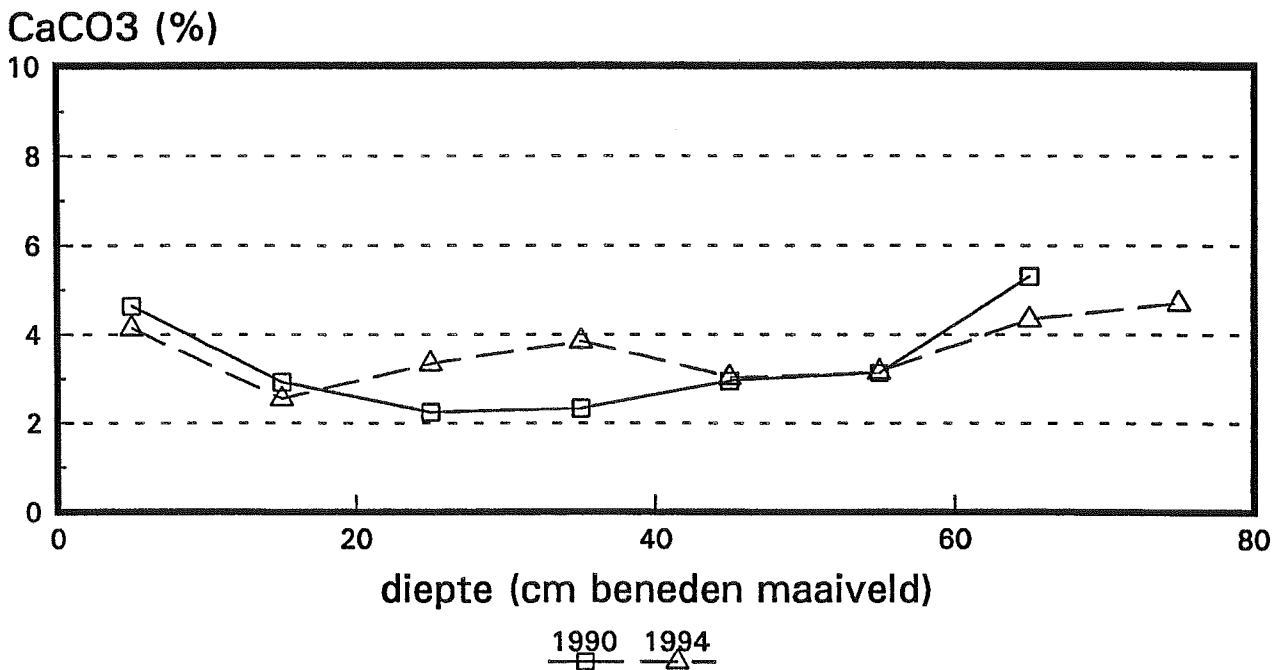
diepte (cm beneden maaiveld)

Rattekaai west kom 42

pH(H₂O₂)



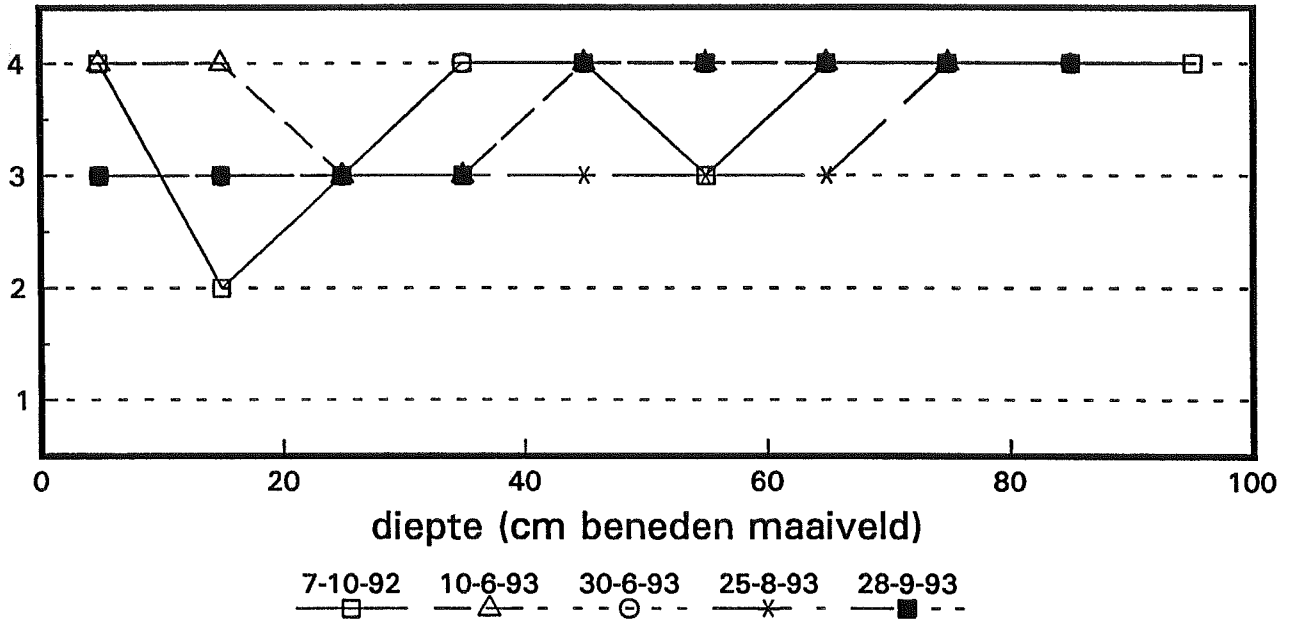
Kalkgehalte Scheibler-methode



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

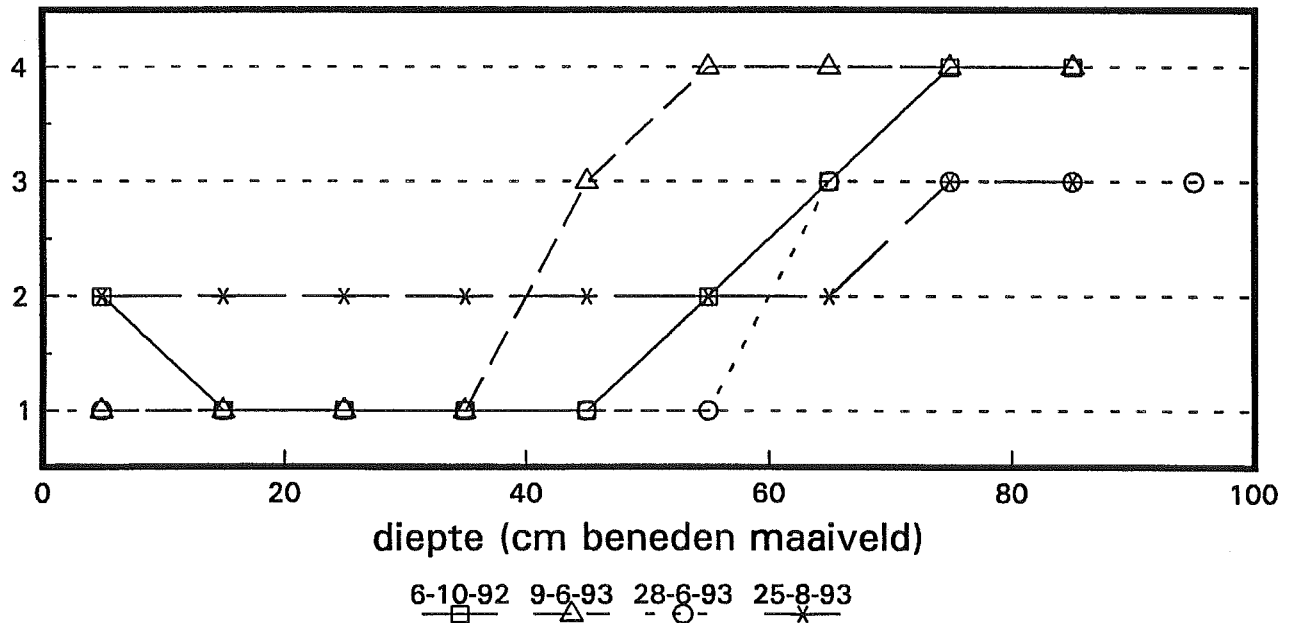
Rattekaai oost kom 2

klasse



Sint Annaland kom 7

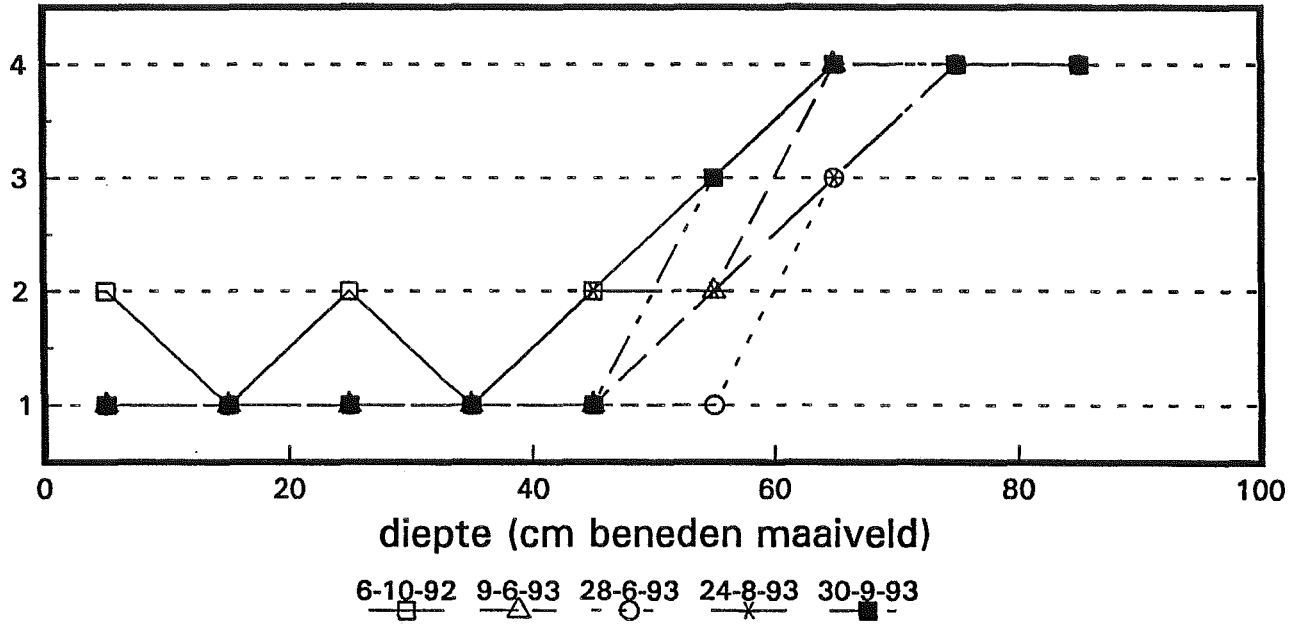
klasse



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

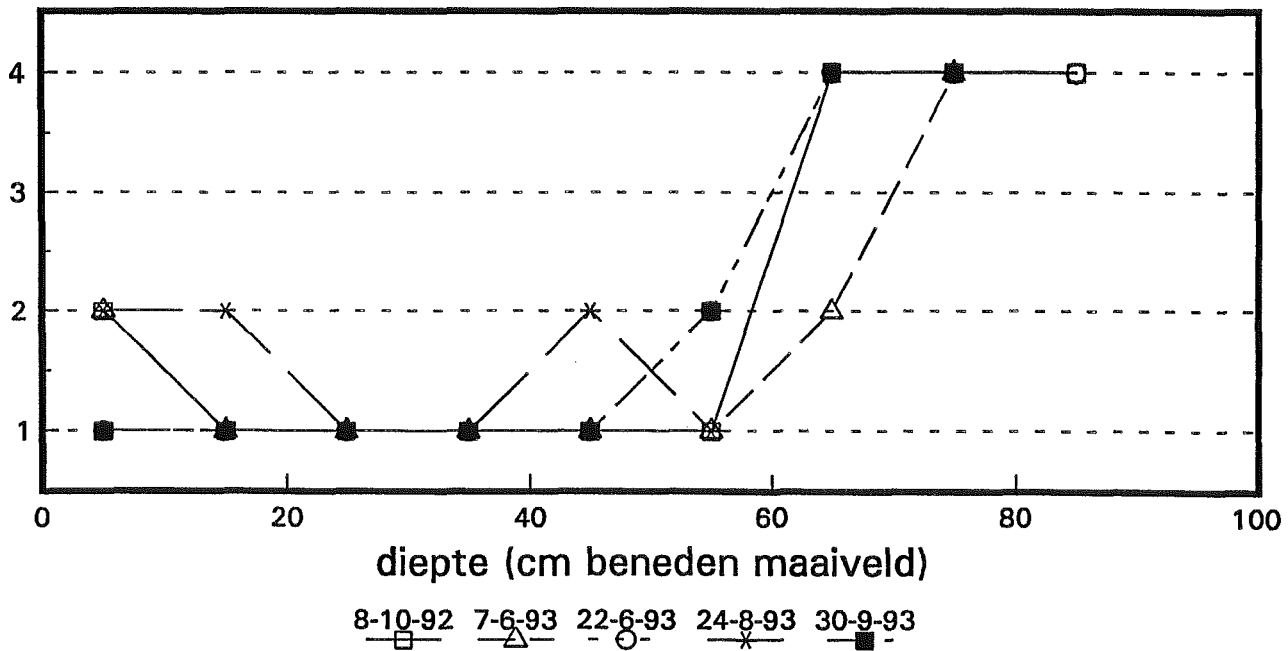
Sint Annaland kom 11

klasse



Sint Annaland kom 27

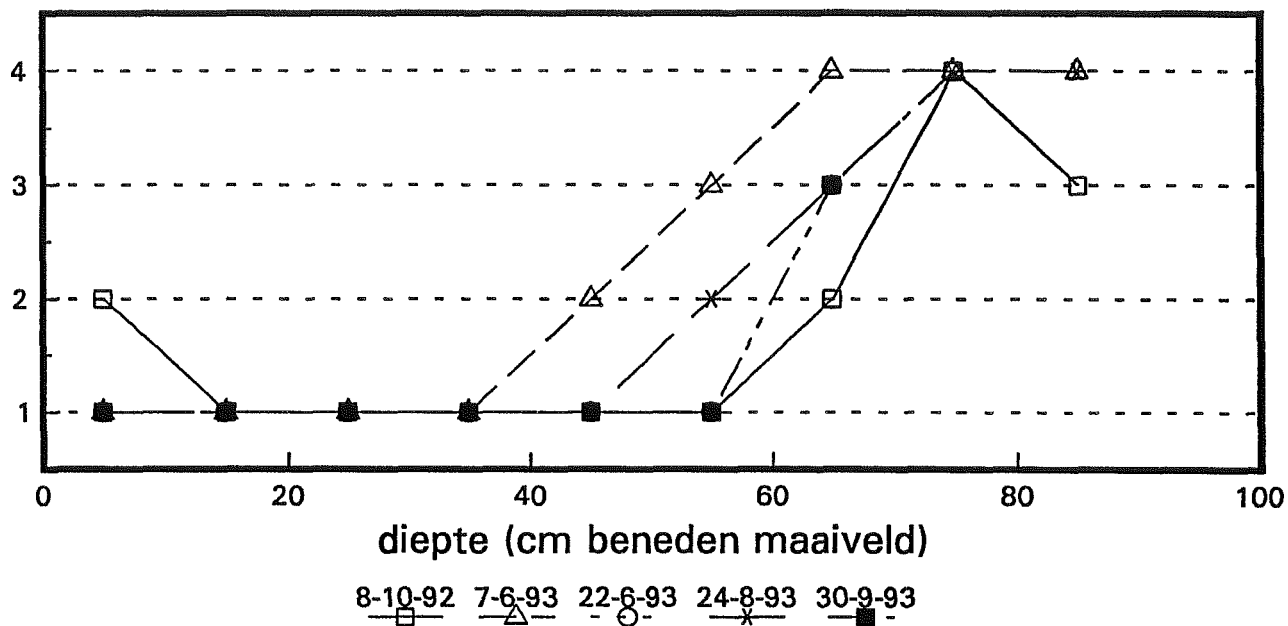
klasse



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

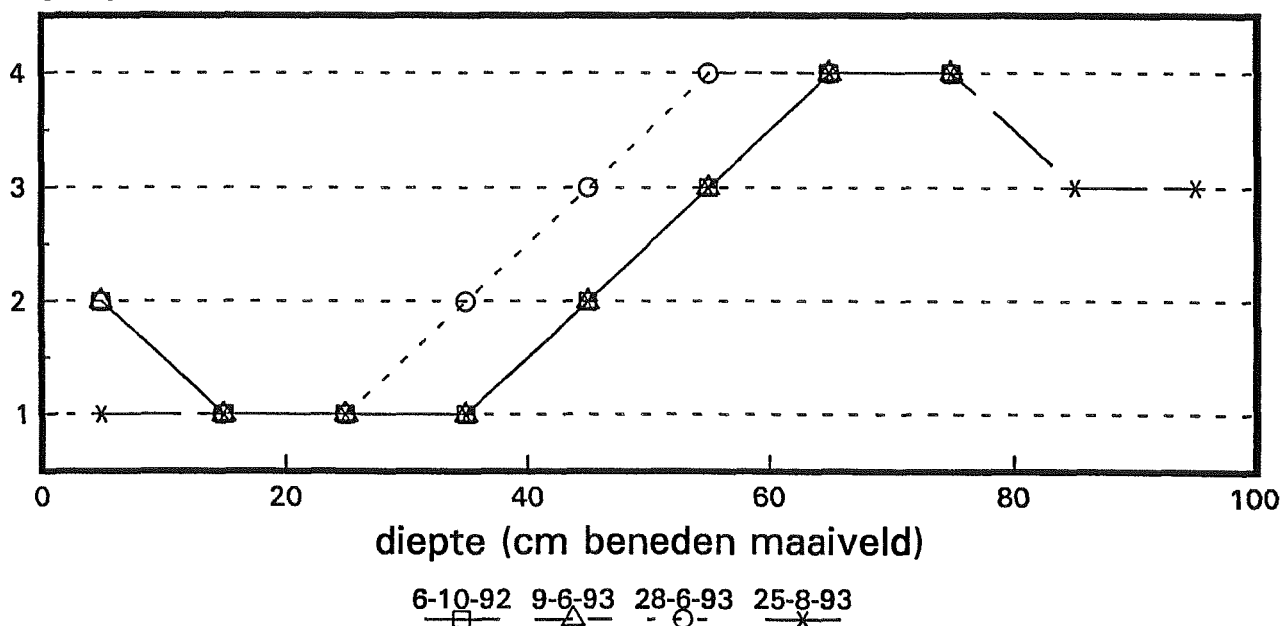
Sint Annaland kom 28

klasse



Anna Jacobapolder kom 26

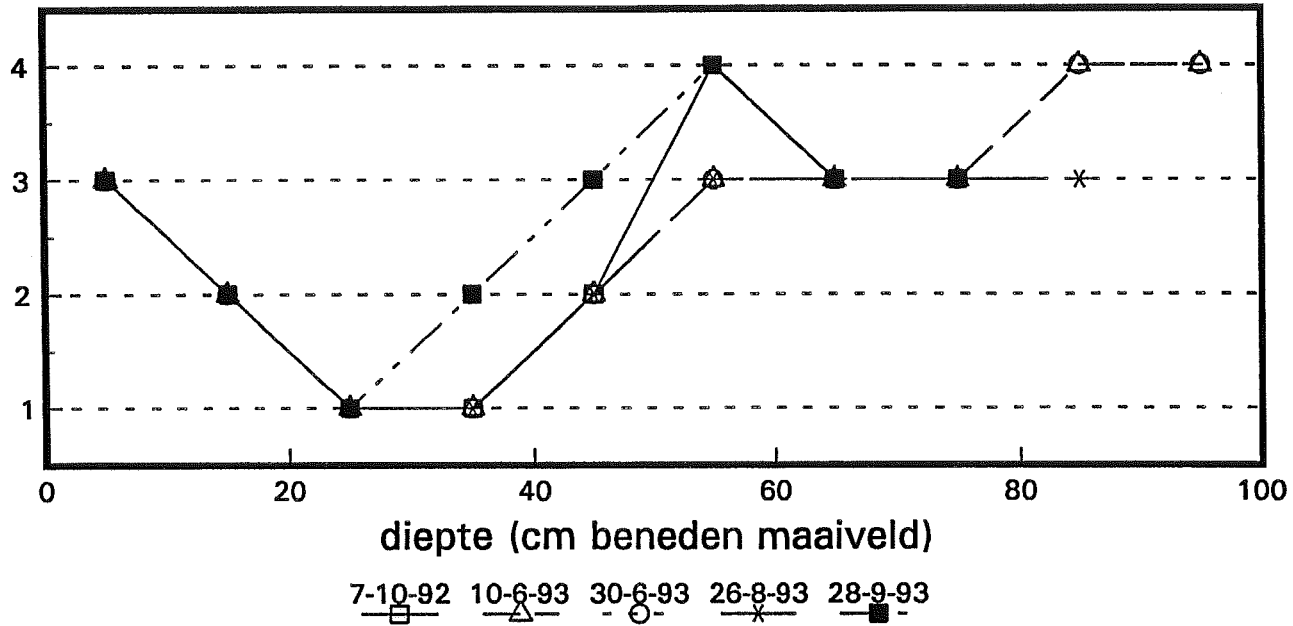
klasse



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

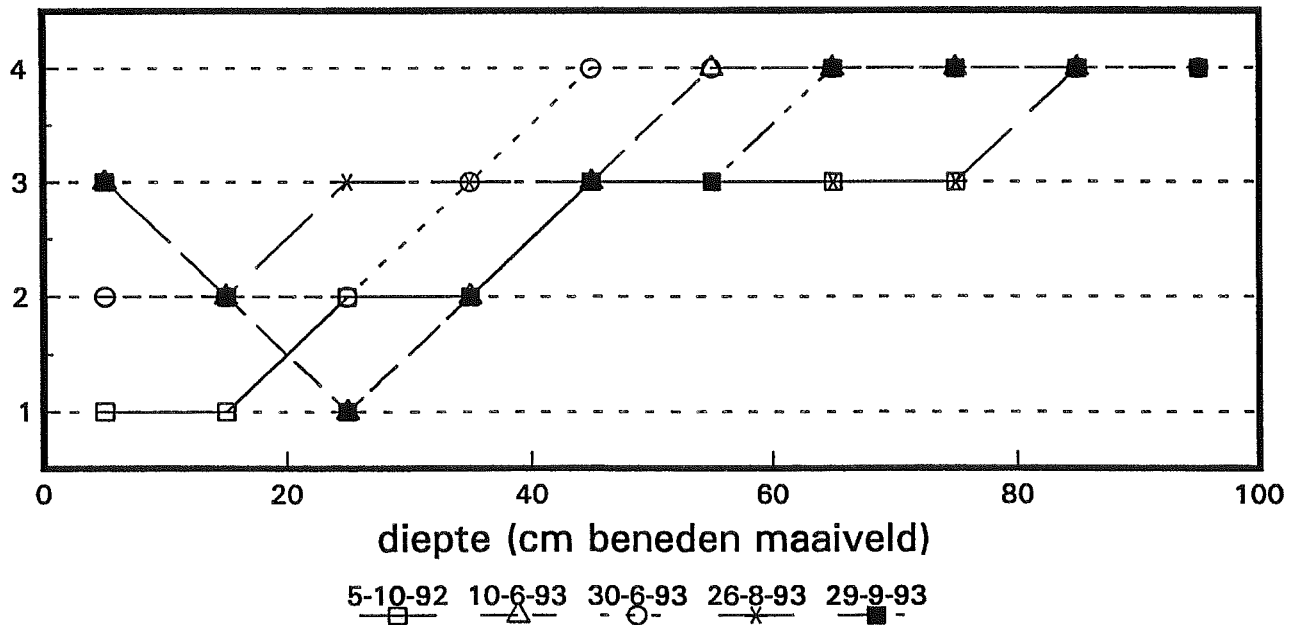
Stroodorpepolder kom 45

klasse



Rattekaai west kom 5

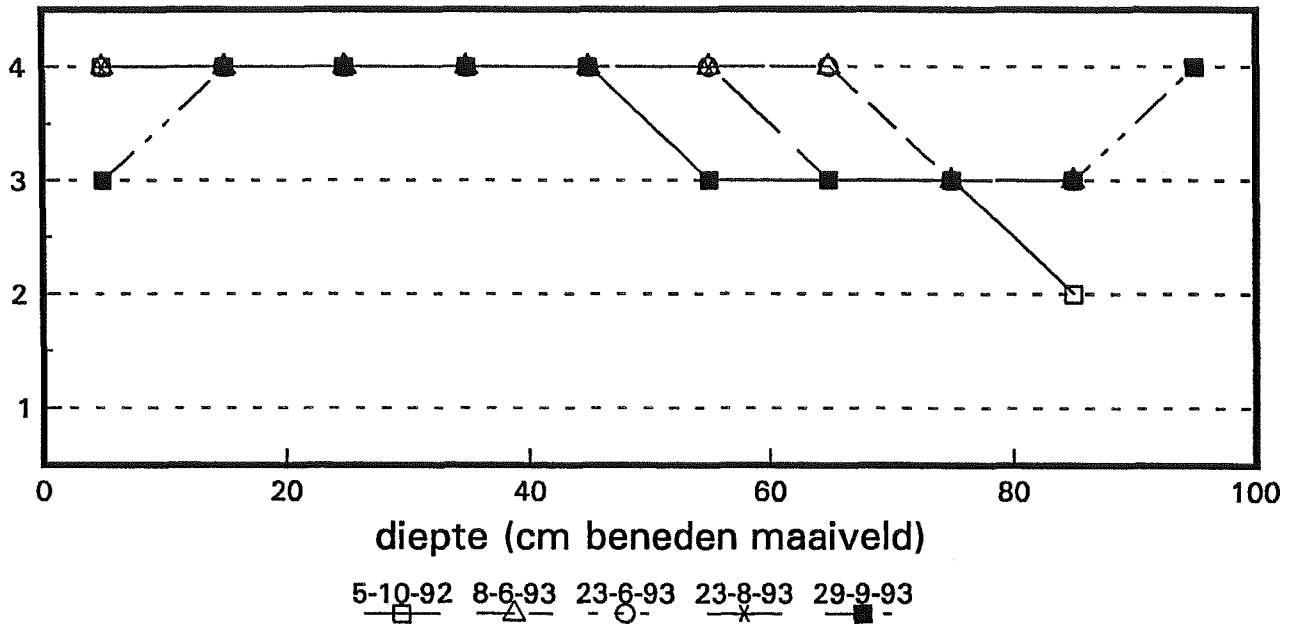
klasse



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

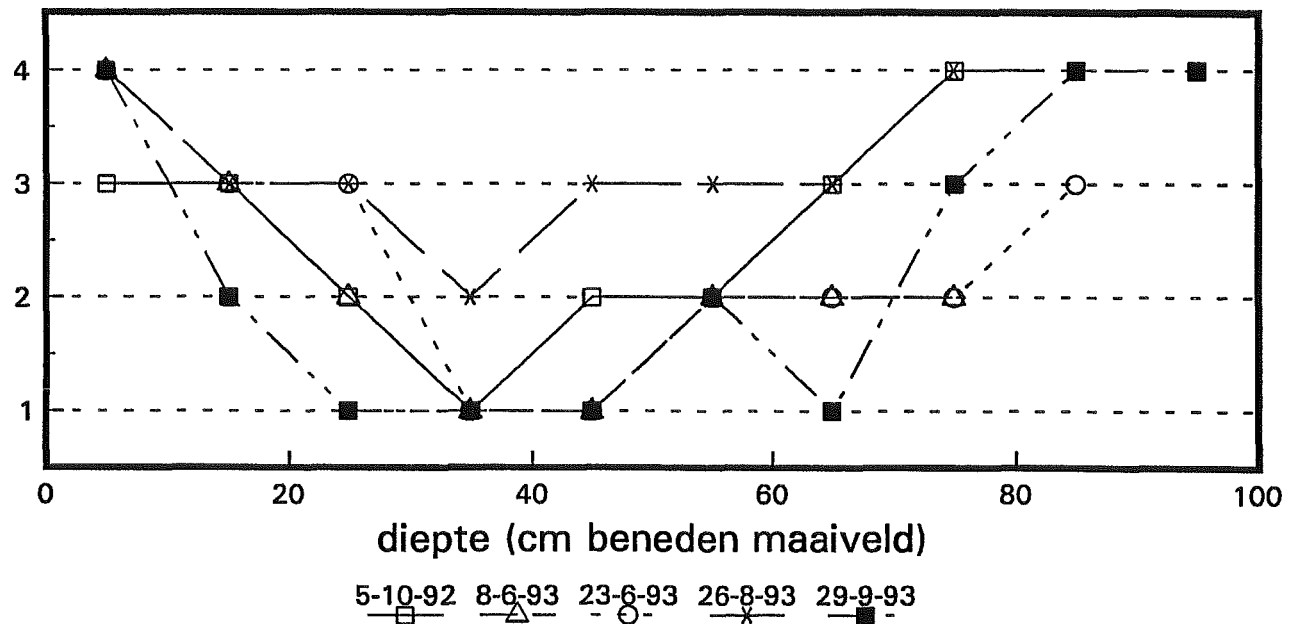
Rattekaai west kom 32

klasse



Rattekaai west kom 41

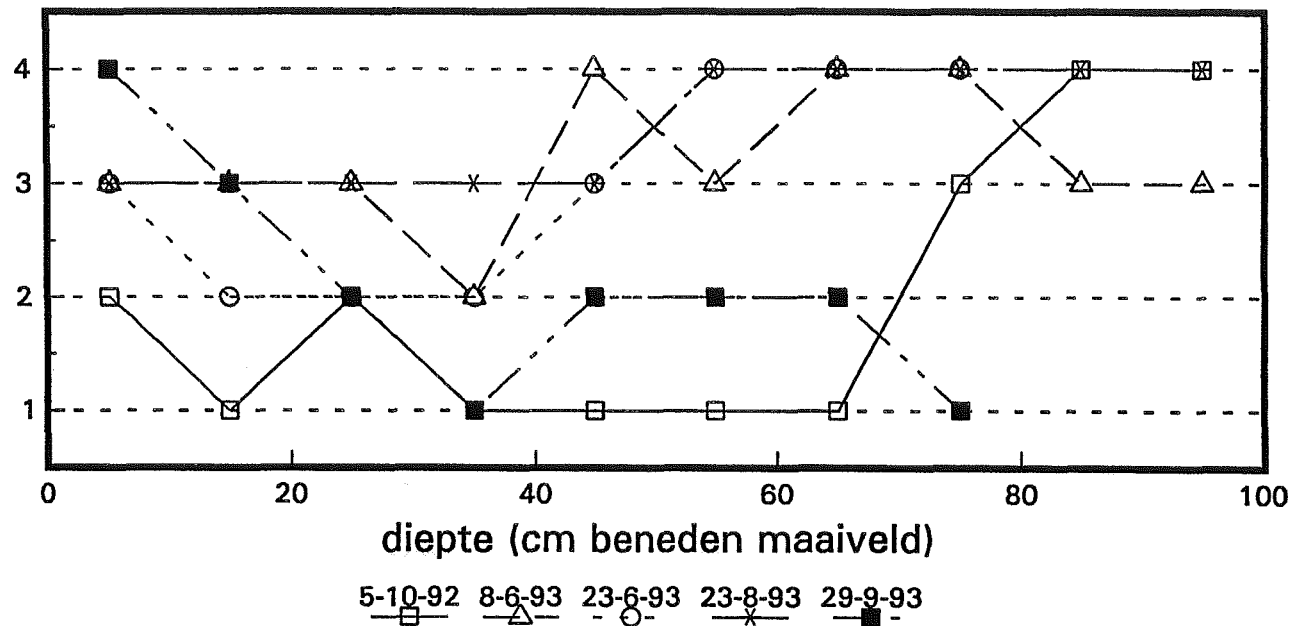
klasse



Kalkgehalte HCl-opbruismethode

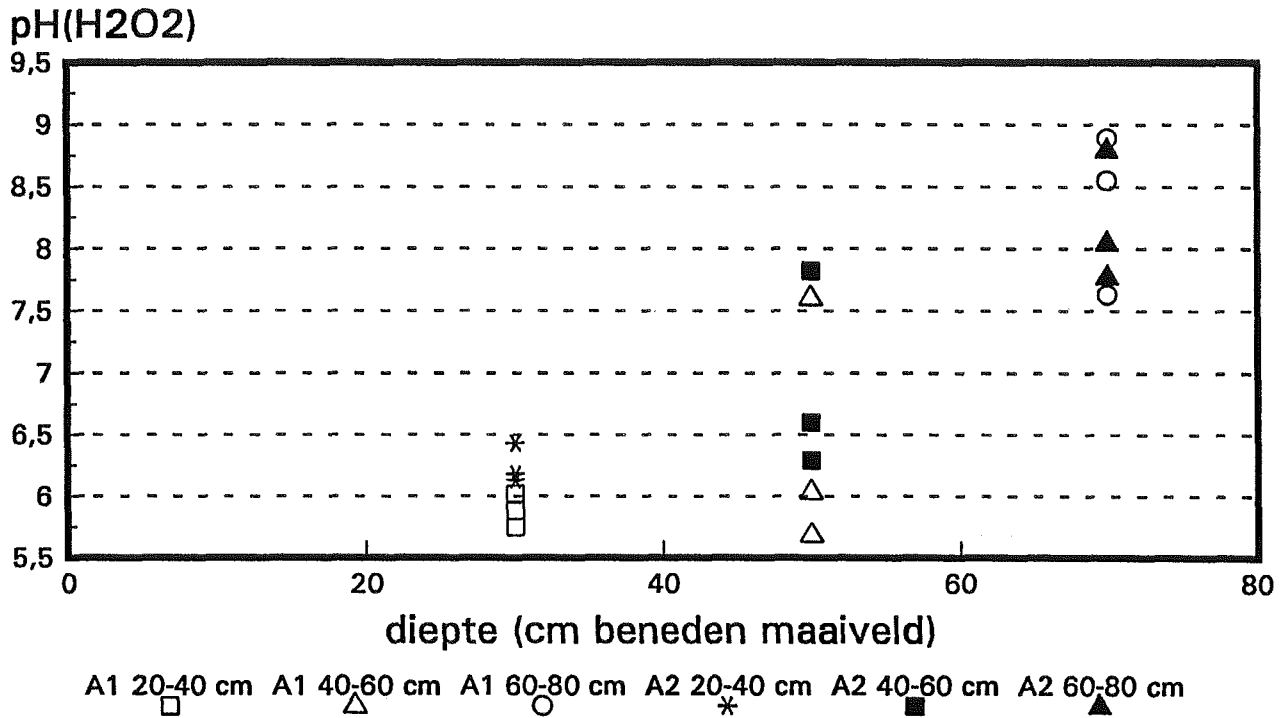
Rattekaai west kom 42

klasse

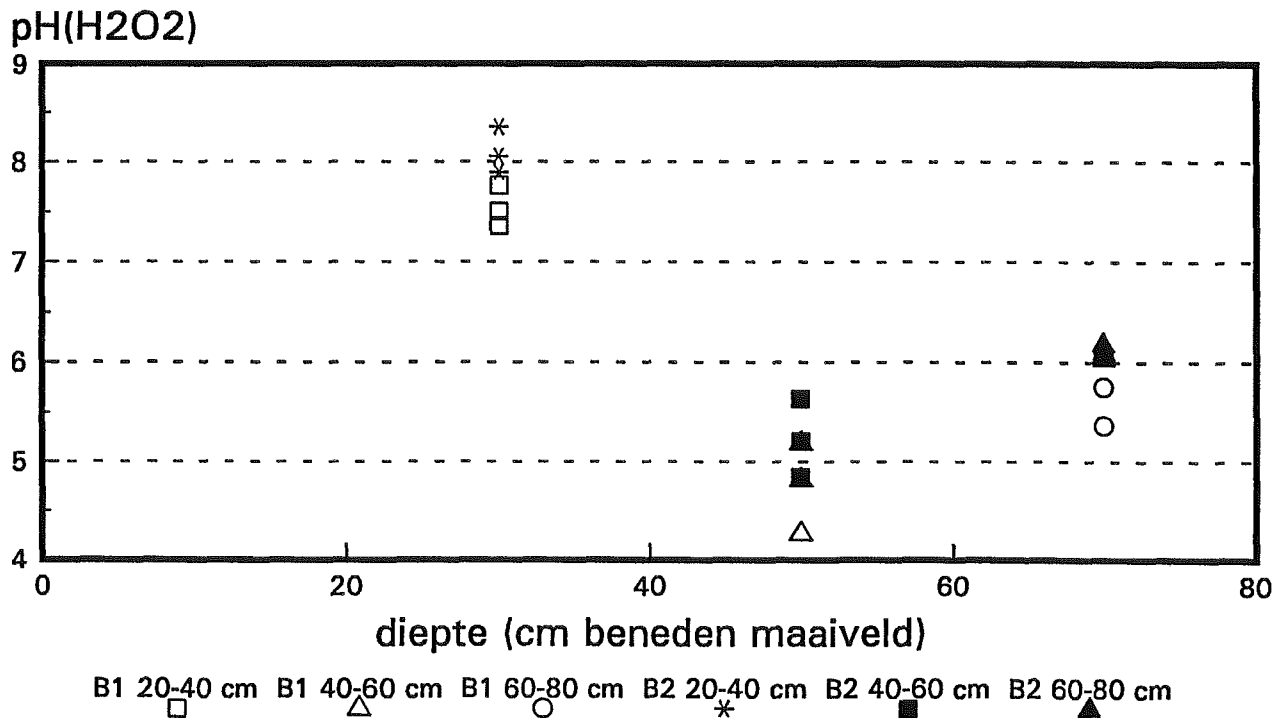


Controle pH(H2O2)

Serie A

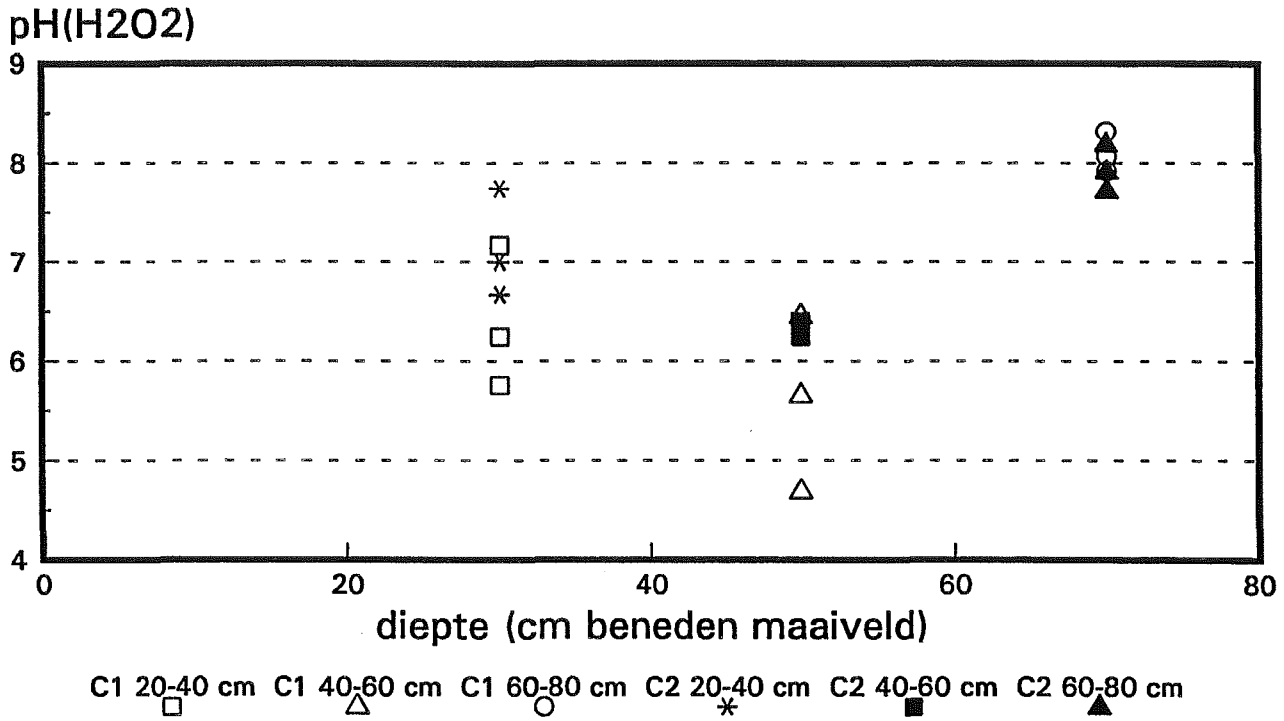


Serie B

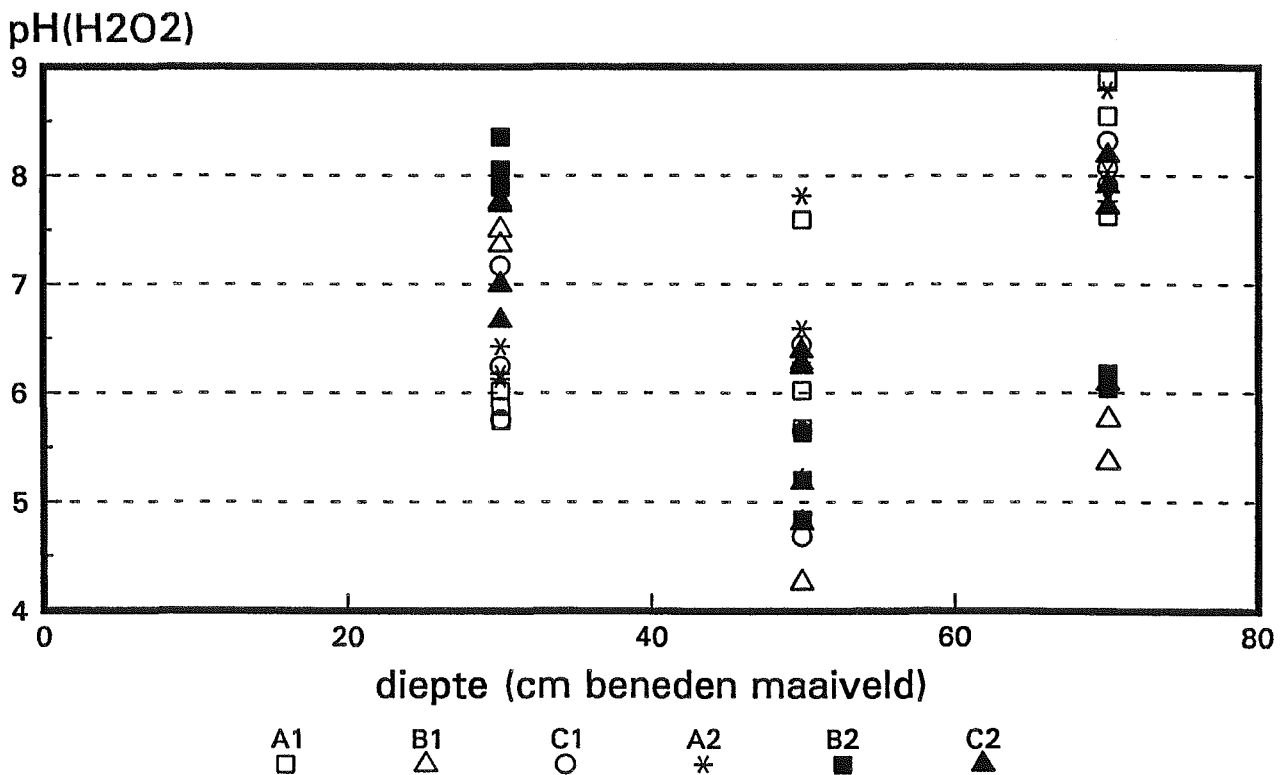


Controle pH(H2O2)

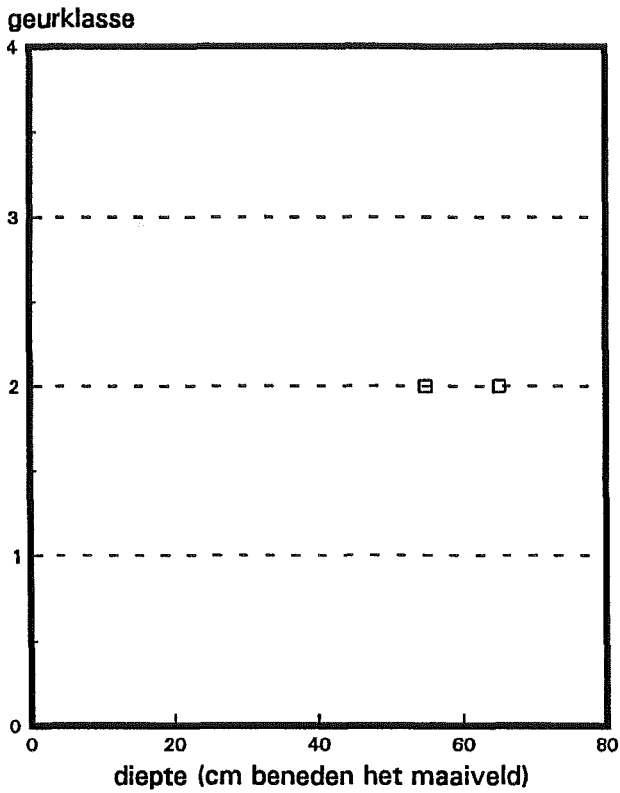
Serie C



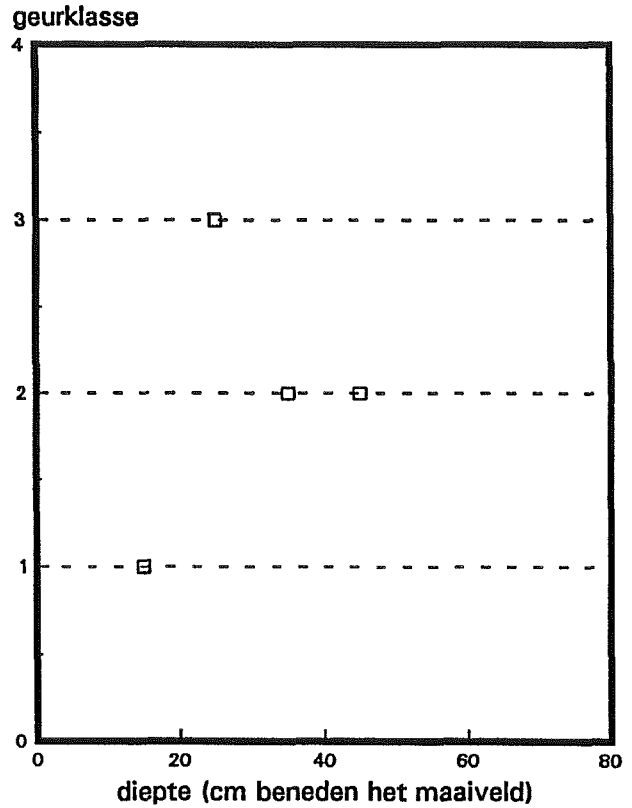
Totaal



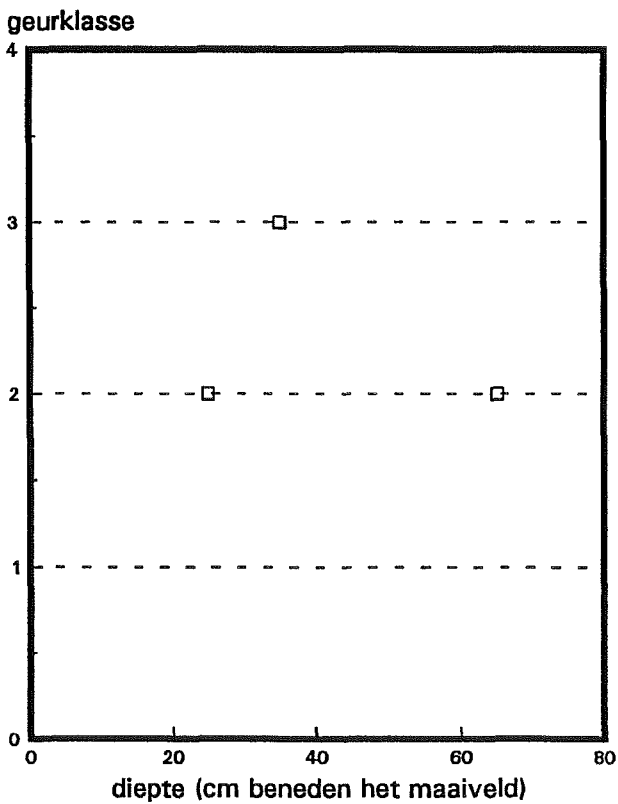
H2S-geur Rattekaai oost Kom 2



H2S-geur Anna Jacobapolder Kom 26



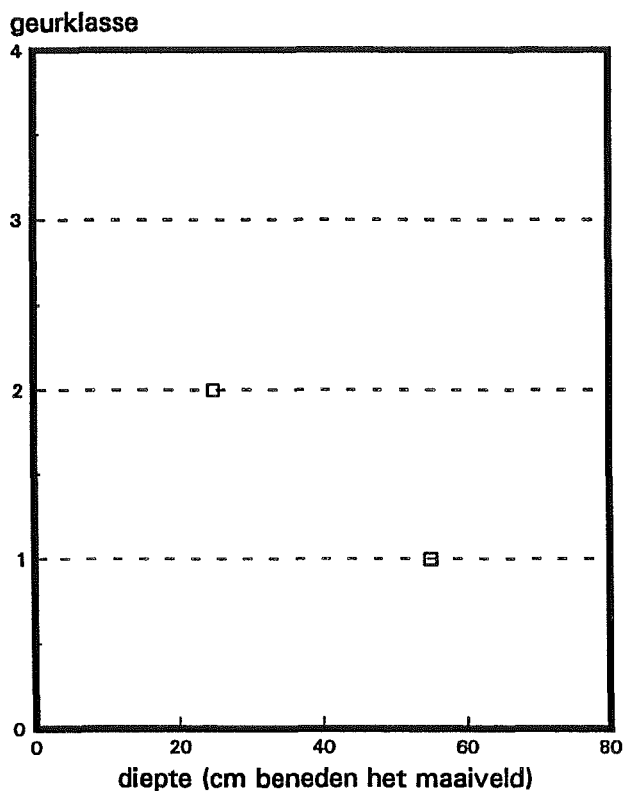
H2S-geur Stroodorpepolder Kom 45



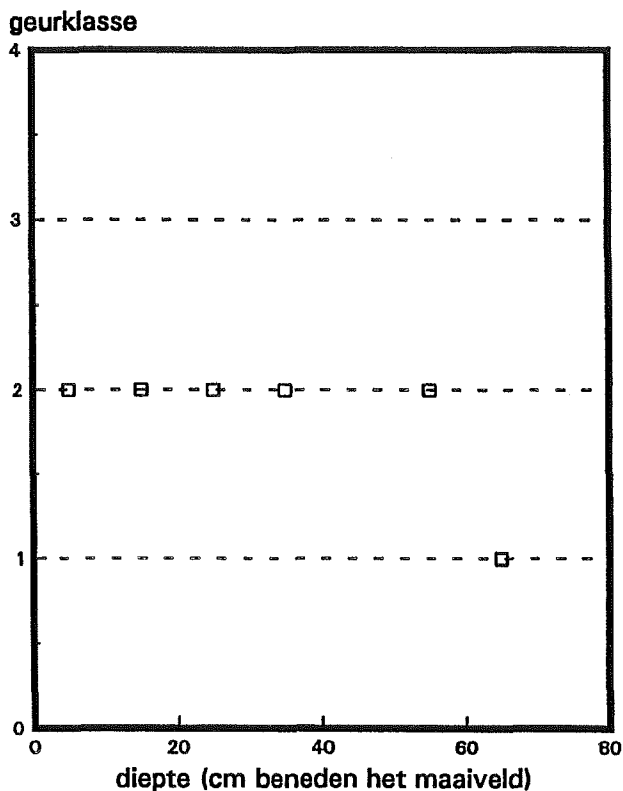
1 = lichte geur
2 = matige geur
3 = sterke geur

H2S-geur Sint Annaland

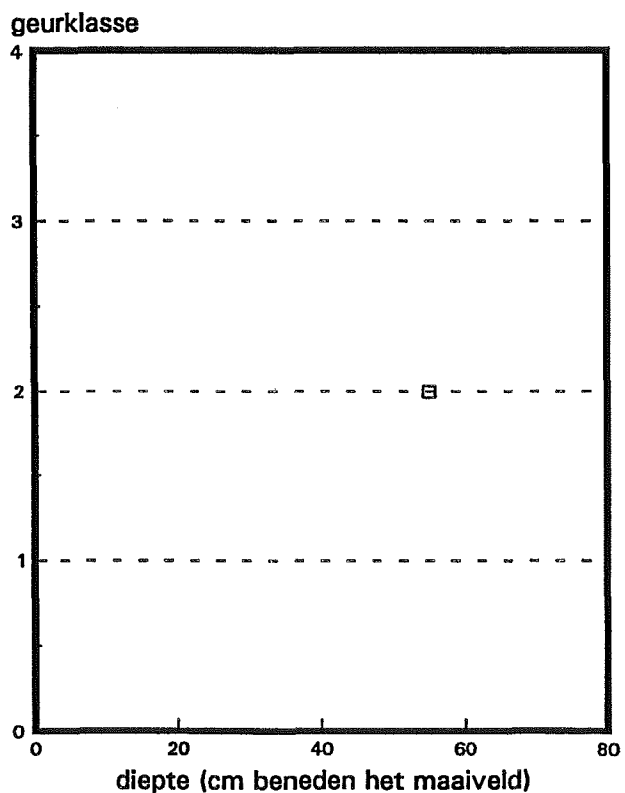
Kom 7



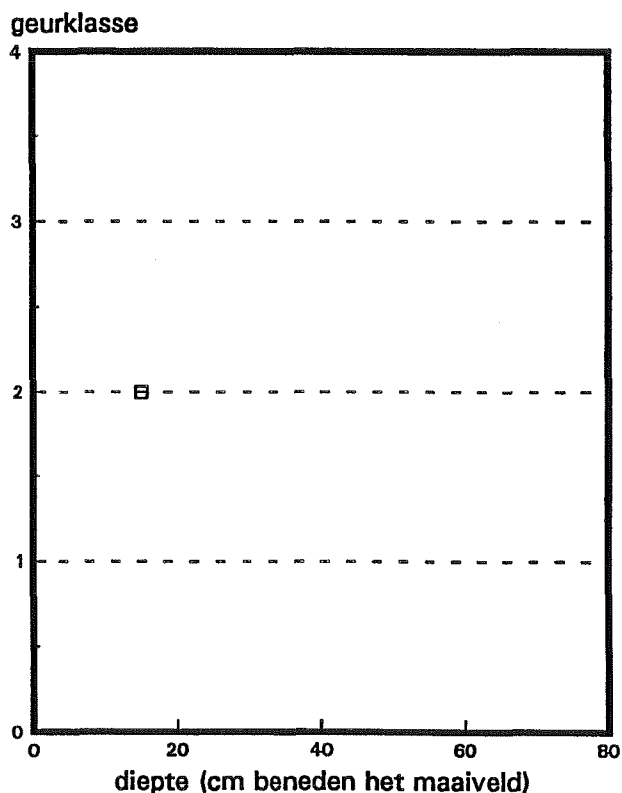
Kom 11



Kom 27

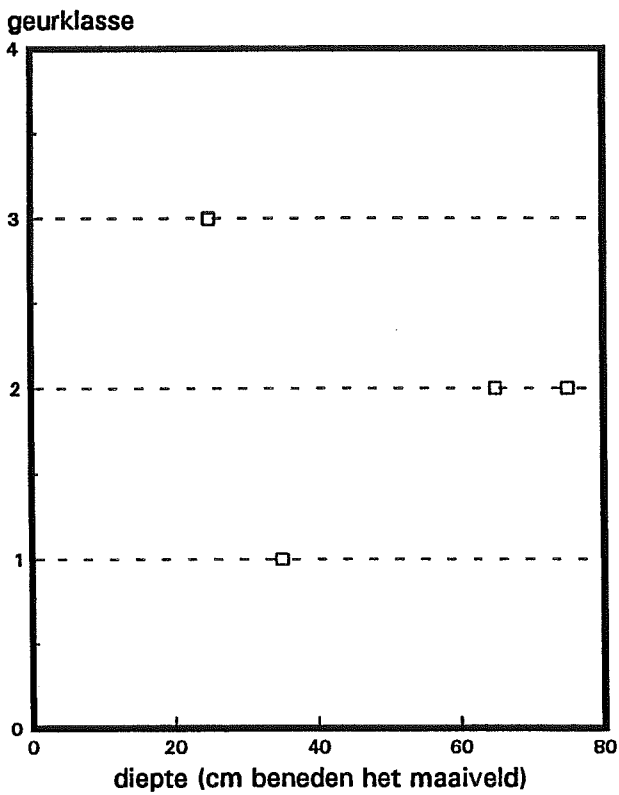


Kom 28

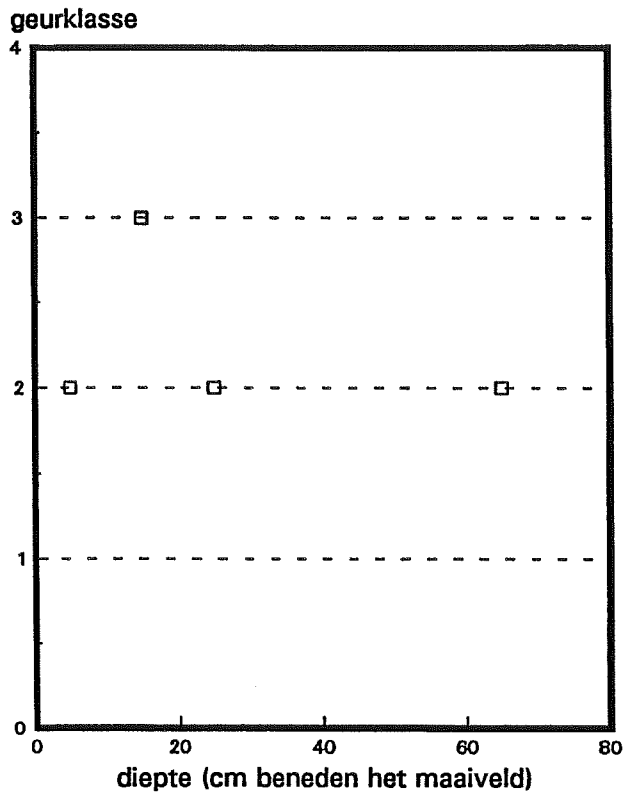


H2S-geur Rattekaai west

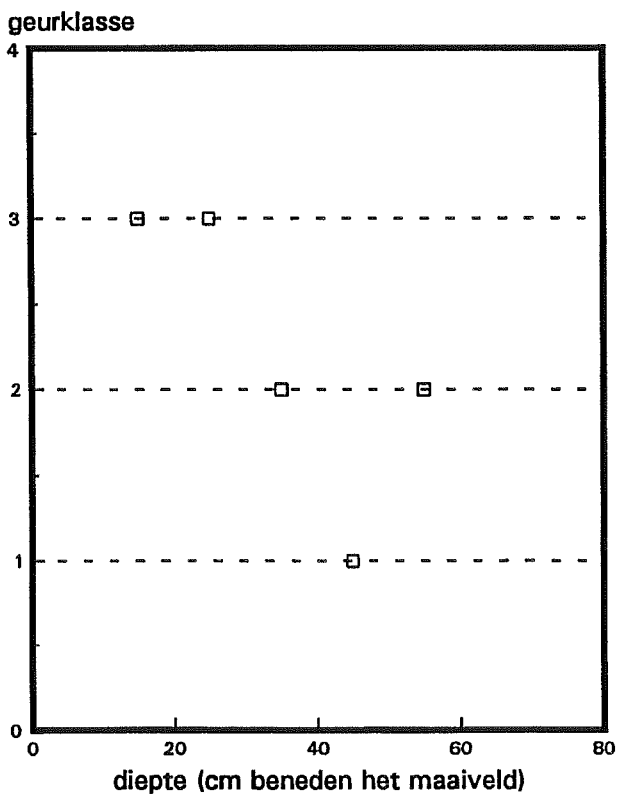
Kom 5



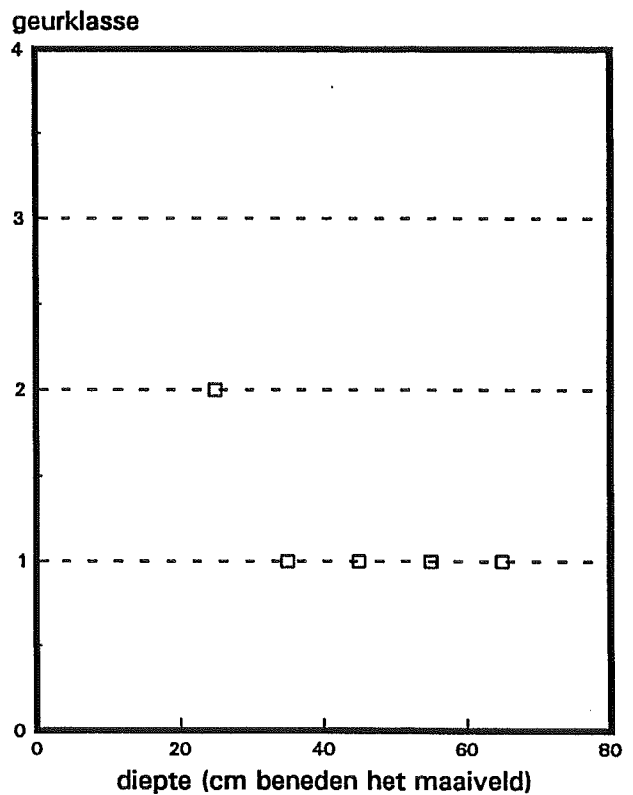
Kom 32



Kom 41



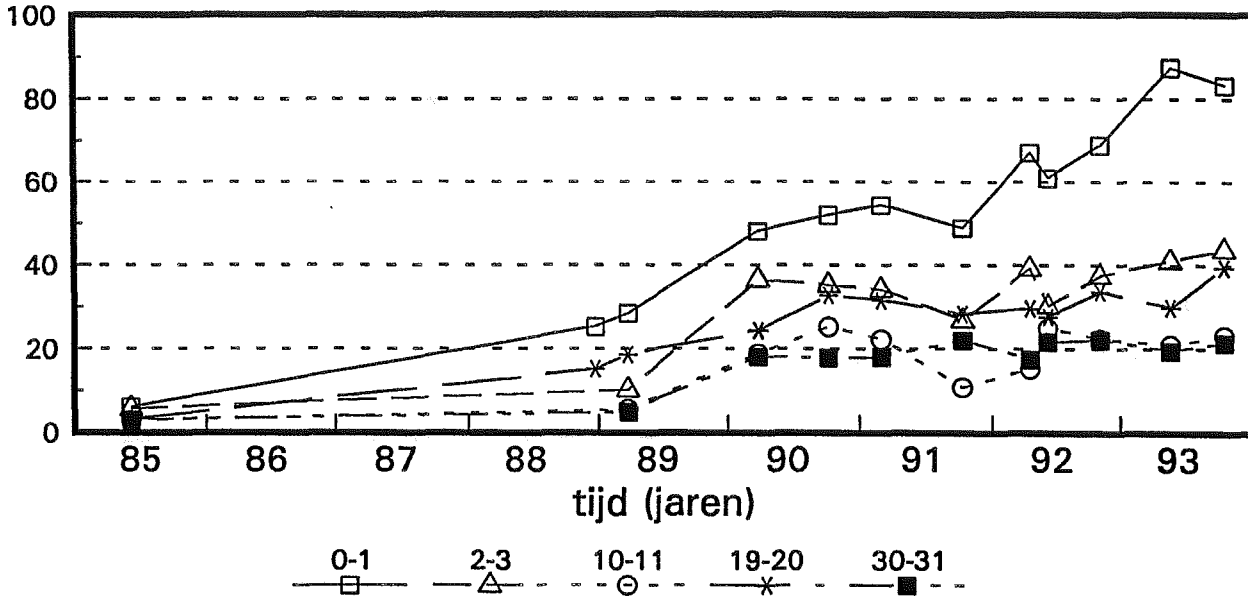
Kom 42



Sedimentatie schorren bij Sint Annaland Raai 2

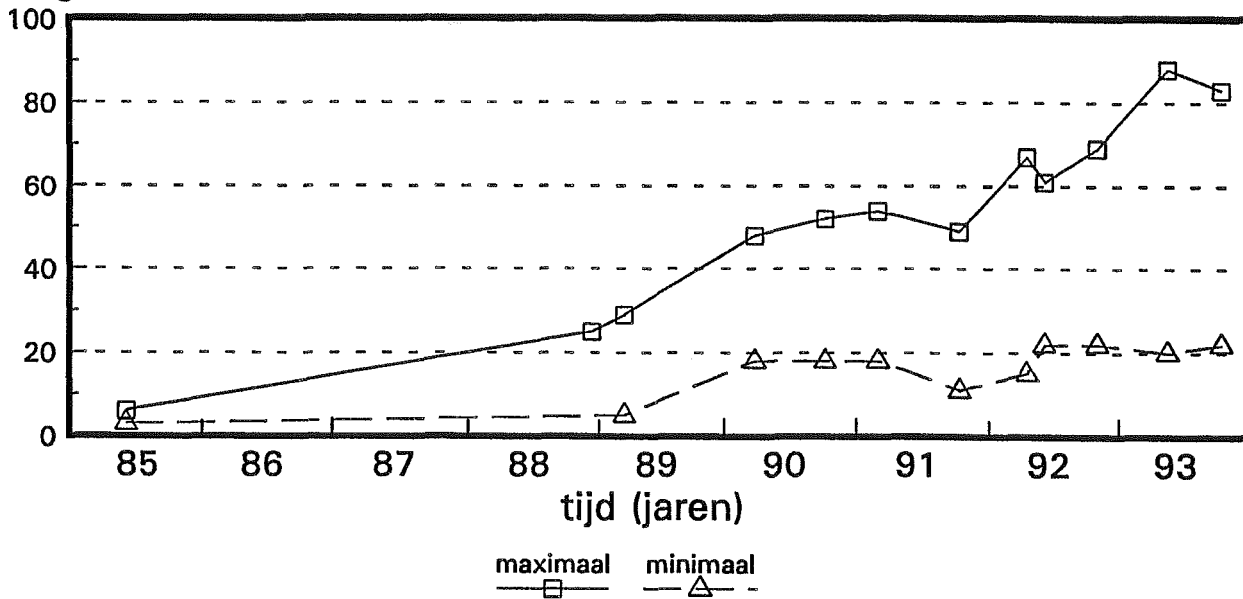
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

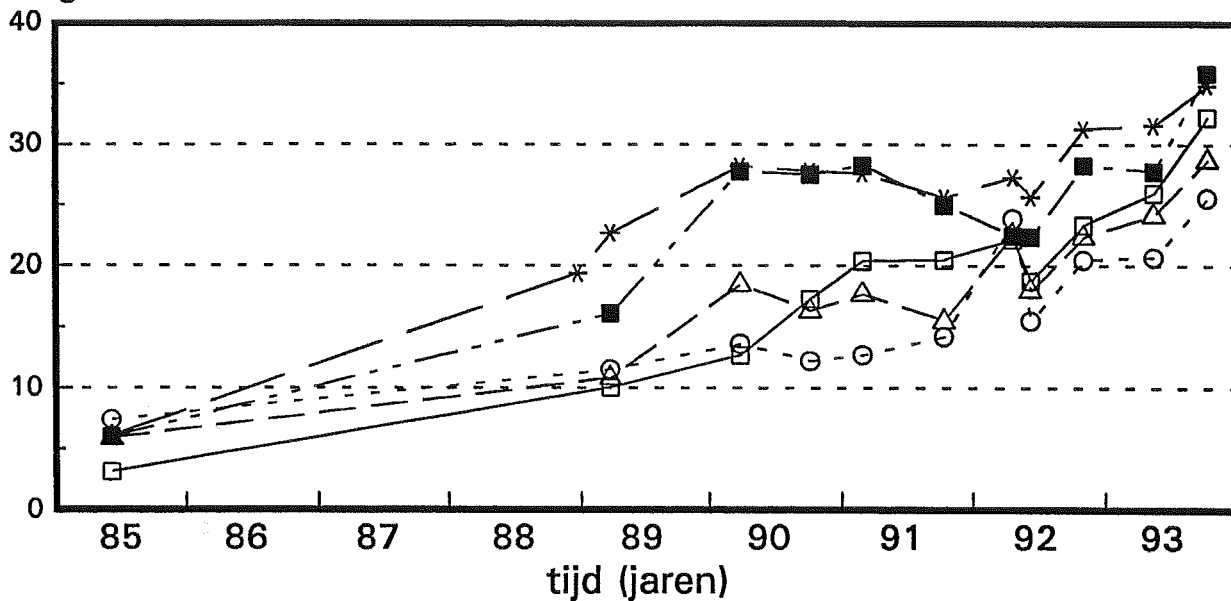
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Sint Annaland Raai 3

Verloop per plot

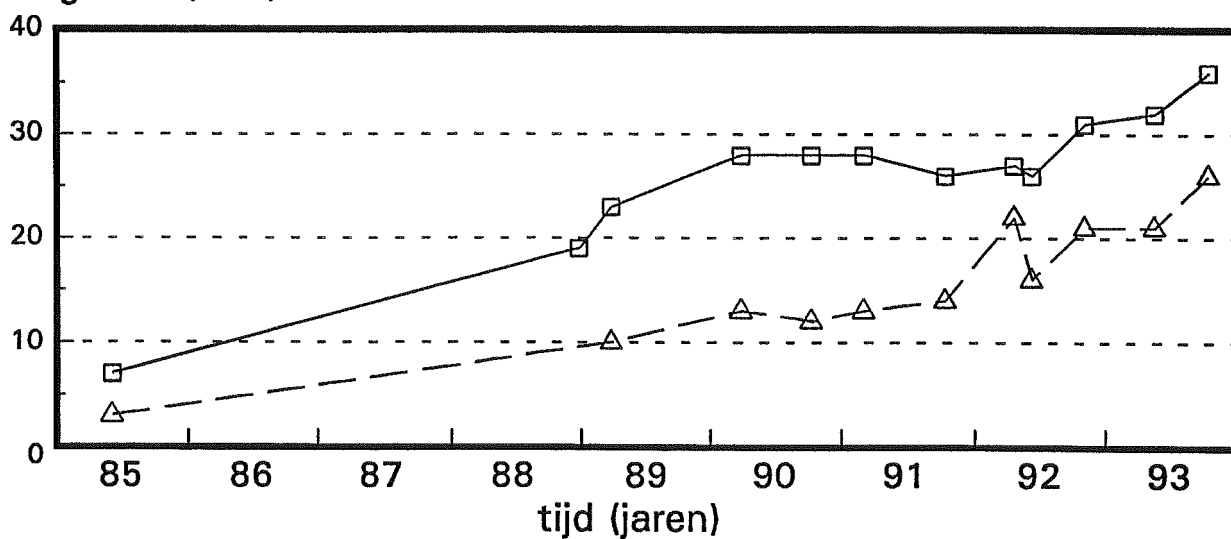
laagdikte (mm)



0-1 (□) 2-3 (△) 9-10 (○) 19-20 (*) 29-30 (■)

Maximaal en minimaal verloop

laagdikte (mm)



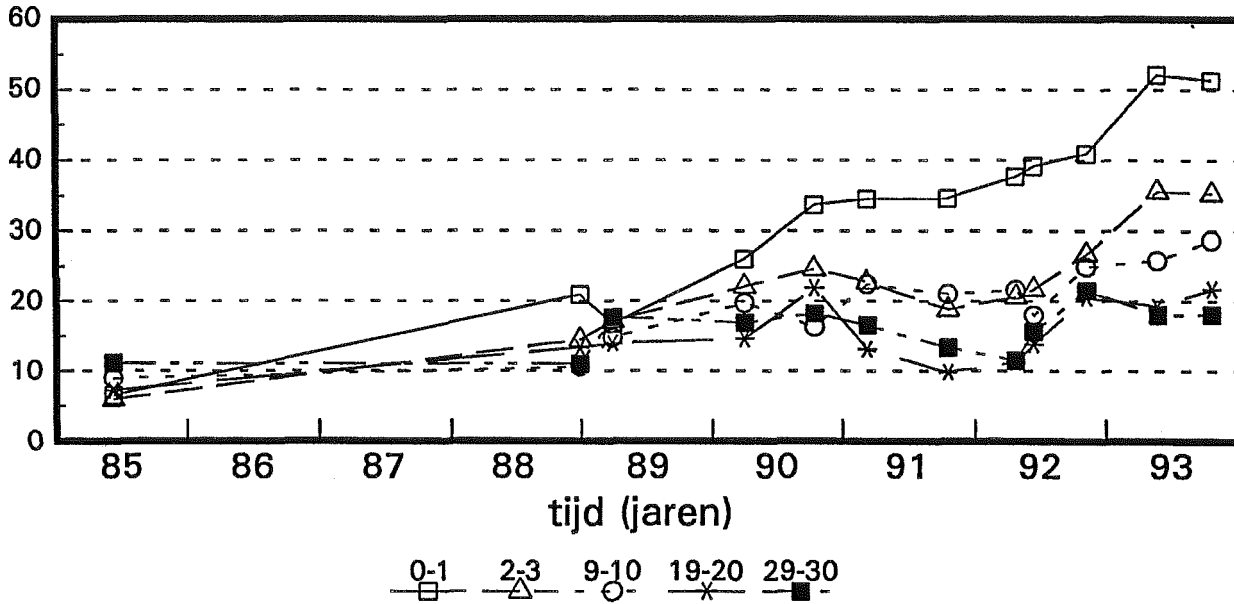
maximaal (□) minimaal (△)

Sedimentatie schorren bij Sint Annaland

Raai 4

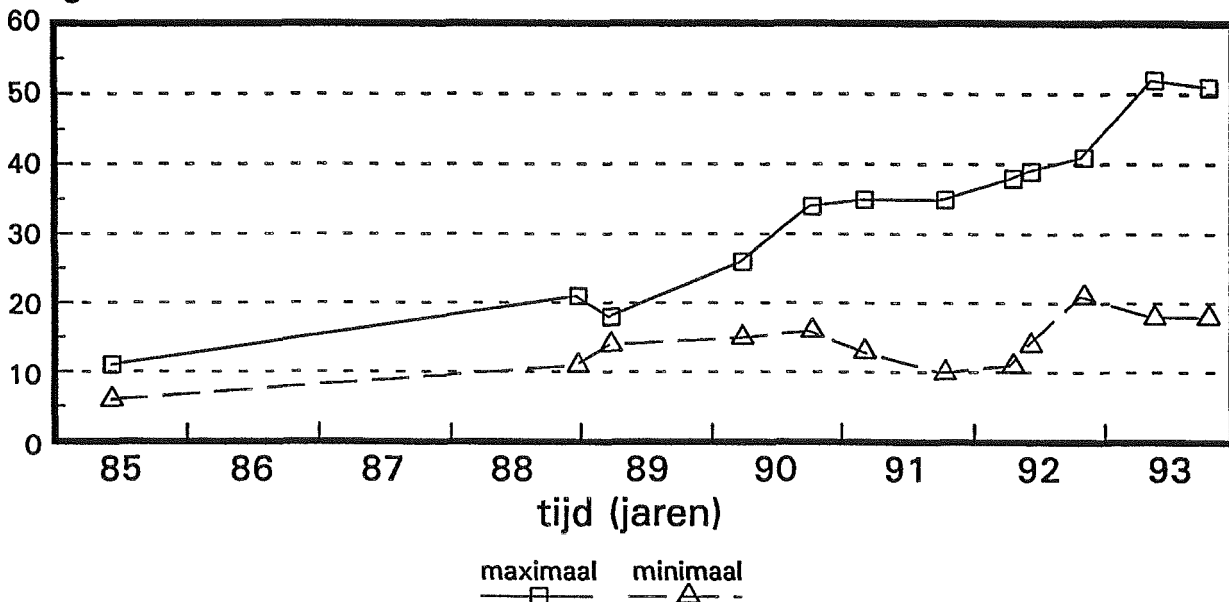
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

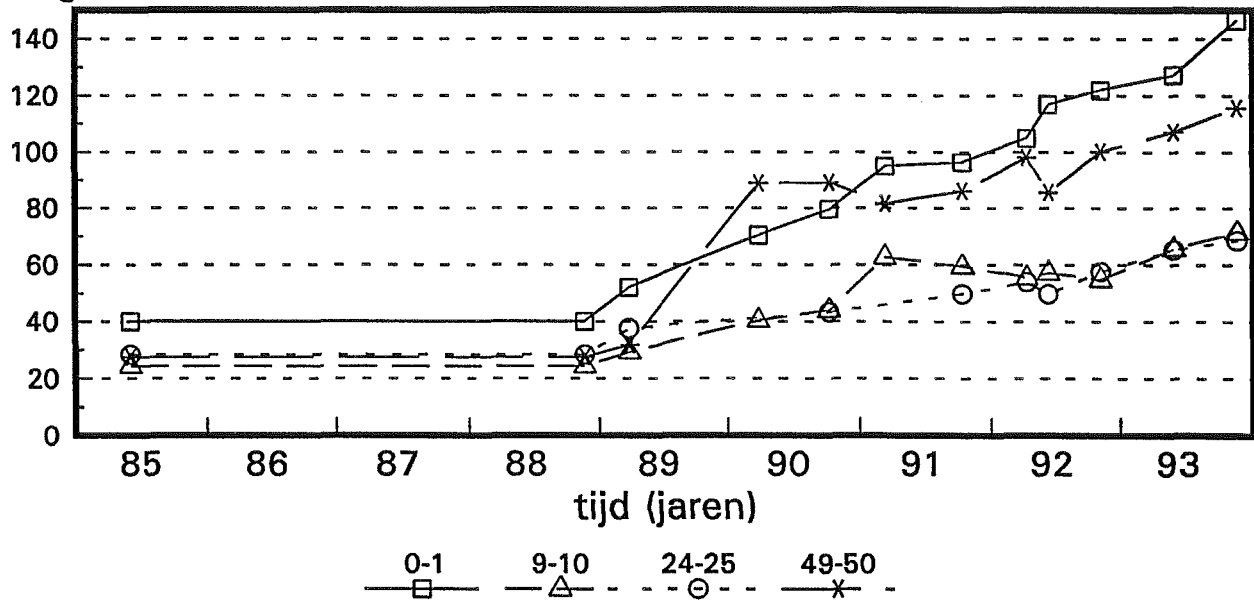
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B4

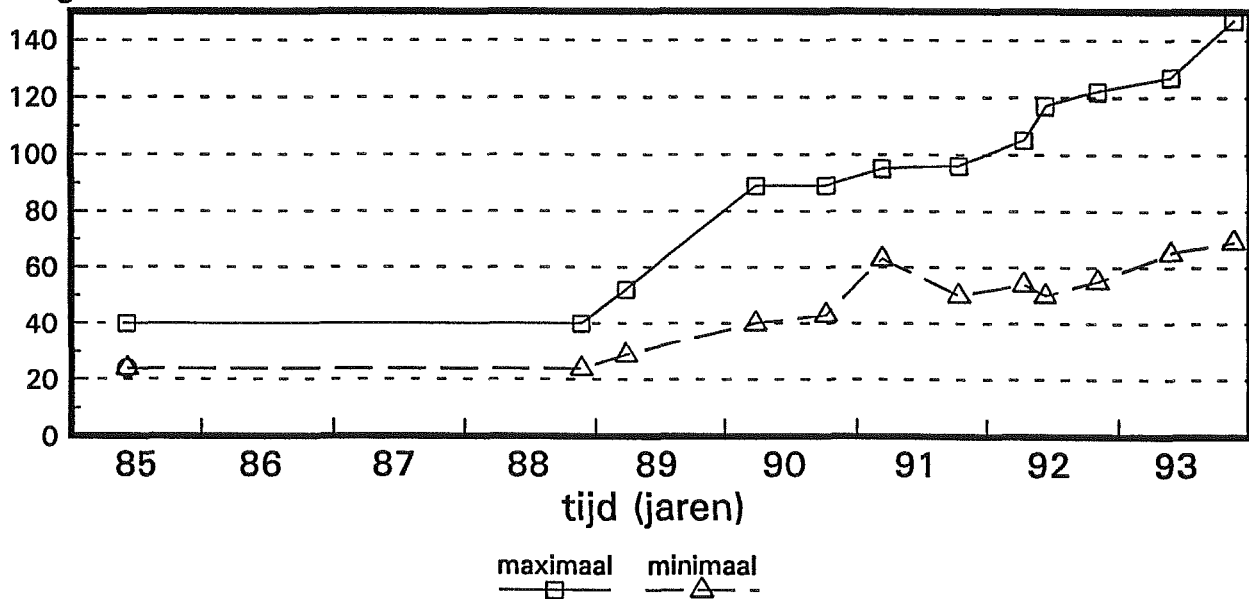
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

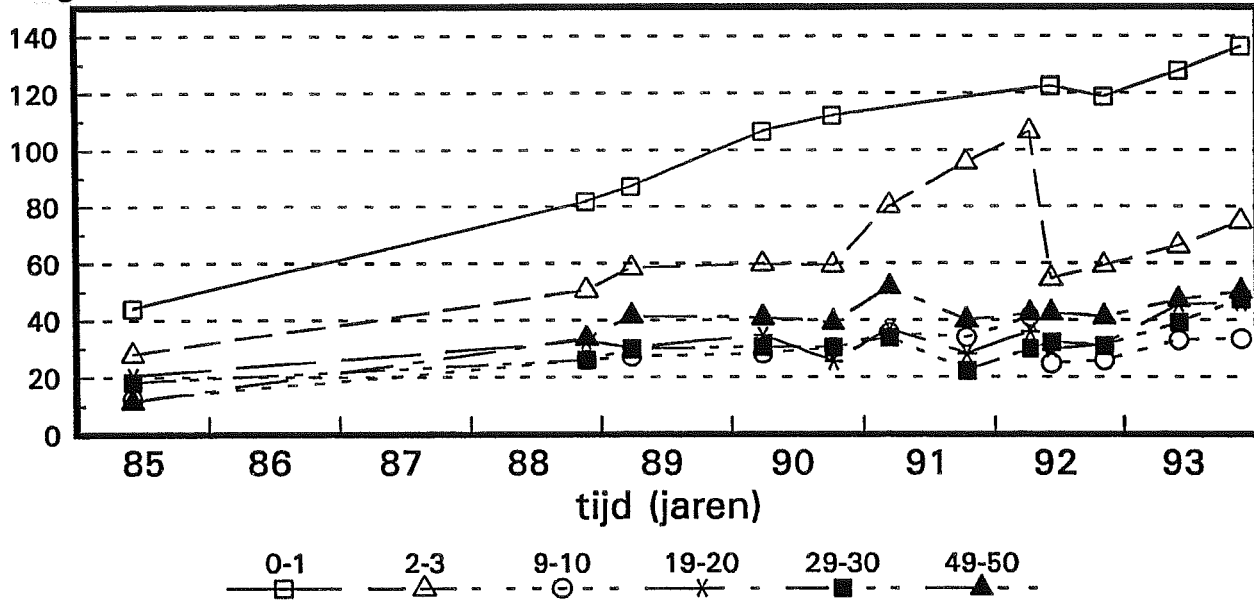
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B5

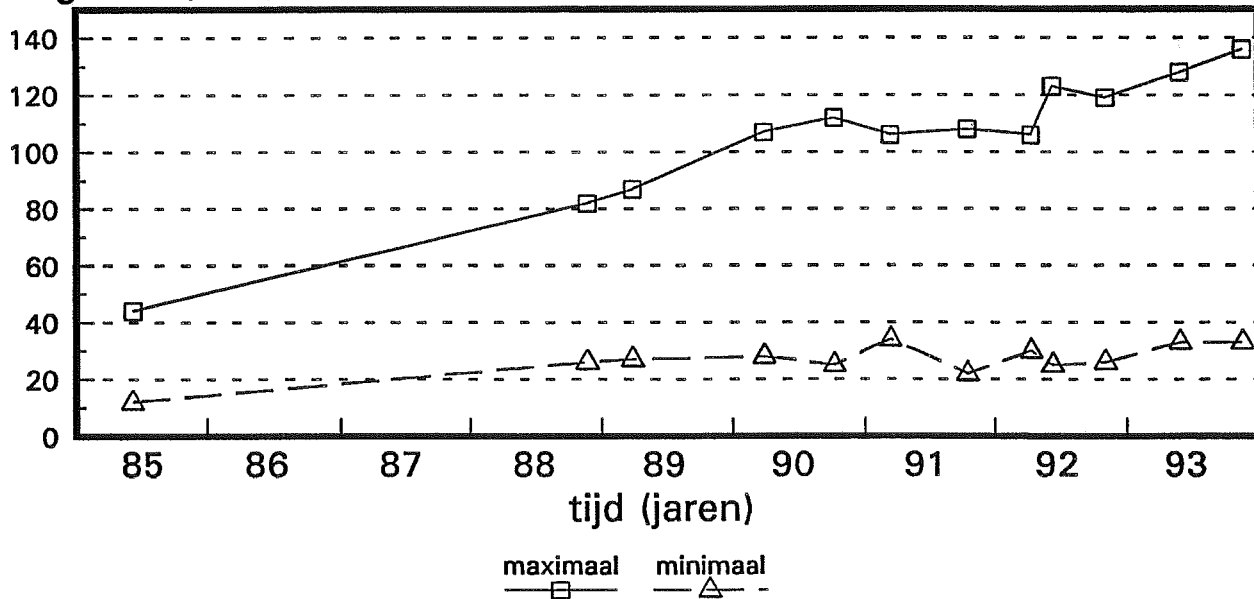
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

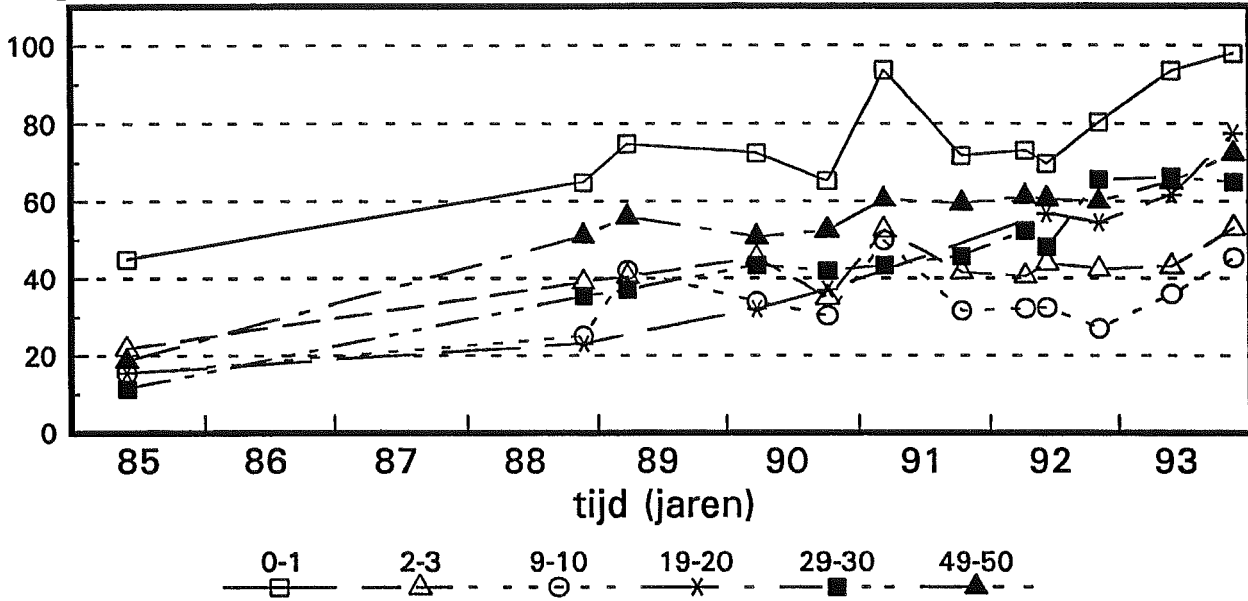
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B6

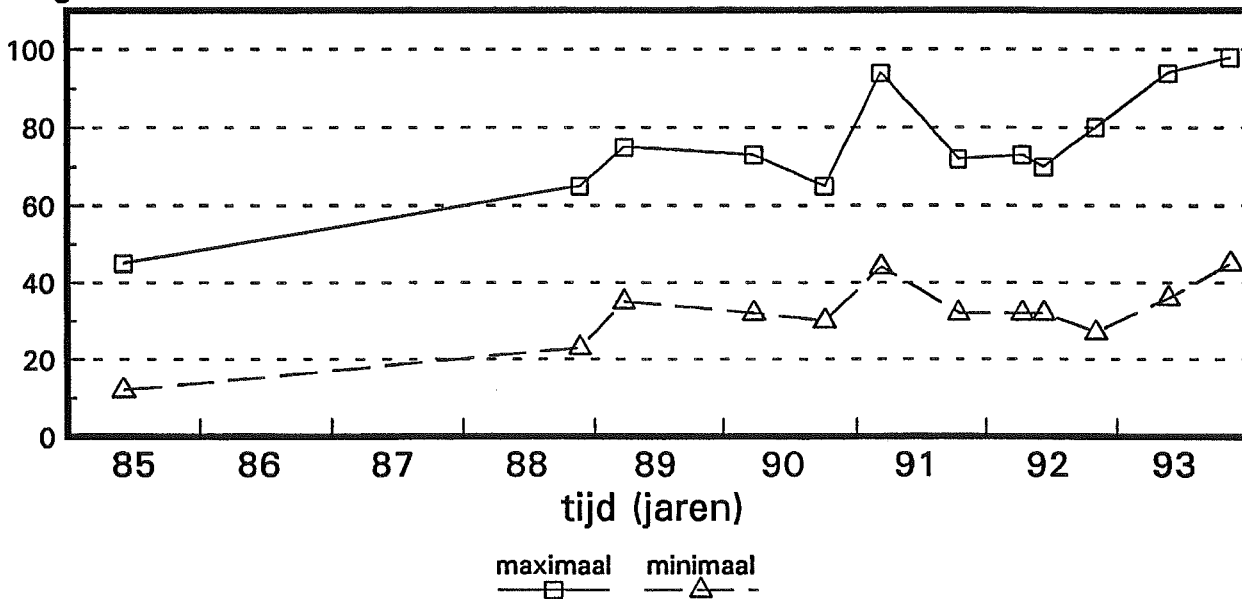
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

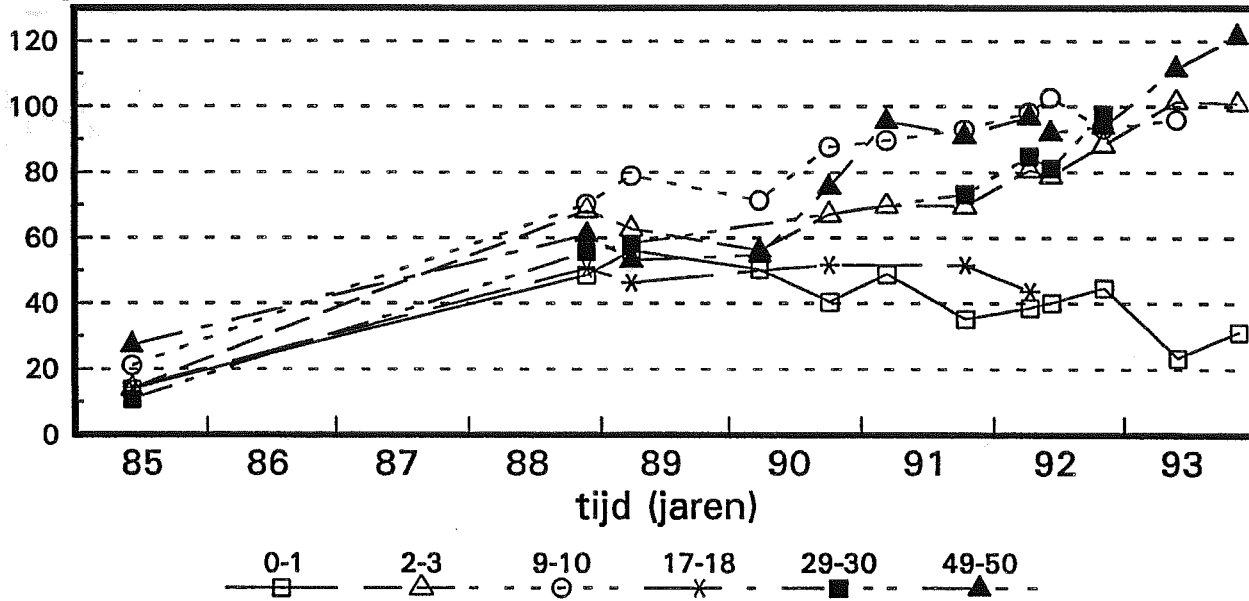
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B8

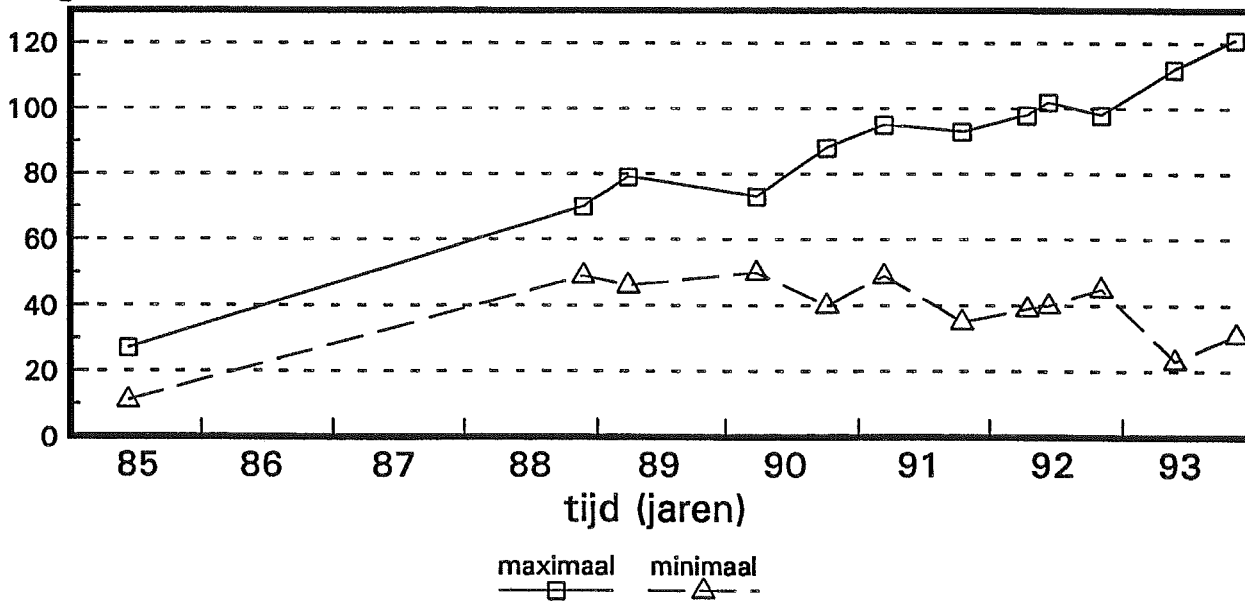
Verloop per plot

laagdikte (mm)



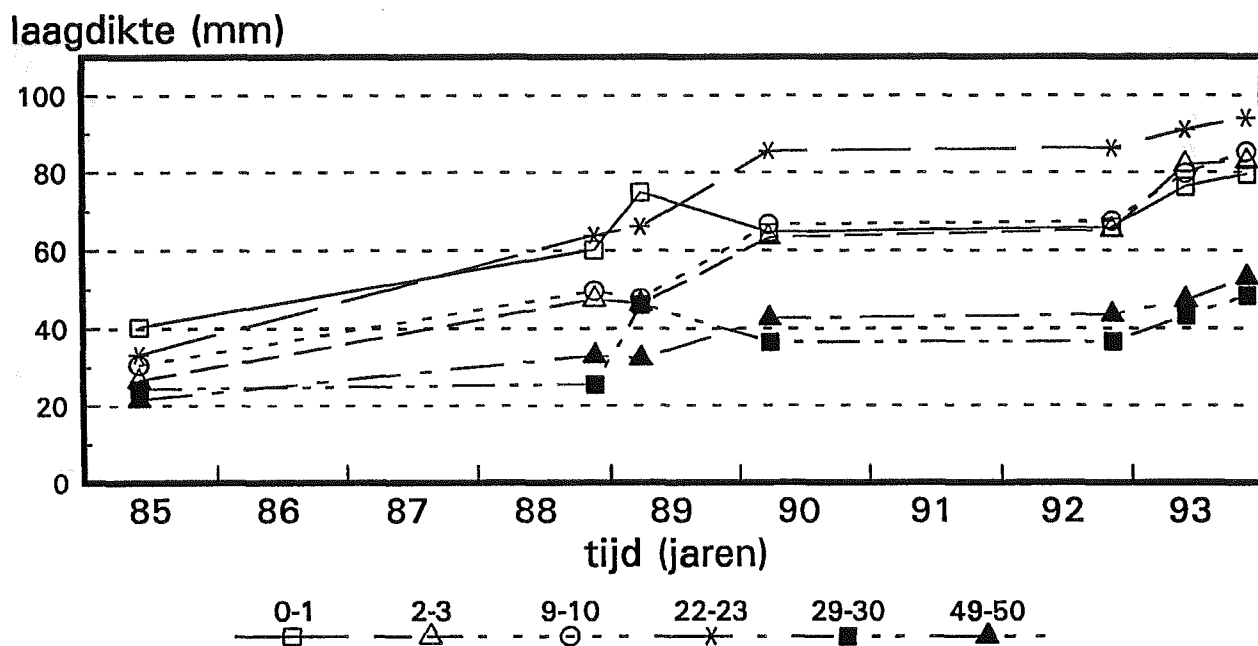
Maximaal en minimaal verloop

laagdikte (mm)

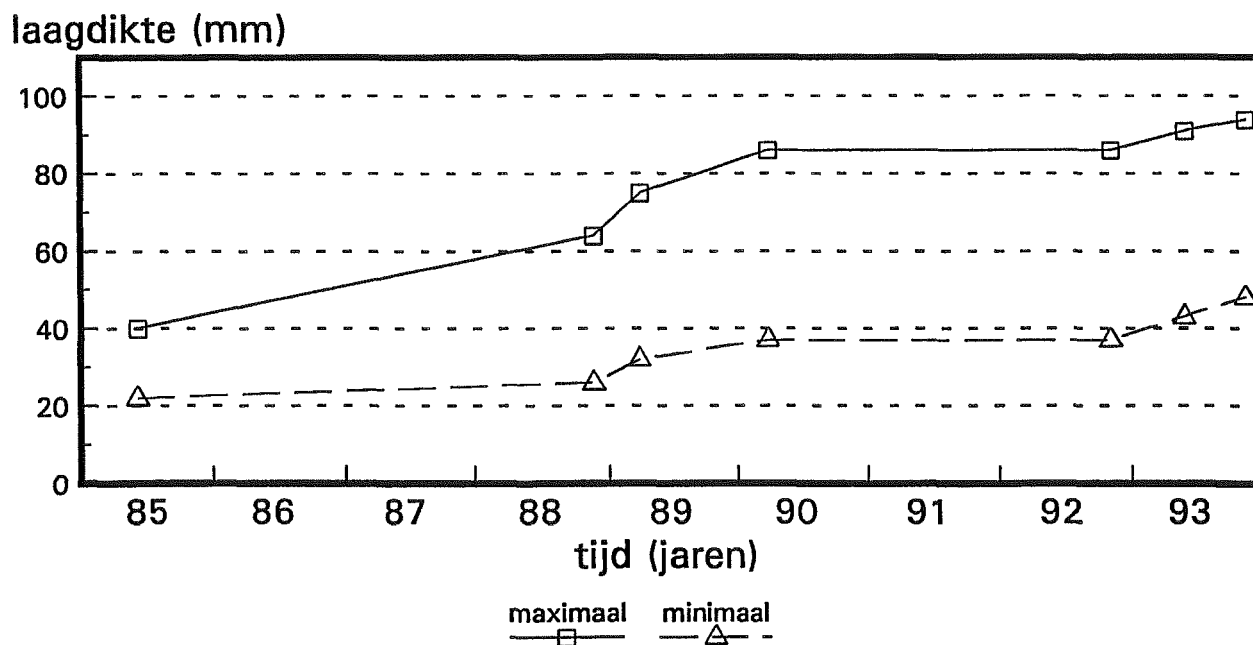


Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B9

Verloop per plot



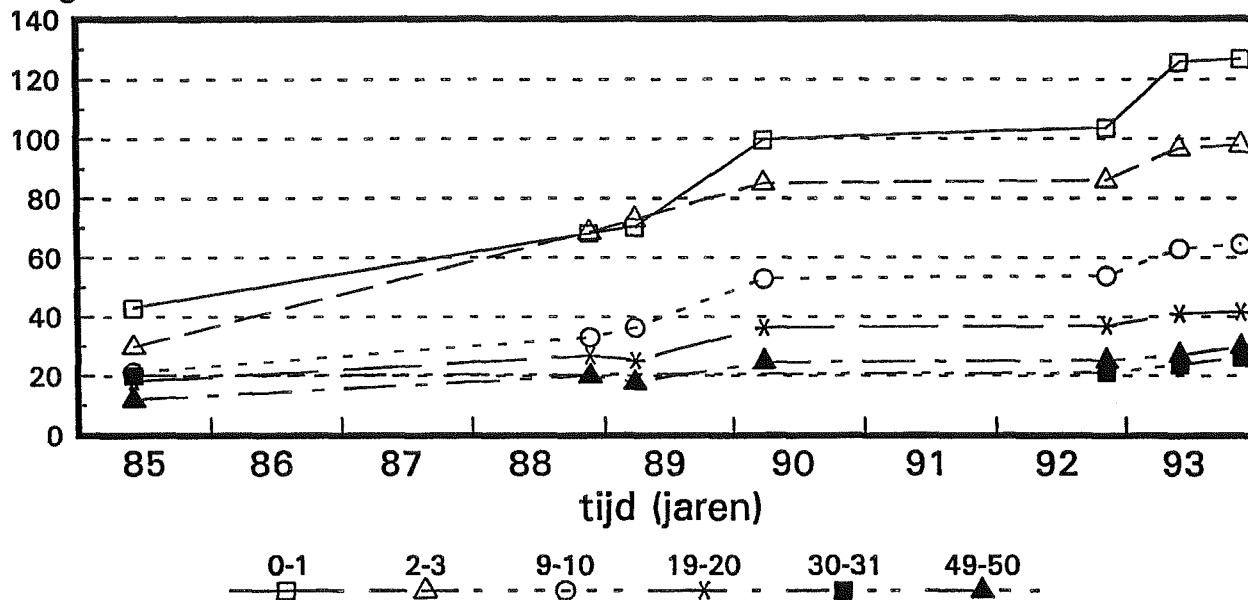
Maximaal en minimaal verloop



Sedimentatie schorren Rattekaai west Raai B10

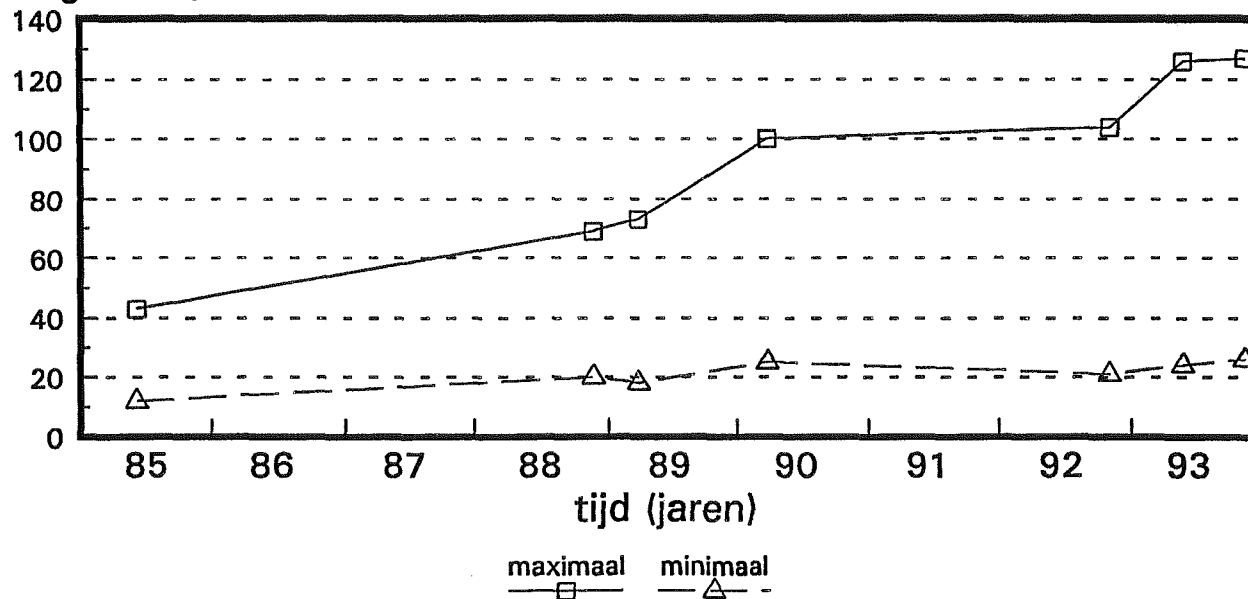
Verloop per plot

laagdikte (mm)



Maximaal en minimaal verloop

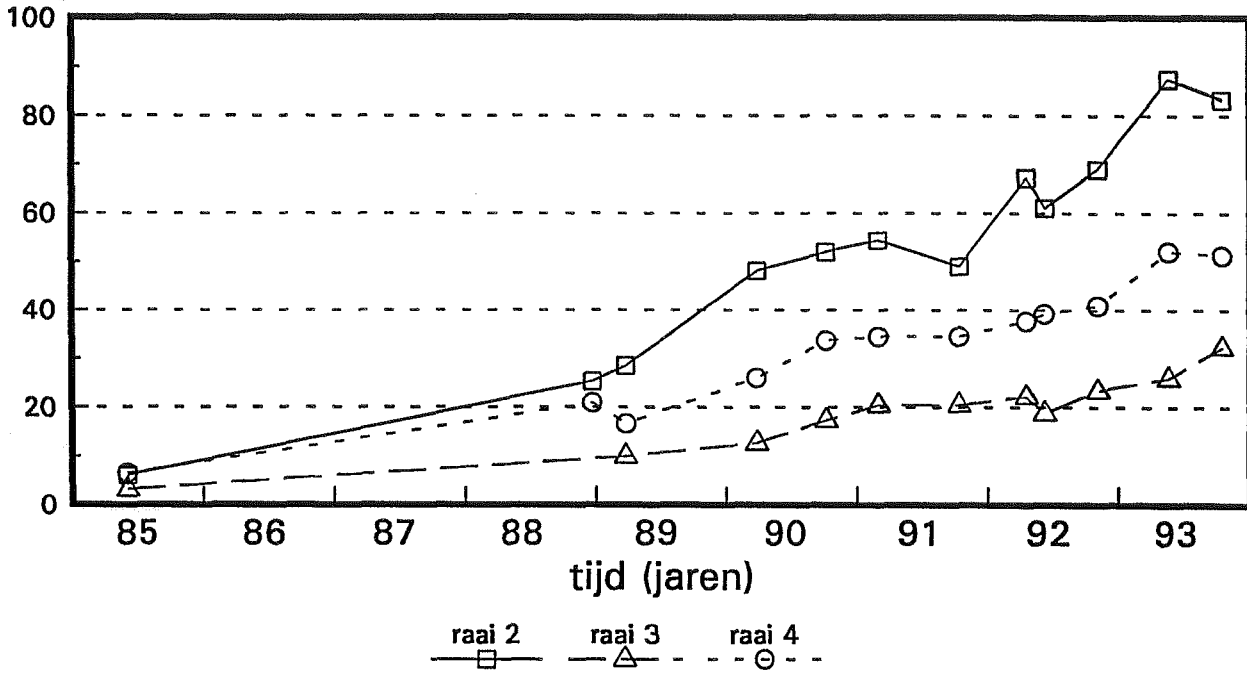
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Sint Annaland

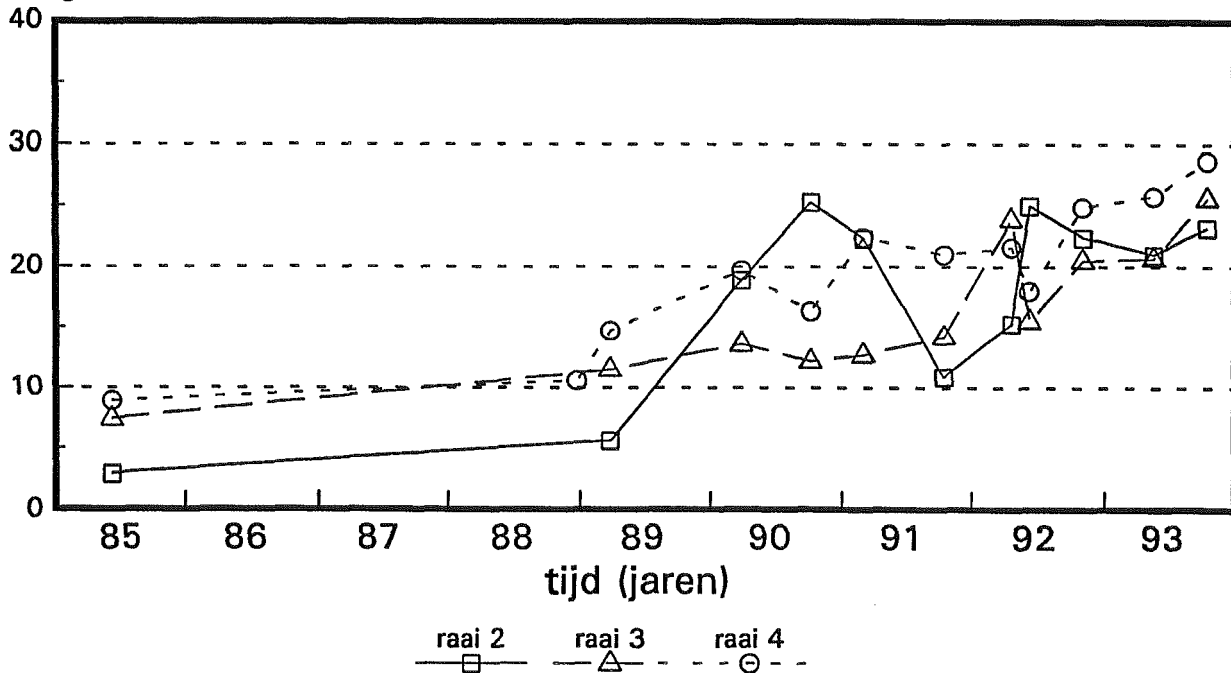
Oeverwallen

laagdikte (mm)



Overgangen

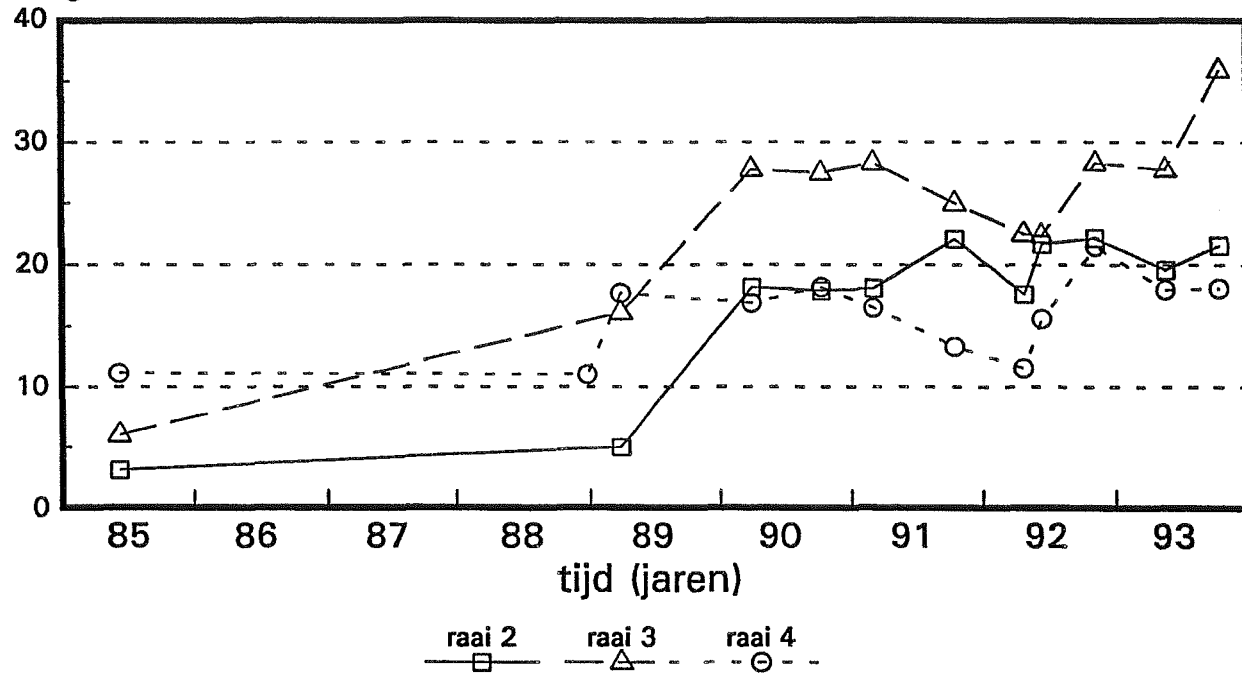
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Sint Annaland

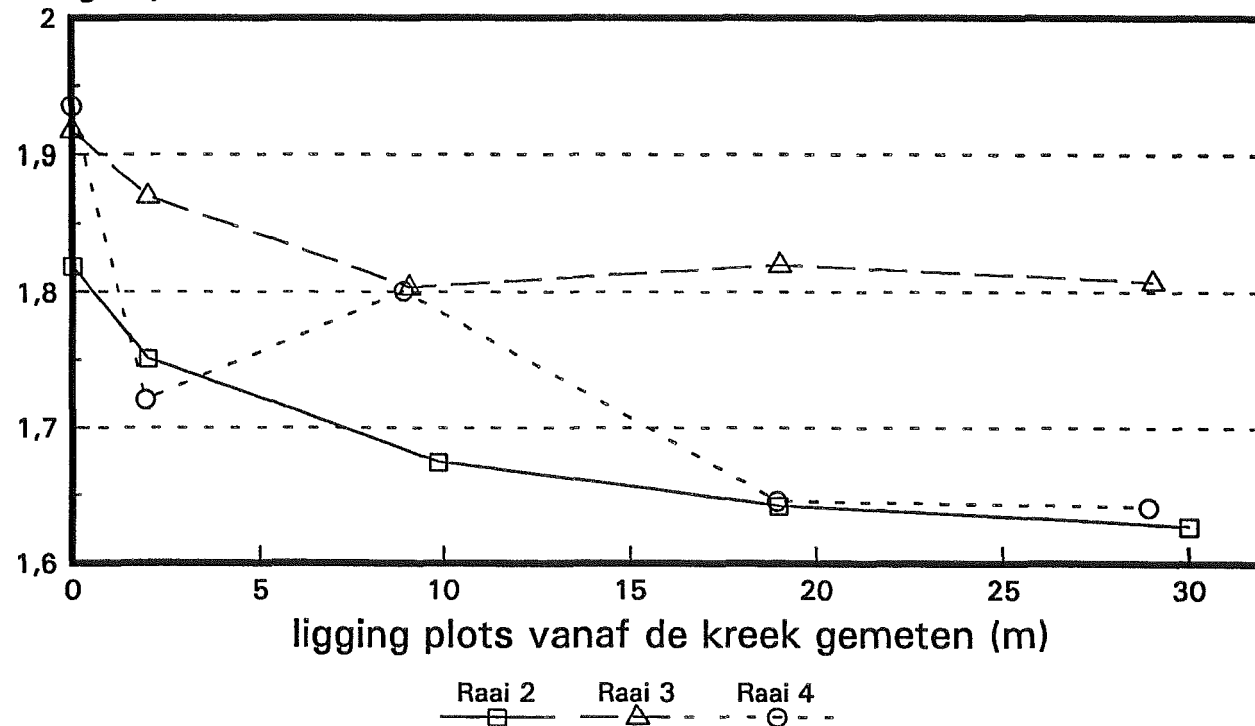
Kommen

laagdikte (mm)



Hoogte kaolienplotjes

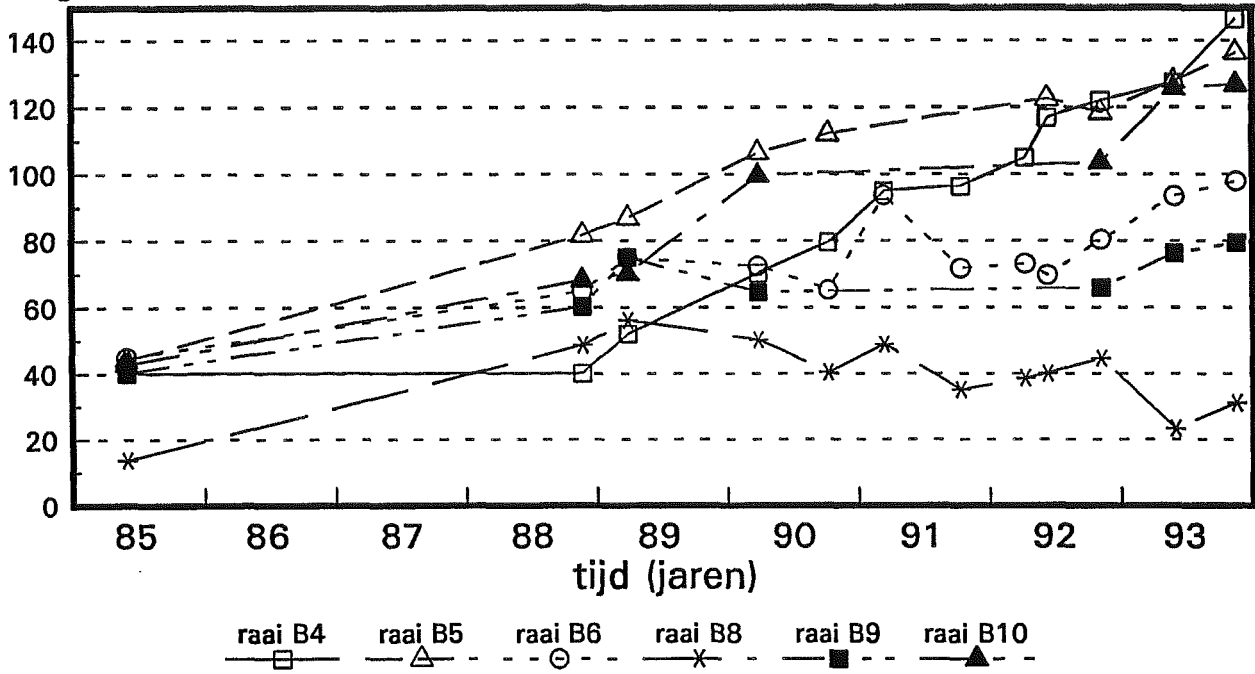
hoogte plots t.o.v. NAP (m)



Sedimentatie schorren Rattekaai west

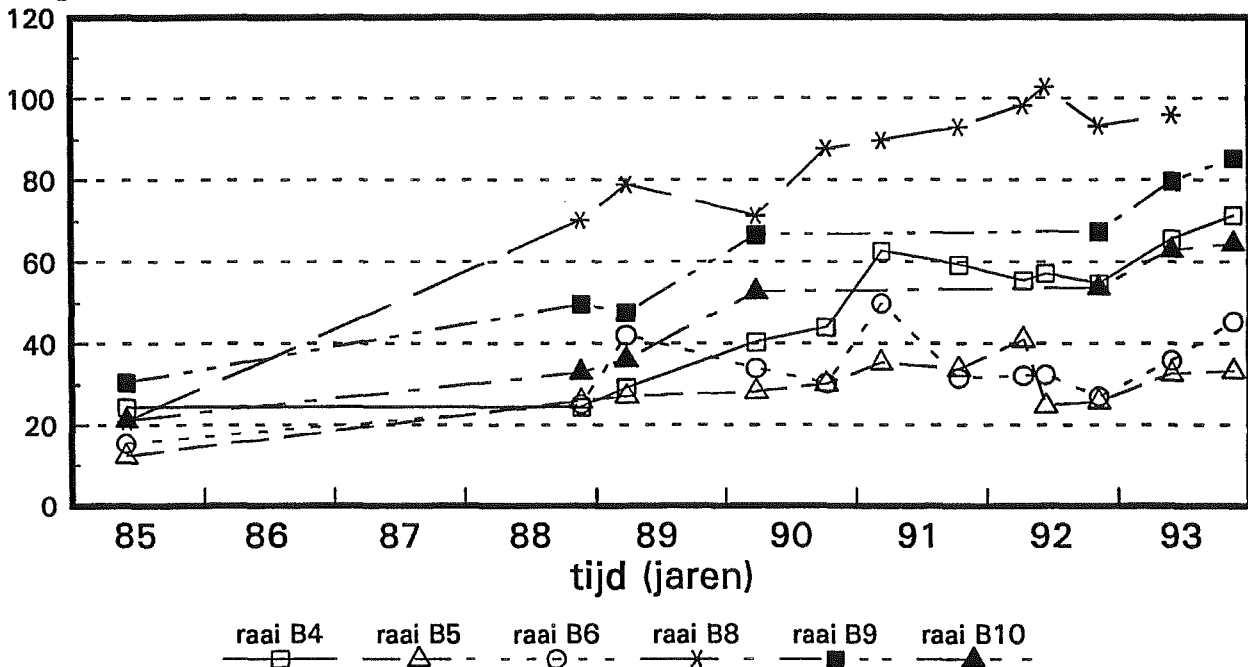
Oeverwallen

laagdikte (mm)



Overgangen

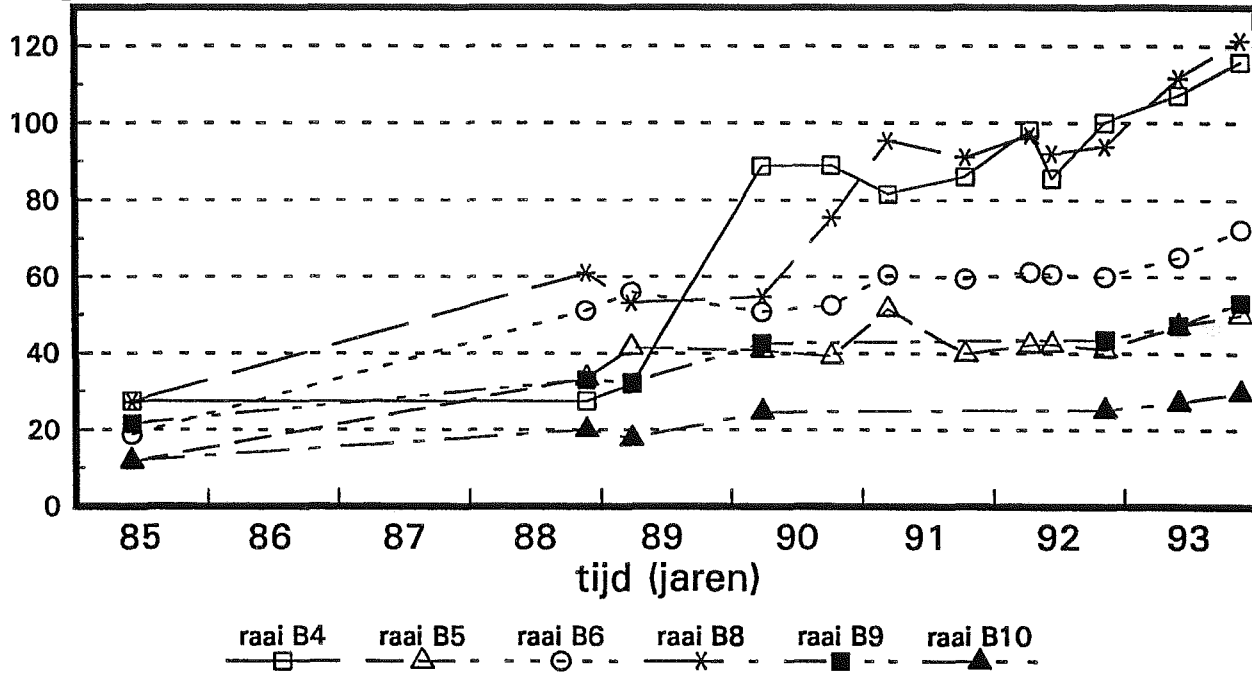
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west

Kommen

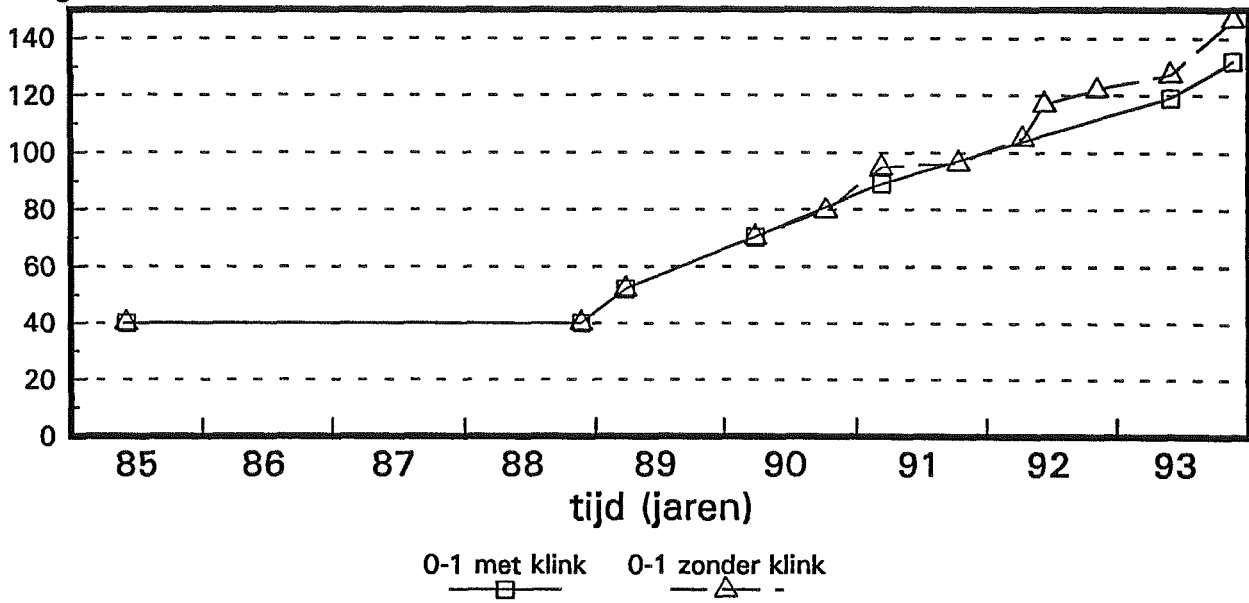
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Inklinging

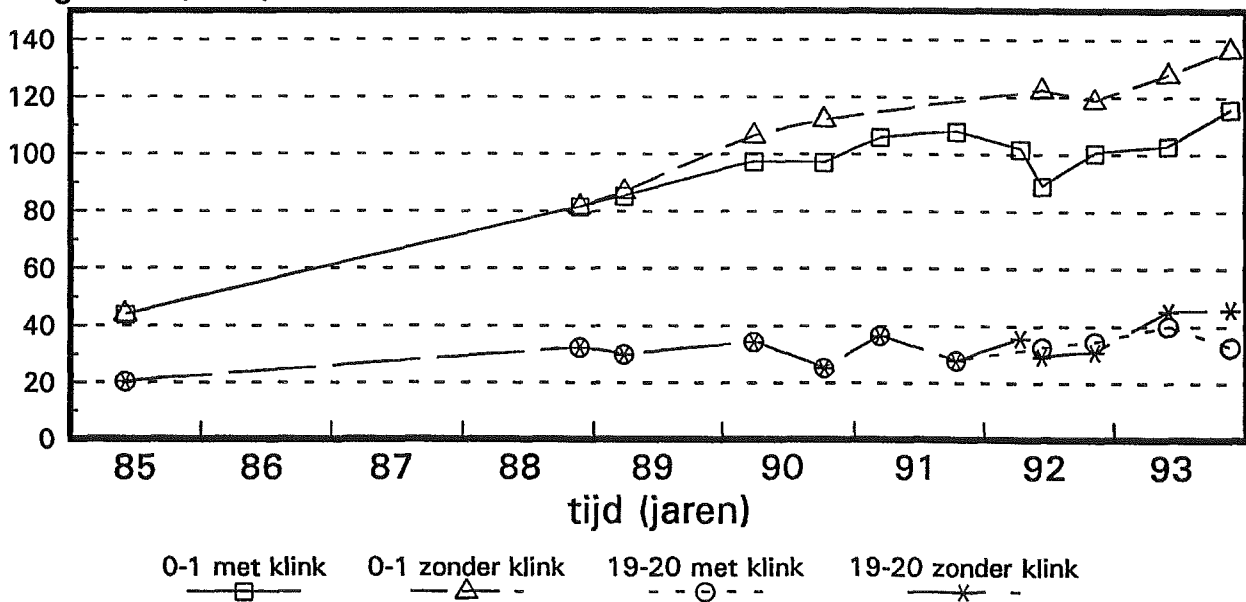
Raai B4

laagdikte (mm)



Raai B5

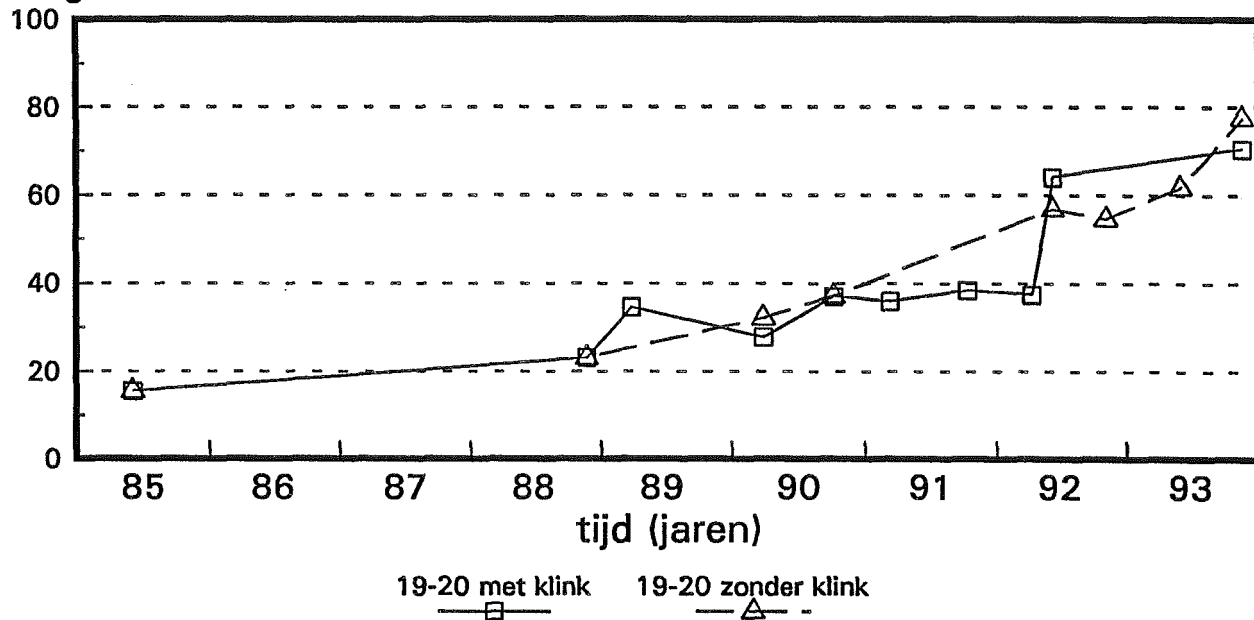
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren Rattekaai west Inklinking

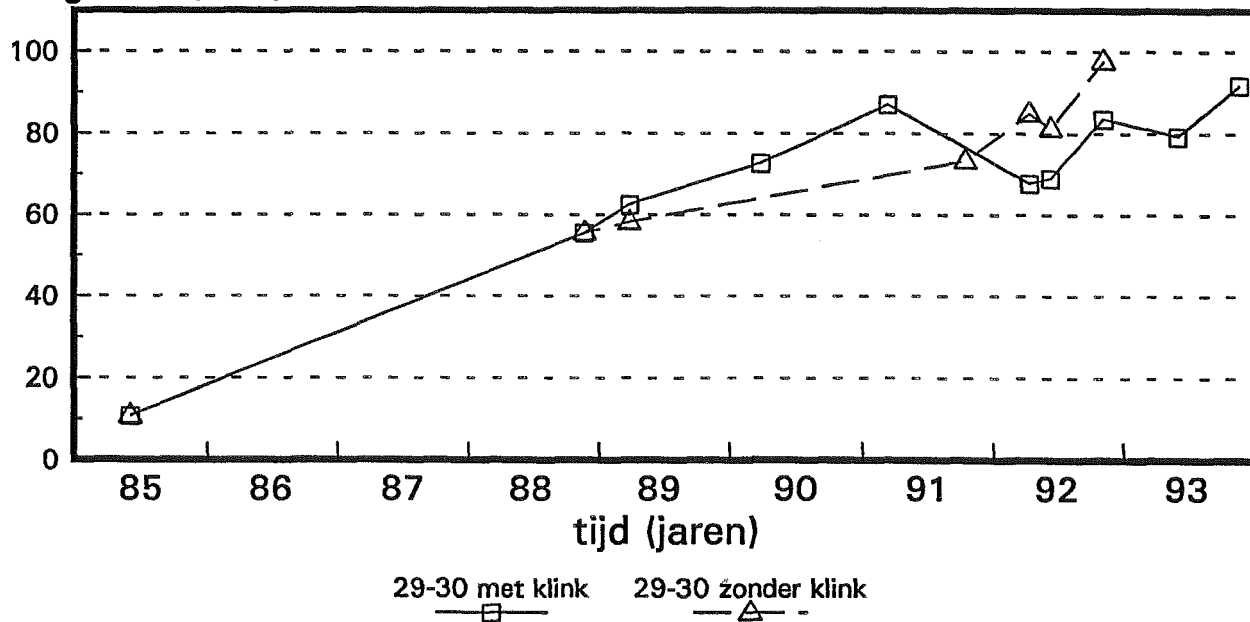
Raai B6

laagdikte (mm)



Raai B8

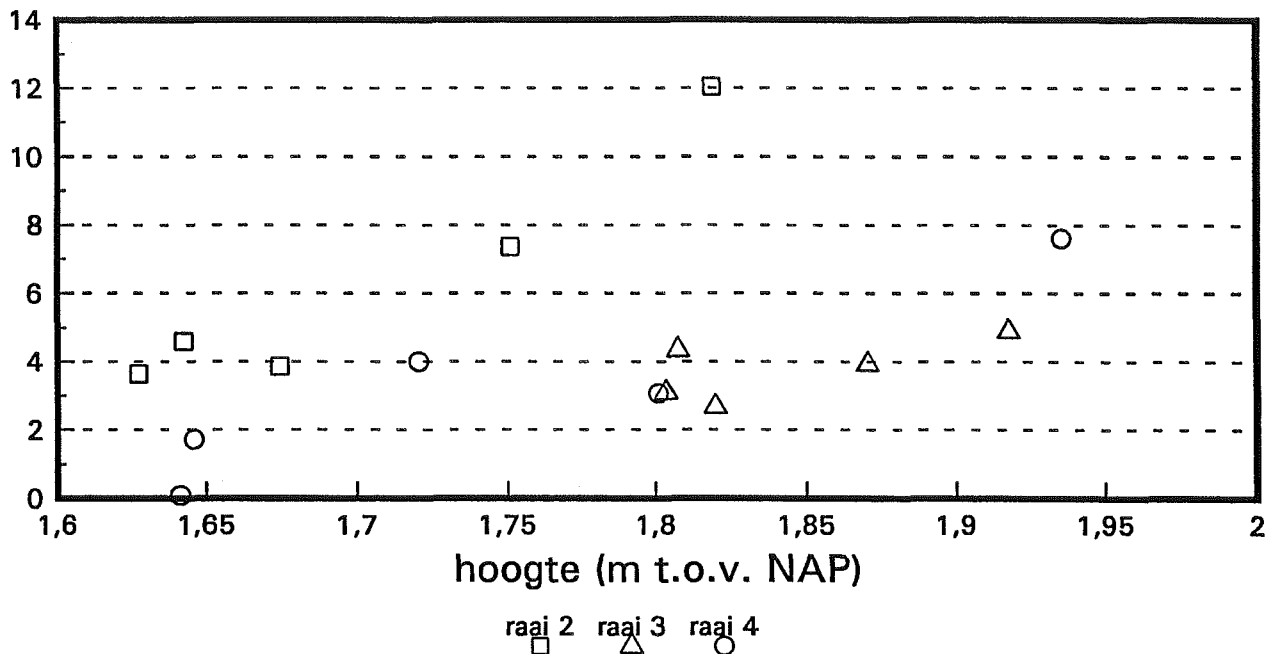
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Sint Annaland

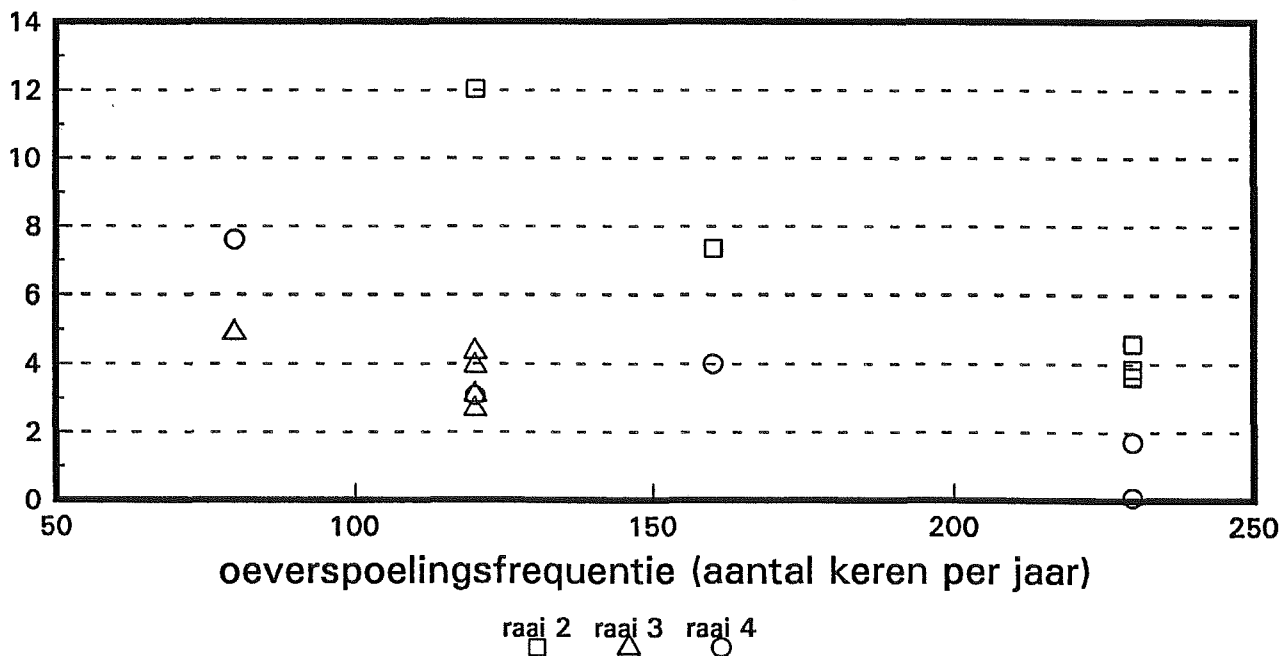
Hoogte versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



Overspoelingsfreq. versus sedimentatiesnelheid

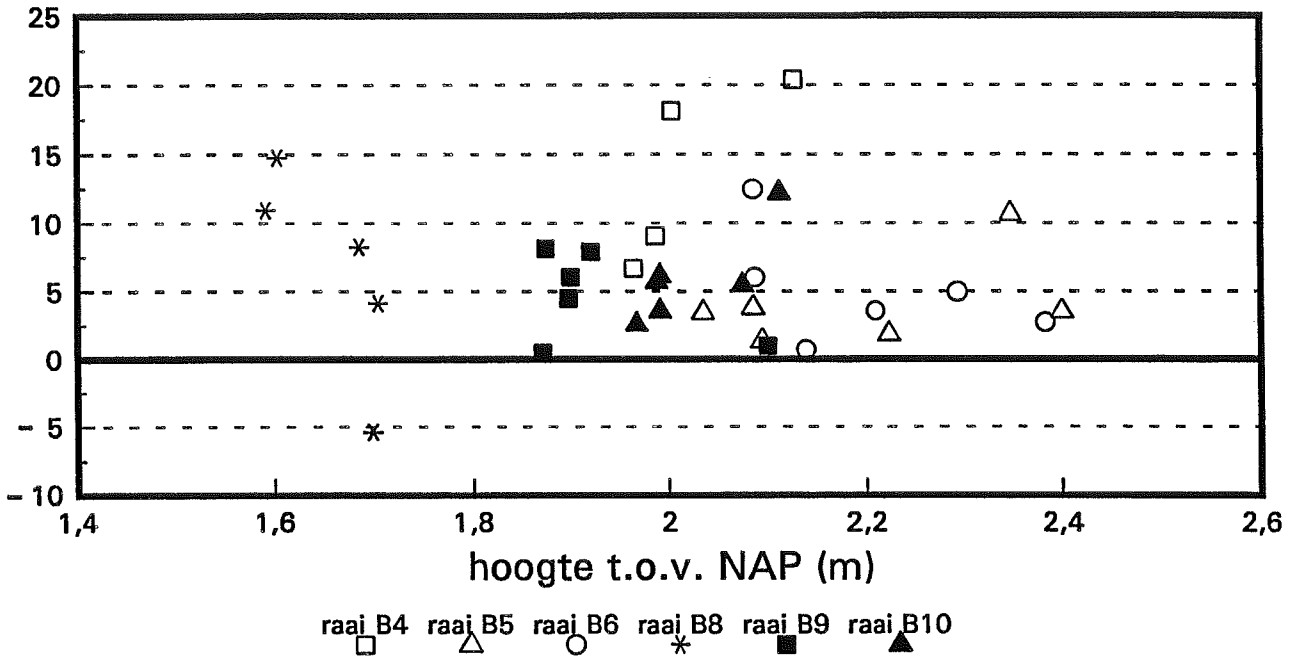
gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



Sedimentatie schorren Rattekaai west

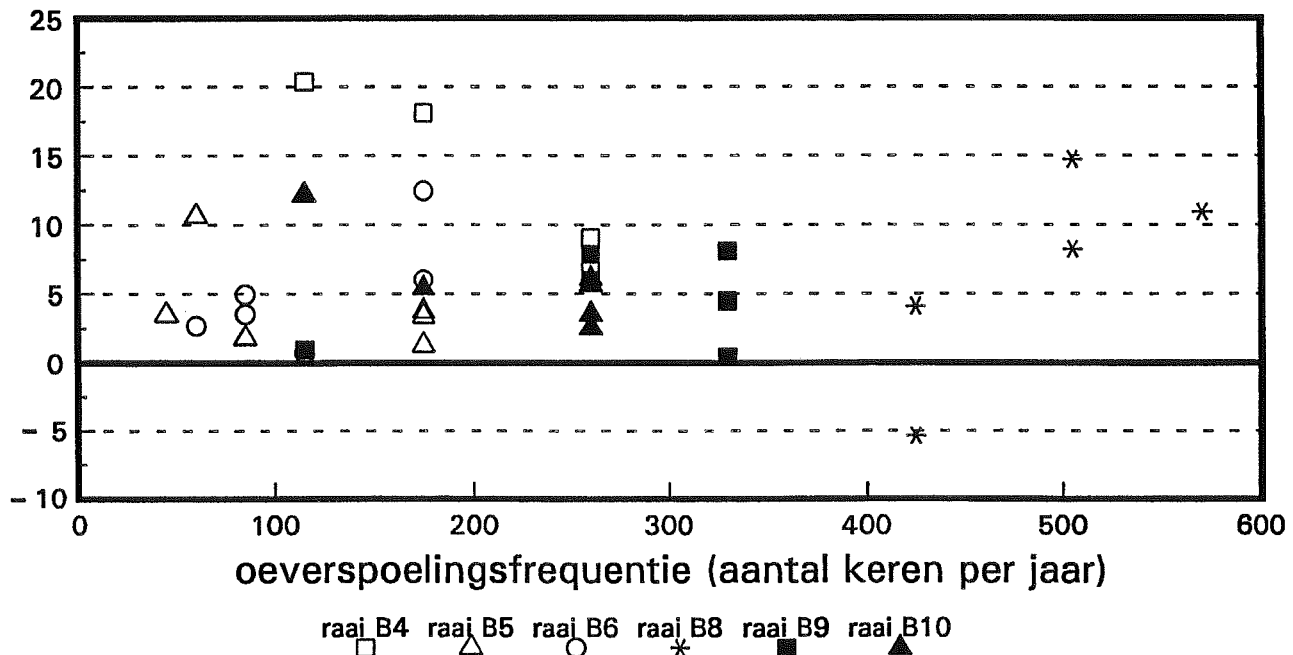
Hoogte versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



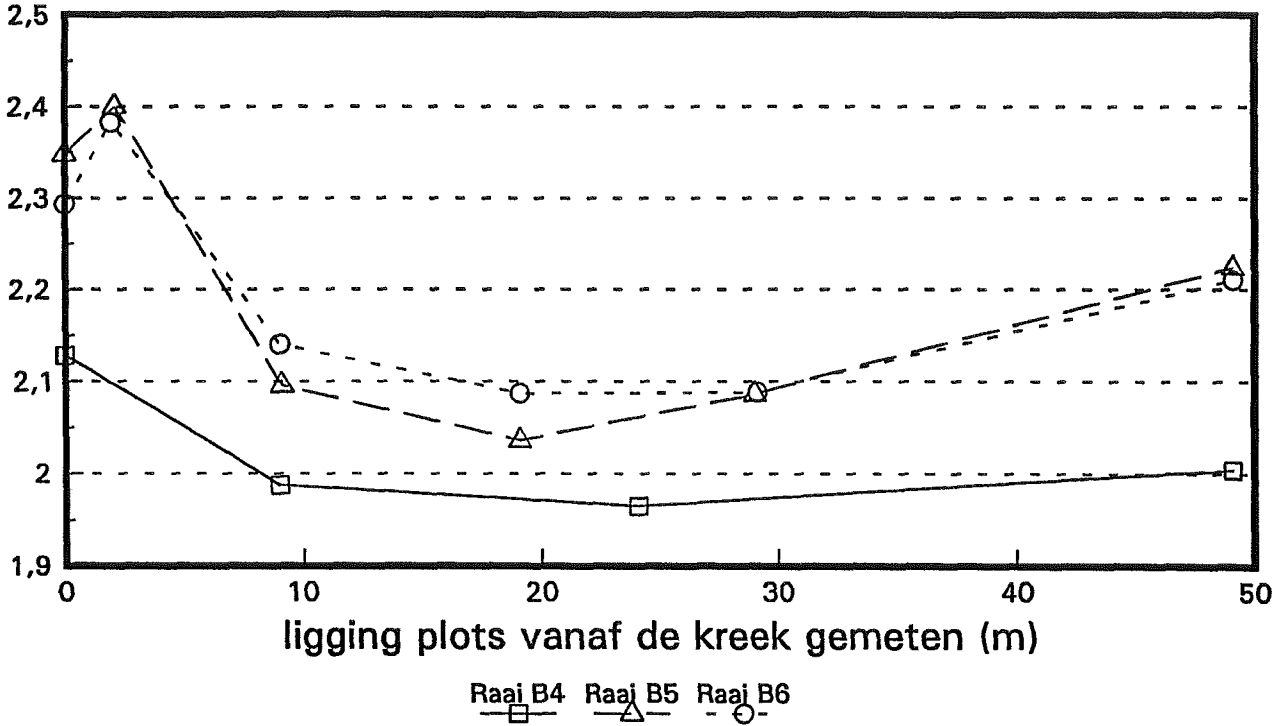
Overspoelingsfreq. versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)

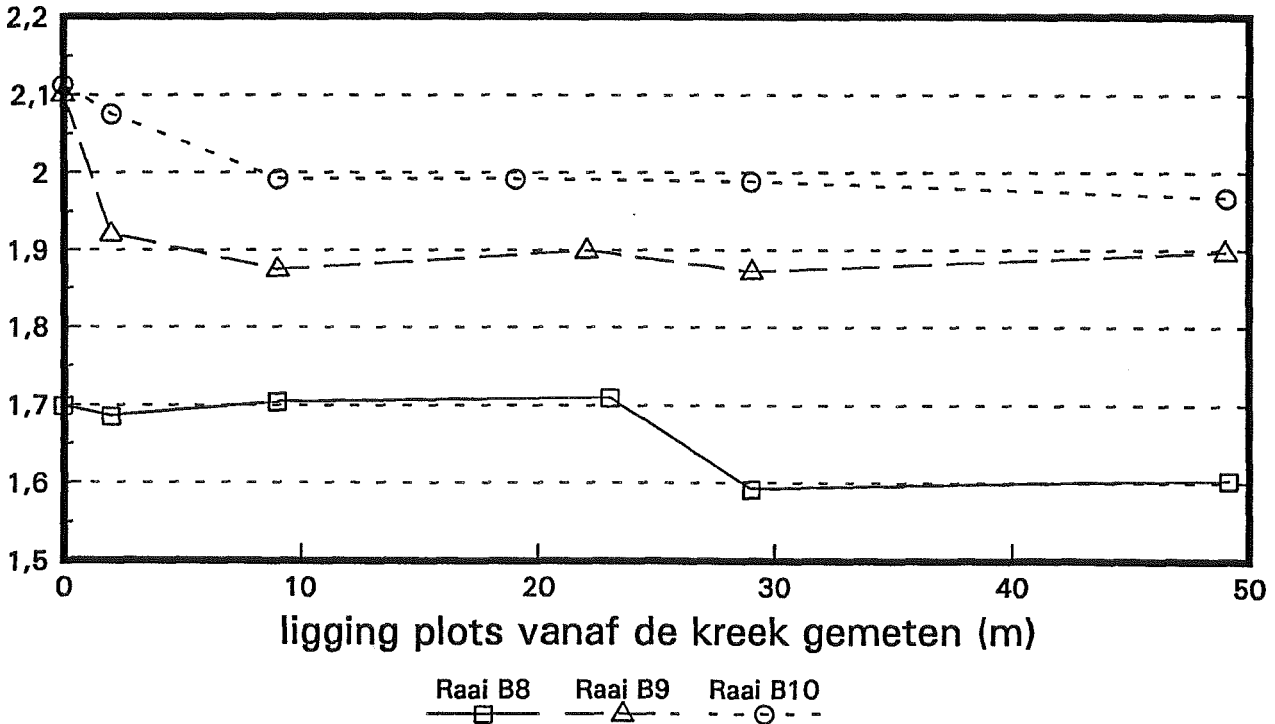


Sedimentatie schorren Rattekaai west Hoogte kaolienplotjes

hoogte plots t.o.v. NAP (m)



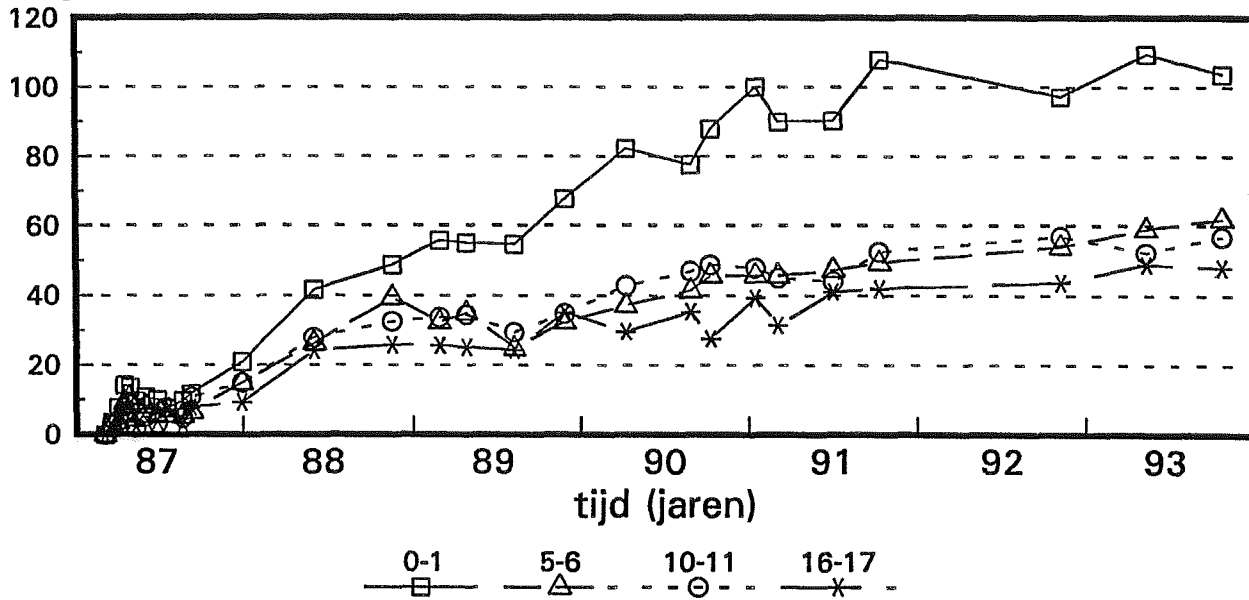
hoogte plots t.o.v. NAP (m)



Sedimentatie schorren bij Waarde Verloop per plot

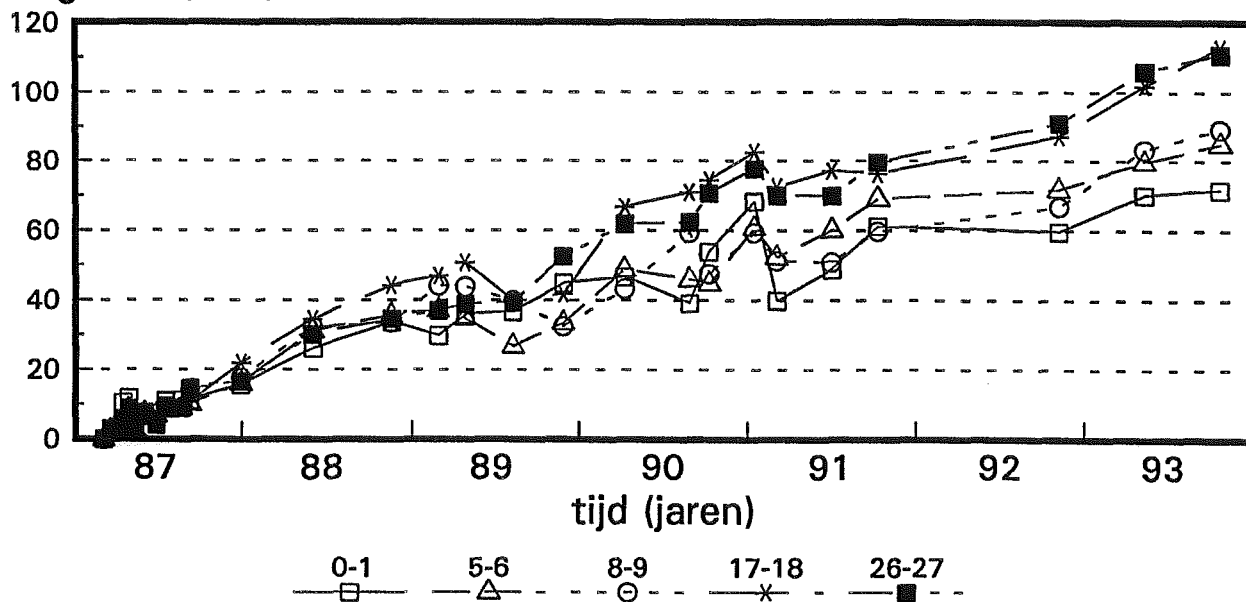
Lokatie west raai 11

laagdikte (mm)



Lokatie west raai 12

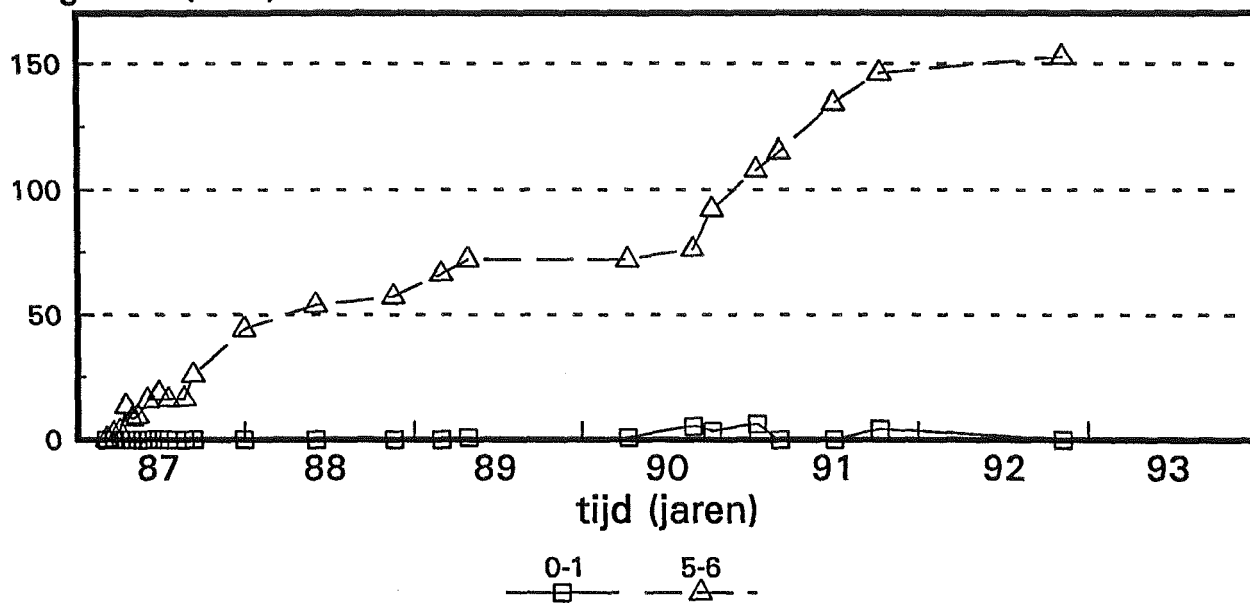
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Verloop per plot

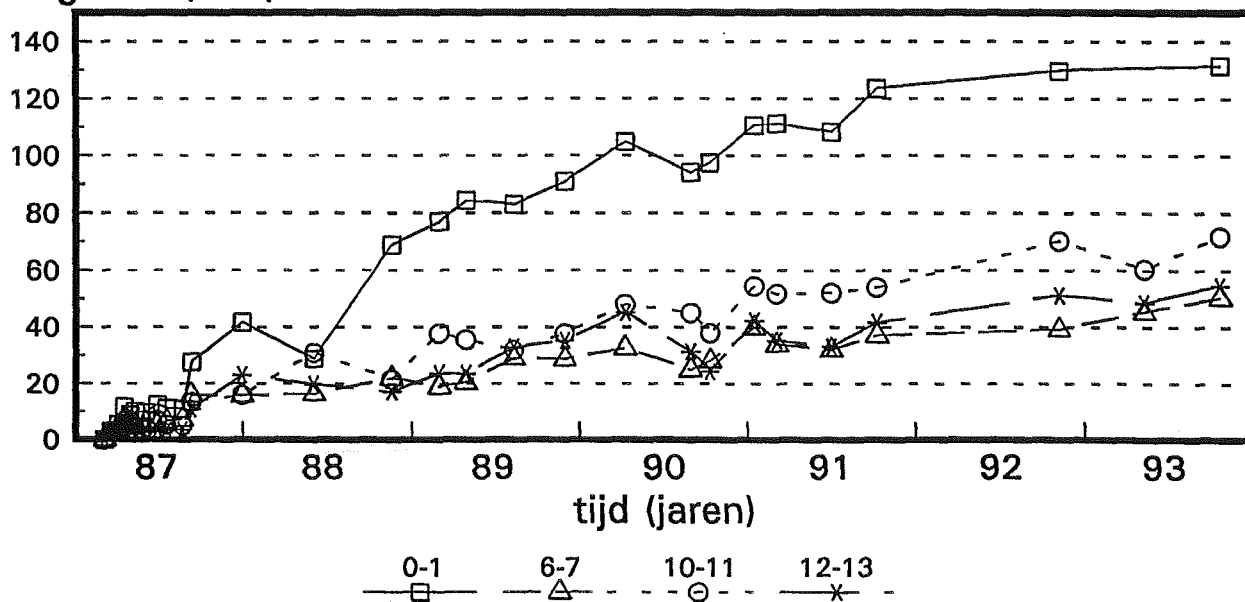
Lokatie west raai 13

laagdikte (mm)



Lokatie midden raai 14

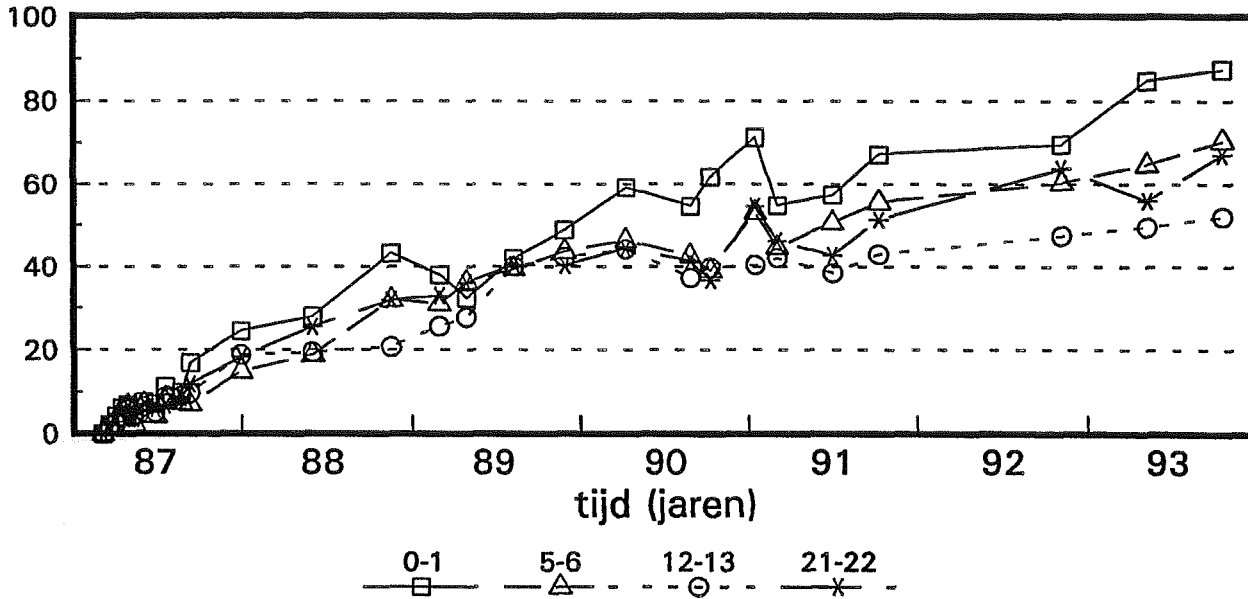
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Verloop per plot

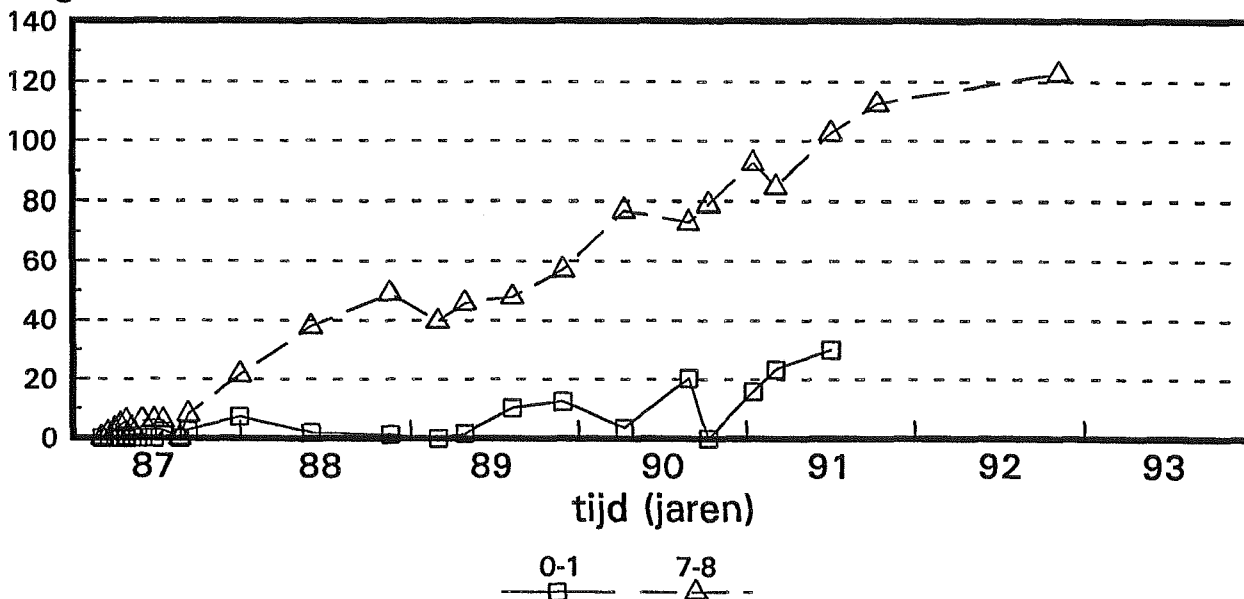
Lokatie midden raai 15

laagdikte (mm)



Lokatie midden raai 16

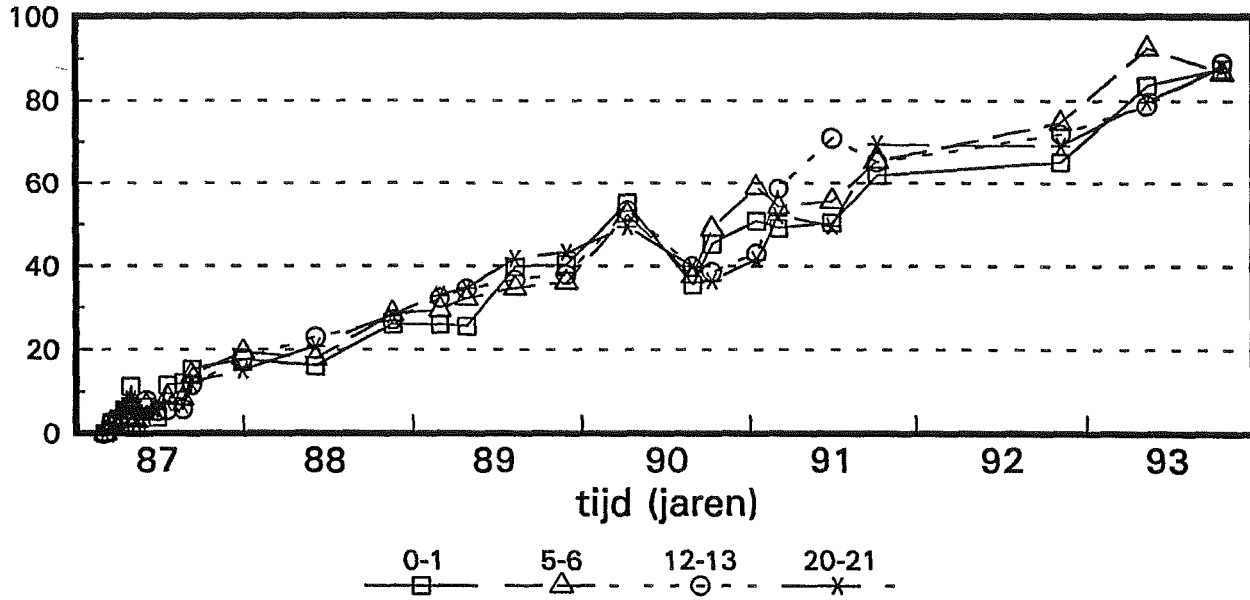
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Verloop per plot

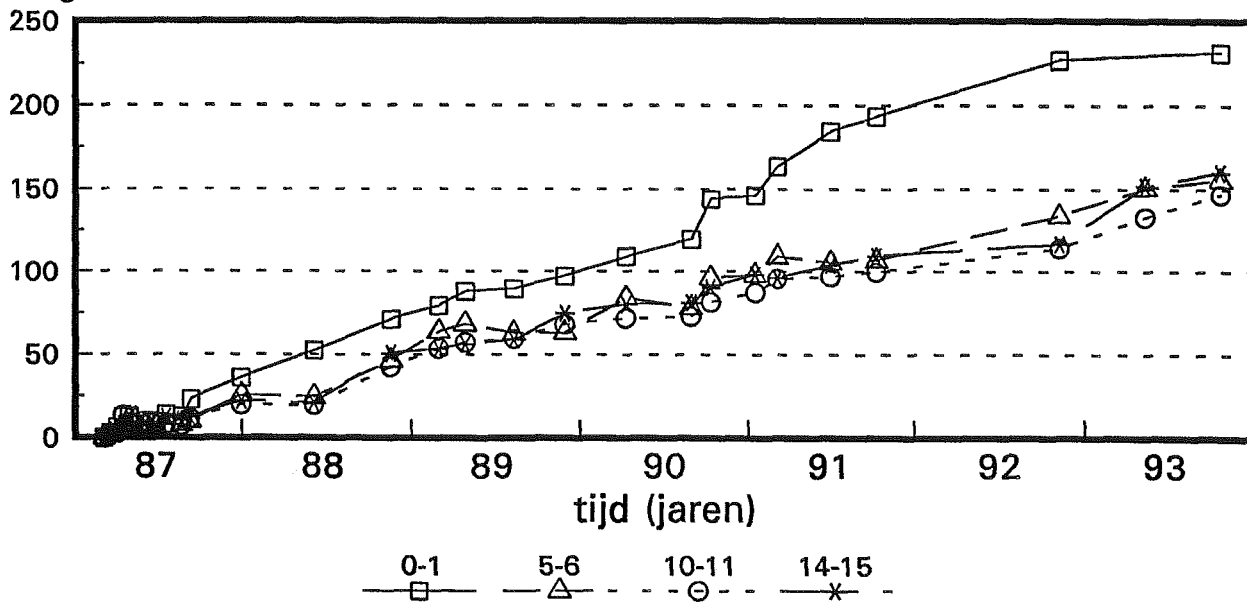
Lokatie oost raai 17

laagdikte (mm)



Lokatie oost raai 18

laagdikte (mm)

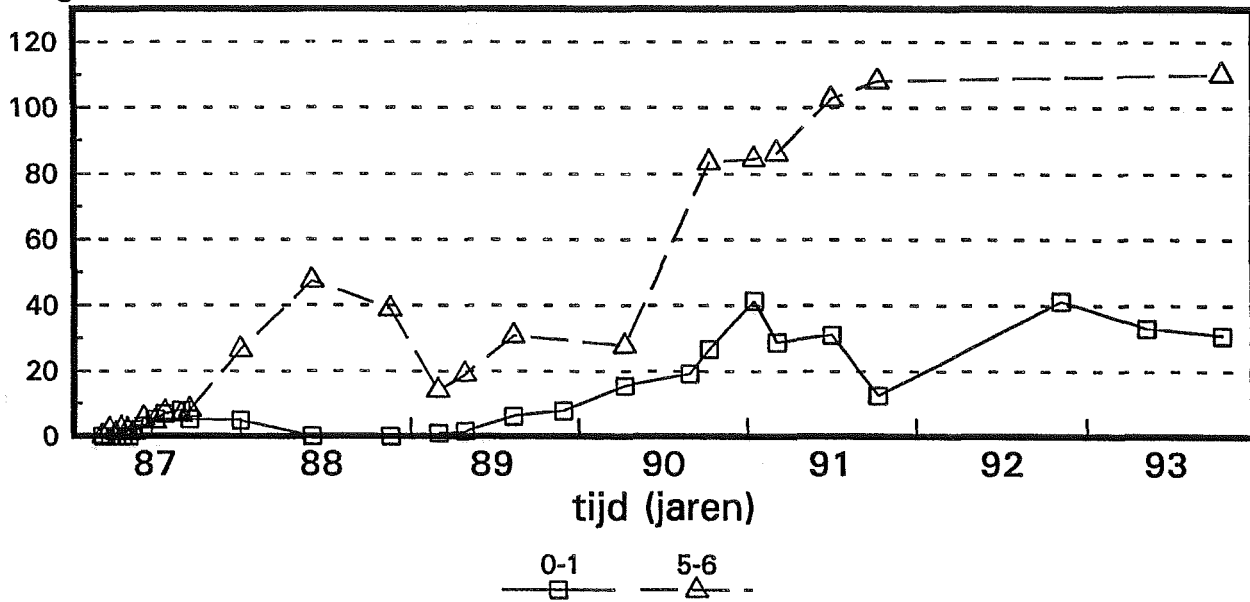


Sedimentatie schorren bij Waarde

Verloop per plot

Lokatie oost raai 19

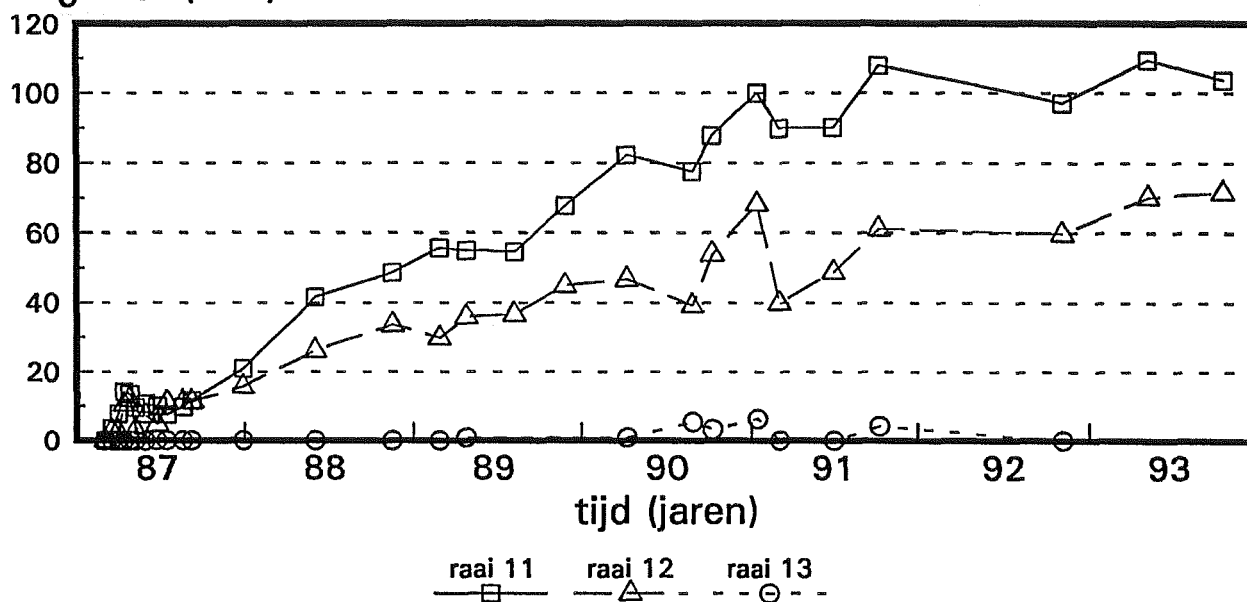
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Oeverwallen

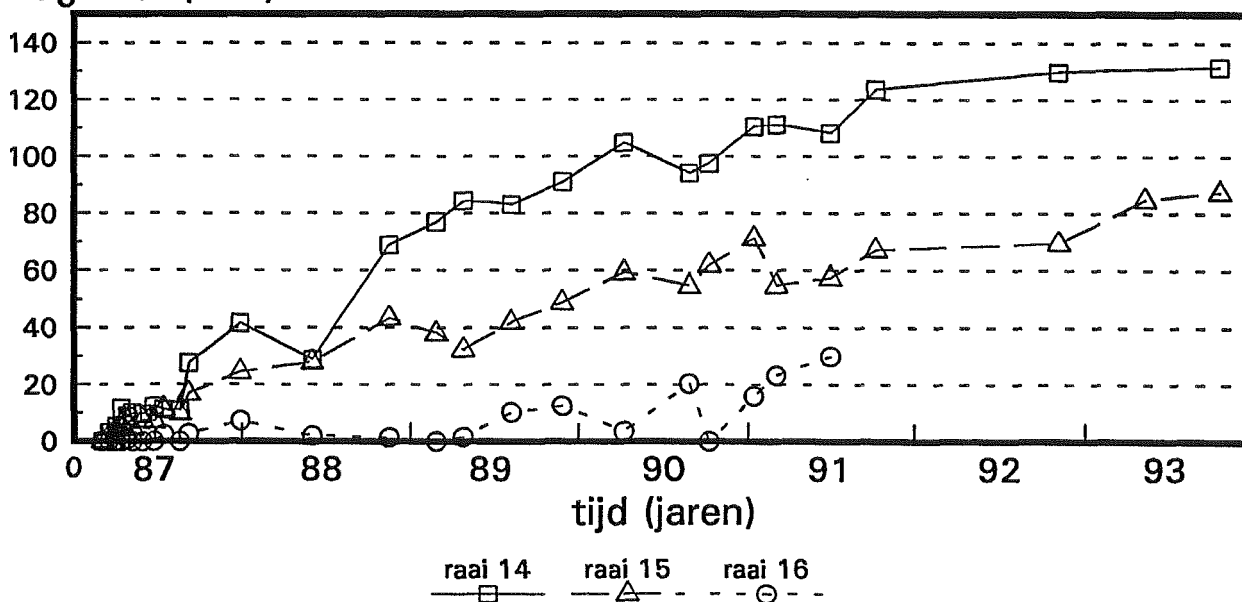
Lokatie west

laagdikte (mm)



Lokatie midden

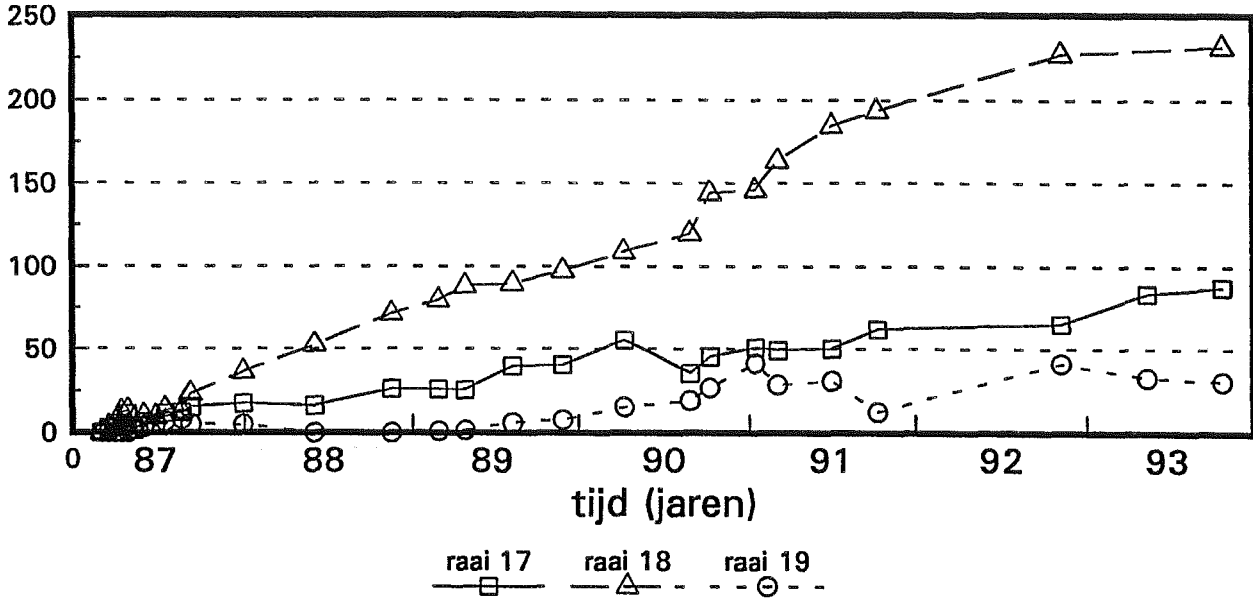
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Oeverwallen

Lokatie oost

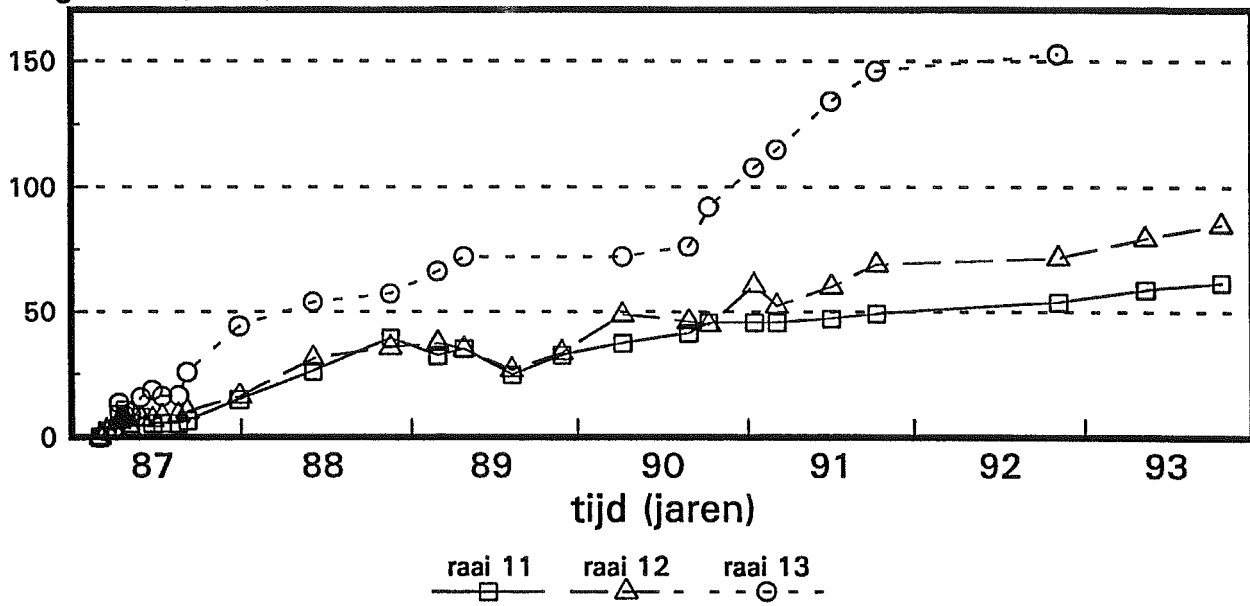
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Overgangen

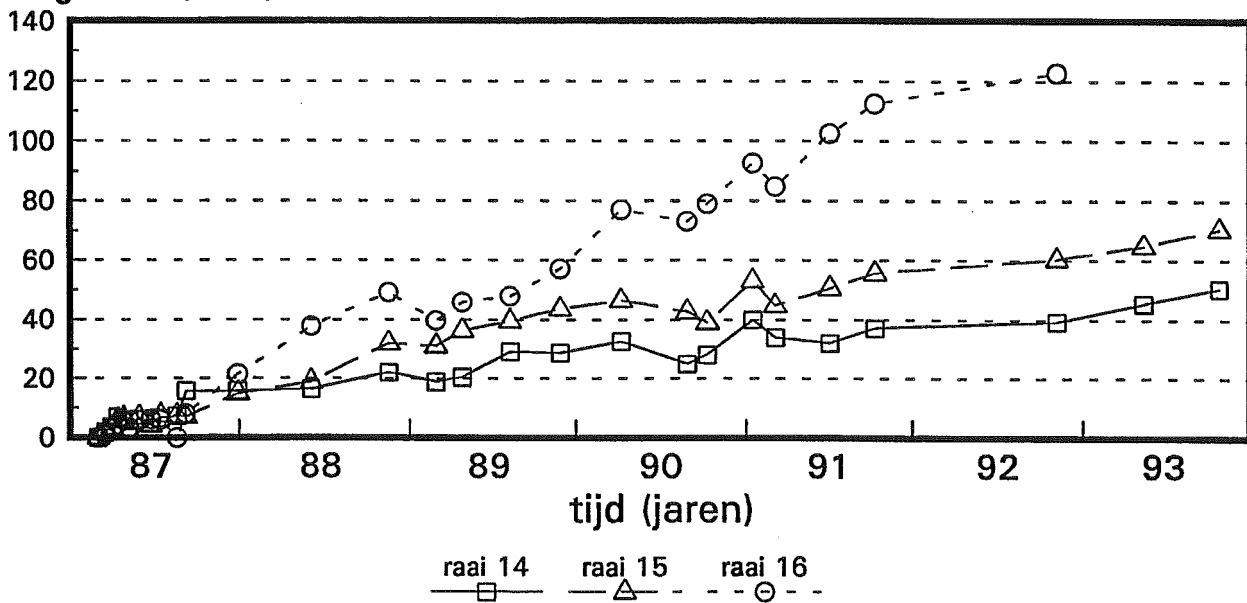
Lokatie west

laagdikte (mm)



Lokatie midden

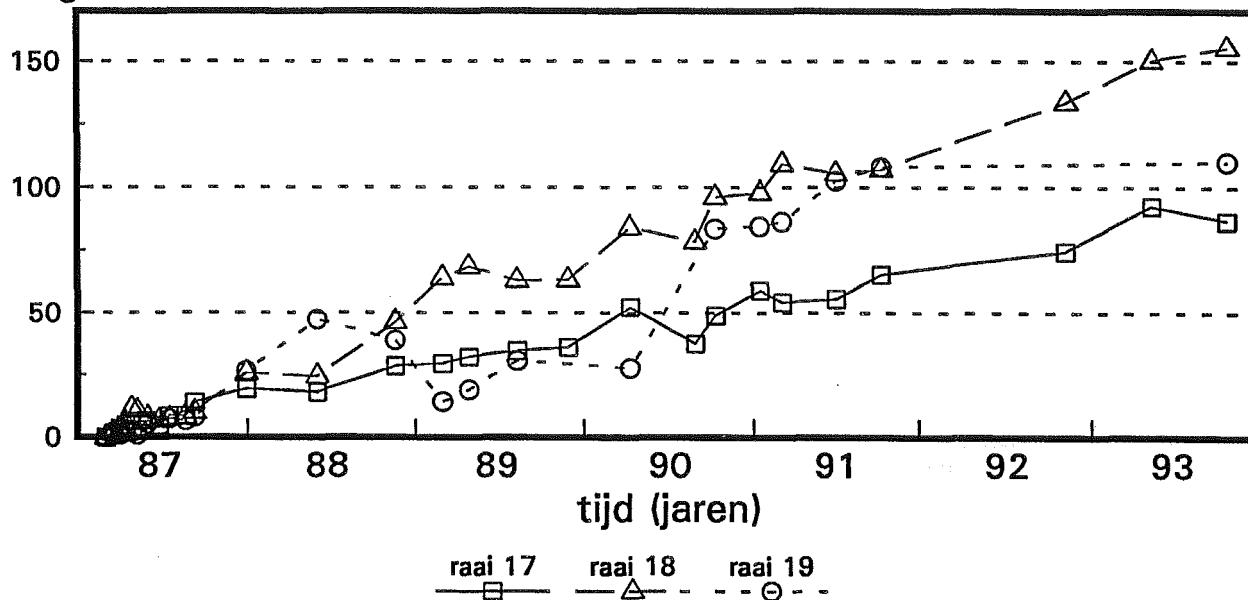
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Overgangen

Lokatie oost

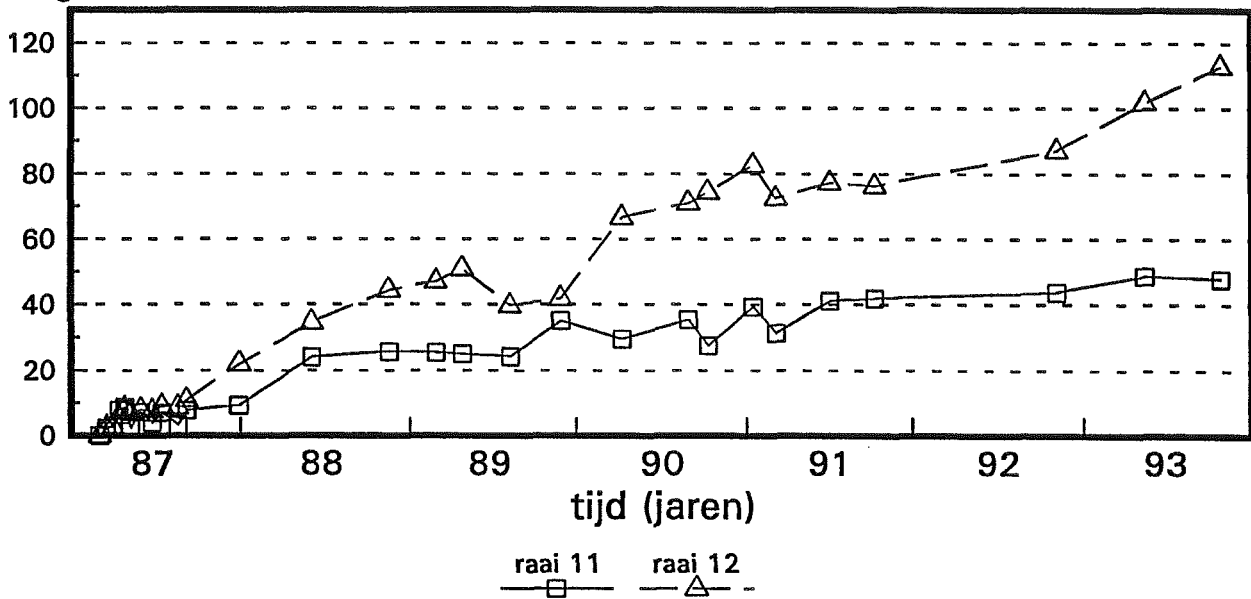
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Kommen

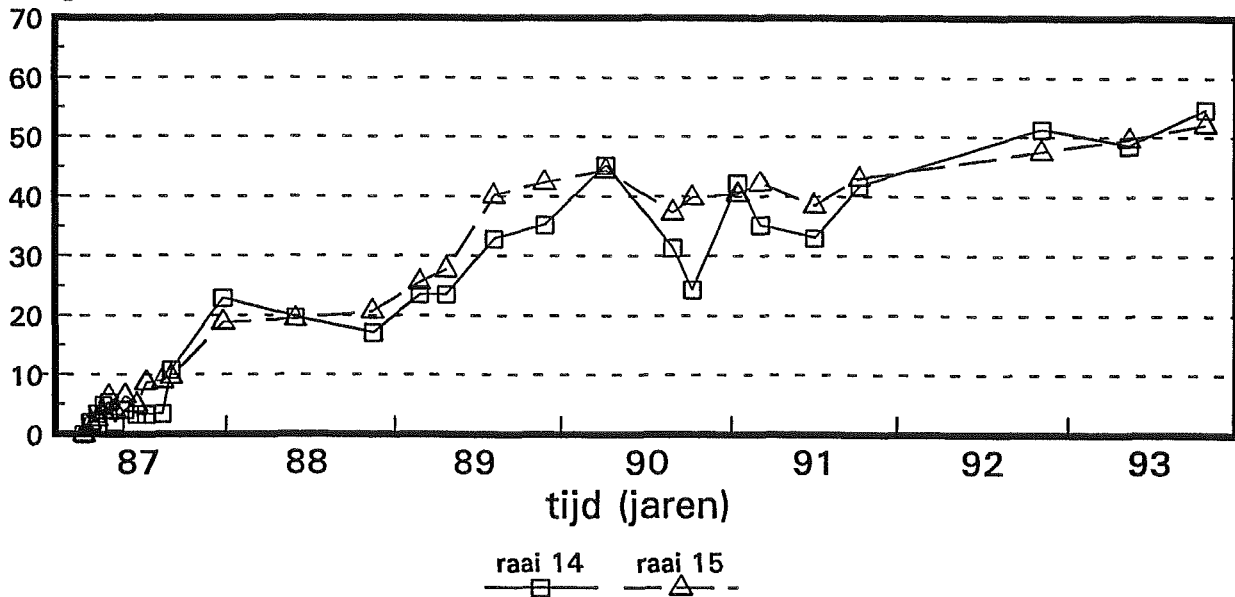
Lokatie west

laagdikte (mm)



Lokatie midden

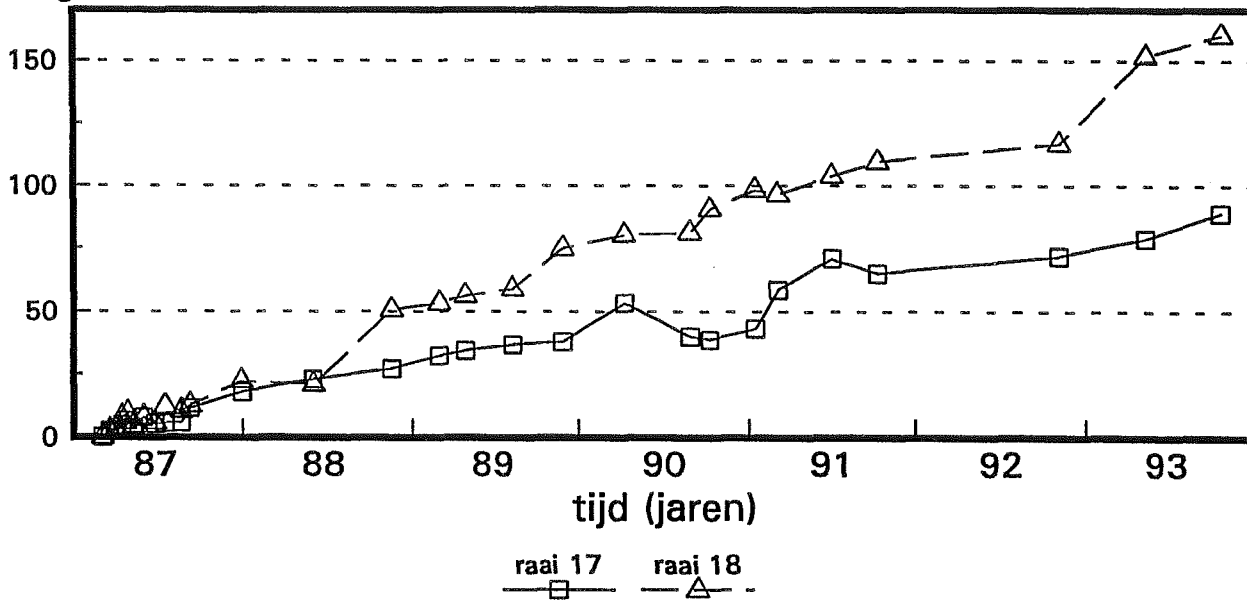
laagdikte (mm)



Sedimentatie schorren bij Waarde Kommen

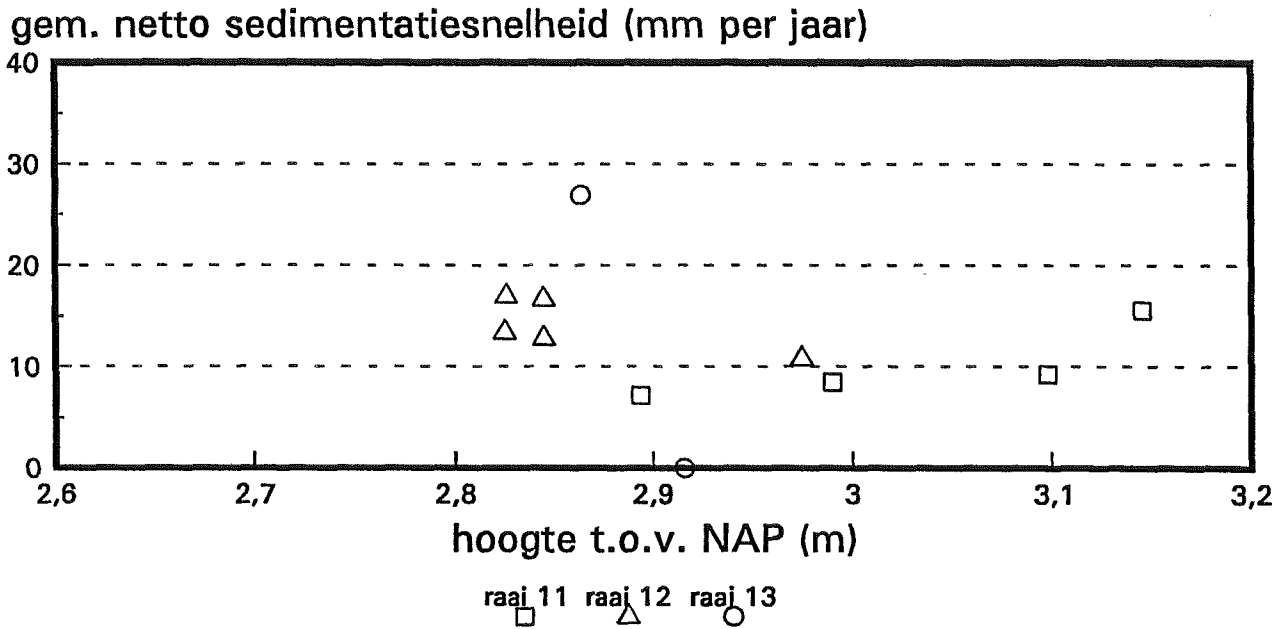
Lokatie oost

laagdikte (mm)

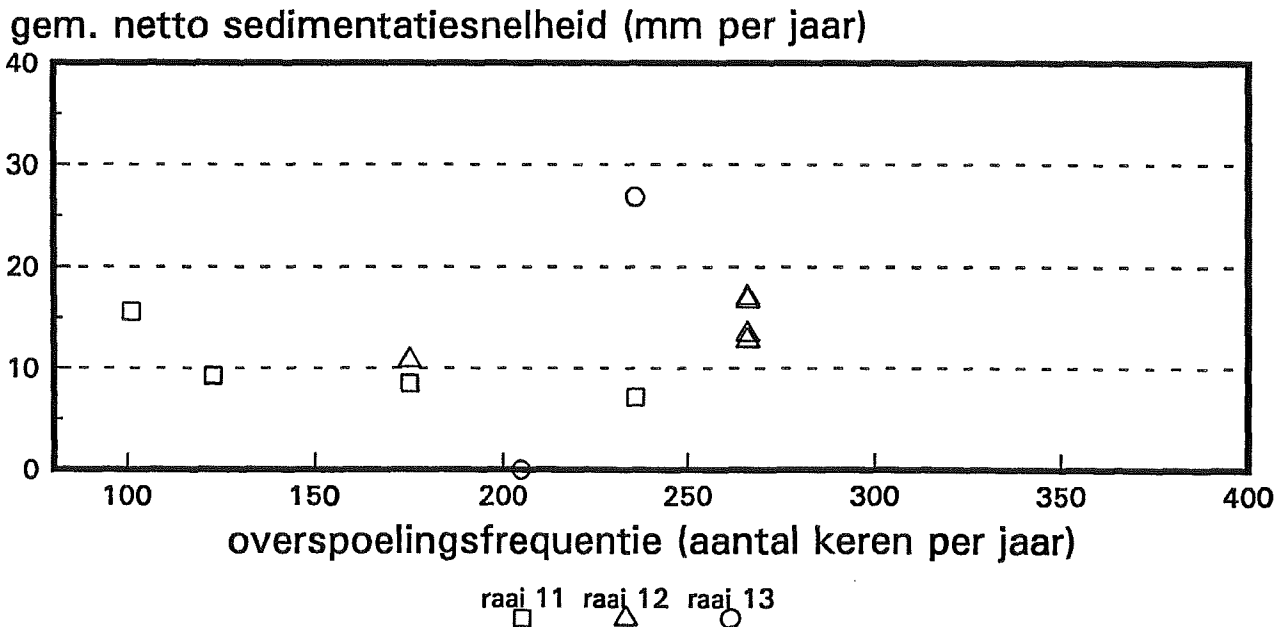


Sedimentatie schorren bij Waarde Lokatie west

Hoogte versus sedimentatiesnelheid



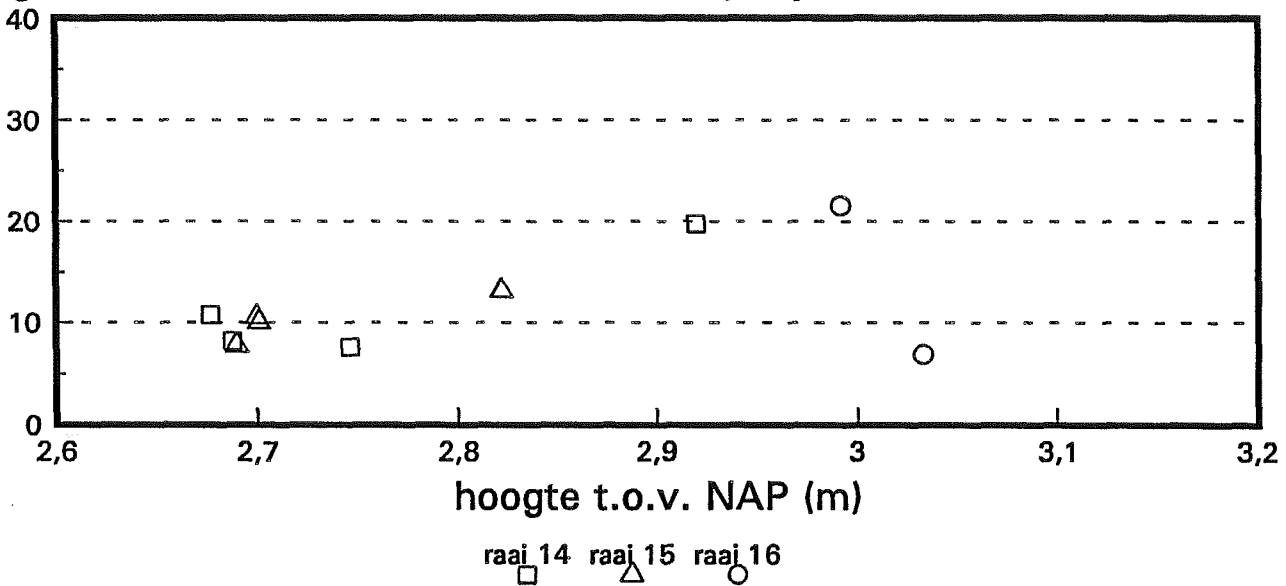
Overspoelingsfreq. versus sedimentatiesnelheid



Sedimentatie schorren bij Waarde Lokatie midden

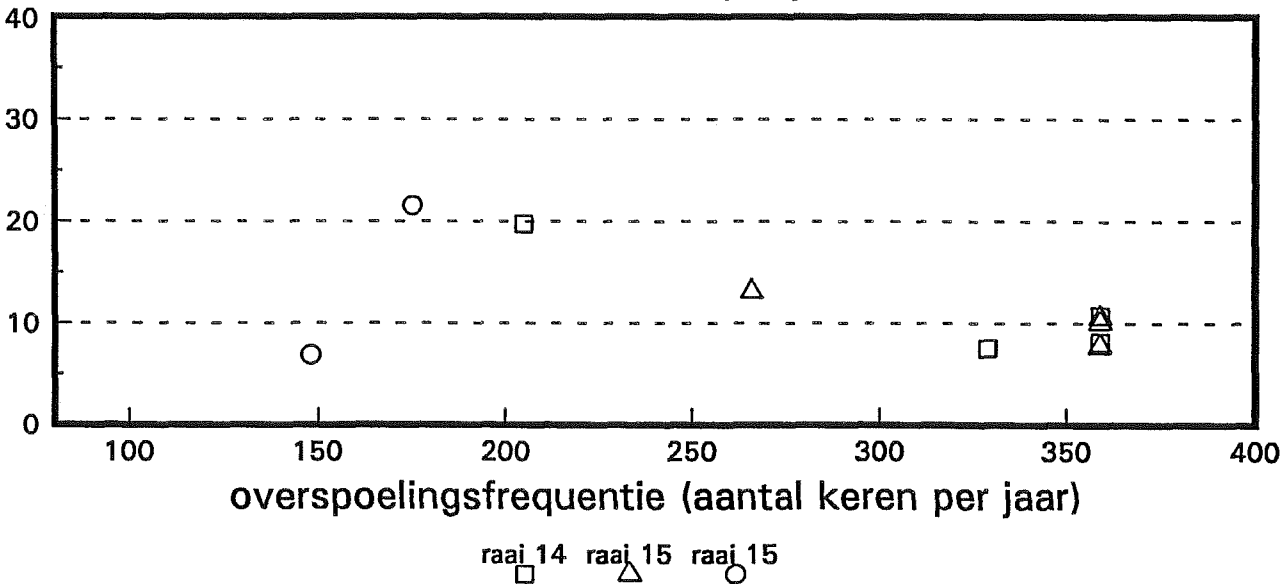
Hoogte versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



Overspoelingsfreq. versus sedimentatiesnelheid

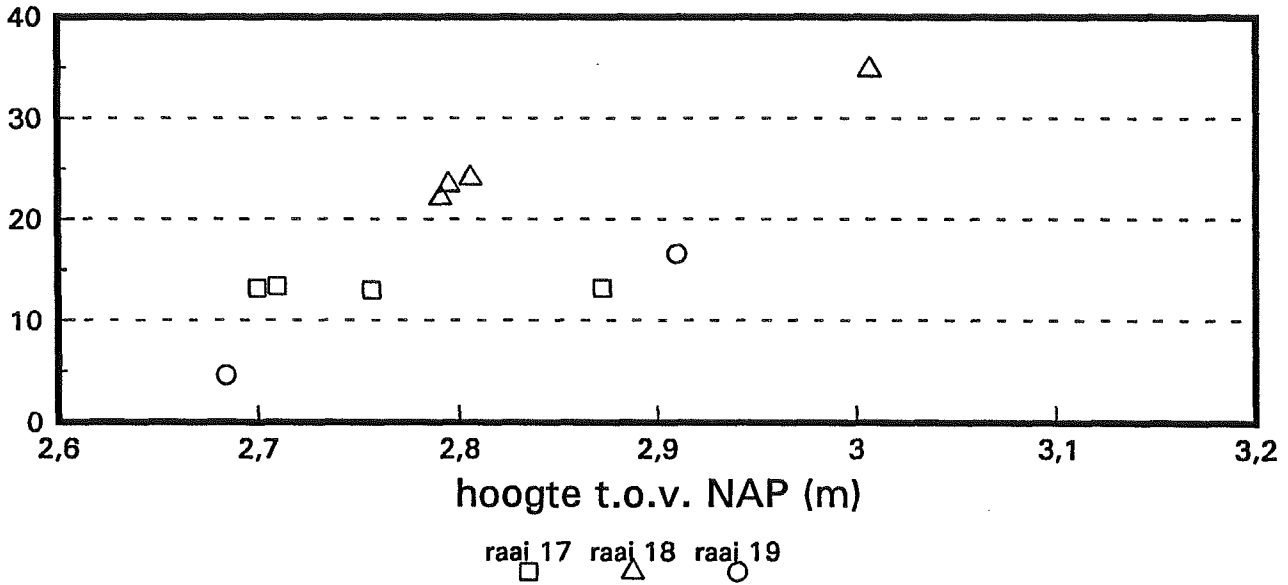
gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



Sedimentatie schorren bij Waarde Lokatie oost

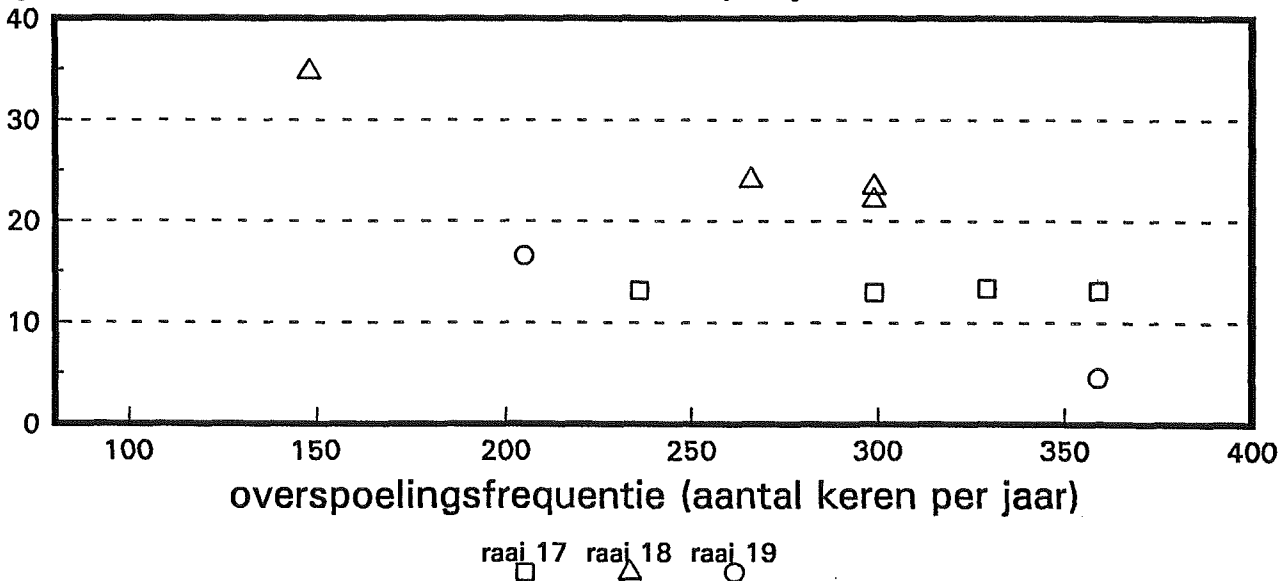
Hoogte versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



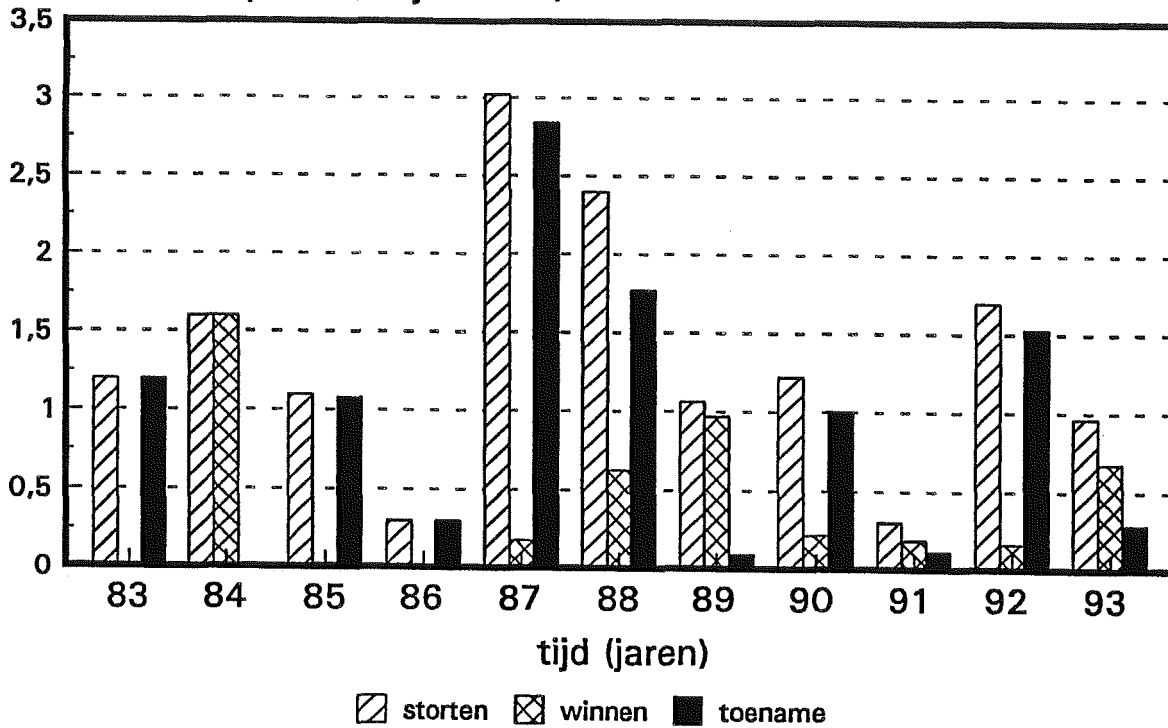
Overspoelingsfreq. versus sedimentatiesnelheid

gem. netto sedimentatiesnelheid (mm per jaar)



Storten en winnen Schaar van Waarde

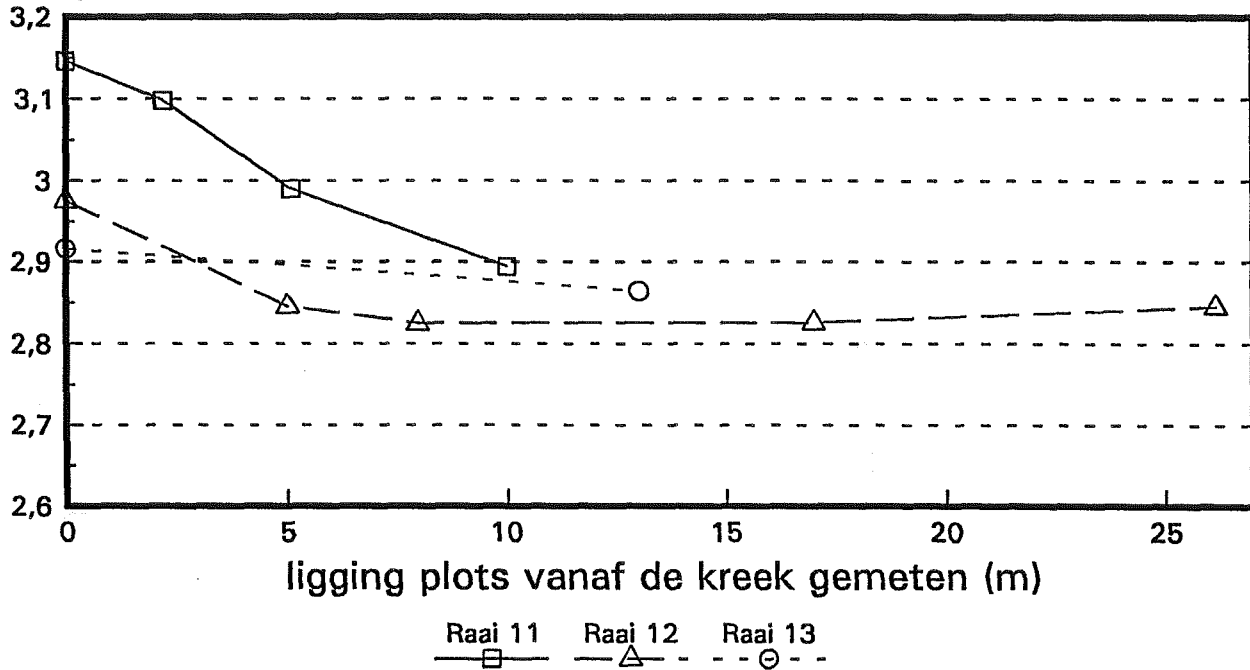
hoeveelheid specie (miljoen m³)



Hoogte kaolienplotjes schorren bij Waarde

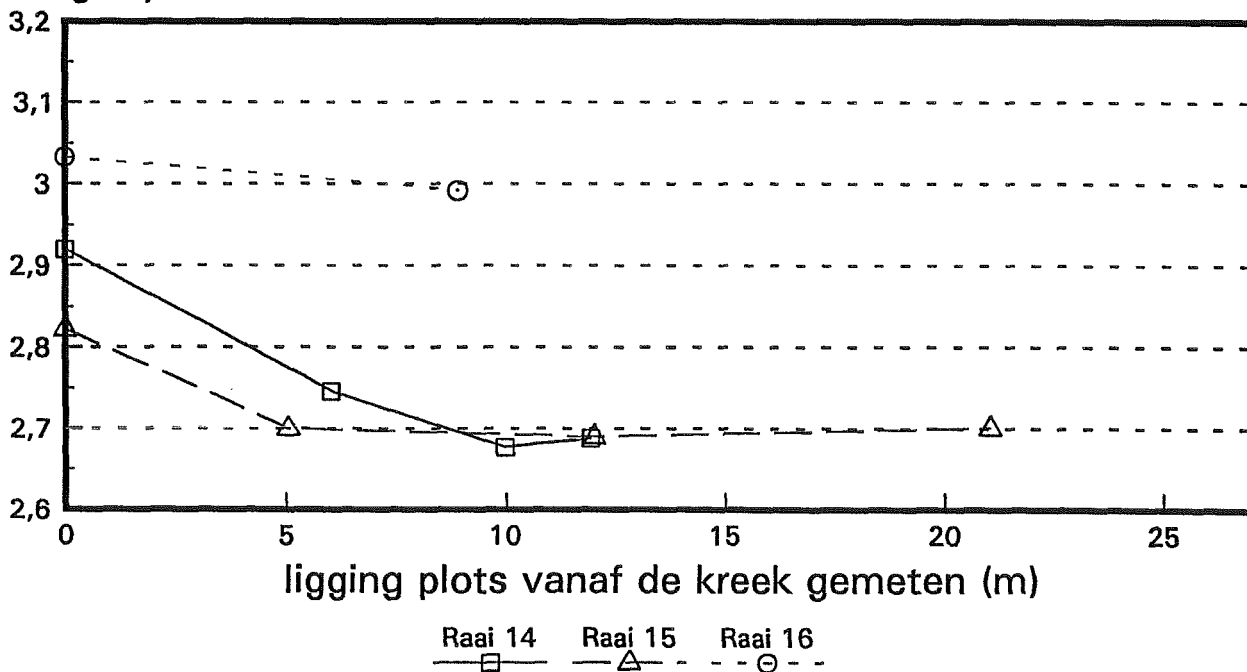
Lokatie west

hoogte plots t.o.v. NAP (m)



Lokatie midden

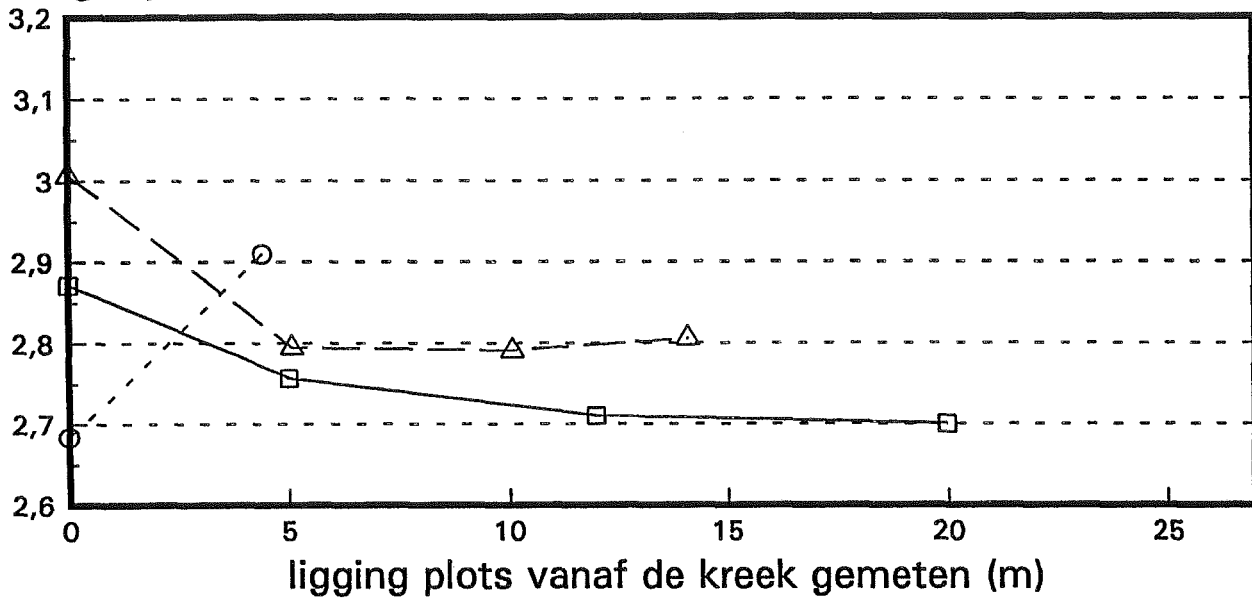
hoogte plots t.o.v. NAP (m)



Hoogte kaolienplotjes schorren bij Waarde

Lokatie oost

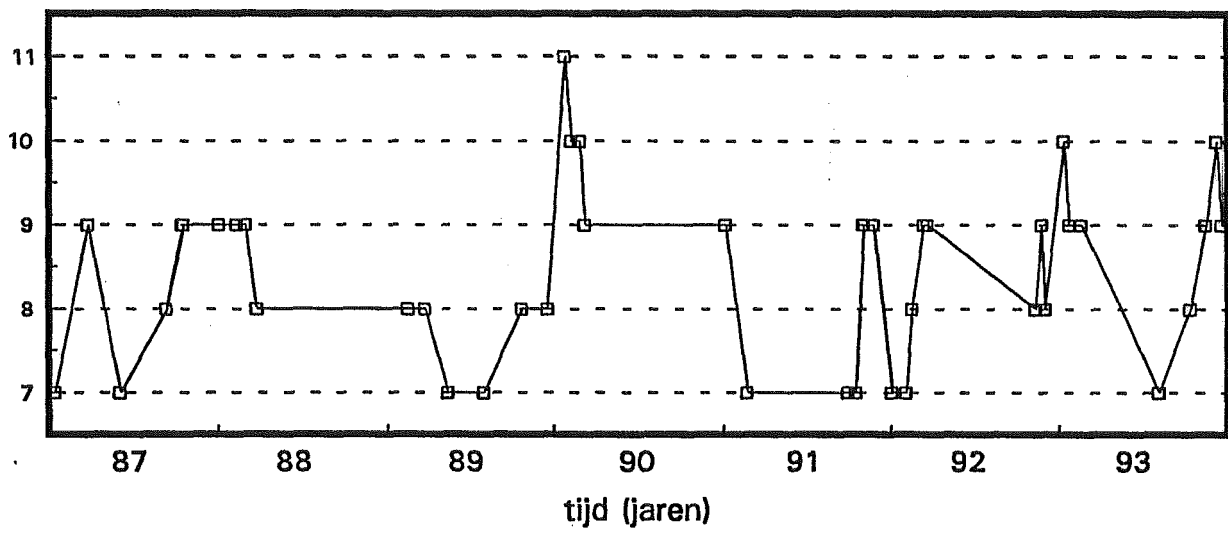
hoogte plots t.o.v. NAP (m)



Raai 17 Raai 18 Raai 19
—□— —△— - -○- -

Stormen 1987 - 1993

windkracht (Beaufort)



Stormen 1987 - 1993

windkracht (Beaufort)

