



Baggeren en storten in de Westerschelde een nieuwe kijk op het onderhoudsbaggerwerk

ZEEKENNIS

MOVE

Werkdocument RIKZ/AB/2002.840x

**Bart Kornman
Gert-Jan Liek
Henny Schippers**

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan

Geadresseerde

Van

Drs. B.A. Kornman, ir. G.A. Liek &
H.K. Schippers

Datum

Juni 2003

Onderwerp

Baggeren en storten in de Westerschelde:
Een nieuwe kijk op onderhoudsbaggerwerk

Bijlage(n)

2

Nummer

RIKZ/AB/2002.840x

Project

ZEEKENNIS/ZEEMOVE

1	INLEIDING	3
1.1	ACHTERGROND.....	3
1.2	DOELSTELLING	3
1.3	AANPAK	3
1.4	LEESWIJZER.....	4
2	ACHTERGROND BAGGERWERKEN IN DE WESTERSCHELDE	5
2.1	INLEIDING.....	5
2.2	DE EERSTE VERRUIMING	6
2.3	DE TWEEDE VERRUIMING.....	7
3	INZICHTEN OMTRENT (ONDERHOUDS)BAGGERWERK EN STORTEN.....	9
3.1	INLEIDING.....	9
3.2	BESTAANDE INZICHTEN OMTRENT BAGGERWERK.....	9
3.3	BESTAANDE INZICHTEN OMTRENT STORTEN.....	10
3.4	CONCLUSIE.....	10
4	ANALYSE VOORSPELLING TOENAME ONDERHOUDSBAGGERWERK	11
4.1	INLEIDING.....	11
4.2	VOORSPELLING ONDERHOUDSWERK	11
4.3	CONCLUSIE.....	12
5	ANALYSE BAGGERGEGEVENS.....	13
5.1	INLEIDING.....	13
5.2	ONDERHOUD OP DE DREPELS.....	13
5.3	BAGGERWERK OVERIGE GEBIEDEN	16
5.4	TOTALE ONDERHOUDSBAGGERWERK	18
5.5	DISCUSSIE	19
6	ANALYSE STORTGEGEVENS	21
6.1	INLEIDING.....	21
6.2	STORTGEBIEDEN	21
6.3	CORRELATIE BAGGEREN EN STORTEN	22
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	23
7.1	CONCLUSIES	23
7.2	AANBEVELINGEN.....	24
8	LITERATUURLIJST	25

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 0118 672200
Telefax 0118 651046

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Antwerpse haven is in de afgelopen 80 jaar beter toegankelijk gemaakt voor grotere schepen door de drempels, ondiepere delen in de geulen van de Westerschelde, te verdiepen. Om die overdiepte¹ in stand te houden moet er continu gebaggerd worden. Naast dit verdiepen van de drempels wordt op bepaalde locaties² de vaargeul door baggeren op breedte gehouden. Het baggerwerk om de drempels op diepte en de vaargeul op breedte te houden wordt onderhouds(bagger)werk genoemd.

In 1997 en 1998 is de tweede (grote) verruiming (ook wel verruiming 48'/43') uitgevoerd. Daarna houdt men de vaargeul op die nieuwe diepte en breedte door middel van onderhoudsbaggerwerk. Voorafgaand aan de tweede verruiming was voorspeld dat, als gevolg van die verruiming, het onderhoudsbaggerwerk met ongeveer 6 Mm³/j zou toenemen. In de tien jaar (1987-1996) voor de tweede verruiming bedroeg het onderhoud in de Westerschelde gemiddeld ongeveer 9,5 Mm³/j. Het onderhoudswerk na de tweede verruiming zou dus ongeveer 15,5 Mm³/j worden. Gebleken is dat het onderhoud van 1999 t/m 2001 gemiddeld slechts ongeveer 11,5 Mm³/j bedroeg.

De beheerder van de Westerschelde, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, geeft een vergunning af om het gebaggerde materiaal terug te storten in de Westerschelde. In die vergunning wordt opgenomen hoeveel materiaal er maximaal mag worden teruggestort en waar. Op basis van de voorspelling die voor de verruiming 48'/43' gemaakt was en een onzekerheidsmarge is in de vergunning opgenomen dat er maximaal 16 Mm³/j gestort mag worden. Tegen die storthoeveelheid is bezwaar aangetekend. In juni 2003 zal daarom een nieuwe vergunning verleend worden voor het terugstorten van onderhoudsbaggerwerk. Goede inzichten in de grootte van het onderhoudsbaggerwerk zijn essentieel bij het verlenen van een stortvergunning. Deze inzichten zijn ook van belang voor het evalueren van het huidige stortbeleid, zoals dat in het kader van de Monitoring Verruiming Westerschelde (MOVE) wordt gedaan. Daarom is een studie verricht naar het onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde en de bestaande kennis in de literatuur daarover. De resultaten van deze studie worden in dit werkdocument beschreven.

1.2 Doelstelling

Doel van de studie was het verloop van het onderhoudsbaggerwerk zo gedetailleerd mogelijk in beeld brengen, de inzichten rond de processen van aanzanding van drempels in kaart te brengen en dit alles te analyseren. Dit moet er toe leiden dat de kennis rond het baggerwerk wordt verhoogd.

1.3 Aanpak

In de aanpak van het onderzoek zijn de volgende vier stappen gezet:

1. Analyseren van het verloop van het onderhoudsbaggerwerk tussen 1955 en 2001, alsmede het verloop van het storten.

¹ Overdiepte is de extra verdieping die wordt aangebracht ten opzichte van de natuurlijke evenwichtsdiepte.

² In dit document worden deze locaties aangeduid als 'overige gebieden'.

2. Vaststellen op welke wijze de voorspelling van het onderhoudswerk na de tweede verruiming tot stand is gekomen.
3. Inventariseren van bestaande kennis en inzichten over de grootte en verloop van het onderhoudswerk in de literatuur.
4. Een integrale analyse maken van bovenstaande kennis en feiten om tot een verklaring te komen voor het waargenomen verloop van het onderhoudsbaggerwerk om daarmee eventueel nieuwe inzichten naar voren te kunnen brengen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk twee wordt algemene informatie gegeven over het baggerwerk in de Westerschelde ten behoeve van het verbeteren van de vaarweg in de afgelopen 80 jaar. Kennis en inzichten ten aanzien van het onderhoudsbaggerwerk uit de literatuur worden in hoofdstuk drie geschetst. De wijze waarop de voorspelling van de toename van het onderhoudswerk als gevolg van de tweede verruiming is gemaakt en de discussie daarover in de literatuur, wordt in hoofdstuk vier gegeven. In hoofdstuk vijf wordt het verloop en grootte van het onderhoudsbaggerwerk tussen 1955 en 2001 in detail beschreven, geanalyseerd en bediscussieerd. Het verloop van het storten wordt in hoofdstuk 6 beschreven. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2 Achtergrond baggerwerken in de Westerschelde

2.1 Inleiding

Sedert 1895 wordt permanent gebaggerd in de Schelde. De baggerwerken in de hoofdvaargeul van de Westerschelde richten zich hoofdzakelijk op de drempels. Drempels zijn plaatsen, gelegen in het overgangsgebied tussen twee opeenvolgende bochten, waar het estuarium van nature op zijn ondiepst is. In figuur 2.1 zijn de benamingen en ligging van de baggervakken op de drempels en in de overige gebieden weergegeven.

De allereerste baggerwerken in (het Nederlandse gedeelte van) de Westerschelde vonden in 1923 plaats op de drempel van Bath. In de loop van de jaren werd steeds meer stroomafwaarts gebaggerd. In 1973 werd de drempel van Borsele de meest stroomafwaarts gelegen gebaggerde drempel (Belmans et al, 1989). Vanaf 1999 wordt ook de drempel van Vlissingen (overgang monding – Westerschelde) middels baggeren op diepte gehouden.

Naast een minimale diepte moet de vaargeul ook een minimale breedte hebben. Deze bedraagt ten oosten van Hansweert 300 m en ten westen 500m, met als uitzondering de drempel van Borsele waar plaatselijk een minimale breedte van 300 m geldt. Door ontwikkeling van plaatgebieden kan de minimale breedte van de vaargeul in het geding komen. Daarom wordt op enkele plekken gebaggerd om de vaargeul op de vereiste nautische breedte te houden. Voorbeelden hiervan zijn (geweest): de noordoostelijke zijde van de Platen van Ossensisse, de zuidwestelijke zijde van de platen van Valkenisse en Zuid Saeftinge.

De benodigde vaardiepten voor de scheepvaart zijn in de tijd meegegroeid met de afmetingen van de schepen. De gegarandeerde dieptes op de drempels van de periode voor de eerste verruiming (tot +/- 1970), de periode na de eerste verruiming tot de tweede verruiming (eind jaren '70 tot 1997) en de periode na de tweede verruiming (na 1998) zijn in tabel 1.1 weergegeven.

Tabel 1.1: de gegarandeerde drempeldiepten in dm t.o.v. GLLWS

	Tot eerste verdieping	Tot tweede verdieping	Heden
Drempel van Vlissingen			-145
Drempel van Borsele	-116	-122	-139
Drempel van Hansweert	-95	-117	-137
Drempel van Valkenisse	-94	-119	-133
Drempel van Bath	-93	-119	-133

Volgens Pieters et al. (1991) lagen de drempels in de jaren '20 a '30 op N.A.P. -8 à 10 m, waarschijnlijk min of meer de "natuurlijke" diepte. Door te baggeren wordt op de drempels dus een overdiepte van een aantal meters ten opzichte van de "natuurlijke" diepte in stand gehouden.

2.2 De eerste verruiming

In het algemeen wordt aangehouden dat de eerste verruiming plaatsvond tussen 1970 en 1975. In het rapport van de Technische Scheldec commissie (1984a) zijn voor de uitvoering van de eerste verdieping van de drempels van Hansweert, Valkenisse en Bath de volgende perioden genoemd:

Hansweert: 1970 t/m 1975
 Valkenisse: 1973 t/m 1975
 Bath: 1967 t/m 1975

Volgens Belmans (1988) daarentegen, heeft de eerste verruiming van 1,5 à 2 m plaatsgevonden in de periode 1971-1976.

Hieruit valt op te maken dat het niet eenduidig is wanneer de eerste verruiming nu daadwerkelijk is uitgevoerd. Uit tabel 1.2 (Belmans, 1988) kan ook worden opgemaakt dat de verruimingsperioden anders zijn geweest dan gedacht.

Tabel 1.2: De gemiddelde gemeten minimumdiepten op de drempels t.o.v. GLLWS (naar Belmans, 1988)

	Borssele	Hansweert	Valkenisse	Bath
1900-1950	126	92	93	87
1951-1960	119	99	97	92
1961-1970	116	95	94	93
1971	108	84	91	102
1972	108	86	88	102
1973	102	87	92	104
1974	106	100	102	101
1975	111	106	102	101
1976	119	110	117	117
1977	124	108	114	115
1978	127	111	117	112
1979	125	111	118	118
1980	125	117	116	118
1981	127	122	122	121
1982	132	119	122	122
1983	120	117	118	122
1984	120	115	117	118
1985	119	116	118	120
1986	121	117	119	118
1987	122	116	118	119

 = periode van uitvoering van de eerste verdieping.

Er valt een aantal zaken op. Ten eerste lijkt het alsof de Belgen de diepte van de drempel van Borssele laten afnemen van 116 dm beneden GLLWS vanaf 1970 naar 102 dm beneden GLLWS in 1973. Vervolgens wordt van 1973 tot en met 1976 de drempel verdiept tot ca. 124 dm beneden GLLWS (diepte in 1977) en wordt deze min of meer op deze diepte gehouden tot 1983. Vanaf 1983 wordt de drempel op een diepte van ca. 120 dm beneden GLLWS gehouden. Volgens deze gegevens lijkt de verdieping van de drempel van Borssele te hebben plaatsgevonden in de periode 1973 t/m 1976.

Voor de drempel van Hansweert is een soortgelijke ontwikkeling te zien. Eerst een afname van de drempeldiepte van 1971 t/m 1973, waarna in de periode 1973 t/m

1978 de drempeldiepte wordt gebracht op ca. 110 dm beneden GLLWS. In 1979 wordt dan vervolgens de drempeldiepte op de te garanderen diepte van 117 dm beneden GLLWS gebracht (diepte in 1980). Volgens deze gegevens lijkt de verdieping van de drempel van Hansweert dus te hebben geduurd van 1973 t/m 1979.

Ook voor de drempel van Valkenisse valt een dergelijke geleidelijke verdieping te zien. Eerst een verondieping van de drempel tot 92 dm beneden GLLWS in de periode 1970 t/m 1973, daarna van 1973 t/m 1978 verdieping tot 118 dm beneden GLLWS (diepte in 1979). De drempel van Valkenisse lijkt dus te zijn verdiept in de periode 1973 t/m 1978.

Tenslotte wordt de drempel van Bath eind jaren '60 verdiept van gemiddeld 93 dm naar 102 dm beneden GLLWS in 1971, waarna de diepte tot en met 1975 constant blijft op ongeveer 101 dm beneden GLLWS. In 1979 wordt de gegarandeerde diepte bereikt. De eerste verdieping van deze drempel lijkt dus te zijn uitgevoerd in de periode 1967 t/m 1978.

Gezien de verschillende verdiegingsperioden stelt Belmans (1988) dat de hoeveelheden gebaggerde specie op elke baggerplaats sinds ca. 1980 het volume is waarmee rekening dient te worden gehouden om de gegarandeerde diepten in stand te houden.

Opvallend is dat in 1981/1982 de diepte op de bovenstaande drempels 4 à 5 dm groter is geworden. In TSC (1984b) wordt vermeld dat in 1981/1982 enkele drempels met 4 dm extra zijn verdiept. Daarna gaat de diepte weer terug naar de gegarandeerde waarde. De reden hiervoor kon niet worden achterhaald in de beschikbare literatuur.

Het baggerproces bestaat niet alleen uit het eigenlijke baggeren van ondieptes in de vaargeul, maar heeft als zeer belangrijk nevenaspect dat de gebaggerde specie ook ergens gelaten moet worden. Om het morfologisch en hydraulische evenwicht van de Westerschelde zo min mogelijk te verstoren, werd en wordt de gebaggerde specie zoveel mogelijk teruggestort in Westerschelde. Vóór de tweede verruiming gebeurde dit voornamelijk in de stortplaatsen in het oostelijke deel van de Westerschelde.

2.3 De tweede verruiming

Van juli 1997 tot en met juli 1998 zijn de drempels in de Westerschelde voor de tweede maal verdiept met 1,5 à 2 m. Het stortbeleid is vanaf deze tweede verruiming ook veranderd: het gebaggerde materiaal wordt vanaf dan niet meer voornamelijk teruggestort in het oostelijke deel van de Westerschelde, maar juist in het westelijke en midden deel van de Westerschelde. De reden hiervoor was dat verwacht werd dat de verstarring van de grootschalige dynamiek (steeds minder plaatsverandering van geulen en platen, verdwijnen van kortsluitgeulen) in het oosten zou verminderen (Liek, 2001). Een ander argument was dat men verwachtte dat de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk dan wel zou toenemen, maar minder sterk dan wanneer in het oosten teruggestort zou worden.

3 Inzichten omtrent (onderhouds)baggerwerk en storten

3.1 Inleiding

In het verleden zijn verschillende rapporten verschenen over de vaargeulverruiming in de Westerschelde. Hierin zijn inzichten in het verloop van het verdiepings- en onderhoudsbaggerwerk geschetst, processen van aanzanding van drempels gegeven en zijn de gevolgen van het storten van het gebaggerde materiaal dichtbij de drempels behandeld. Die kennis heeft geleid tot bepaalde beelden van en inzichten in het bagger- en stortwerk in de Westerschelde. Deze worden in dit hoofdstuk behandeld.

3.2 Bestaande inzichten omtrent baggerwerk

Volgens Vroon et al. (1993) zijn er drie fasen te onderscheiden in het verloop van het verdiepingsproces en de daarmee samenhangende omvang van het baggerwerk. In de eerste fase neemt de baggeromvang sterk toe als de drempels over een periode van enkele jaren naar een dieper niveau worden gebaggerd (aanleg- en onderhoudsbaggerwerk). Als de drempels op de nieuwe diepte liggen gaat de tweede fase in, waarin de omvang van het baggerwerk (onderhoudsbaggerwerk) wel enigszins afneemt, maar toch op een verhoogd niveau blijft liggen, zolang de aanliggende geuldelen zich aan het aanpassen zijn aan de nieuwe drempeldiepten. In deze tweede fase, die één tot enkele decennia kan duren, neemt de baggeromvang geleidelijk af naar een minimum niveau als de aangrenzende geuldelen hun nieuwe evenwicht hebben bereikt, waarmee de derde fase ingaat. De eerste fase lag volgens Vroon et al. (1993) ongeveer tussen 1970 en 1975 waar het baggerwerk³ opliep tot 10 à 12 Mm³/j. (In Figuur 3.1 lijkt deze periode echter ongeveer tot 1980 te duren). Daarna startte de tweede fase waarin het baggerwerk afnam naar gemiddeld 8 à 10 Mm³/j met overigens sterke variaties (zie Figuur 3.1). Vroon et al. (1993) stellen dat het niet onmogelijk is, dat de lage gemiddelde waarde van het baggerwerk in de periode 1990-1992 betekent dat de derde fase is ingegaan. Dit zou betekenen dat de aangrenzende geuldelen zich hebben aangepast en niet veel meer zullen uitruimen.

In literatuur wordt over de processen, die de grootte van het onderhoudsbaggerwerk bepalen, een aantal inzichten gegeven.

Om de overdiepte ten opzichte van de natuurlijke (evenwichts)diepte op een drempel te handhaven moet er evenveel materiaal worden weggebaggerd als het systeem (netto) naar de betreffende locatie aanvoert. De baggeromvang is even groot als de aanzandingssnelheid ter plaatse. Deze aanzandingssnelheid is groter naarmate de afwijking uit het evenwicht, de overdiepte, groter is. Volgens Allersma (1992) neemt de baggeromvang veel sterker dan lineair toe met de te onderhouden overdiepte; de eerste drie van de vier meter te onderhouden overdiepte (na de eerste verruiming) vergde in het oostelijk deel van de Westerschelde ongeveer de helft van het toenmalige onderhoudswerk. De andere helft (ongeveer 5 Mm³/j) was nodig voor de laatste meter overdiepte.

Ook de beschikbaarheid van sediment en het sedimenttransporterende vermogen van het systeem zijn belangrijk voor de aanzandingssnelheid en dus het de baggeromvang. (Pieters, 1991, 1993) Volgens Pieters (1991) en Vroon et al. (1993) wordt de aanzandingssnelheid en dus het onderhoudsbaggerwerk sterk bepaald door de toenmalige stortstrategie, met de kleine afstanden tussen bagger- en stortlocaties.

³ Vroon et al (1993) bekijken het totale baggerwerk, er is geen onderscheid gemaakt tussen het baggerwerk op drempels en overige gebieden. In deze studie wordt dat wel expliciet gedaan.

WL (1996) merkt op dat er waarschijnlijk niet een eenvoudige relatie bestaat tussen de hoeveelheid baggerwerk en de vereiste diepte. Daarnaast zegt het WL (1996) ook dat als de hoeveelheid baggerwerk explosief toeneemt bij verdere verdieping dit aangeeft dat de plaat-geuluitwisseling waarschijnlijk een belangrijke rol speelt. Immers, als het sediment alleen via de geul aangevoerd zou moeten worden, zou de toename bij verdieping op een bepaald moment geremd moeten worden vanwege de beperkte beschikbaarheid van sediment.

3.3 Bestaande inzichten omtrent storten

Tot aan de tweede verruiming werd er om baggereconomische redenen zo dicht mogelijk bij de baggerlocaties gestort en uit kwaliteitsoverwegingen ging er zo weinig mogelijk baggerspecie uit het oostelijke deel naar het relatief schone westelijke deel. De volgende prioriteitsvolgorde werd aangehouden (Pieters, 1991, 1993):

1. Storten in de nevengeulen, bedoeld om daarmee meer water door de hoofdgeul te sturen, waardoor deze uit zichzelf een groter profiel zal nastreven;
2. Storten in de buitenbochten van de hoofdgeul, bedoeld om bochterosie tegen te gaan;
3. Storten op westelijker gelegen locaties, wat niet meer in het oostelijke deel kan worden gestort.

Deze stortstrategie is echter bij de sterk toegenomen baggerintensiteit niet meer efficiënt. In het oostelijk deel is duidelijk sprake van het rondpompen van grote hoeveelheden zand over zeer korte afstanden. Een statistisch significante relatie tussen baggerintensiteit en stortomvang op dichtbij elkaar gelegen drempels en stortlocaties werd echter niet worden aangetoond. (Pieters, 1991, 1993)

WL (1996) zegt ook dat er zeker sprake zal zijn van retourstroom tussen stort- en baggerlocaties vanwege de kleine afstanden ertussen. Maar het is nog niet goed bekend in hoeverre deze retourstroom de baggerhoeveelheid beïnvloedt. Het is niet aangetoond dat, als die retourstroom er niet is, de beschikbaarheid van sediment beperkend zou zijn. De blijvende berging van zowel de nevengeulen als de buitenbochten is door het rondpompen gering. Er treedt ten gevolge van dit proces alleen enige blijvende berging op via verhoging van de platen. (Pieters, 1991, 1993)

3.4 Conclusie

Meer overdiepte betekent volgens de inzichten in de literatuur meer aanzanding van een drempel (meer dan lineaire toename), dus een hoger onderhoudsbaggerwerk. Dit betekent dat het onderhoud op een drempel na de eerste verruiming hoger moet zijn dan voor de eerste verruiming (dit geldt dan ook voor na de tweede verruiming). Er wordt ook gezegd dat de stortstrategie, die na de eerste verruiming is aangehouden, het onderhoudsbaggerwerk hoger maakt dan in het geval er niet zo gestort zou worden. De sedimentbeschikbaarheid voor transport naar een drempel is groter en dus aanzanding ook is de gedachte. Van de stortstrategie na de tweede verruiming wordt verwacht dat deze de toename van het onderhoudsbaggerwerk vermindert, omdat het langer duurt voordat het (in het westen) gestorte zand weer terug is bij de baggerlocatie (in het oosten). Voor het onderhoud na de eerste verruiming betekenen bovenstaande theorieën dat het onderhoud na de eerste verruiming op een drempel duidelijk veel hoger moet zijn dan op dezelfde drempel voor de eerste verruiming. Dit is te toetsen aan de hand van het werkelijke onderhoud per drempel.

4 Analyse voorspelling toename onderhoudsbaggerwerk

4.1 Inleiding

Binnen een jaar na afloop van de periode van het aanlegbaggerwerk van de tweede verruiming werd geconstateerd dat het onderhoudsbaggerwerk veel lager was dan voorspeld. Volgens de voorspelling zou het onderhoudswerk na de tweede verruiming met ongeveer 6 Mm³/j toenemen t.o.v. het onderhoudswerk na de eerste verruiming. Uit de werkelijke hoeveelheden baggerwerk bleek dat het onderhoud slechts met ongeveer 1 à 2 Mm³/j was toegenomen (zie H5). Om dit verschil te verklaren is de literatuur ten aanzien van de voorspelling bekeken. In dit hoofdstuk worden de resultaten daarvan gegeven.

4.2 Voorspelling onderhoudswerk

Het is gebleken dat er twee voorspellingen over de toename van het onderhoudswerk na de tweede verruiming voorhanden zijn. Een uit 1997 (Huijs, 1997), die ook in de milieu aspecten studie van de tweede verruiming is aangehouden (MAS, 1998) en een andere uit 1984, in het studierapport voor de tweede verruiming van de Westerschelde (TSC, 1984b).

In Huijs (1997) wordt voorspeld dat het onderhoudsbaggerwerk na de tweede verruiming ongeveer 14 Mm³/j zal bedragen, waarbij de nauwkeurigheid van de voorspelling plus of min 2 Mm³/j bedraagt. Ten opzichte van het gemiddelde onderhoud tussen 1989-1996 (ongeveer 8,7 Mm³/j, zie figuur 3.1) is dit een toename met ongeveer 5,5 Mm³/j. De methode die door Huijs (1997) is gebruikt om de voorspelling te maken blijft onduidelijk. Er wordt gesproken over "extrapolatie van de toename van het onderhoud na een vorige verlaging van de drempels", maar de berekenings-/extrapolatiewijze werd niet met een voorbeeld geïllustreerd. Het onderhoud tussen 1989 en 1996 diende als uitgangspunt voor de berekening/extrapolatie.

In het studierapport voor de tweede verruiming van de Westerschelde (TSC, 1984b) wordt de gebruikte wijze van de voorspelling van het onderhoudswerk duidelijk beschreven. Voorspeld werd dat het onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde na de tweede verruiming met 6,4 Mm³/j zou toenemen ten opzichte van het onderhoud na de eerste verruiming. Het gemiddelde onderhoud in de Westerschelde in de periode 1976-1983 bedroeg ongeveer 12 Mm³/j. Het totale onderhoud na de tweede verruiming zou dan ongeveer 18,5 Mm³/j gaan bedragen (TSC, 1984b). Bron van de voorspelling in TSC (1984b) is een nota uit 1980 (Anonymus, 1980). De berekening van de toename is een extrapolatie van het onderhoud na de eerste verruiming en verliep op de volgende manier. Voor de drempels van Hansweert, Valkenisse en Bath is het gemiddelde onderhoud na de eerste verruiming (1976-1979) berekend. Vervolgens is nagegaan hoeveel decimeters deze drempels bij de eerste verruiming zijn verdiept. Het verschil in onderhoud voor en na de eerste verruiming is vervolgens gedeeld door het aantal decimeters verdieping. Daaruit volgt een getal dat aangeeft hoeveel meer onderhoud per dm verdieping er nodig is om deze drempels op diepte te houden. Dat getal is gebruikt om het bijkomende onderhoud na de tweede verruiming te berekenen door het getal met het aantal decimeters te vermenigvuldigen dat een drempel (verder) verdiept gaat worden. Hieruit volgde voor Hansweert een toename van het onderhoud met 1,5 Mm³/j (na de tweede verruiming), Valkenisse een toename van 1,2 Mm³/j en Bath een toename van 0,9 Mm³/j (totaal 3,6 Mm³/j). Voor de drempel van Borssele, Overloop van Hansweert en overloop van Valkenisse+Walsoorden werd een bepaalde waarde

voor dat getal aangenomen. De toename in het onderhoud voor die gebieden werd voorspeld op 1,1 Mm³/j, 0,5 Mm³/j en 1,2 Mm³/j (totaal 2,8 Mm³/j). Voor alle drempels in de Westerschelde wordt dus een totale toename van het onderhoud met 6,4 Mm³/j voorspeld. In Belmans (1980 en de Looft 1980) wordt na de tweede verruiming ook een toename van het jaarlijks te verrichten onderhoudsbaggerwerk met 6,4 Mm³ verwacht. In de overige onderzochte literatuur van na 1984 (RWS, 1989; Pieters et al., 1991; Pieters, 1993; Vroon et al, 1993), waarin gesproken wordt over de toename van het onderhoudswerk na de tweede verruiming, wordt altijd verwezen naar TSC (1984b) als bron van de voorspelling.

In de literatuur worden kanttekeningen gezet bij de methode in TSC (1984b). Het WL (1996) zegt dat een dergelijke relatie (tussen overdiepten en baggervolume) geen algemeen geldige empirische relatie is; de geldigheid daarvan buiten het databereik is twijfelachtig.

Daarnaast zeggen Vroon et al (1993) dat de berekeningswijze waarschijnlijk zowel een onderschatting als een overschatting inhoudt. De onderschatting wordt veroorzaakt door het feit dat de baggeromvang vrijwel zeker veel sterker dan lineair toeneemt met de te onderhouden overdiepte. De aanzanding op de baggerlocaties, die door baggeren moet worden weggewerkt, wordt sterker naarmate de verstoring ten opzichte van de evenwichtssituatie groter is. Er is afgeschat dat voor de eerste drie meter, van de nu onderhouden overdiepte van vier meter in het oostelijke deel, ongeveer de helft van het huidige baggerwerk nodig is en dat de andere helft, 5 Mm³ per jaar, nodig is voor de laatste meter overdiepte (zie H3). De overschatting van de toename bij extrapolatie ontstaat doordat de actuele baggeromvang sterk wordt bepaald door de huidige stortstrategie, met de kleine afstand tussen bagger- en stortlocaties. Deze strategie moet bij uitvoering van de verruiming vrijwel helemaal worden verlaten, alleen al door het volraken van de huidige en ontbreken van nieuwe geschikte stortlocaties in het oostelijke deel. Het verder weg storten zal per eenheid van te onderhouden overdiepte een kleinere baggeromvang vergen dan bij de huidige stortstrategie het geval zou zijn. Onder aanname dat de beschreven overschatting en onderschatting elkaar opheffen, wordt de toename van 6 Mm³/j ook door Vroon et al (1993) aangehouden.

4.3 Conclusie

De voorspellingen die in de literatuur zijn gevonden spreken alle over een toename van het onderhoud na de tweede verruiming met ongeveer 6 Mm³/j. Er kunnen vraagtekens gezet worden bij de juistheid van de voorspellingen. De voorspellingen zijn niet gebaseerd op enig fysisch inzicht of een empirisch relatie.

5 Analyse baggergegevens

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het verloop en grootte van het onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde tussen 1955 en 2002 in detail beschreven en geanalyseerd. In de beschrijving is onderscheid gemaakt tussen het onderhoud op de drempels en het onderhoud in overige gebieden (Zie ook figuur 2.1). In de overige gebieden wordt onderhoud gepleegd om de vaargeul op breedte te houden. Deze gebieden liggen langs plaatranden naast de vaargeul. Binnen de drempels en overige gebieden wordt iedere baggerlocatie apart beschreven.

5.2 Onderhoud op de drempels

Op de volgende drempelgebieden is tussen 1955 en 2002 onderhoudswerk verricht

- Drempel van Bath
- Drempel van Valkenisse
- Drempel van Hansweert
- Drempel van Baarland
- Drempel van Borssele
- Drempel van Vlissingen

Drempel van Bath

Het onderhoud dat in dit gebied wordt gedaan is niet alleen voor het op diepte houden van de drempel, maar voor het op breedte houden van de vaargeul en/of voor het onderhoud van een betere bochtstraal voor de scheepvaart. De plaat van Saeftinge migreert hier de vaargeul in. In de onderhoudsgetallen van Directie Zeeland wordt geen onderscheid gemaakt tussen het op diepte houden en het breedte houden. In 1967 is hier begonnen met de verdieping. Voor het einde van de eerste verdiegingsperiode is gekozen voor 1978 (zie hoofdstuk 2). De jaarlijkse baggerhoeveelheden tussen 1955 en 2002 worden in figuur 5.1 gegeven. Hieronder volgt een beschrijving van het verloop van de baggerhoeveelheden in de perioden waarin alleen sprake was van onderhoud.

1955 t/m 1966: geen trend in het onderhoud, gemiddeld ongeveer $1,9 \text{ Mm}^3/\text{j}$

1979 t/m 1996: geen trend in het onderhoud. Bijzonder veel onderhoud in 1986 en 1987 ($5,4$ en $3,6 \text{ Mm}^3/\text{j}$). Gemiddeld onderhoud $1,8 \text{ Mm}^3$ per jaar
1986 en 1987 niet meegenomen (of $2,1 \text{ Mm}^3/\text{j}$ 1986 en 1987 wel meegerekend)

1999 t/m 2002: gemiddeld $0,9 \text{ Mm}^3$ per jaar onderhoud.

Opvallend is dat het gemiddelde onderhoud is gedaald tussen de drie periodes. Het verschil tussen 1955-1966 en 1979-1996 wordt volgens TSC (1984b) mogelijk verklaard doordat er vanaf 1980 een andere baggertechniek wordt gebruikt, waardoor het onderhoudswerk verminderde. In de eerste periode werd een verankerde hopperzuiger gebruikt en vanaf 1980 een sleepopperzuiger. Belmans et al (1989) ondersteunen dit. De daling tot $0,9 \text{ Mm}^3/\text{j}$ na de tweede verruiming wordt volgens Claessens (1999) verklaard door de wijziging van de stortstrategie, waardoor de aanvoer van zand naar de drempel, via de schaar van de Noord, sterk is afgenomen. Het veel hogere onderhoud in 1986 en 1987 werd veroorzaakt door het zeer sterk in geul opdringen van de Plaat van Saeftinge. De bochtstraal werd daardoor voor de scheepvaart zeer ongunstig (Belmans, 1988).

Drempel van Valkenisse

Dit drempelgebied bestaat uit twee verschillende delen: de eigenlijke drempel en een smalle strook 'riffles' (zandgolven) ten zuidwesten van de drempel. (Claessens, 1999) De baggerwerken bestaan uit het op diepte houden van de drempel en het afvlakken van de koppen van de zandgolven. De hoogten van deze zandgolven zijn zeer variabel, waardoor het gevaar steeds bestaat dat de gegarandeerde diepten onderschreden worden (Claessens, 1999). Het baggerwerk wordt in figuur 5.2 gegeven. In 1973 is op de drempel van Valkenisse begonnen met de verdieping. De verdiegingsperiode duurde t/m 1978 (zie hoofdstuk 2).

1955 t/m 1972: Het verloop van het onderhoud heeft in deze periode een typisch verloop. Tussen 1955 en 1960 is het baggerwerk gemiddeld $0,7 \text{ Mm}^3$ per jaar. Hierna stijgt het baggerwerk opeens, van 1961 t/m 1968 is het baggerwerk gemiddeld bijna $1,3 \text{ Mm}^3/\text{j}$. Na 1968 daalt het onderhoud weer, van 1969 t/m 1971 bedraagt het baggerwerk gemiddeld $0,55 \text{ Mm}^3/\text{j}$. In 1972 is het baggerwerk $1,5 \text{ Mm}^3$

1979 t/m 1996: Het verloop van het onderhoud heeft in deze periode een kenmerkend verloop. In de periode 1979-1989 is er een afname van $3,8 \text{ Mm}^3$ naar $1,7 \text{ Mm}^3$, met een trend van $-0,26 \text{ Mm}^3/\text{j}$. In de periode 1988-1996 is het gemiddelde onderhoud $1,4 \text{ Mm}^3/\text{j}$.

1999 t/m 2002: Gemiddeld $1,5 \text{ Mm}^3/\text{j}$ onderhoud. In 1999 en 2000 ongeveer $1,4 \text{ Mm}^3$, in 2001 ongeveer $2,2 \text{ Mm}^3$ en in 2002 is het gedaald naar $0,8 \text{ Mm}^3$.

Een verklaring voor de plotse stijging van het onderhoudsbaggerwerk na 1960 is mogelijk de invloed van de Zimmermangeul. In die periode ondervond de scheepvaart veel hinder van een dwarsstroming uit de Zimmermangeul. Mogelijk voerde deze stroom ook extra sediment naar de drempel toe waardoor het onderhoud steeg. De plotse daling na 1968 wordt waarschijnlijk verklaard door een beperkte capaciteit aan baggerschepen. De drempel van Bath werd in en na 1967 verdiept waardoor men daar meer capaciteit nodig had. Tijdelijk werd de het onderhoud op de drempel Valkenisse teruggebracht (mondelinge communicatie C. v. Westenbrugge, DZL).

Er is nog geen verklaring gevonden voor de sterk afname in het onderhoud tussen 1979 en 1989. Het onderhoud in de periode 1988 t/m 1996 is slechts 10% groter dan in de periode 1961 t/m 1968. Bekijken we de periode 1955-1968 ($1 \text{ Mm}^3/\text{j}$) dan is het onderhoud in de periode 1988-1996 40% hoger. Hierbij moet wel bedacht worden dat het te onderhouden oppervlak na de eerste verruiming ongeveer 40% groter is geworden (RWS, 1998).

Drempel van Hansweert

De eigenlijk drempel van Hansweert wordt gekenmerkt door zijn grote uitgestrektheid, in een mate zelfs dat gesproken kan worden van twee drempels: een opwaartse en een afwaartse. De drempel is zeer breed. Voor de eerste verruiming werd er in een relatief klein gebied van de afwaartse en opwaartse delen gebaggerd om de vaargeul op diepte te houden (Claessens, 1999). Na de eerste verruiming werd het op diepte te onderhouden oppervlak duidelijk groter (Belmans, 1988). Op basis van RWS (1998) lijkt dat in de orde van 3 keer groter te liggen.

Op de drempel van Hansweert moest men na de eerste verruiming, naast het baggerwerk om de drempel op diepte te houden, ook baggerwerk verrichten om het opdringen van de plaat van Ossenissee tegen te gaan. In de baggergegevens van Directie Zeeland is hierin geen onderscheid te maken. In de jaren '70 drong de plaat van Ossenissee steeds meer naar het oosten op en verplaatste de drempel zich oostwaarts.

Dit was nautische minder gunstig (Claessens, 1999). In 1982 is daarom een zeer grote baggercampagne uitgevoerd om de oostelijke plaatrand in korte tijd weg te baggeren. Hiermee kreeg de drempel weer een betere nautische ligging (zie later overige gebieden).

In figuur 5.3 wordt het baggerwerk gegeven. In 1973 is op de drempel van Hansweert begonnen met de verdieping. De verdiepijngsperiode duurde t/m 1979 (zie hoofdstuk 2).

1955 t/m 1972: Het baggerwerk heeft in deze periode een typisch verloop. In de periode 1955 en 1969 neemt het onderhoud na 1963 langzaam af van ongeveer 1 Mm³/j naar 0,6 Mm³/j. Van 1970 t./m 1972 bedraagt het onderhoud gemiddeld 2,5 Mm³/j.

1980 t/m 1996: Er is geen trend in het verloop van het onderhoud. Het onderhoudsbaggerwerk is gemiddeld 2,7 Mm³/j.

1999 t/m 2002: Gemiddeld onderhoud 2,5 Mm³/j.

Voor de afname in onderhoud na 1963 is nog geen verklaring voorhanden. Hoewel de verdieping op deze drempel pas in 1973 van start gaat is het baggerwerk in de drie jaar daarvoor al bijzonder groot. Het zou mogelijk kunnen zijn dat een deel van de plaat van Ossenisse al weggebaggerd is voor de verdieping.

Na de eerste verruiming stijgt het onderhoudsbaggerwerk sterk in vergelijking tot de periode 1955-1969 (gemiddeld 0,8 Mm³/j), het wordt ruim drie keer zo groot (gemiddeld 2,6 Mm³/j). Hierbij wordt opgemerkt dat het te onderhouden oppervlak na de eerste verruiming sterk is toegenomen (3 keer groter).

Het onderhoud na de tweede verruiming is niet toegenomen vergeleken met het onderhoud voor de tweede verruiming.

Drempel van Baarland

Deze drempel vormde voor de scheepvaart een belemmering toen het Middelgat nog de hoofdvaarroute was. Sinds 1977 is het Gat van Ossenisse de hoofdvaargeul geworden en hoeft er sindsdien bijna niet meer gebaggerd te worden. Wel is tijdens de eerste verruiming de drempel verdiept. Dit lijkt te gebeuren van 1969 t/m 1975. (figuur 5.4)

1955-1968: Geen onderhoud

1976-1996: In 1976 0,2 Mm³, 1978 0,05 Mm³ en in 1995 0,6 Mm³.

1999-2002: In 2001 0,25 Mm³ onderhoud.

Voor het onderhoudsbaggerwerk in de Westerschelde is deze drempel dus niet meer van belang.

Drempel van Borssele

Op deze drempel worden pas sinds de eerste verruiming baggerwerkzaamheden uitgevoerd. Volgens Claessens (1999) wordt hier sedert 1972 gebaggerd. De gegevens spreken sinds 1973 (zie figuur 5.5). De verdieping vond plaats van 1973 t/m 1976.

1977 t/m 1996: Er lijkt een tweedeling te zitten in het onderhoud. Een periode van 1977 tot 1985 en een periode van 1985 t/m 1996. Het gemiddeld onderhoud in de periodes is respectievelijk 1,2 en 0,8 Mm³ per jaar.

1999 t/m 2002: Onderhoud gemiddeld 1,1 Mm³ per jaar. De grootte van het onderhoud ligt hoger dan in de voorgaande 10 jaar.

De verklaring voor de tweedeling in de periode 1977-1996 wordt door Claessens (1999) gegeven. In het eerste deel (1977-1985) moet door baggeren de opdringende plaat van de Spijkerplaat in het drempelgebied beheerst worden. De vaargeul moet op breedte blijven. Na 1985 hoeft dit niet meer te gebeuren omdat door natuurlijk morfologische ontwikkelingen de plaat van de Spijkerplaat niet meer het drempelgebied in migreert. De drempel hoeft dan nog alleen maar op diepte gehouden te worden. Na de tweede verdieping is het onderhoud groter geworden (met $0,3 \text{ Mm}^3/\text{j}$). Mogelijk moet er langs de rand van de Spijkerplaat baggerwerk gepleegd worden, kost het meer inspanning om de grotere overdiepte in stand te houden of is het oppervlakte van het te baggeren gebied groter geworden.

Drempel van Vlissingen

In dit gebied wordt pas sinds de tweede verruiming gebaggerd. In 1999 $1 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (aanlegbaggerwerk en onderhoudsbaggerwerk), in 2000 en 2001 ongeveer $0,4 \text{ Mm}^3/\text{j}$ en in 2002 ongeveer $0,3 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (onderhoudsbaggerwerk). (Figuur 5.6)

5.3 Baggerwerk overige gebieden

In de volgende overige gebieden is tussen 1955 en 2002 baggerwerk verricht

- Vaarweg boven Bath/ Ballastplaat
- Overloop van Valkenisse
- Plaat van Valkenisse
- Plaat van Walsoorden
- Plaat van Ossenis
- Overloop van Hansweert
- Pas van Terneuzen. Dit gebied is geen plaatrand en ook geen drempel

Vaarweg boven Bath / Ballastplaat

In dit baggervak werd zeer incidenteel en zeer weinig gebaggerd. De baggerinspanningen van nog enige omvang zijn geweest in 1962 ($0,4 \text{ Mm}^3$), 1976 ($1,1 \text{ Mm}^3$) en 1977 ($0,4 \text{ Mm}^3$). Na 1980 is dit baggervak nooit meer gebruikt. (Figuur 5.7)

Overloop van Valkenisse

Deze baggerlocatie is een zeer lange smalle strook die samenvalt met de rand van de platen van Valkenisse. Zoals uit figuur 5.8 blijkt wordt hier voor het eerst in 1976 gebaggerd. Tot en met 1986 wordt er af en toe in een jaar gebaggerd, tussen de $0,65$ en $0,15 \text{ Mm}^3/\text{j}$. In 1987 t/m 1989 stijgt het onderhoud tot gemiddeld ongeveer $1,9 \text{ Mm}^3/\text{j}$. Daarna neemt het onderhoud geleidelijk af van $0,9 \text{ Mm}^3$ in 1990 tot $0,3 \text{ Mm}^3$ in 1996. Daarna stijgt het onderhoud weer fors tot ongeveer $1,7 \text{ Mm}^3$ in 1998/2001, $2,2 \text{ Mm}^3$ in 2000, maar daalt het weer tot $0,5 \text{ Mm}^3$ in 2002.

De sterke stijging in 1987 t/m 1989 wordt verklaard door morfologische ontwikkeling van de schaar Valkenisse. Tussen 1977 en 1986 liep deze schaar dood in het platengebied gebied en was er geen doorgaande verbinding meer met het Zuidergat/overloop van Valkenisse. Na 1986 veranderde dit en brak de schaar van Valkenisse door het platengebied heen en werd een verbinding gemaakt met de overloop van Valkenisse. Dit gebeurde tussen 1987 en 1989. In de morfologische ontwikkeling is te zien dat een deel van de plaat de geul wordt ingedrongen. Na deze verbinding neemt het onderhoud af en wordt er alleen nog zand aan het einde van de schaar in de overloop afgezet dat opgeruimd moet worden. De toename sinds 1998 is nog niet verklaard. Claessens (1999) zegt dat sinds enkele jaren de schaar van Valkenisse terug doorgebroken is en aansluiting vormt met de overloop van Valkenisse ter hoogte van boei 60. Dit resulteert in een frequenter baggerwerk ter hoogte van deze

boei. Het terugbreken waar Claessens het over heeft, heeft echter eerder plaatsgevonden. Wel is het zo dat na midden jaren '90 de schaar uitloop meer richting drempelgebied is gemigreerd.

Plaat van Valkenisse

Door op deze plaat te gaan baggeren wordt voorkomen dat de plaat de neiging krijgt naar het zuiden te willen opdringen en het vaarwater eveneens naar het zuiden te doen opschuiven. Wanneer dit wel gebeurt zal de onverdedigde noordelijke oever van het Verdrongen Land van Saeftinge daardoor worden aangetast en inscharen. (Claessens, 1999) De baggergegevens staan in Figuur 5.9.

In dit baggervak is relatief weinig gebaggerd, maar in de jaren 1988 en 1999 zijn er 2 grote pieken. Mogelijk hangt de piek van 1988 samen met het terugbreken van de schaar van Valkenisse (zie beschrijving Overloop van Valkenisse).

Plaat van Walsoorden

De baggerwerken op deze locatie hebben als doel de naar het zuidwesten opdringende plaat van Walsoorden uit de vaarroute te houden. Claessens (1999) neemt aan dat voor de tweede verruiming de plaat van Walsoorden werd gevoed met zand afkomstig van de stortplaats in de Overloop van Valkenisse (Konijnenschor en Boei 63). Sinds 1955 wordt hier bijna ieder jaar baggerwerk gepleegd en varieert tussen de 0,1 en 2,8 Mm³/j (Figuur 5.10) In het onderhoud zijn opvallende stijgingen te zien in begin jaren '60 en rond midden en eind jaren '70. Het gemiddeld onderhoud tussen 1983 en 1996 is ongeveer 0,5 Mm³/j. Tussen 1997 en 2002 bedraagt het onderhoud gemiddeld ongeveer 0,4 Mm³/j. Claessens (1999) stelt dat nu de stortplaats in de Overloop van Valkenisse (na 1997) niet meer gebruikt wordt, ook de baggerwerken aan de rand van de plaat van Walsoorden flink zijn afgenomen. De baggerwerkzaamheden in 1998 en 1999 zijn echter even groot als in de tien jaar voor de tweede verruiming. In 2000 - 2002 zijn de baggerwerken lager maar nog wel hoger dan in 1983 en 1984. De bewering van Claessens wordt dus niet door de gegevens gesteund.

Plaat van Ossenissee

In RWS (1998) wordt dit gebied gesitueerd langs de Rug van Baarland. Vermoed wordt dat dit niet correct is. Dit gebied ligt zeer waarschijnlijk aan de oost kant van de Plaat van Ossenissee.

Tussen 1955-1996 wordt er in 1982 een zeer grote inspanning van 2,4 Mm³, in 1983 een inspanning van 0,1 Mm³ en in 1996 van 0,1 Mm³ geleverd (figuur 5.11). De reden voor deze grote inspanning in 1982 is gegeven onder het drempelgebied van Hansweert.

In de periode 1997-2002 wordt slechts in 1999, 2001 en 2002 gebaggerd, respectievelijk 0,8 Mm³, 1,0 Mm³ en 0,3 Mm³.

Overloop van Hansweert

Dit gebied ligt de langs de noordwestkant van de plaat van Ossenissee. Hier dringt de plaat de vaargeul in. In 1975 wordt hier pas voor het eerst gebaggerd (figuur 5.12). Tot en met 1993 wordt er regelmatig, doch niet ieder jaar, gebaggerd. Gemiddeld ongeveer 0,3 Mm³/j. Na 1993 neemt het baggerwerk sterk toe, gemiddeld ongeveer 1,2 Mm³/j

De sterke stijging tussen 1994 en 1996 valt samen met een morfologische ontwikkeling waarbij eerst de noordwestelijke en later de westelijke rand van de Plaat van Ossenissee richting de vaargeul migreert. Mogelijk vindt dat ook na 1996 nog plaats.

Claessens (1999) zegt over de 'Overloop van Hanswaart opwaarts' dat deze overeenkomt met de Overloop van Hansweert in RWS (1998) en over de 'Overloop van

Hansweert afwaarts' dat het gaat om het opdringen van de Rug van Baarland naar het vaarwater toe.

Pas van Terneuzen

Volgens Claessens (1999) vinden in de pas van Terneuzen eigenlijk twee soorten baggerwerk plaats. Ten eerste moet geregeld de opdringende Suikerplaat weggebaggerd worden. Voorts bevinden zich ten westen van de Put van Terneuzen ook een reeks zandgolven, waarvan de koppen weggebaggerd moeten worden. In 1980 wordt er hier voor het eerst gebaggerd. Dit gebeurt tot aan 1996 slechts in enkele jaren en in kleine hoeveelheden $0.1 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (figuur 5.13). Volgens Claessens (1999) is dit het onderhoud op de zandgolven, waar sporadisch gebaggerd moet worden. Na 1996 stijgt het onderhoud tot 1 Mm^3 in 1998, neemt het daarna weer geleidelijk af naar $0,4 \text{ Mm}^3$ in 2000/2001 en stijgt in 2002 weer naar $1,2 \text{ Mm}^3/\text{j}$.

5.4 Totale onderhoudsbaggerwerk

In figuur 5.14 wordt het totale onderhoud op de drempelgebieden en overige gebieden gepresenteerd. Beschouwen we het baggerwerk in de periode dat er geen sprake was van aanlegbaggerwerk (verdiepingsperiodes 1967 t/m 1979 en 1997 t/m 1998) dan volgt daar het volgende beeld uit.

Het onderhoud op de drempelgebieden na de eerste verruiming stijgt van gemiddeld ongeveer $3,8 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (1955-1966) naar ongeveer $7,7 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (1980-1996). In figuur 5.15 is te zien hoe de baggerhoeveelheden per jaar op de drempels zich tot elkaar verhouden. Die toename van het onderhoud met gemiddeld $3,9 \text{ Mm}^3/\text{j}$ is voor het grootste deel terug te halen op het onderhoud op de (nieuwe) drempel van Borssele met ongeveer $0,9 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (23% van de totale toename), een stijging van het onderhoud op de drempel van Hansweert van $0,8 \text{ Mm}^3/\text{j}$ naar $2,6 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (een toename van $1,8 \text{ Mm}^3/\text{j}$, 46%) en een stijging in het onderhoud op de drempel van Valkenisse van $1,1 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (28%), waarbij vooral in de eerste helft van de jaren 80 het onderhoud daar (nog) onverklaarbaar hoger is ($1 \text{ Mm}^3/\text{j}$) dan in de tien jaar daarna.

Het onderhoud op de drempels na de tweede verruiming bedraagt gemiddeld $6,6 \text{ Mm}^3/\text{j}$ en is gemiddeld $1,1 \text{ Mm}^3/\text{j}$ afgenomen ten opzichte van de periode tussen de eerste en de tweede verruiming. (wordt er echter vergeleken met het gemiddelde van de acht jaar (1989-1996) voor de tweede verruiming ($6,5 \text{ Mm}^3$), dan is het totale onderhoud ongeveer gelijk gebleven) Op de drempel van Hansweert is het onderhoud ongeveer gelijk gebleven. Op Valkenisse is het met gemiddelde met $0,6 \text{ Mm}^3/\text{j}$ afgenomen vergeleken met het gemiddelde van de periode 1980-1996, maar wanneer weer wordt vergeleken met de laatste acht jaar voor de tweede verruiming is het onderhoud ongeveer gelijk. Het onverklaarbaar hoge onderhoud op de drempel van Valkenisse in de eerste helft van de jaren '80 blijkt dus grote invloed te hebben op de gemiddelde waarden en daarmee op de gemiddelde veranderingen. Het onderhoud in Bath is afgenomen met gemiddeld $1,2 \text{ Mm}^3/\text{j}$; (het onderhoud ligt in de periode na de tweede verruiming duidelijk lager dan ooit daarvoor). Op de drempel van Vlissingen is voor het eerst onderhoud gepleegd, gemiddeld $0,6 \text{ Mm}^3/\text{j}$.

Het totale onderhoud in de overige gebieden bedroeg voor de eerste verruiming $0,5 \text{ Mm}^3/\text{j}$, na de eerste verruiming $2,3 \text{ Mm}^3/\text{j}$ en na de tweede verruiming $4,0 \text{ Mm}^3/\text{j}$. In figuur 5.16 is te zien hoe de baggerhoeveelheden per jaar in de overige gebieden zich tot elkaar verhouden.

De toename van het totale onderhoud in de Westerschelde na de tweede verruiming komt bijna volledig voor rekening van onderhoud in de overige gebieden. Het totale onderhoud gaat van ongeveer 9,5 Mm³/j naar ongeveer 11,5 Mm³/j. Een kritische blik op het nautische beheer van de vaargeulbreedte kan het onderhoud misschien verminderen. Een uitgebreidere vaarwegmarkering maakt het misschien mogelijk opdringende platen meer ruimte te laten waardoor dat onderhoud daalt.

5.5 Discussie

Het verklaren en analyseren van het verloop van het onderhoudsbaggerwerk op drempels (en overige gebieden) vergt een enorme zorgvuldigheid, (morfologische) gebiedskennis en kennis van het baggerwerk. Op een aantal drempelgebieden worden, naast het op diepte houden van de drempel, ook opdringende platen of zandgolven weggebaggerd. Dit gebeurt op de drempels van Bath, Valkenisse, Hansweert en Borselle. Aangezien aan het aanzanden van een drempel, aan het opdringen van een plaat en aan het ontstaan van zandgolven ook "andere" morfologische processen ten grondslag liggen moet dit meegenomen worden bij de interpretatie van de gegevens. In de baggergegevens van die drempels is dit onderscheid helaas echter niet gemaakt. Het is zeer wenselijk dat dit onderscheid wel gemaakt kan worden. Gebleken is dat geleidelijke veranderingen in het onderhoud (Borselle) of kort durende grote toenames in het onderhoud (Bath) met deze morfologische processen verklaard kunnen worden. Ook in de zogenaamde overige gebieden zijn morfologische ontwikkelingen de verklaring voor het veranderen van het baggerwerk (bijvoorbeeld Overloop van Valkenisse).

Wanneer de resultaten van de analyse van dit hoofdstuk worden vergeleken met de inzichten die beschreven zijn in hoofdstuk drie, dan levert dat een aantal opvallende conclusies op.

Volgens Vroon et al (1993) levert meer overdiepte een sterke stijging van het onderhoud op de drempels op. De gegevens van na de eerste verruiming laten echter zien dat dit in ieder geval niet voor Bath opgaat; het onderhoud neemt daar juist licht af in plaats van toe, terwijl er zelfs dichtbij veel gestort wordt. Aan de gedachtegang "exponentiële stijging van het onderhoudsbaggerwerk als gevolg van overdiepte" kan hierdoor getwijfeld worden. De gegevens van de drempel van Hansweert laten daarentegen wel een sterke stijging van het onderhoudsbaggerwerk zien na de eerste verruiming (orde 3 keer zo groot), maar deze stijging hoeft niet alleen een gevolg te zijn van overdiepte. Het te onderhouden oppervlak is namelijk ook ongeveer 3 keer zo groot geworden en dus is het veel waarschijnlijker dat de sterke stijging in het onderhoudsbaggerwerk veel meer een gevolg is van de toename van het te onderhouden oppervlak dan van de toegenomen overdiepte, wellicht een combinatie van deze twee factoren. Uit de gegevens van de drempel van Valkenisse kan hetzelfde geconcludeerd worden als voor Hansweert, omdat het te onderhouden oppervlak op die drempel ongeveer 40% groter is dan voor de eerste verruiming; Het onderhoud is in de periode 1988-1996 ook 40% hoger dan het onderhoud voor de eerste verruiming.

Naast de exponentiële toename als gevolg van overdiepte, beschrijven Vroon et al (1993) ook dat het onderhoud op de drempel langzaam afneemt naar een constante waarde als de geulen zich hebben aangepast. De gegevens van de drempels van Hansweert en Bath laten dit beeld echter niet zien. Alleen de gegevens van Valkenisse laten dit zien. Het beschreven proces door Vroon (1993) is ook gebaseerd op het totale

onderhoud en niet op de individuele drempels. Doordat Valkenisse domineert, wordt er een verkeerde conclusie gemaakt.

Wanneer de gegevens na de tweede verruiming vergeleken worden met de gegevens na de eerste verruiming kunnen de twijfels over eerdere gedachtengangen, die hierboven beschreven zijn bevestigd worden: er wordt geen enkele stijging van onderhoud op de drempels van Hansweert en Valkenisse waargenomen. Hierbij moet echter niet vergeten worden dat de wijziging in stortstrategie ook nog invloed zou kunnen hebben.

Geconcludeerd kan worden dat de theorie, dat baggerwerk op een drempel exponentieel stijgt met toenemende overdiepte, onjuist lijkt. (Een toename van het te onderhouden oppervlak werkt veel meer door in het totale onderhoudsbaggerwerk). Aangezien dit nieuw inzicht (op basis van veldgegevens) totaal anders is dan het bestaande inzicht is aan het Waterloopkundig laboratorium Delft gevraagd dit te onderbouwen met fysische principes. In bijlage 2 worden de resultaten van die onderbouwing gegeven. Hieruit blijkt dat de sedimentatiesnelheid bij toenemende overdiepte een maximum bereikt en constant wordt. Het onderhoudsbaggerwerk op een drempel zal bij toenemende overdiepte op een gegeven moment een maximum bereiken. Dit lijkt op de drempels in het oostelijk deel van de Westerschelde bereikt te zijn. Tevens blijkt ook dat het te onderhouden oppervlak een grote invloed heeft op de omvang van het onderhoud.

Een toename van de baggerhoeveelheid na verdiepen van drempels is dus een gecombineerd effect van 1) baggeren op een nieuwe drempel, 2) meer baggeren op een drempel om de verder toegenomen overdiepte te onderhouden (maar dat is beperkt tot een maximum) en 3) meer baggeren op een drempel omdat het te onderhouden oppervlak groter is geworden.

6 Analyse stortgegevens

6.1 Inleiding

Het storten van baggerspecie is onlosmakelijk verbonden met het plegen van onderhoudsbaggerwerk. Daarom wordt in dit hoofdstuk de belangrijkste stortgebieden afzonderlijk van elkaar besproken. Daarnaast wordt ook de correlatie behandeld tussen storten en baggeren. In de beschrijving is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende periodes, omdat die voor storten niet zo duidelijk zijn als voor onderhoudsbaggerwerk.

6.2 Stortgebieden

In de Westerschelde zijn een groot aantal stortgebieden. De belangrijkste zijn:

- Appelzak
- Schaar van de Noord
- Konijnenschor
- Boei 63
- Schaar van Waarde
- Gat van Ossenisse
- Everingen
- Spijkerplaat

Appelzak

Appelzak is een kleine nevengeul in het oostelijk deel van de Westerschelde. In figuur 6.1 is te zien dat Appelzak alleen voorafgaand en tijdens de eerste verruiming een rol speelde. De storthoeveelheden zijn over het algemeen laag (niet meer dan ongeveer 1 Mm³/j).

Schaar van de Noord

De Schaar van de Noord is voorafgaand aan de eerste verruiming tot aan 1988 een belangrijke stortlocatie in het oostelijke deel van de Westerschelde. De Schaar van de Noord bleek echter maar een beperkte capaciteit te hebben (Pieters, 1993) Voor de Schaar van de Noord waren er, na de vulling in 1970 – 1975, enkele perioden met stortmogelijkheden rond 1976, 1982 en 1986. (Pieters, 1991) Dit is ook terug te zien in Figuur 6.2. De grootste stortingen zijn gedaan voorafgaand aan de eerste verruiming en tijdens de eerste verruiming.

Konijnenschor

Konijnenschor ligt in de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse. Vanaf 1977 is het gebruik van dit stortgebied sterk uitgebreid, met een maximum van ruim 3 Mm³/j (zie figuur 6.3). Na de tweede verruiming is er in Konijnenschor geen baggerspecie meer gestort.

Boei 63

Boei 63 ligt in de buitenbocht van het Zuidergat/ Overloop van Valkenisse. Vanaf 1977 is het gebruik van dit stortgebied uitgebreid. Tot die tijd werd er ook al gestort op Boei 63, ongeveer 1 à 2 Mm³/j (zie figuur 6.4).

Schaar van Waarde

De Schaar van Waarde is voorafgaand aan de eerste verruiming tot aan 1988 een belangrijke stortlocatie in het oostelijke deel van de Westerschelde. De toename van baggerspecie, ten gevolge van de eerste verruiming werd in eerste instantie opgevangen

door een opvoering van het gebruik van de Schaar van Waarde (later enigszins ook van de Schaar van de Noord). De Schaar van Waarde bleek echter maar een beperkte capaciteit te hebben. Voor de Schaar van Waarde waren er, na de vulling in 1970 – 1975, enkele perioden met stortmogelijkheden rond 1980, 1984 en 1988. (Pieters, 1991, 1993) Dit is ook globaal terug te zien in figuur 6.5. De totale storthoeveelheden zijn na de eerste verruiming relatief klein.

Gat van Ossenisse

De stortgegevens van het Gat van Ossenisse zijn een optelling van het Gat van Ossenisse eb en vloed. Het Gat van Ossenisse is een meer westelijk gelegen hoofdgeul, waarin in de buitenbocht gestort wordt. In het verleden bleek ook dat de stortingen in het Gat van Ossenisse de erosie van de buitenbocht niet kunnen stoppen. (Pieters, 1991) In figuur 6.6 is te zien dat de stortwerkzaamheden in het Gat van Ossenisse vanaf de eerste verruiming is begonnen en dat er tot op heden (bijna) continu is doorgestort met relatief grote hoeveelheden (gemiddeld ruim 2 Mm³/j). De laatste jaren zijn de hoeveelheden echter wat afgenomen.

Everingen

De stortgegevens van Everingen zijn een optelling van de Vloedschaar Everingen en de Ebschaar Everingen (Eb+Vloed). Met name de ebschaar van de Everingen is een relatief gunstige locatie. (Vroon, 1993) In figuur 6.7 is te zien dat deze stortgebieden met name tijdens en na de eerste verruiming zijn gebruikt.. Vanaf ongeveer 1986 tot aan de tweede verruiming wordt er relatief minder stort, maar vanaf de tweede verruiming zijn de stortgegevens weer toegenomen. De gemiddelde storthoeveelheid is ongeveer 1,5 Mm³/j.

Spijkerplaat

Storten in de Schaar van de Spijkerplaat is gunstig, omdat hiermee de ligging van de naar het noorden migrerende Spijkerplaat enigszins stabiliseert. (Vroon, 1993). Uit figuur 6.8 valt af te lezen dat de Schaar van de Spijkerplaat vanaf 1981 (na de eerste verruiming) gebruikt wordt. De storthoeveelheden zijn tot aan de tweede verruiming relatief heel klein. De grootste storthoeveelheden zijn vanaf de tweede verruiming (maximum van ongeveer 3,5 Mm³/j in 1999).

6.3 Correlatie baggeren en storten

Volgens de bestaande inzichten (H3) wordt de aanzandingssnelheid en dus het onderhoudsbaggerwerk na de eerste verruiming sterk bepaald door de toenmalige stortstrategie, met de kleine afstanden tussen bagger- en stortlocaties. Wanneer deze relatie bestaat, zou die in ieder geval in de gegevens zichtbaar moeten zijn. In figuur 6.9 t/m 6.15 zijn daarom de baggerhoeveelheden op drempels en de storthoeveelheden op nabij liggende stortlocaties (in het oosten) tegen elkaar uitgezet om deze mogelijke correlatie tussen beide aan te tonen. Figuren 6.9 t/m 6.15 geven geen aanleiding om te kunnen spreken over een correlatie tussen baggeren en storten, omdat bijna alle figuren een puntenwolk laten zien.

Aan het WL gevraagd deze conclusie te verifiëren. Het WL concludeert ook dat er tot op heden geen echte bewijzen zijn dat storten van sediment in de nabijheid van baggerlocaties leidt tot een grotere sedimentbeschikbaarheid en daarmee tot een toename van het onderhoudsbaggerwerk op de baggerlocaties. Storten van sediment kan volgens het WL direct leiden tot een toename maar ook tot een afname van het baggeronderhoud op een baggerlocatie als de lokale morfologie en waterbeweging veranderen als gevolg van het storten. Gevoeligheidsberekeningen met proces-georiënteerde morfologische modellen kunnen hier meer inzicht in geven.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

De periode van de eerste verruiming

Tot nu toe werd altijd gezegd dat de eerste verruiming in de periode 1970-1975 is uitgevoerd. De resultaten van deze studie tonen echter aan dat de verdieping op de drempel van Bath in 1967 is begonnen en dat de drempel van Hansweert bijvoorbeeld pas in 1979 de gegarandeerde diepte bereikt.

Inzichten omtrent baggeren en storten

Volgens de bestaande inzichten betekent het aanbrengen en instandhouden van meer overdiepte op een drempel automatisch dat de aanzandingssnelheid op die drempel (meer dan lineair) toeneemt en daarmee het onderhoudsbaggerwerk ook.

De bestaande inzichten stellen voorts dat het dichtbij een baggerlocatie storten van sediment zorgt voor een hogere aanzandingssnelheid van een drempel dan wanneer verder weg gestort wordt en daarmee ook voor een toename van het onderhoudsbaggerwerk.

Analyse voorspelling toename onderhoudsbaggerwerk.

Bovenstaande twee inzichten leidden in de periode voor de verruiming 48'/43' tot de verwachting dat het onderhoudsbaggerwerk na die verruiming toe zou nemen. De voorspellingen van de toename die in de literatuur gevonden zijn, hebben allen dezelfde orde grootte van circa 6 Mm³/j. Aangezien deze voorspellingen niet gebaseerd zijn op enig fysisch inzicht of empirische relaties, kan aan de juistheid ervan getwijfeld worden.

Analyse bagger- en stortgegevens

De analyse van de baggergegevens levert, wanneer deze vergeleken wordt met de bestaande inzichten, een aantal opvallende conclusies op:

- De theorie dat het onderhoudsbaggerwerk exponentieel stijgt met toenemende overdiepte wordt niet bevestigd door de waarnemingen na de eerste verruiming. Op de drempel van Bath blijft het onderhoud hetzelfde als voor de eerste verdieping. Er wordt wel een toename in het totale onderhoudsbaggerwerk na de eerste verruiming waargenomen, maar die wordt voornamelijk veroorzaakt doordat het te onderhouden oppervlak is toegenomen en omdat het onderhoud om de vaargeul op breedte te houden stijgt. Op de drempel van Hansweert stijgt het onderhoud met een factor 3 als gevolg van de toename van het te onderhouden drempeloppervlak met een factor 3. De gegevens van het onderhoud na de tweede verruiming bevestigen dit beeld.
- De aanzandingssnelheid op een drempel heeft een maximum. Op de drempels in het oosten lijkt dat maximum bereikt te zijn.
- De relatie tussen baggerintensiteit en de stortomvang op dicht bij elkaar gelegen bagger- en stortlocaties in de Westerschelde wordt niet bevestigd door de gegevens. Het storten van sediment kan direct leiden tot een toename van het onderhoudsbaggerwerk, maar ook tot een afname als de lokale morfologie en waterbeweging door het storten veranderen. Aangezien de drempels in de Westerschelde een maximum aanzandingssnelheid hebben en de sedimentbeschikbaarheid in de Westerschelde niet beperkend is, lijkt het logisch dat de nabijheid van een stortlocatie geen invloed heeft op de benodigde baggerinspanning. Immers, er is dan misschien wel meer sediment beschikbaar, maar er kan toch niet meer aanzanden op de drempel dan het maximum.

7.2 Aanbevelingen

Op een aantal drempelgebieden worden, naast het op diepte houden van de drempel, ook opdringende platen of zandgolven weggebaggerd. Aangezien aan het aanzanden van een drempel, aan het opdringen van een plaat en aan het ontstaan van zandgolven “andere” morfologisch processen ten grond slag liggen moet dit meegenomen kunnen worden bij de interpretatie van de gegevens. In de baggergegevens van de drempels is dit onderscheid nu niet te maken. Het wordt sterk aanbevolen vanaf nu zo gedetailleerd als mogelijk de precieze locaties waar gebaggerd wordt in drempelgebied vast te leggen, alsmede de hoeveelheid en het oppervlak dat gebaggerd wordt. Het achterhalen van deze informatie uit het verleden is eveneens zeer wenselijk omdat met deze gegevens het inzicht in het baggerwerk zeker verbeterd kan worden. De resultaten van deze studie laten duidelijk zien wat het belang is van gedetailleerd informatie en gegevens over het baggerwerk.

Voor het verder kunnen optimaliseren van het stort- en baggerbeleid wordt aanbevolen de invloed van het dichtbij baggerlocaties terugstorten van sediment op de aanzandingssnelheid te onderzoeken. Berekeningen met een 2D of 3D morfologisch model is hiervoor nodig.

8 Literatuurlijst

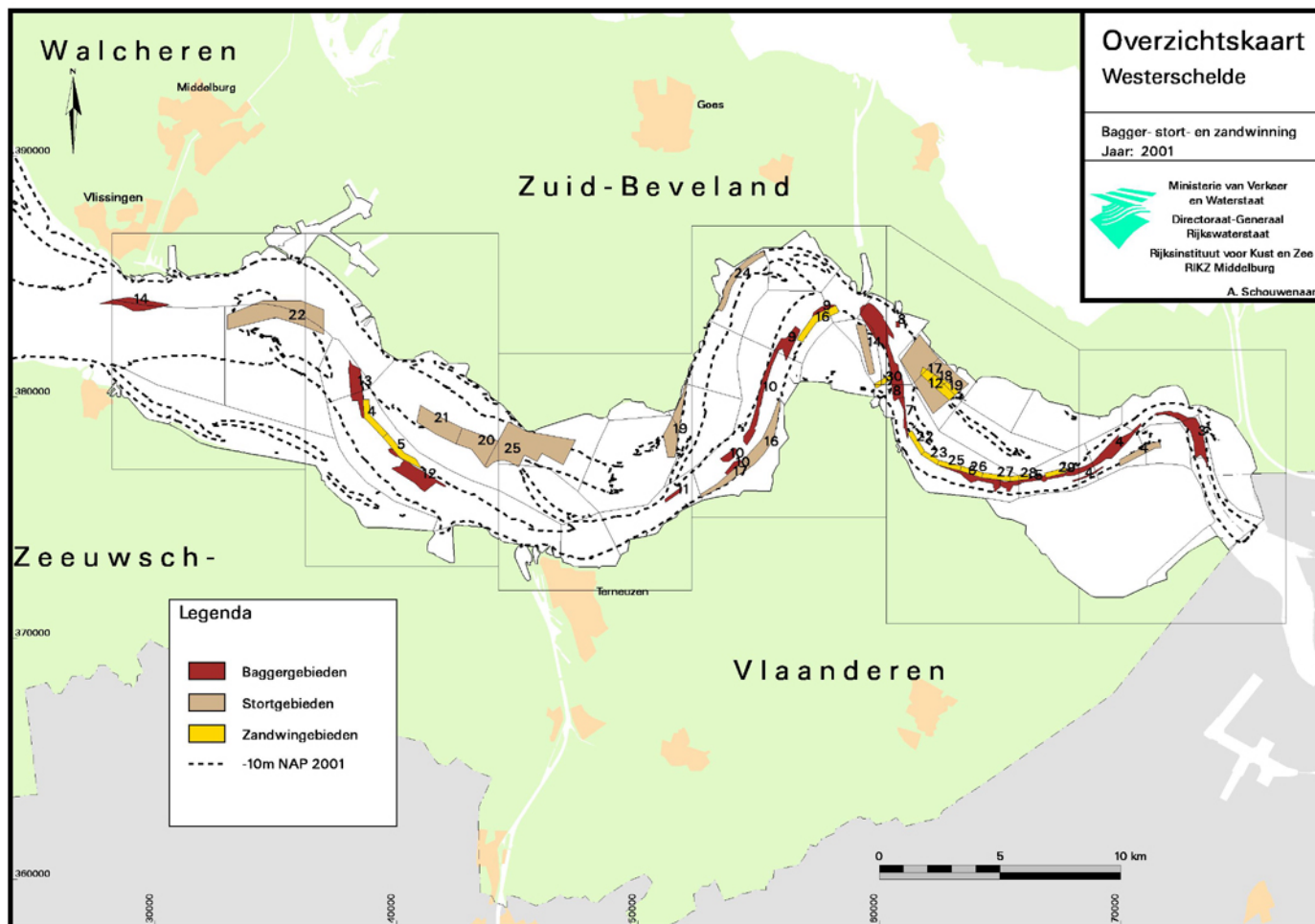
- Allersma, E. (1992). Studie inrichting Oostelijk deel Westerschelde. Analyse van het fysisch systeem. WI Delft Hydraulics rapport Z 368.
- Anonymus, (1980). Nota betreffende een beperkte vergroting van de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen. Technische Scheldcommissie 28 maart 1980
- Belmans, H. (1988). Verdiepings- en onderhoudsbaggerwerken in Wester- en Zeeschelde. Water nr 43, pp 184-194.
- Belmans, H. (1980) Weerslag van een verdieping van de maritieme toegangsweg tot de haven van Antwerpen op de baggerwerken in de Westerschelde en de drempel van Zandvliet. Antwerpse Zeediensten.
- Belmans, H., J. Claessens, J. Marain en A. Bernard (1989). De baggerwerken in de Schelde en hun permanente optimalisatie. Water nr 49bis pp 239-254.
- Claessen, J. (1999). De sturing van de baggerwerken in de Westerschelde. Min. Vd Vlaamse Gemeenschap, AWZ afdeling Maritieme Schelde.
- Huijs, S. (1997). Baggerinspanning bij verdieping 48'/43'. Notitie NWL-97.21, RWS-DZL.
- Liek, G.A. (2001), Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'; beschrijving van de fysische toestand van de Westerschelde t/m 2000, rapport 5, Rapport RIKZ/2001.023, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg
- Looff, D. de (1980). Onderzoek gevolgen verdieping Westerschelde mt betrekking tot morfologie, zandhuishouding, stortplaatsen en stabiliteit oevers, Nota WWKZ-80.v018, RWS.
- MAS (1998). Milieuaspectenstudie baggerspeciéstort Westerschelde. Studie naar de effecten van het storten van specie vrijkomend bij de 48/43 voet verruiming van de vaarweg in de Westerschelde. RWS-DZL.
- Pieters, T., C. Storm, T. Walhout, T. Ysebaert (1991), Het schelde-estuarium, méér dan een vaarweg, Nota GWWS-91.081, Dienst Getijdewateren, Directie Zeeland
- Pieters, T. (1993). Het Schelde estuarium, beheren of beheersen? Samenvatting van actuele beleids- en beheersrelevante inzichten uit het project OOST-WEST, betreffende de fysische structuur van het Schelde estuarium. RWS, rapport DGW-93.032
- RWS (1989). Beleidsplan Westerschelde, de ecologische ontwikkeling van de Westerschelde. Deelrapport 4: Morfologische structuur en dynamiek. RWS Directie zeeland en RWS Dienst Getijdewateren.
- RWS (1998), Bagger-, stort- en zandwinlokaties in de Westerschelde 1955-1996. Notitie NWL 98.36.

TSC (1984a). Nota Verdieping Westerschelde, programma 48'/43'. Technische Scheldecommissie.

TSC (1984b). Studierapport verdieping Westerschelde, programma 48'/43'. Subcommissie Technische Scheldecommissie.

Vroon, J., T. Pieters en C. Storm (1993). Het Schelde-estuarium, de verdieping 48'/43'. Adviezen en witte vlekken. Werkdocument GWWS-93.858x. RWS-DGW.

WL Delft Hydraulics, (1996). Kwaliteitstoets Oost-West. Rapport VR1247.96/Z1021.



Baggervakken

Drempels

- 3 = Drempel van Bath
- 4 = Drempel van Valkenisse
- 8 = Drempel van Hansweert
- 11 = Drempel van Baarland
- 13 = Drempel van Borsele
- 14 = Drempel van Vlissingen

Overige gebieden

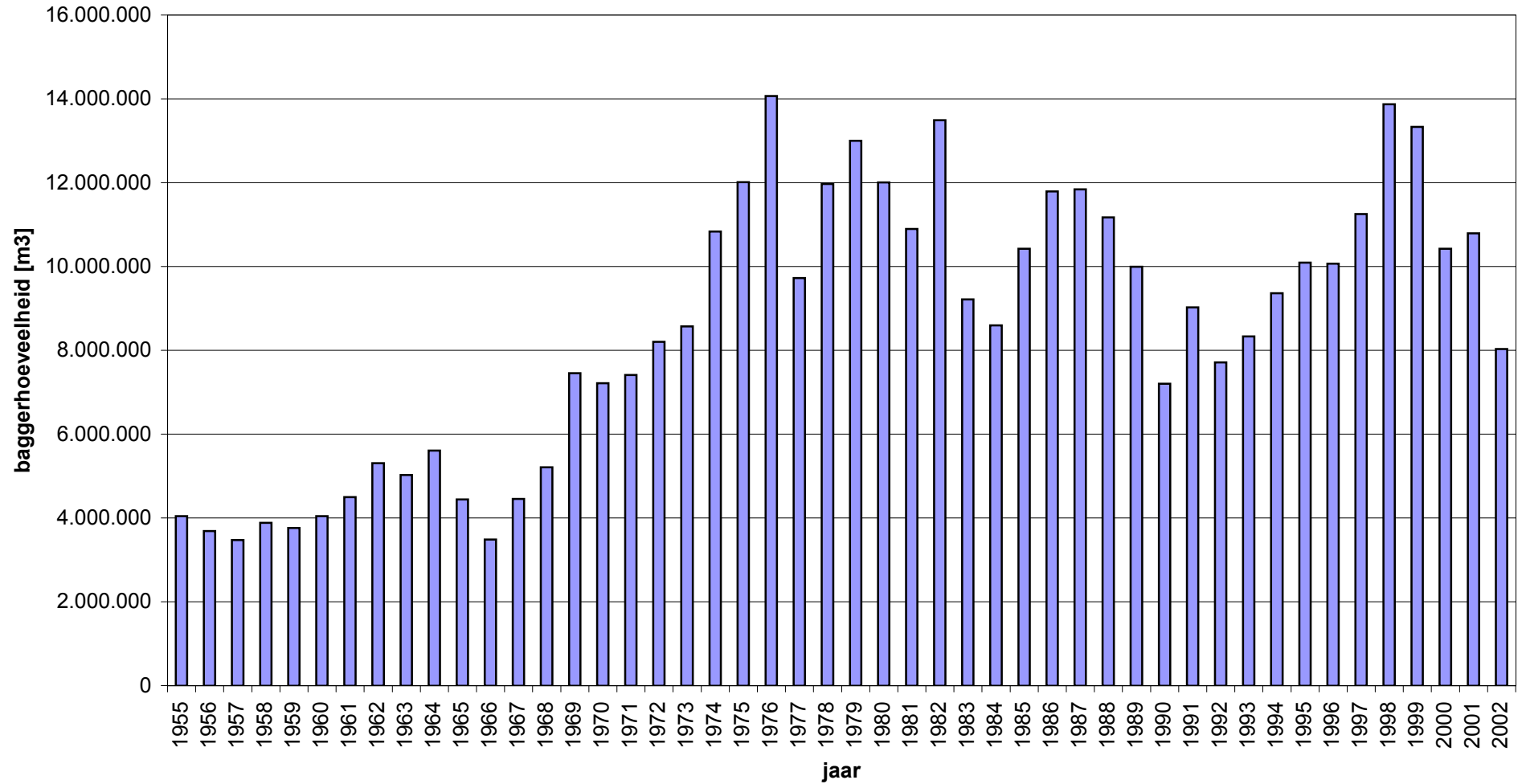
- 5 = Overloop van Valkenisse
- 6 = Plaat van Valkenisse
- 7 = Plaat van Walsoorden
- 9 = Overloop van Hansweert
- 10 = Plaat van Ossenis
- 12 = Pas van Terneuzen

Stortvakken

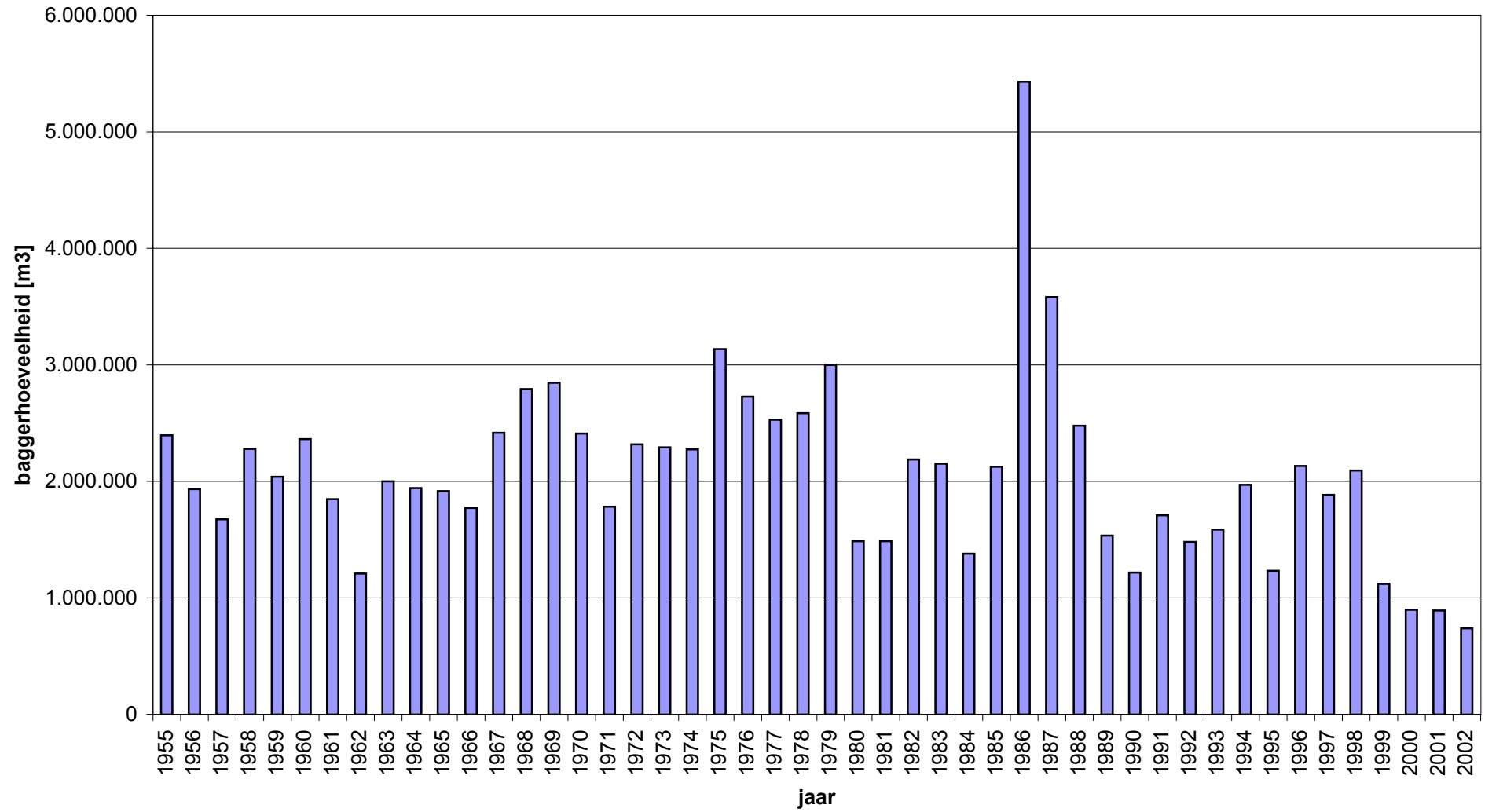
- 3 = Appelzak
- 4 = Schaar van de Noord
- 7 = Konijnenschor
- 8 = Boei 63
- 12 = Schaar van Waarde
- 16 = Gat van Ossenis (eb)
- 17 = Gat van Ossenis (vloed)
- 19 = Ebschaar Everingen
- 20 = Vloedschaar Everingen (eb)
- 21 = Vloedschaar Everingen (vloed)
- 22 = Schaar van de Spijkerplaat

Figuur 2.1: Overzicht van de bagger- en stortvakken in de Westerschelde

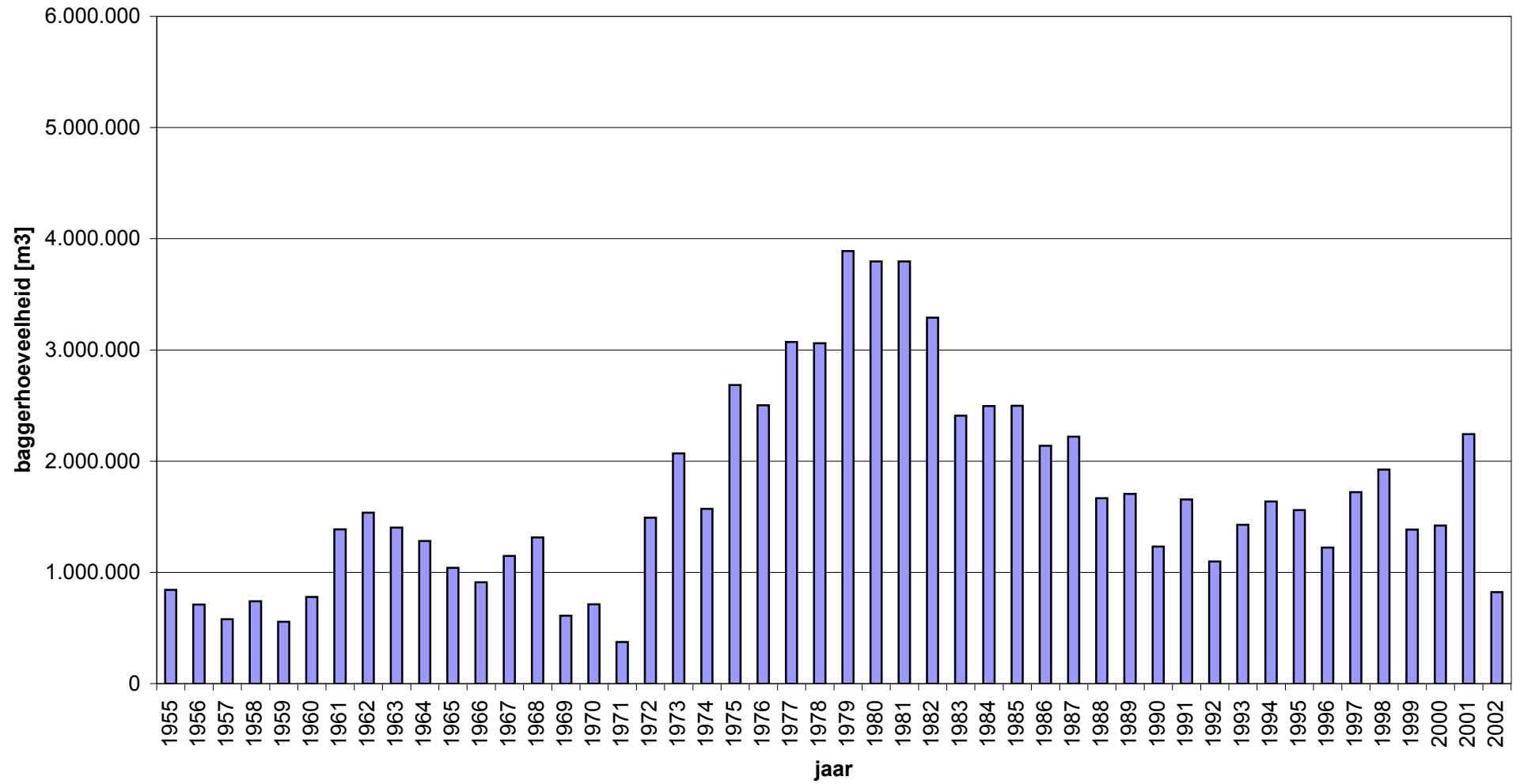
Figuur 3.1: totaal baggerwerk



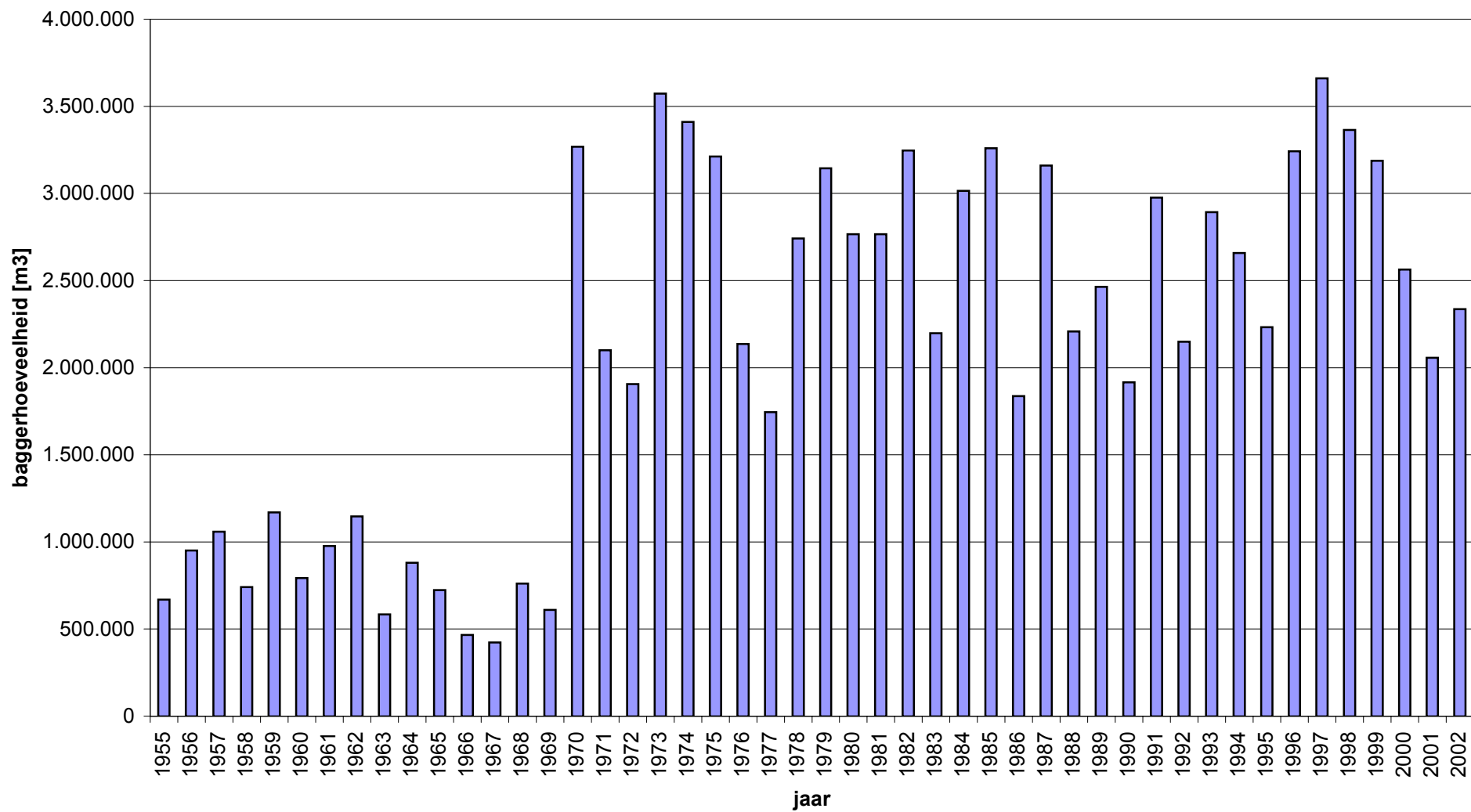
Figuur 5.1: drempel van Bath



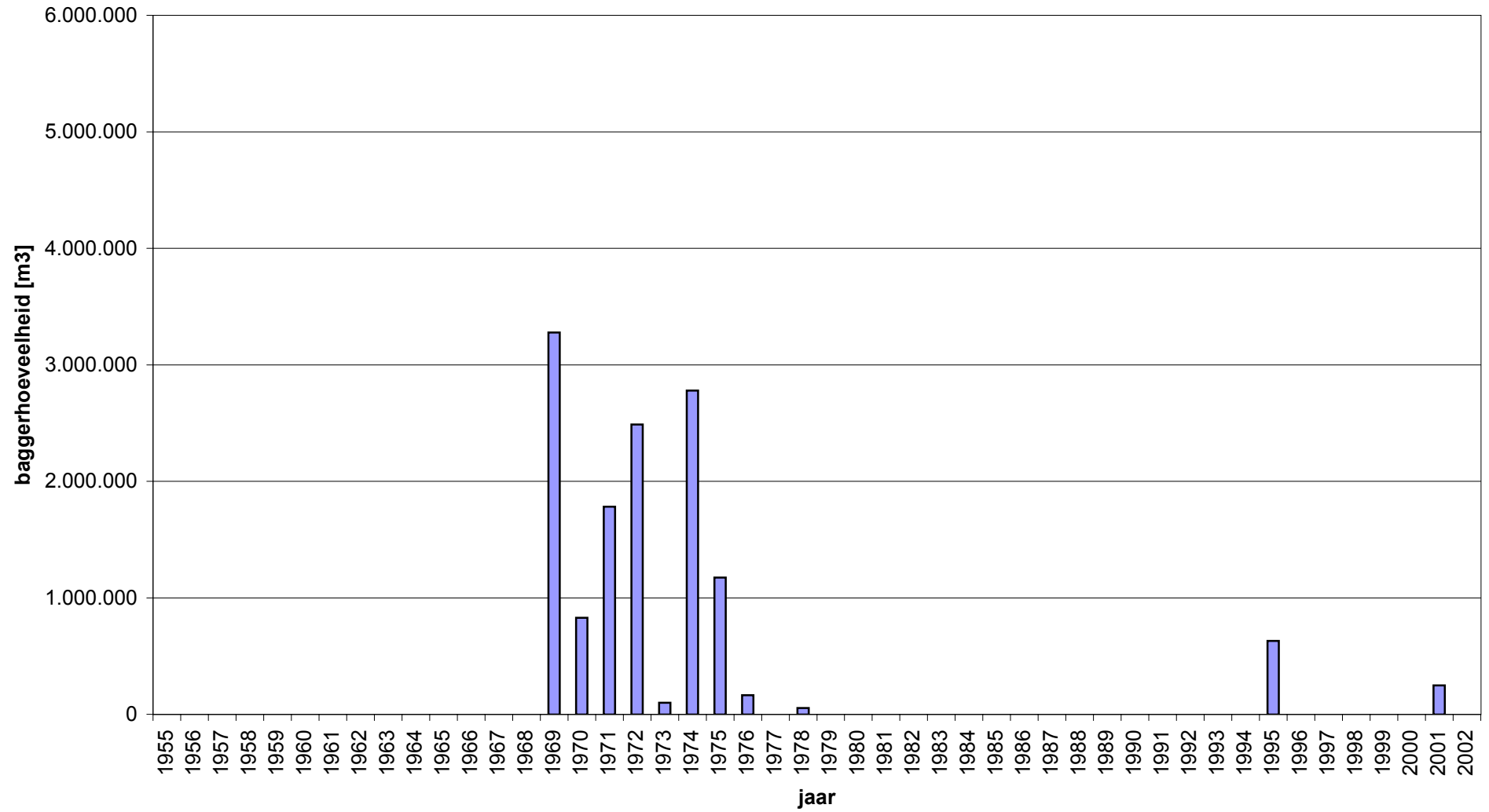
Figuur 5.2: drempel van Valkenisse



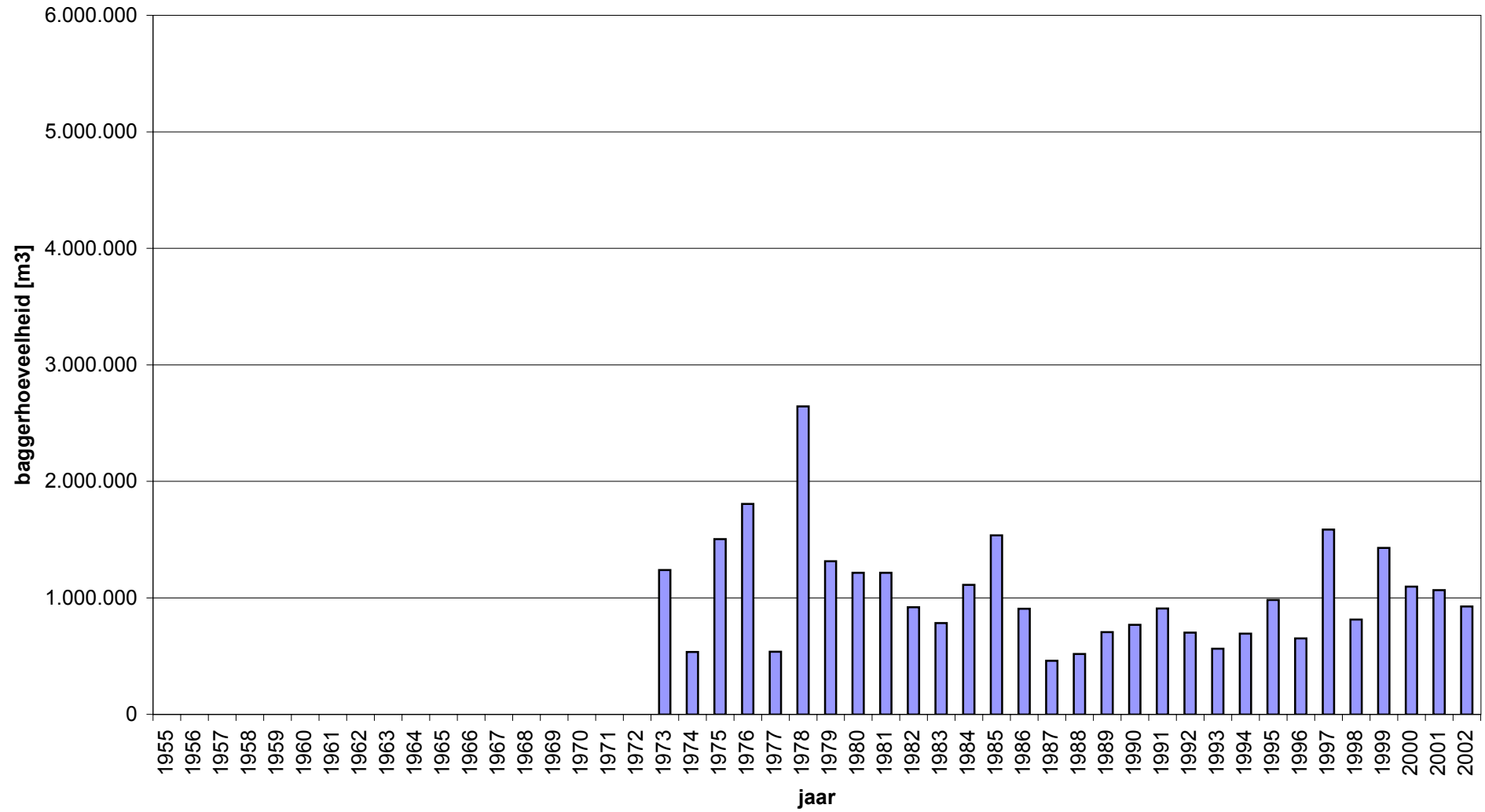
Figuur 5.3: drempel van Hansweert



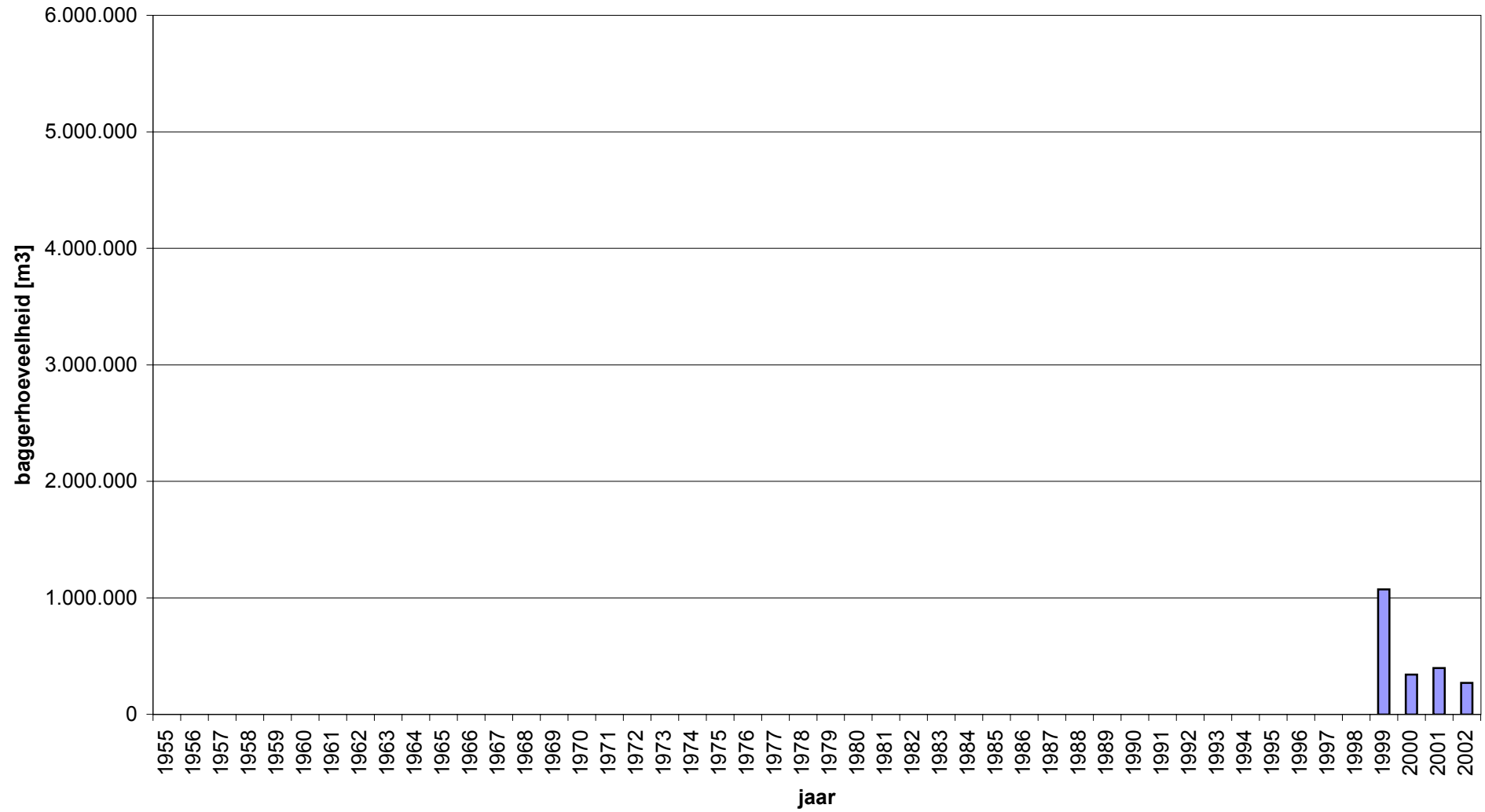
Figuur 5.4: drempel van Baarland



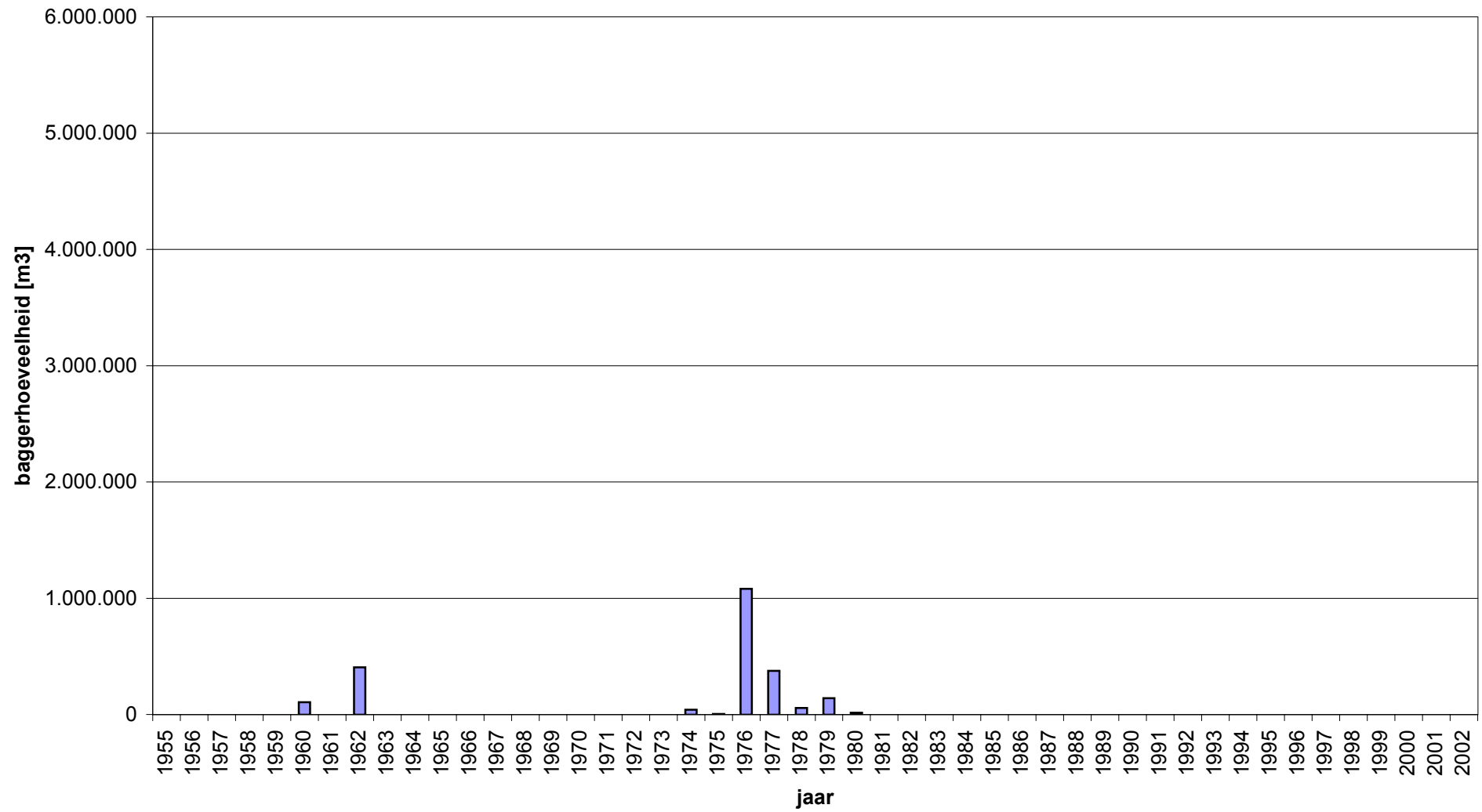
Figuur 5.5: drempel van Borssele



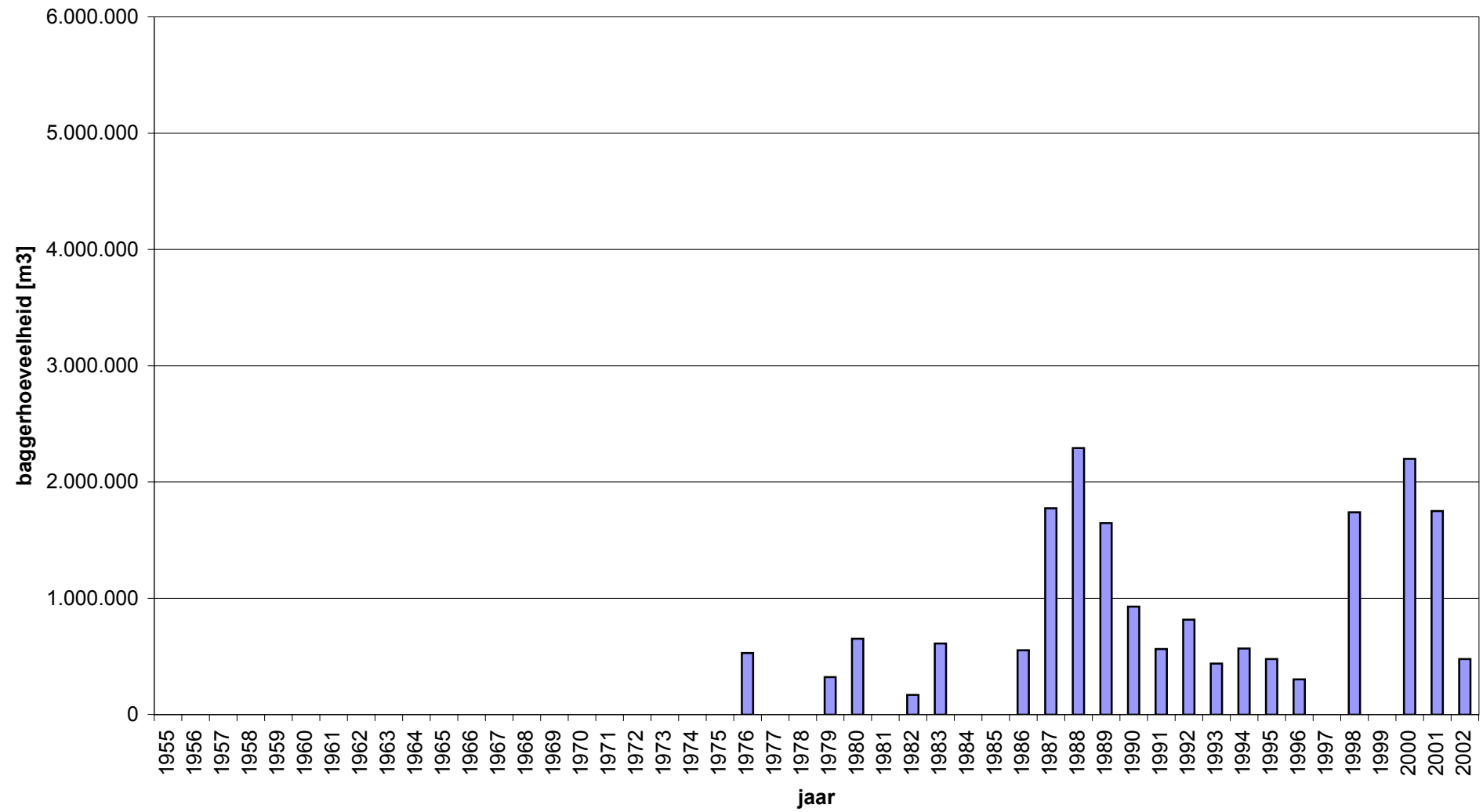
Figuur 5.6: drempel van Vlissingen



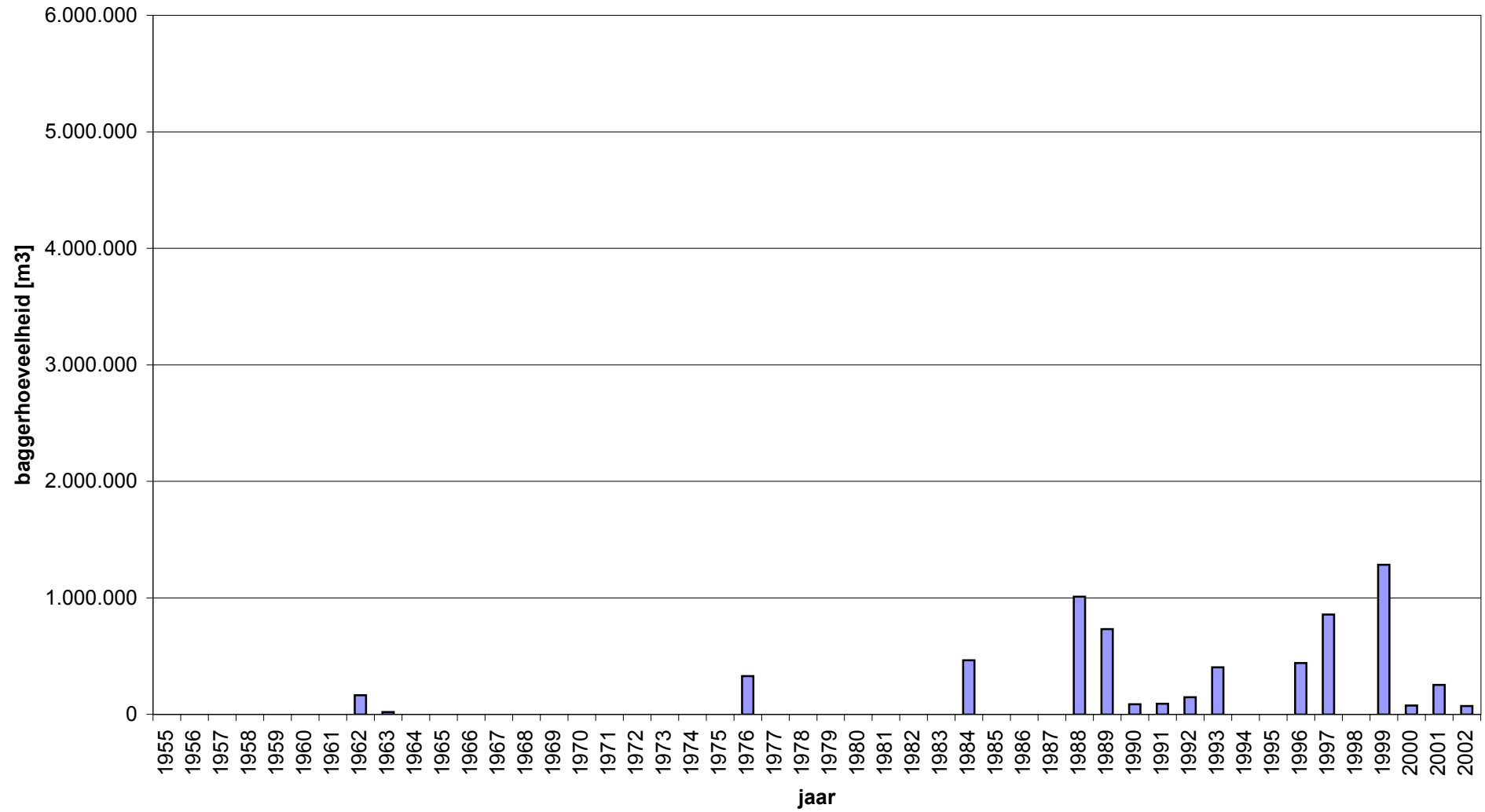
Figuur 5.7: vaarweg boven Bath/Ballastplaat



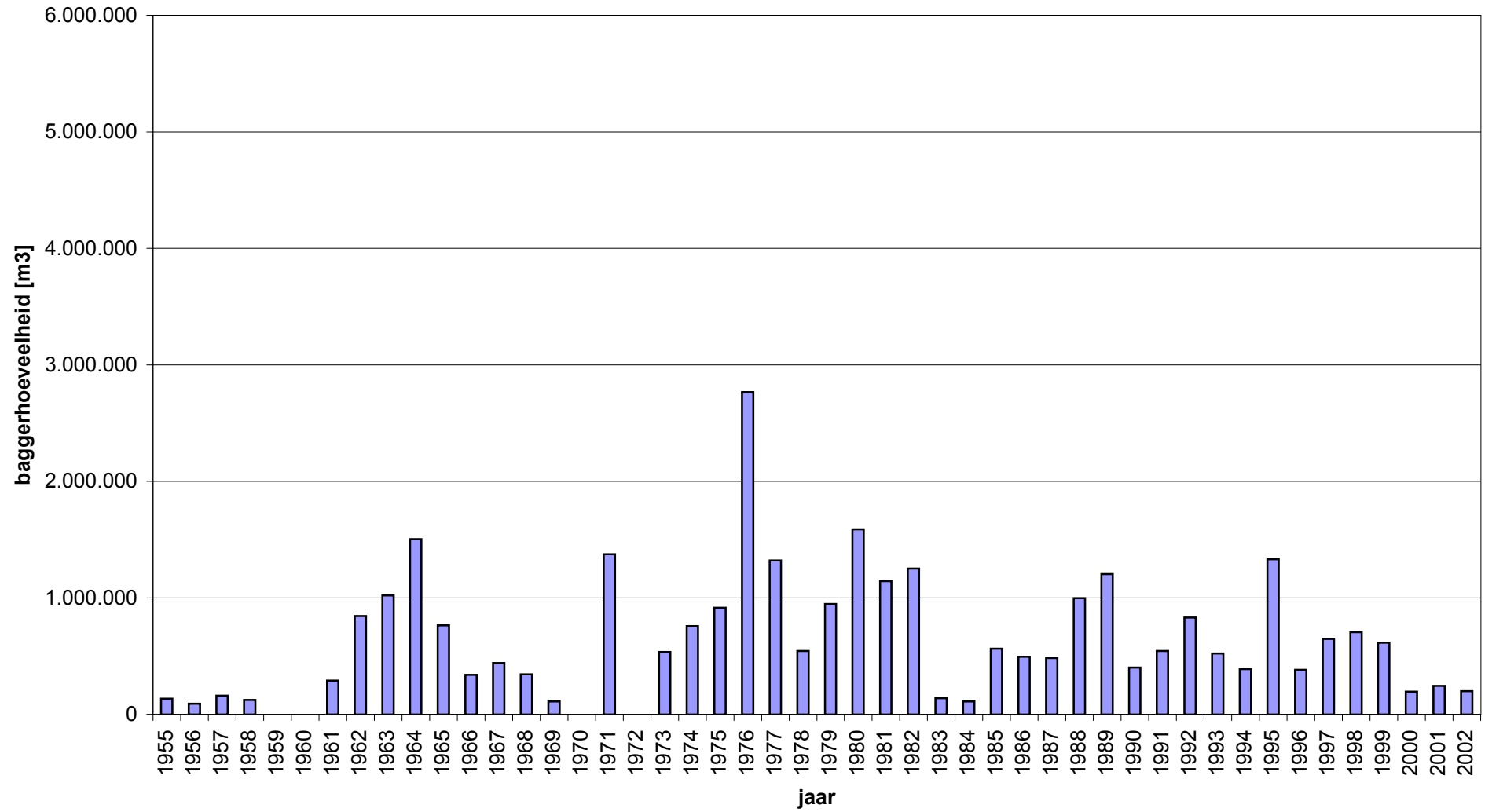
Figuur 5.8: overloop van Valkenisse



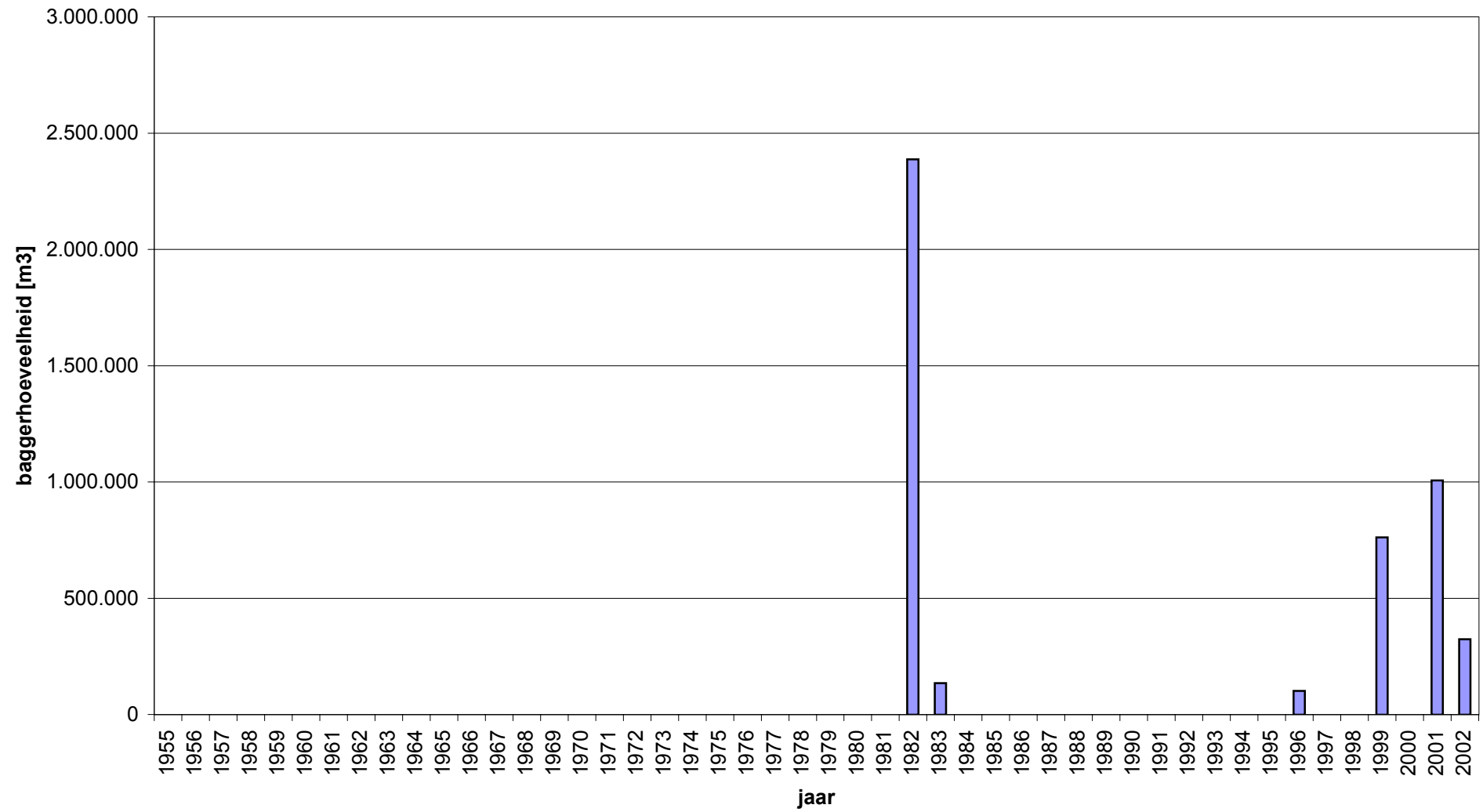
Figuur 5.9: plaat van Valkenisse



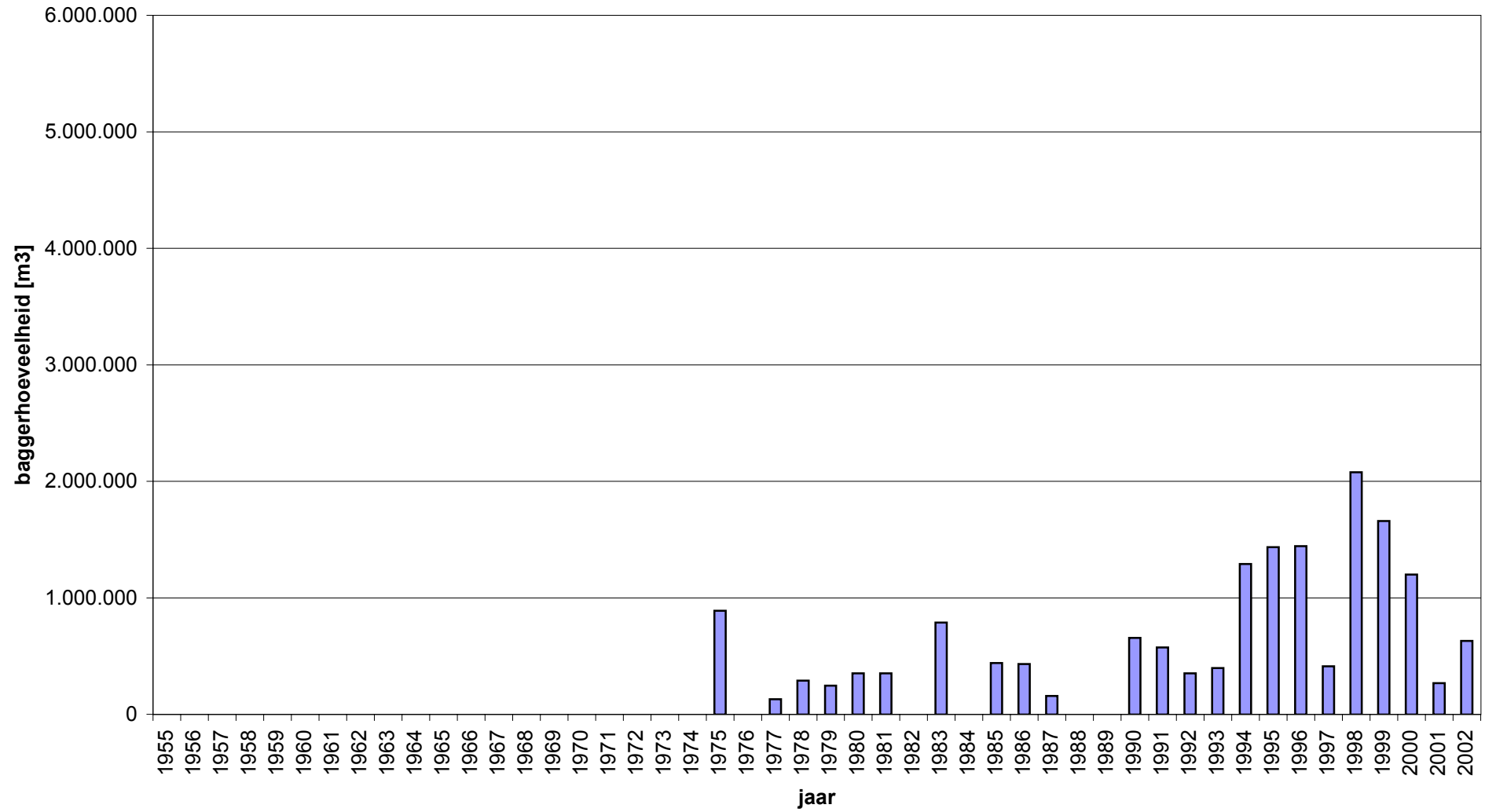
Figuur 5.10: plaat van Walsoorden



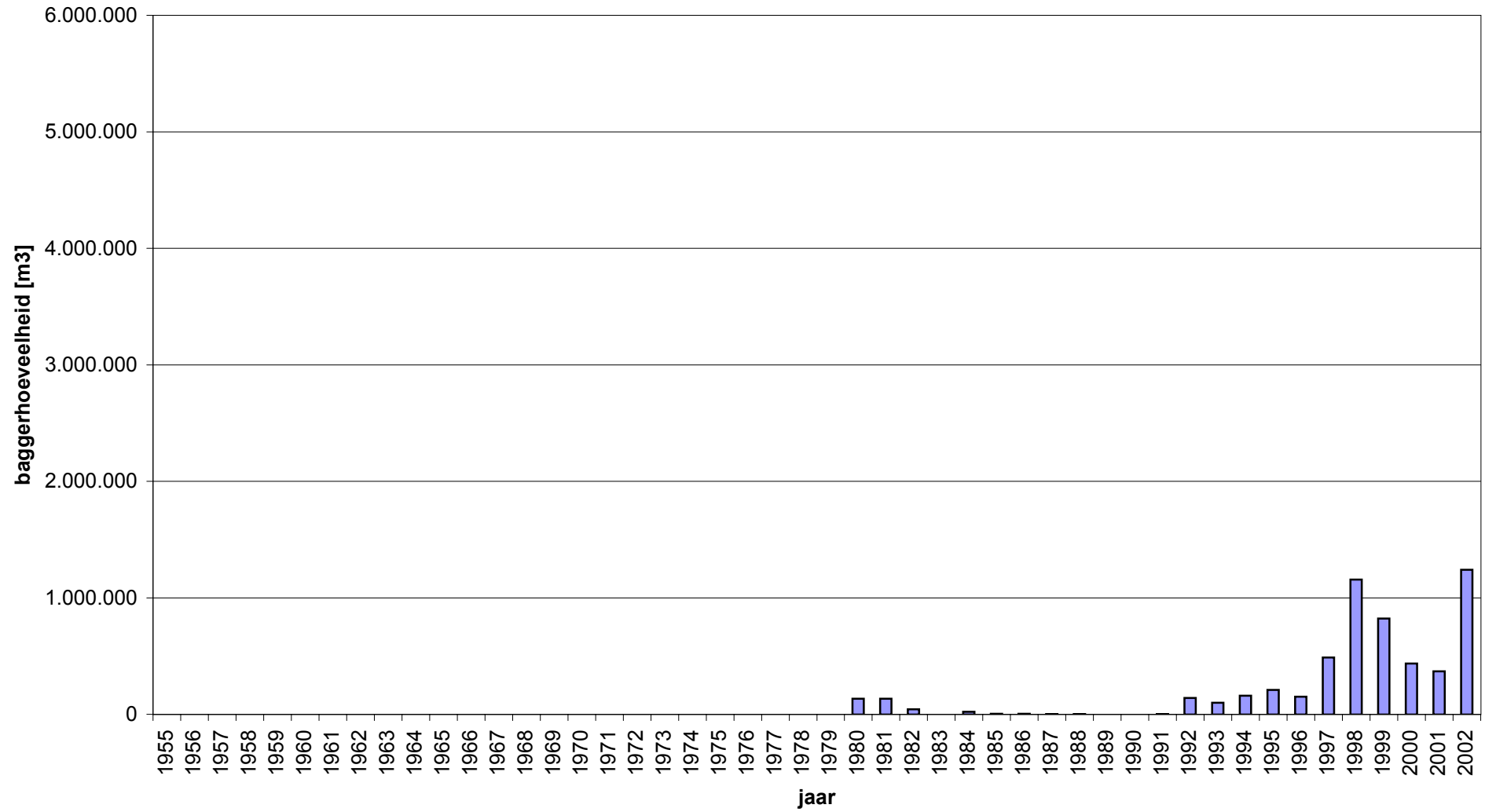
Figuur 5.11: plaat van Ossenisse



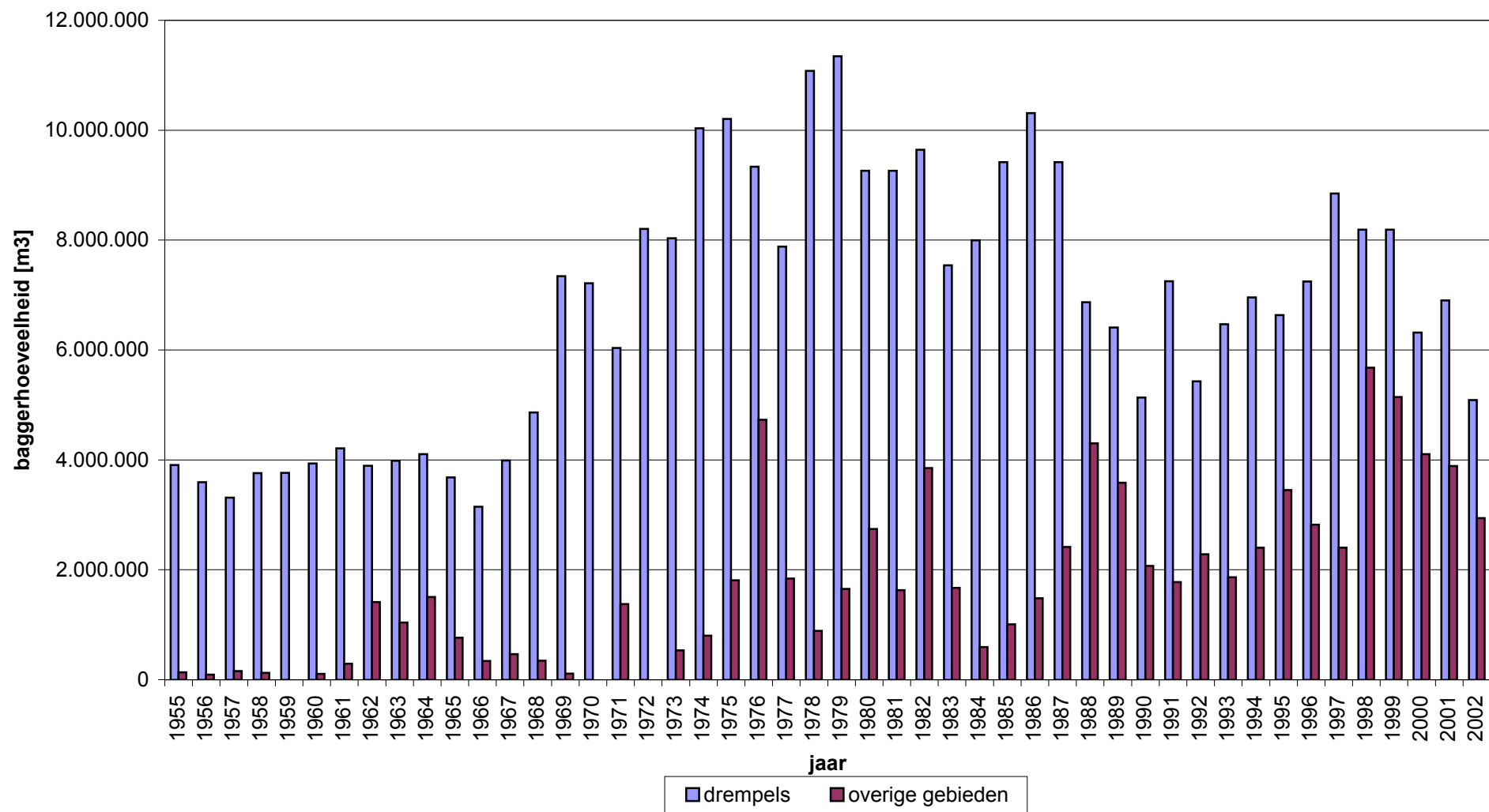
Figuur 5.12: Overloop van Hansweert



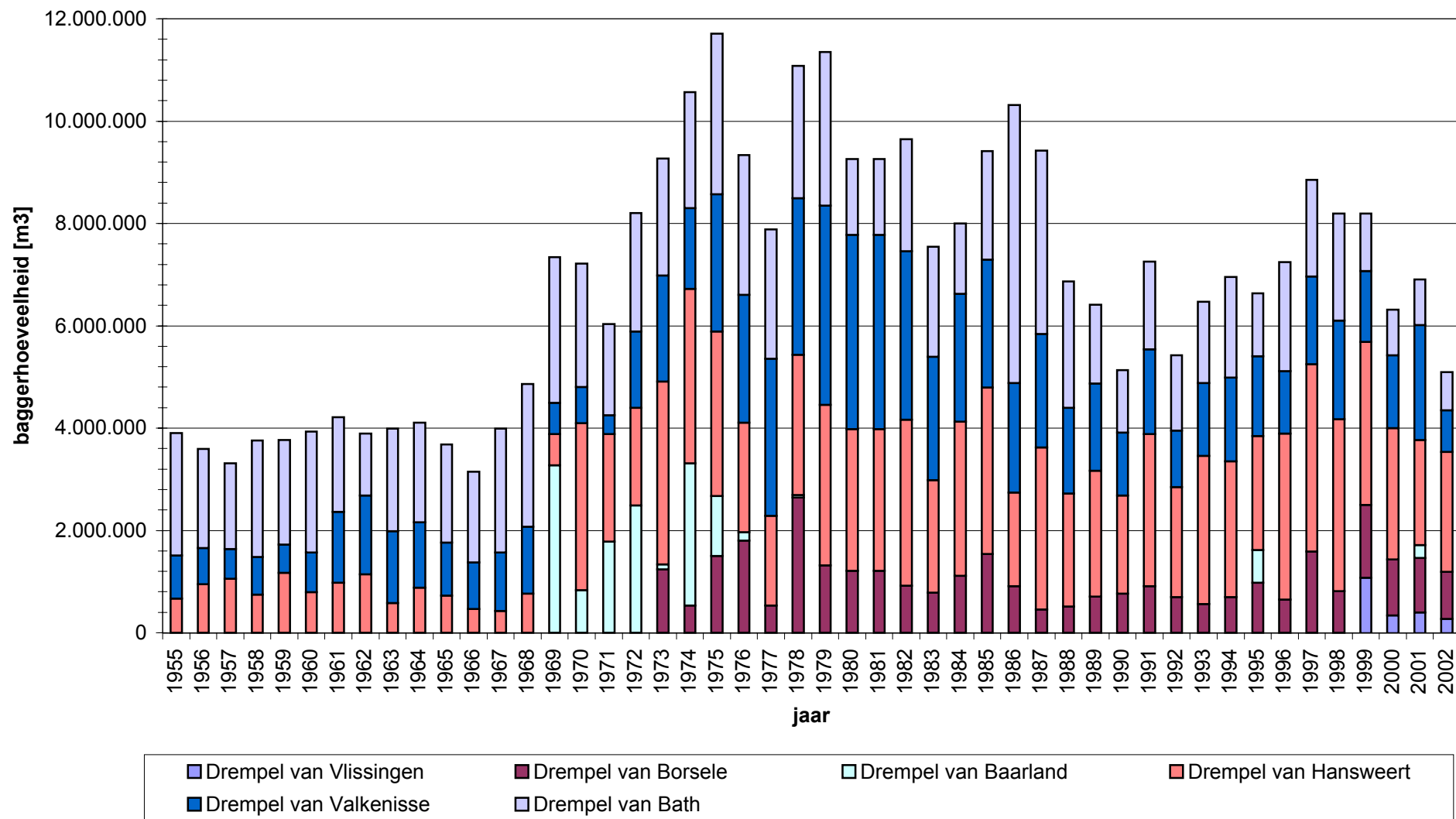
Figuur 5.13: pas van Terneuzen



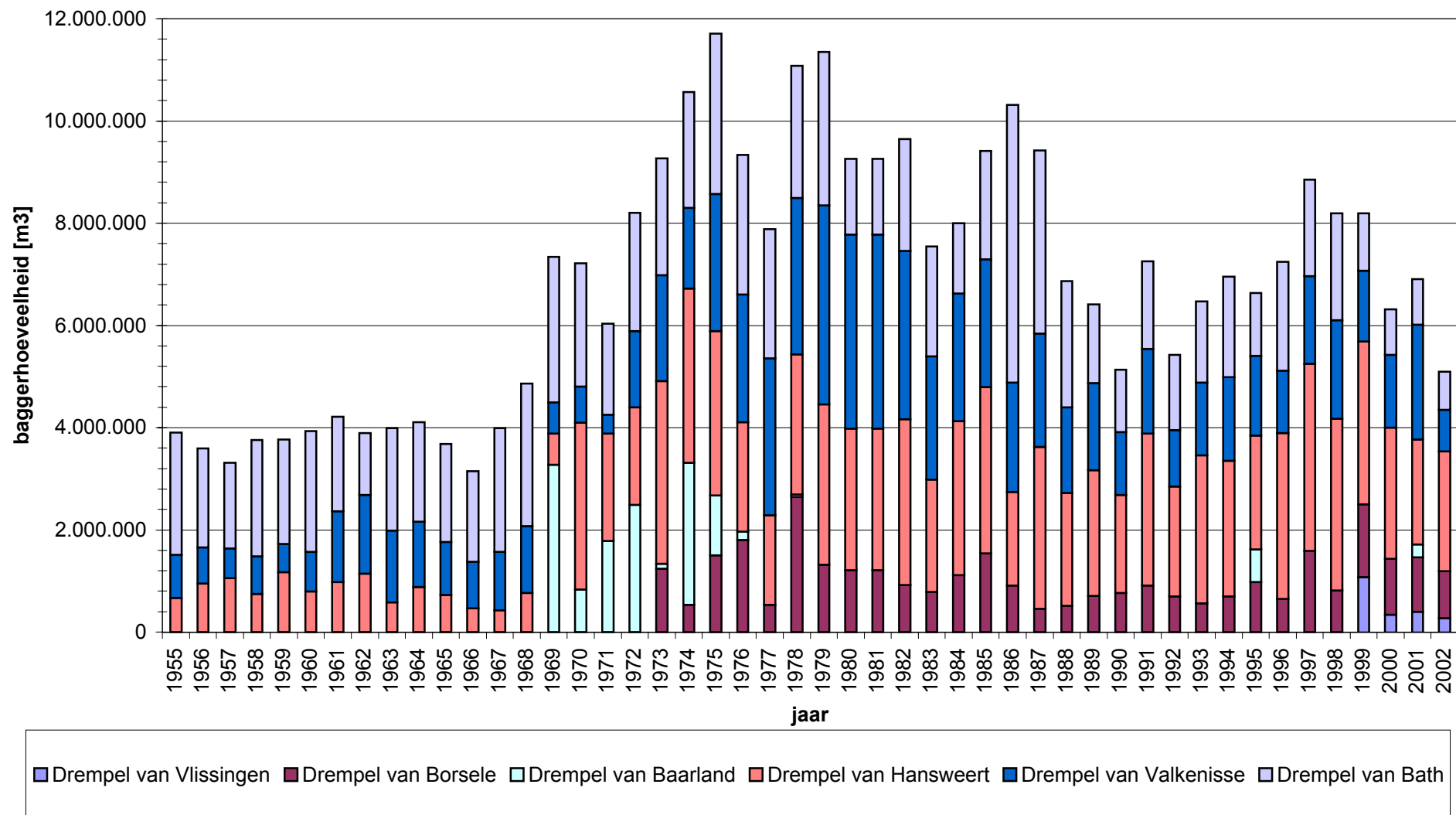
Figuur 5.14: baggerwerk drempels en overige gebieden



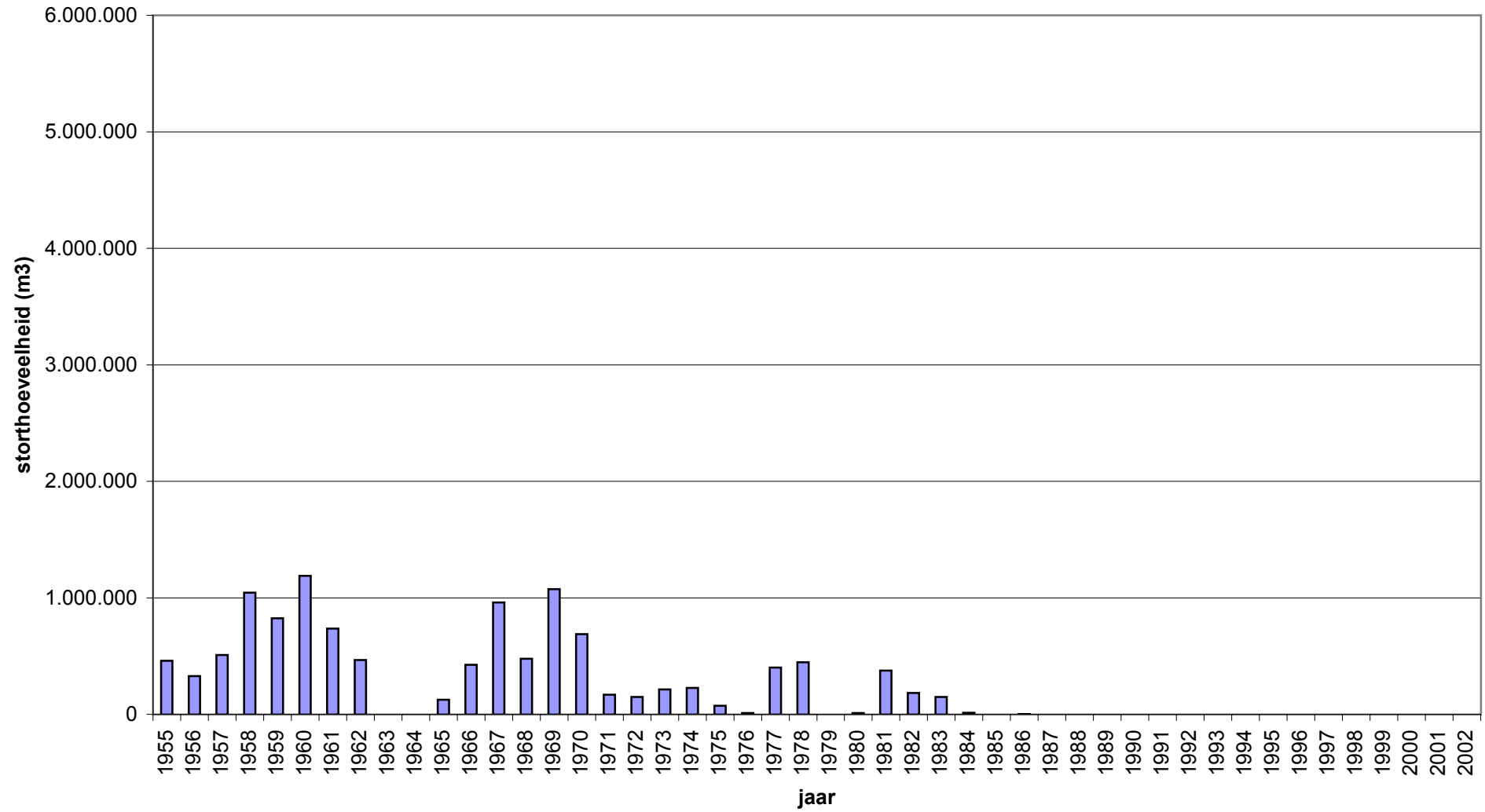
Figuur 5.15: Baggerinspanning drempelgebieden



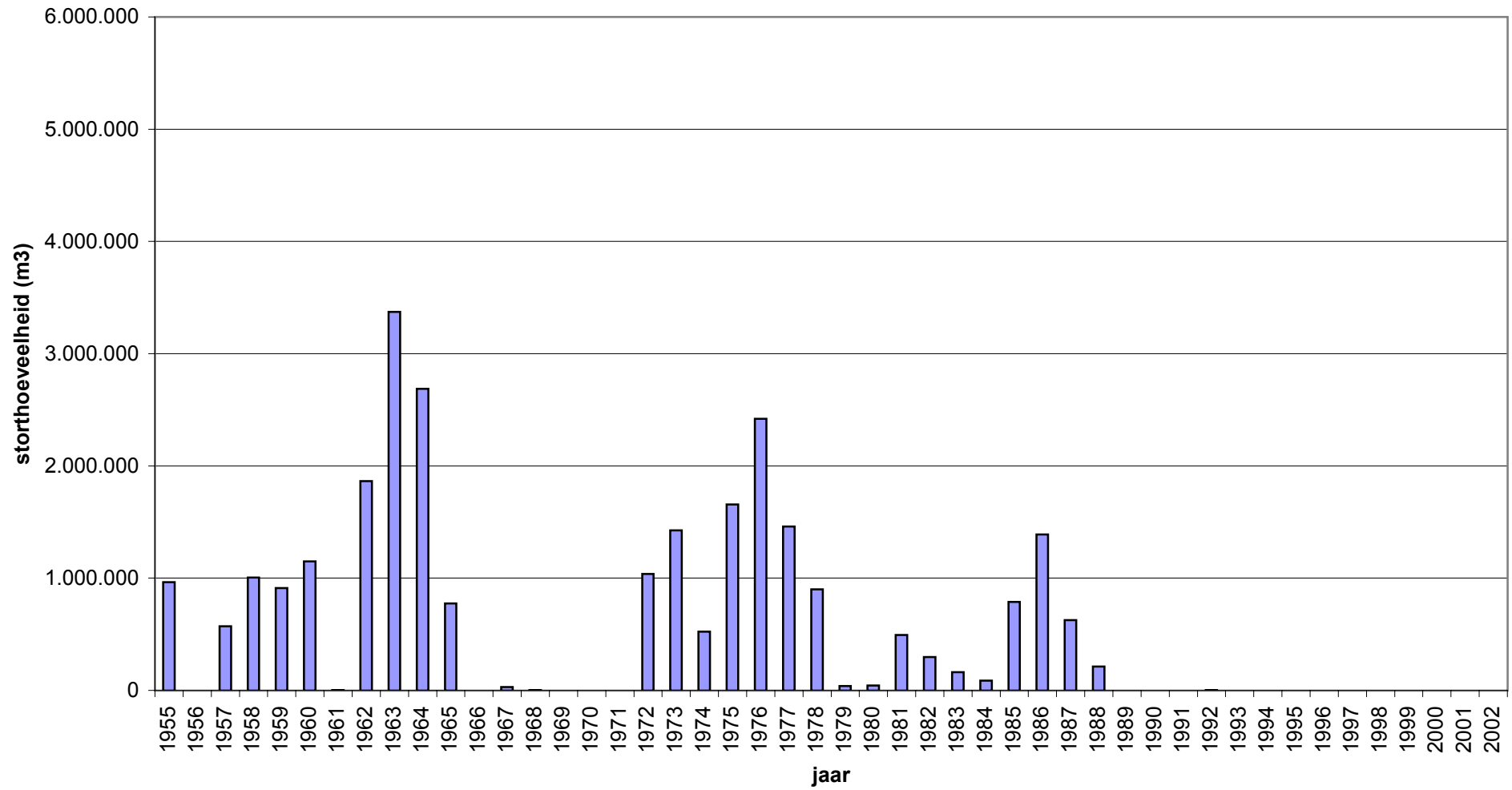
Figuur 5.15: Baggerinspanning drempelgebieden



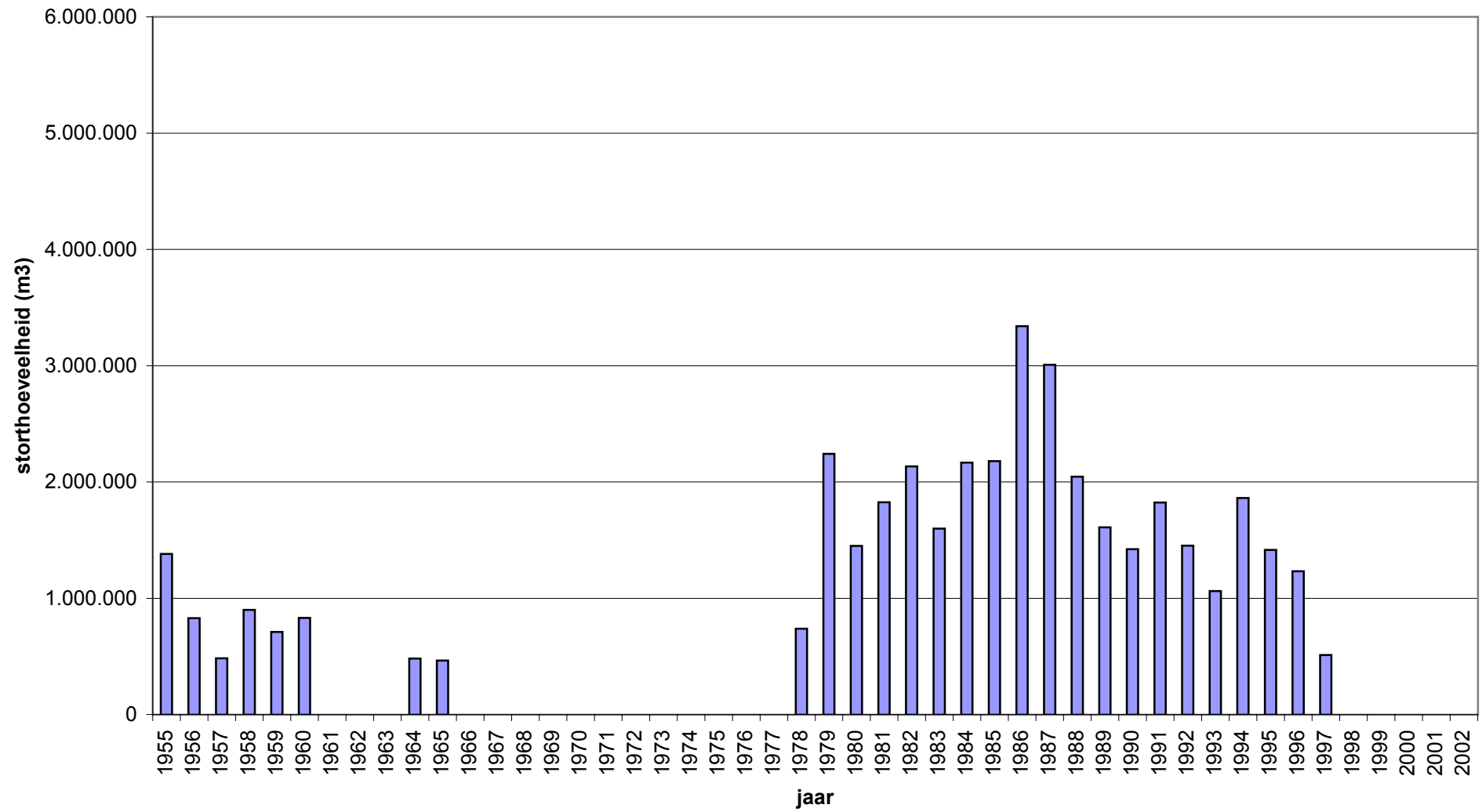
Figuur 6.1: Appelzak



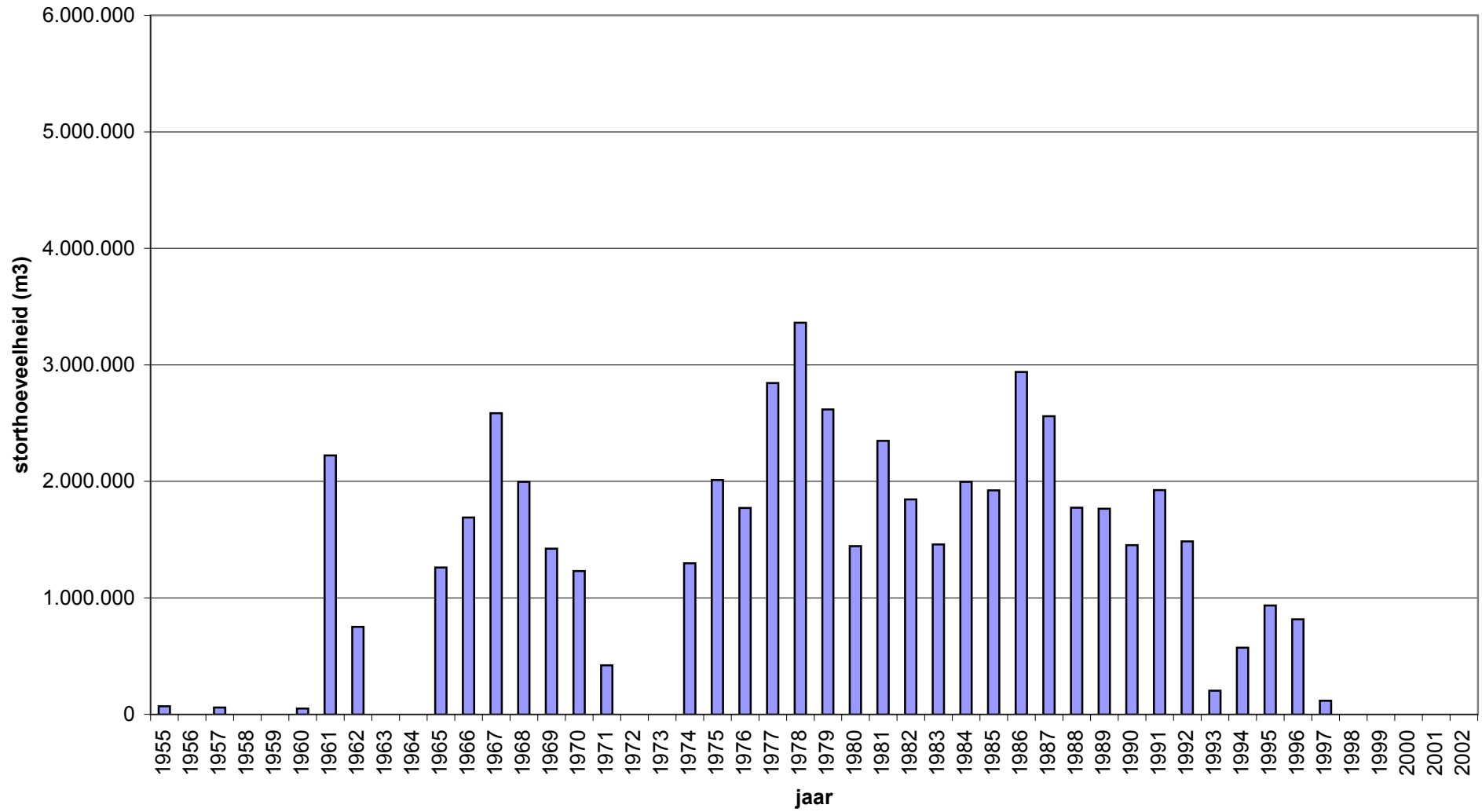
Figuur 6.2: Schaar van de Noord



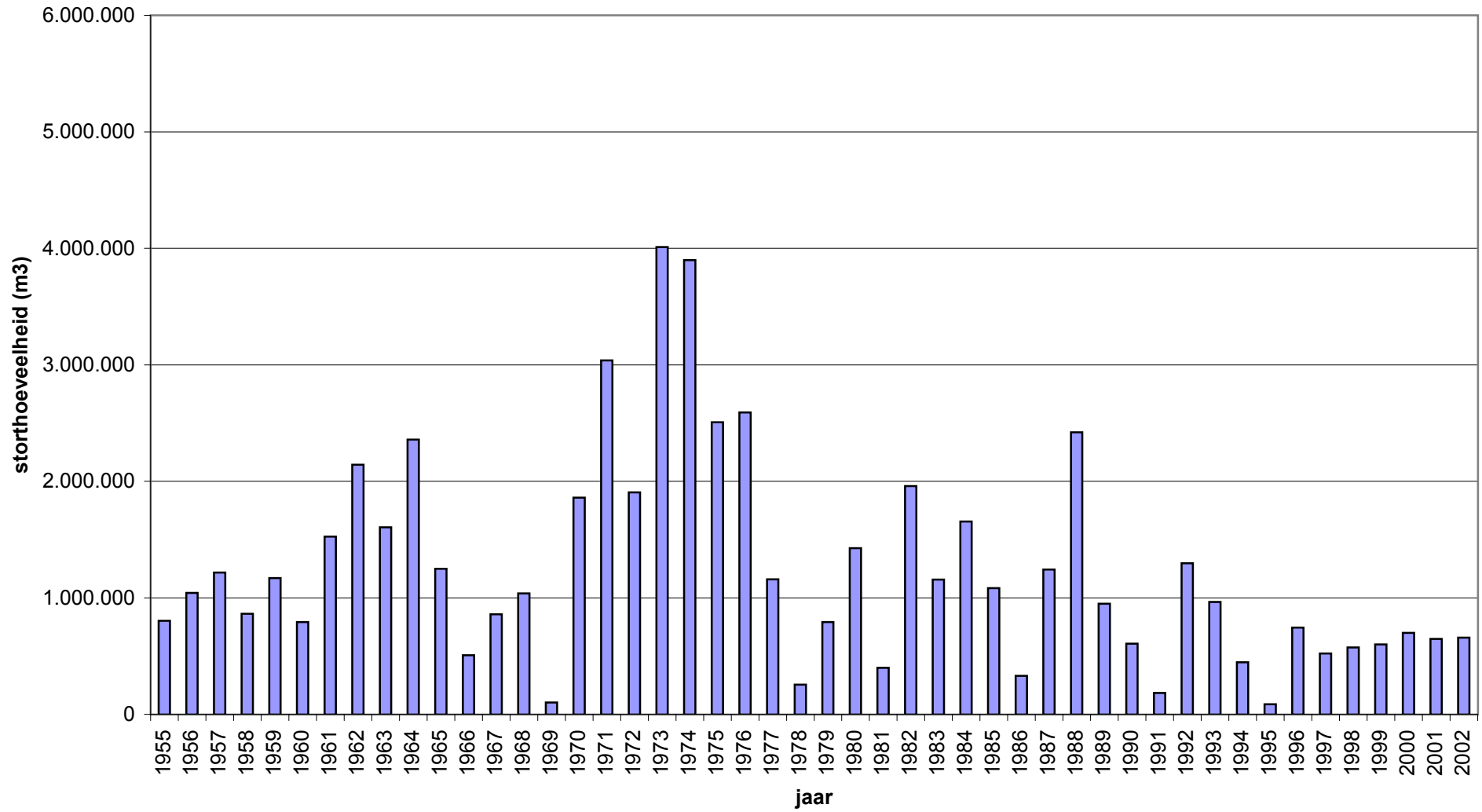
Figuur 6.3: Konijnenschor



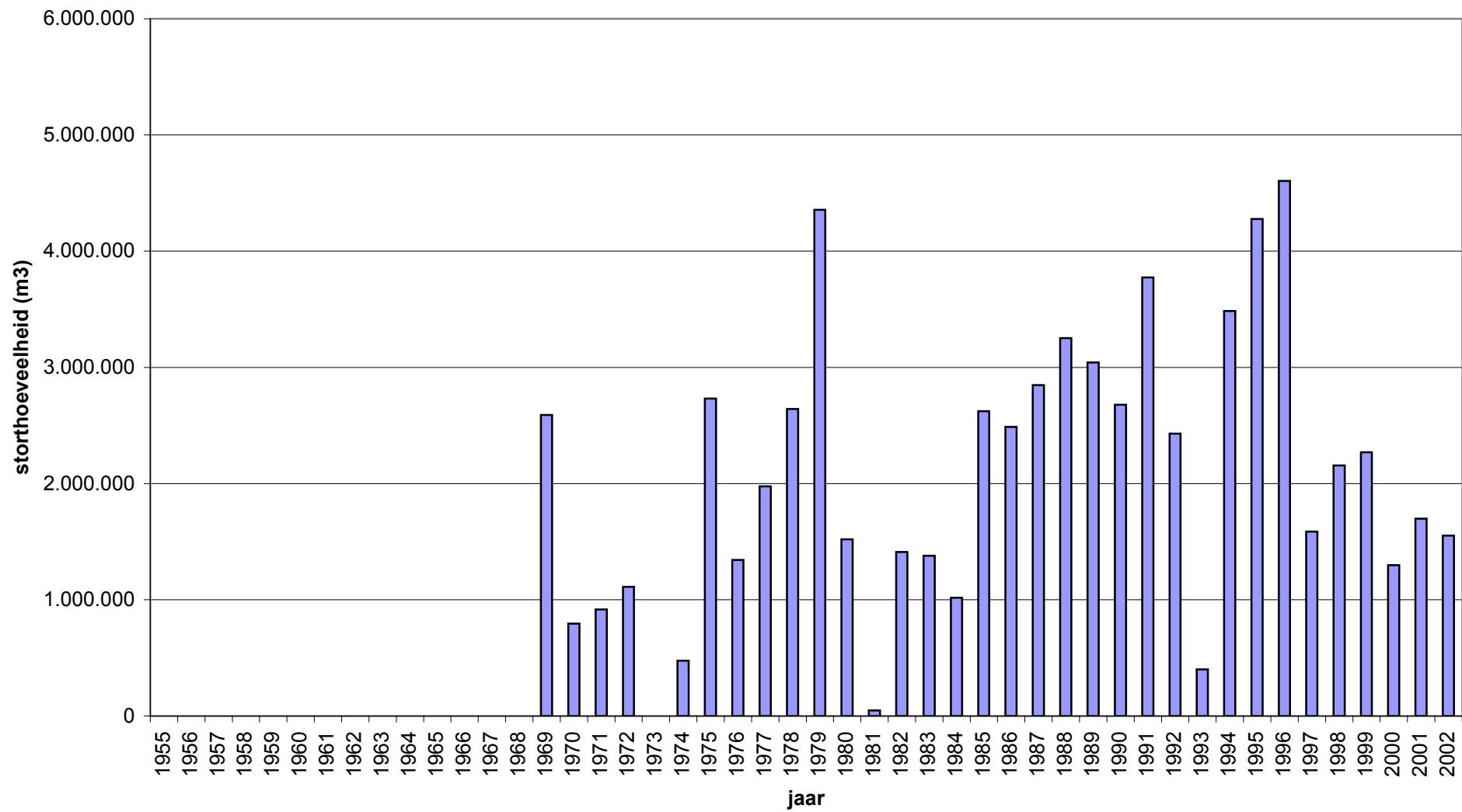
Figuur 6.4: Boei 63



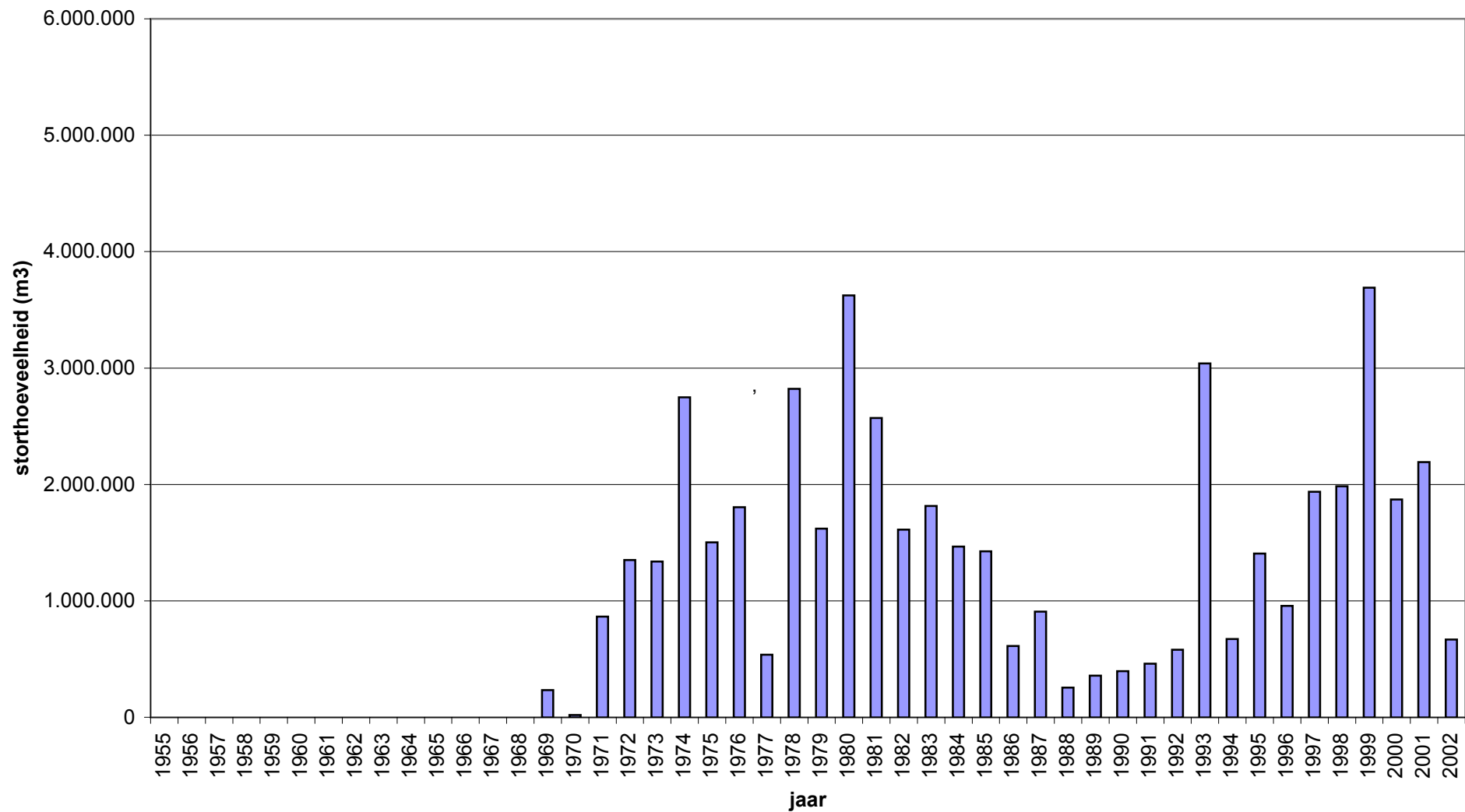
Figuur 6.5: Schaar van Waarde



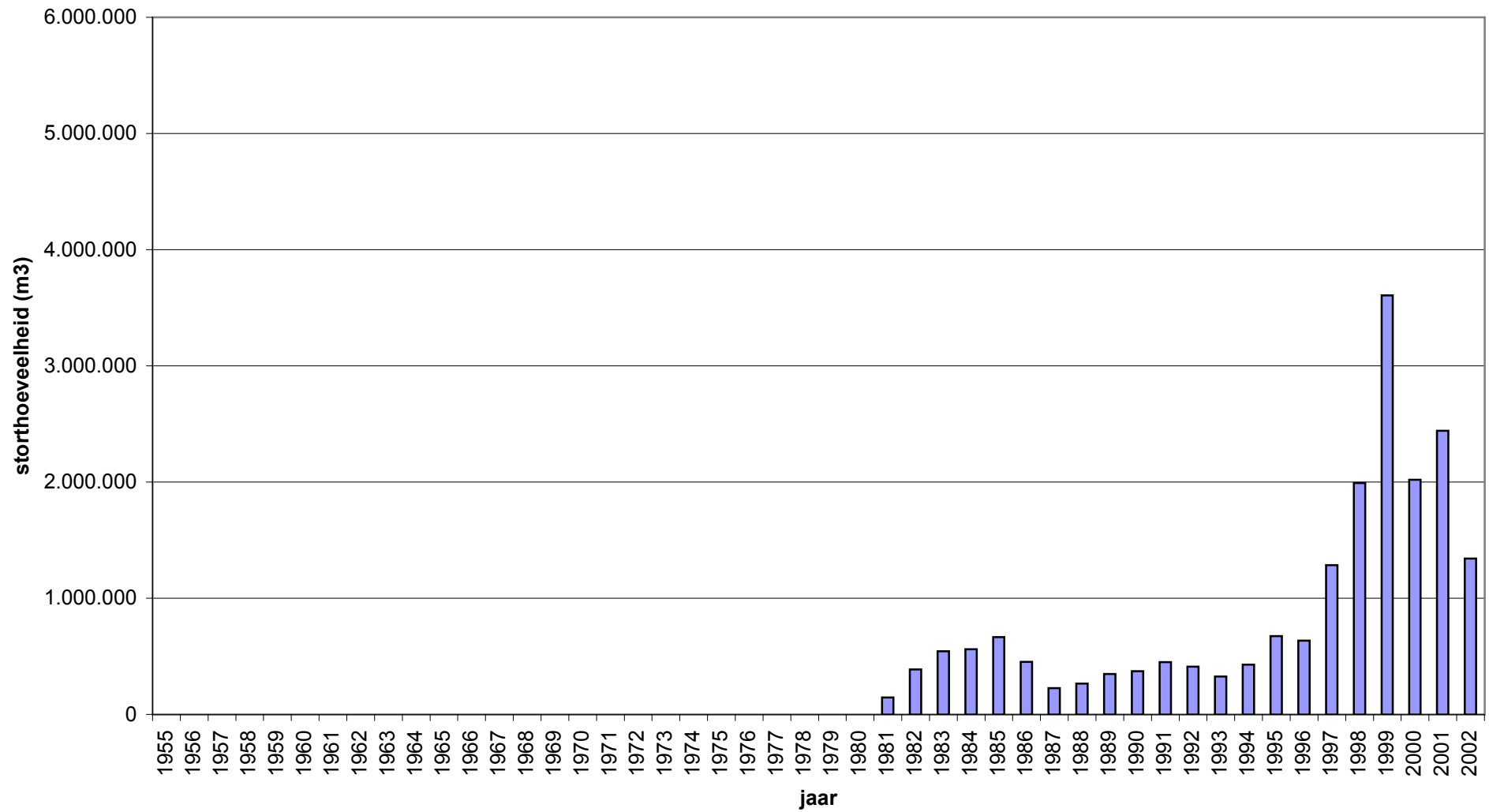
Figuur 6.6: Gat van Ossenisse



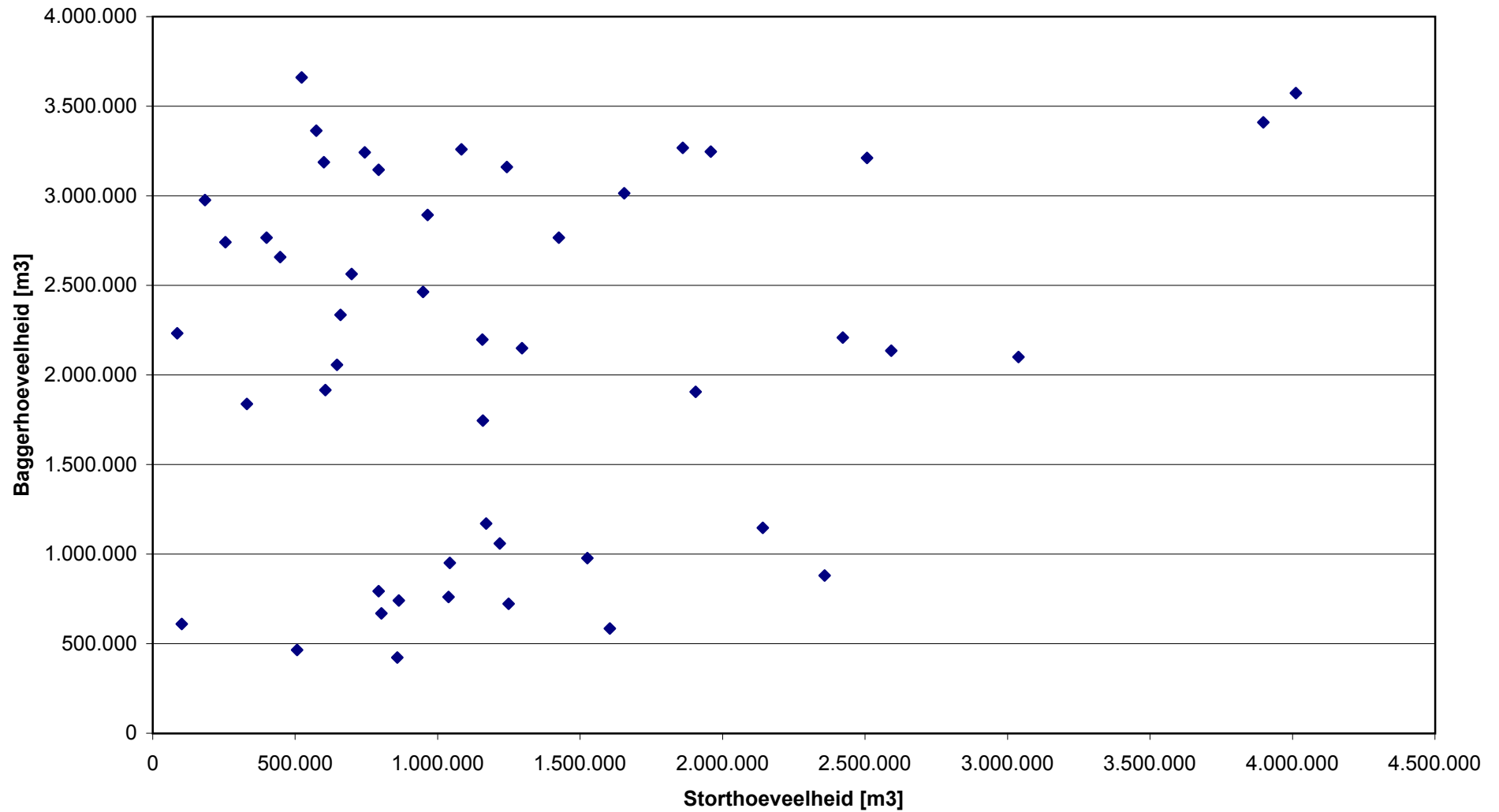
Figuur 6.7: Everingen



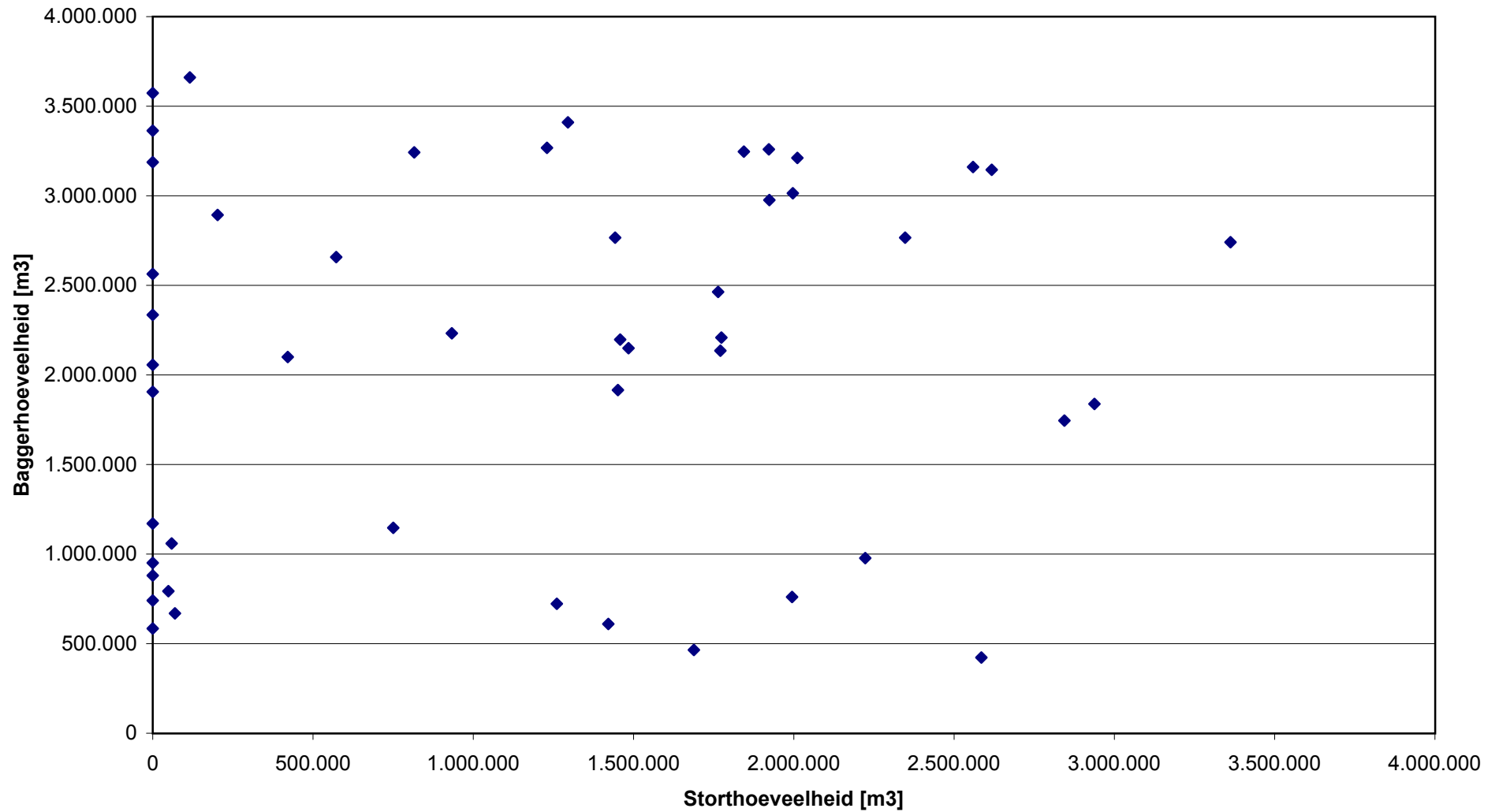
Figuur 6.8: Spijkerplaat



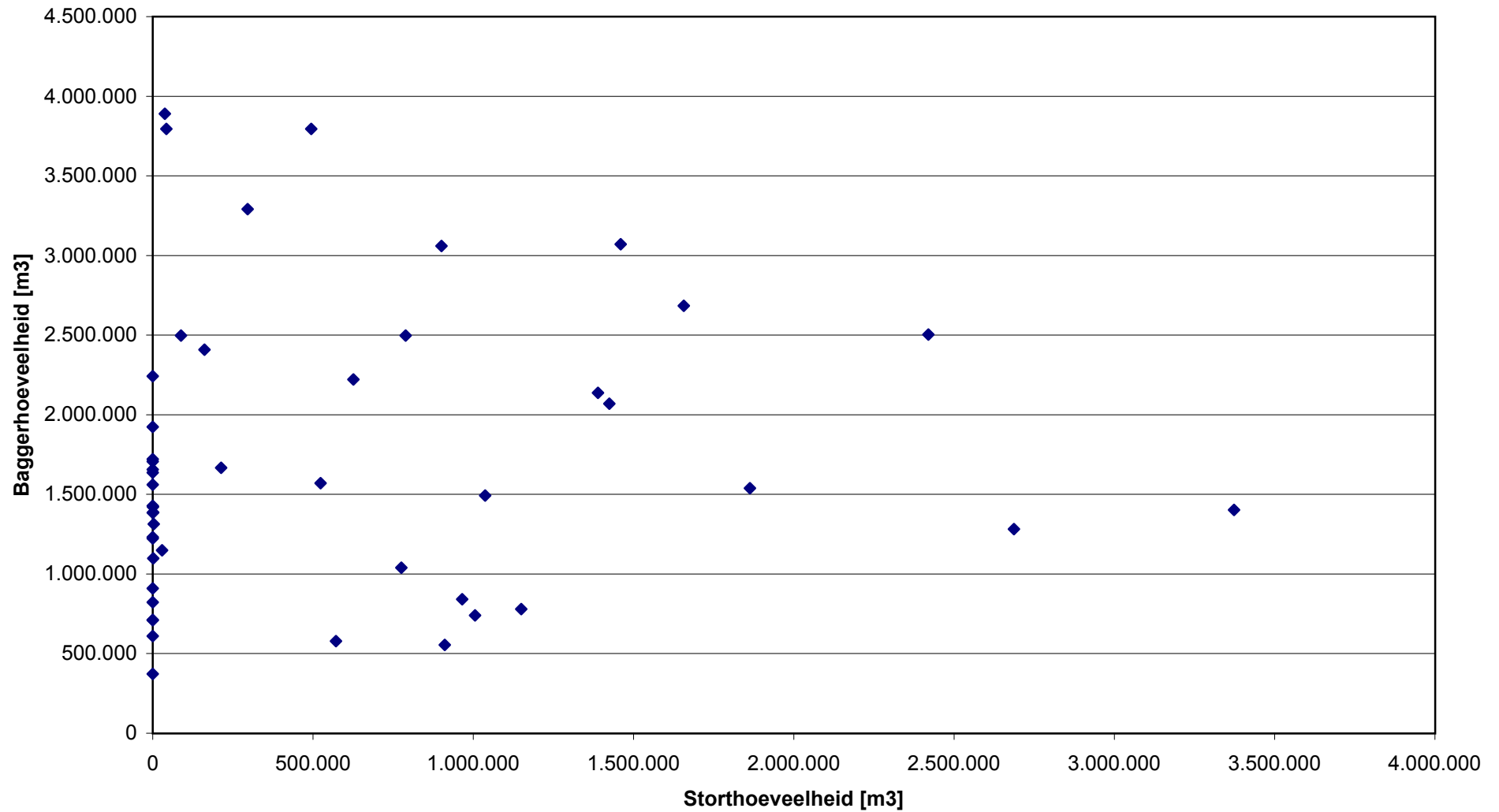
Figuur 6.9: Drempel van Hansweert (B) - Schaar van Waarde (S)



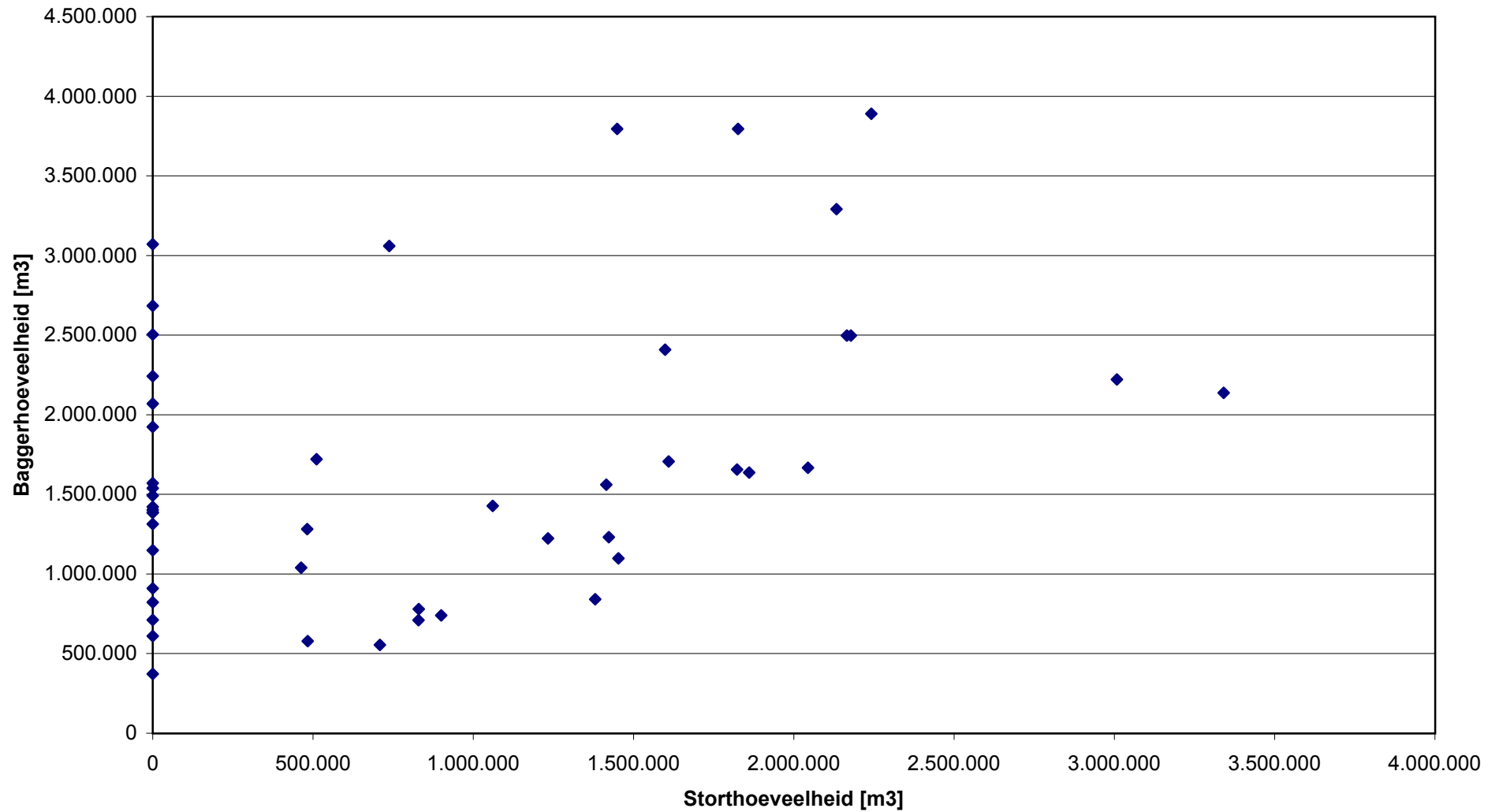
Figuur 6.10: Drempel van Hansweert (B) - Boei 63 (S)



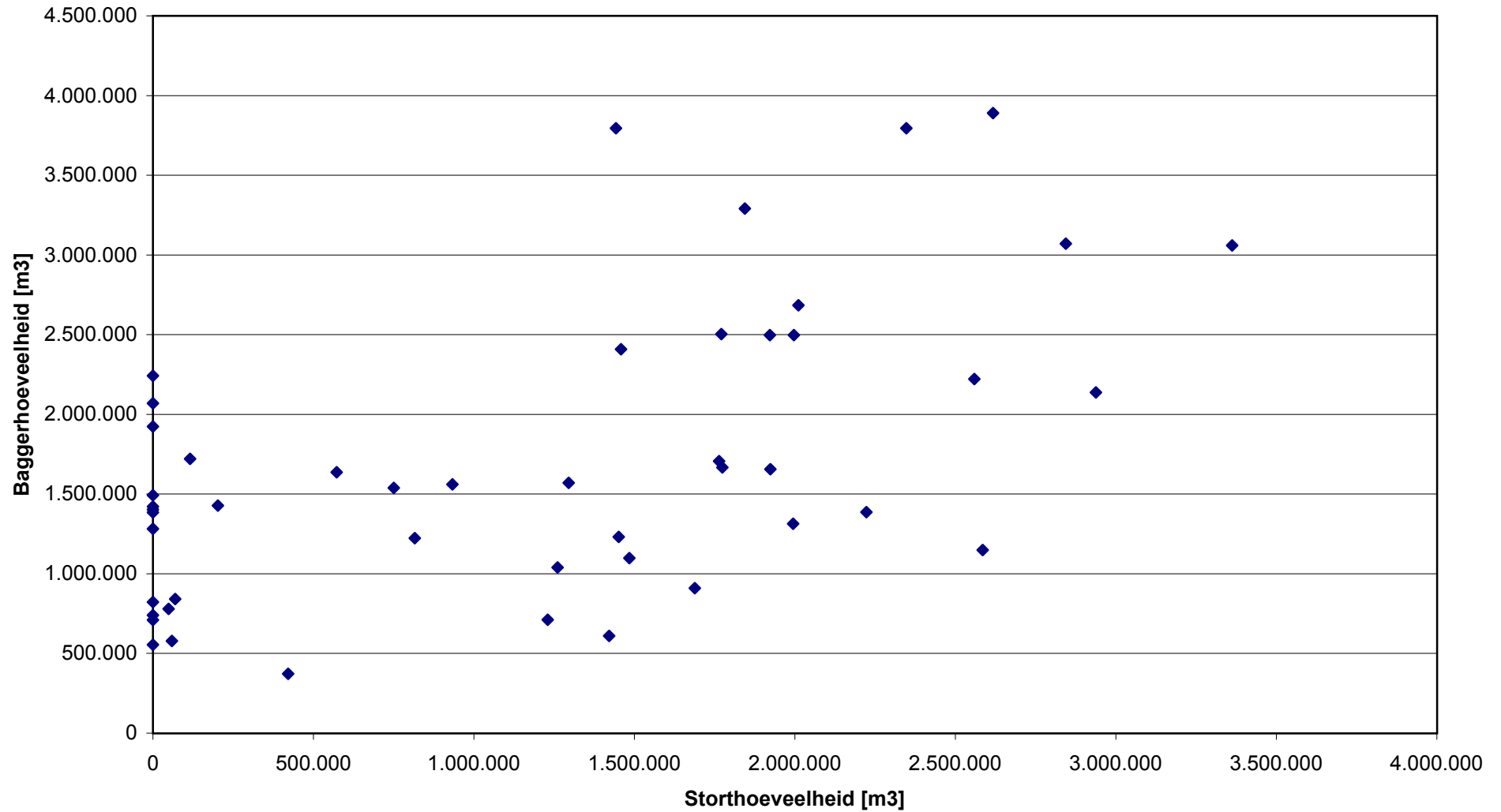
Figuur 6.11: Drempel van Valkenisse (B) - Schaar van de Noord (S)



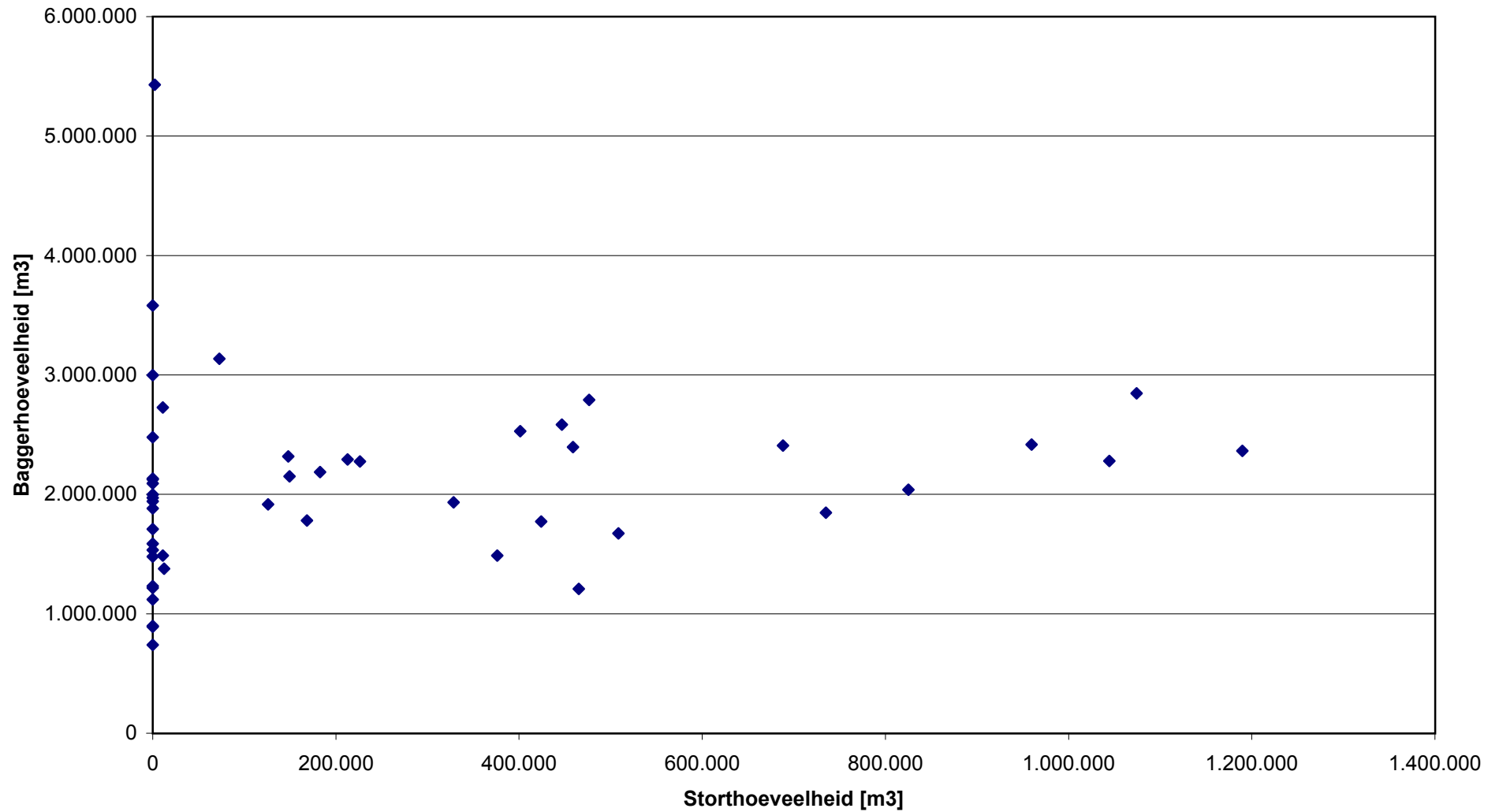
Figuur 6.12: Drempel van Valkenisse (B) - Konijnenschor (S)



Figuur 6.13: Drempel van Valkenisse (B) - Boei 63 (S)



Figuur 6.14: Drempel van Bath (B) - Appelzak (S)



Figuur 6.15: Drempel van Bath (B) - Schaar van de Noord (S)

