

87009

Verlanding van de Westerschelde

Verschillende wijzen om het begrip
verlanding te kwantificeren

Werkdocument
RIKZ/AB-97.813x

drs. S. Huijs
drs. C. Storm

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Verschillende definities voor verlanden van een estuarium	1
3. Werkwijze	3
waterstanden	3
dieptegegevens	5
correctie voor ontbrekende dieptegegevens	5
inpolderingen	6
4. Resultaten	7
Totale waterinhoud, V_{ghw}	7
Totale komberging, P_{kom}	7
Komberging intergetijdegebied, P_{int} en komberging geulen, P_{geul}	10
Gemiddelde hoogte intergetijdegebied, H_{int}	11
5. Discussie	12
Verlanding versus ontlanding	12
Relatie komberging met waterbeweging	13
Verruiming geulen en verhoging platen	13
6. Conclusies	14
7. Referenties	15

Bijlagen

1. inleiding

De meeste estuaria zijn gevormd bij het stijgen van de zeespiegel na de laatste ijstijd zo'n 10.000 jaar geleden. Als de zeespiegel minder hard stijgt of zelfs daalt verlandt het estuarium als er voldoende toevoer is van sediment vanuit het achterland en de kust. Een extreem voorbeeld is de Amazone. Enkele duizenden jaren geleden was dit een estuarium. Door de enorme aanvoer van sediment uit het Andes gebergte is het bekken nu vrijwel geheel verland. Het is goed om ons te realiseren dat op een geologische tijdschaal bekeken, estuaria zeer prille en veranderlijke systemen zijn.

De vorming van de Westerschelde, als monding van het Schelde estuarium, is ongeveer 1000 jaar geleden begonnen. Tot ongeveer de 17e eeuw is de Westerschelde in oppervlak toegenomen. Sindsdien is ongeveer 2/3 van dat oppervlak ingepolderd. Daarnaast is door intensief onderhoudsbaggerwerk de afgelopen decennia het inter-getijdegebied sterk opgehoogd. Betekenen deze tendensen dat het estuarium verland?

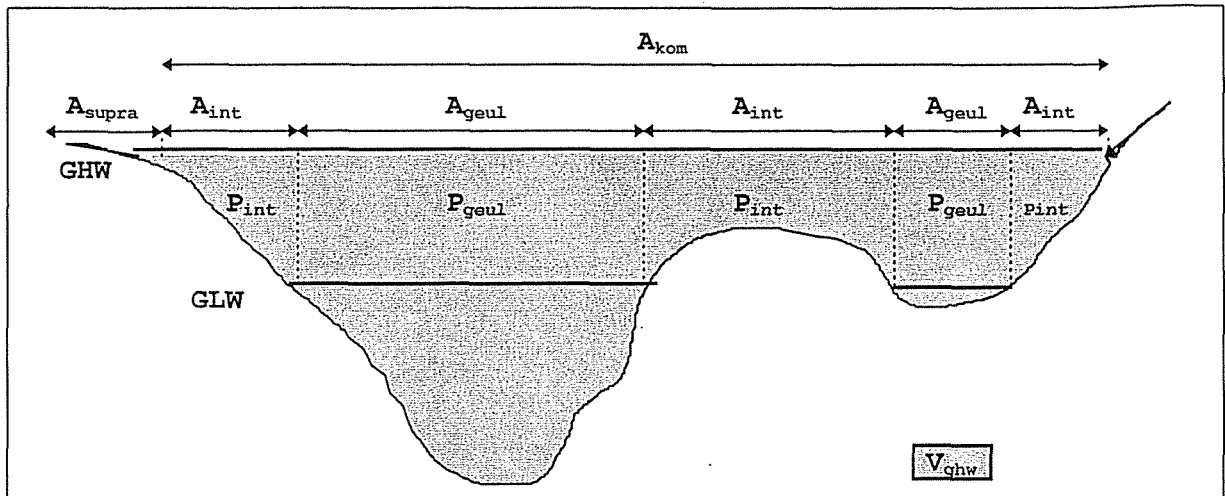
In Oostwest studies is gewezen op de wijze waarop menselijk ingrijpen de snelheid van verlanding kan beïnvloeden. Gerefereerd wordt aan de ontwikkeling van het Seine estuarium, waar inpolderingen en leidammen de verlanding van het estuarium aanmerkelijk hebben versneld (Pieters et al, 1991, Pieters, 1993).

Er is geen eensluidende definitie voor de verlanding van een estuarium. Het is daarom niet verwonderlijk dat dit begrip op verschillende wijze is geïnterpreteerd, hetgeen tot de nodige verwarring heeft geleid. Dit document tracht de duidelijkheid in deze discussie te vergroten door verschillende definities en berekeningswijzen van verlanding geven. Vervolgens zijn deze voor de Westerschelde gekwantificeerd en wel voor twee tijdstappen: van 1931 tot 1962 en van 1962 tot 1992. Voor de verschillende vormen van verlanding wordt aangegeven of de Westerschelde verland of ontland.

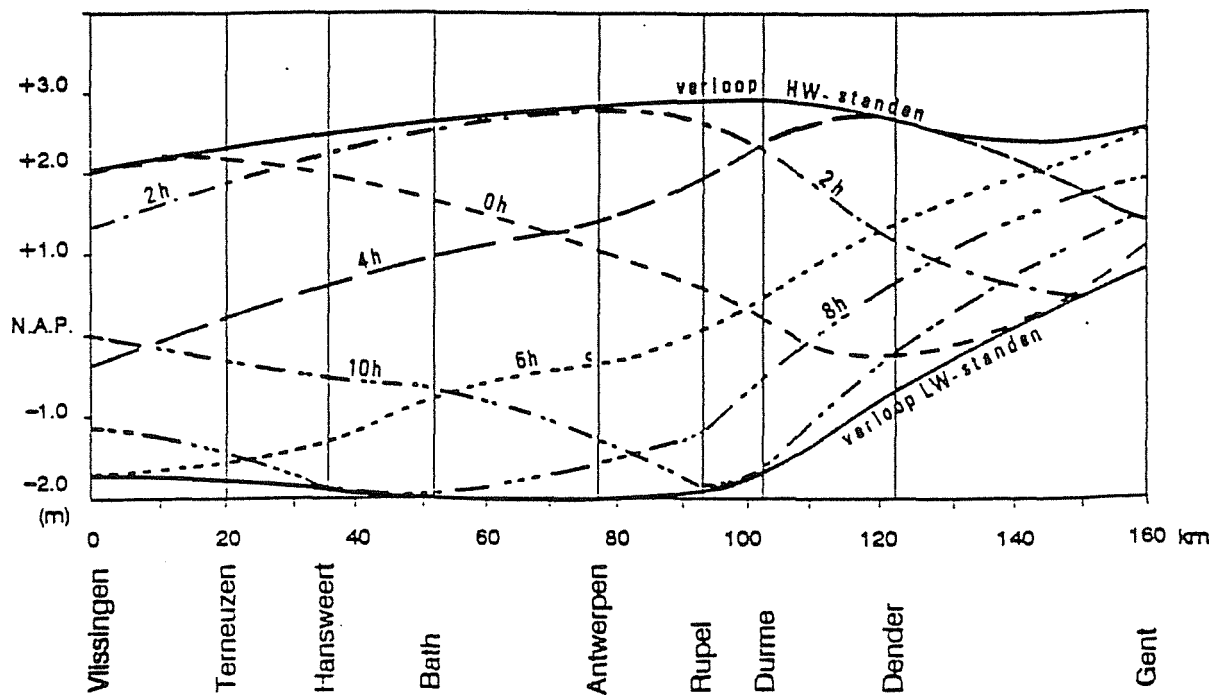
2. Verschillende definities voor verlanden van een estuarium

Een basale maat voor verlanding van een watersysteem is de **verandering van de totale inhoud** onder het gemiddeld zeeniveau (V_{msl}) of onder GHW (V_{ghw}) (Fig.1). Deze eenheid geeft feitelijk de opvulling of uitruiming van het watersysteem weer, ofwel de sedimentbalans. Een nadeel is dat in deze definitie geen relatie wordt gelegd tussen de morfologie en de waterbeweging, namelijk die tussen de komberging via het getijvolume met de doorstroomprofielen.

Verlanding kan daarnaast worden gedefinieerd als de **verandering van de komberging** van het watersysteem in de tijd. De komberging (P_{kom}) is het bergende watervolume tussen gemiddeld laagwater (GLW) en gemiddeld hoogwater (GHW) (Fig.1). Deze komberging is via evenwichtsrelaties nauw gerelateerd aan de geuldoorsnedes benedenstrooms, en daarmee aan de inhoud van een watersysteem. De komberging kan voor geulen (P_{geul}) en intergetijdegebieden (P_{int}) apart worden berekend.



Figuur 1 Definitieschets komberging



Figuur 2 Overzicht van getijwaarnemingen in het Zeeschelde bekken gedurende 71/80. (Bron: Claessens en Belmans, 1984)

Een kombergingsverandering kan het gevolg zijn van a) veranderingen aan de rand van het watersysteem, bijvoorbeeld door inpolderingen, b) veranderingen in de hoogteligging van het intergetijdegebied en c) veranderingen van de GHW's en GLW's.

Verlanding wordt meestal geassocieerd met ophoging van het intergetijdegebied. Dit kan worden gekwantificeerd als de **verandering van de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied** (H_{int}). Het gedeelte van de komberging van de geulen wordt hierbij niet meegenomen. Ook hiervoor geldt dat veranderingen in de komberging door verschillen in hoogte en oppervlak van het intergetijdegebied worden bepaald.

Een definitie van verlanden die op een termijn van meerdere eeuwen doorslaggevend is voor een estuarium, is de **verandering in de effectieve komberging** van het watersysteem in de tijd. De effectieve komberging is het deel tussen GHW en GLW dat werkelijk van invloed is op de getijvolumina in de monding van het watersysteem of willekeurige andere doorsnede.

De effectieve komberging ($P_{eff,x}$) voor een dwarsprofiel (afstand x vanaf de monding) is het watervolume gelegen tussen de wateroppervlakken op de tijdstippen van hoog- en laagwaterstroomkentering ter plaatse van het dwarsprofiel (Fig. 2). Deze maat varieert dus voor elke dwarsdoorsnede in een estuarium en kan tevens veranderen in de tijd door wijzigingen in de getijvoortplanting in het watersysteem van het getijverschil en/of de voortplantingssnelheid. Deze grootheid kan echter alleen worden berekend door een goede bodemschematisatie in combinatie met de waterbeweging. Deze exercitie is hier niet uitgevoerd.

Gerefereerd wordt aan onderzoek van Van Veen (1950), Pieters (1993) en Van der Spek (1994) naar aanleiding van het zogenaamde "kombergings-axioma".

3. werkwijze

waterstanden

De gemiddeld hoog- en laagwaterstanden (GHW en GLW) zijn in de Westerschelde sinds 1930 aanzienlijk veranderd. Omdat deze de komberging beïnvloeden zijn voor de berekeningen de meerjaargemiddelde GHW en GLW niveaus gebruikt (Tabel 1) zoals berekend aan de hand van meerjarige trendveranderingen (SSA-methode) door Dillingh & Heinen (1994). Jaargemiddelde waarden zijn voor dit soort analyses niet geschikt omdat deze te sterk worden beïnvloed door klimatologische effecten.

De Westerschelde is onderverdeeld in drie deelgebieden: oost (lodingsvak 1+2+Saeftinge en Sieperdaschor), midden (lodingsvak 3+4) en west (lodingsvak 5+6). Voor vak 1, 3, 4, 6 zijn respectievelijk de waarden van de meetstations Bath, Hansweert, Terneuzen en Vlissingen gebruikt. Voor de getijgegevens van vak 2 en 5 is respectievelijk de gemiddelde waarde tussen Bath en Hansweert en Terneuzen en Vlissingen gebruikt.

Tabel 1 GHW en GLW meetstations (cmNAP)

	GLW			GHW		
	1931	1962	1992	1931	1962	1992
Bath	-215	-203	-217	241	252	268
Hansweert	-219	-212	-206	212	227	237
Terneuzen	-203	-196	-194	203	213	225
Vlissingen	-189	-183	-179	184	196	202

Meerjarige trendveranderingen SSA-methode [Dillingh & Heinen, 1994]

In het algemeen zijn als gevolg van de relatieve zeespiegelstijging van ongeveer 20 cm/eeuw, zowel de hoogwaters als de laagwaters in de Westerschelde toegenomen. De wijze van doordringing van de getijgolf is daarnaast eveneens gewijzigd als gevolg van geometrische veranderingen binnen het estuarium zoals de verdieping van geulen en de afname van lateraal kombergingsgebied. Globaal heeft dit geleid tot een snellere (fase versneld) en versterkte (vergroting van het getijverschil) doordringing van het getij.

In het oostelijk deel is het GHW tussen 31/62 en 62/92 respectievelijk met +11cm en +15cm toegenomen (Tabel 2). Het getijverschil is over deze perioden met +1cm en +23cm toegenomen. Opvallend is de sterke toename van de getijslag, die vooral wordt veroorzaakt door de verlaging van het GLW in de periode 62/92.

In het middendeel is het GHW tussen 31/62 en 62/92 respectievelijk met +12cm en +11cm toegenomen. Het getijverschil is over deze perioden met +6cm en +8cm toegenomen.

In het westen is het GHW tussen 31/62 en 62/92 respectievelijk met +11cm en +8cm toegenomen. Het getijverschil is over deze perioden met +5cm en +4cm toegenomen.

Tabel 2 GHW en Getijverschil per deelgebied (cmNAP).

	GHW			getijverschil		
	1931	1962	1992	1931	1962	1992
OOST	234	245	260	450	451	474
MIDDEN	208	220	131	418	424	431
WEST	189	200	208	381	386	390

dieptegegevens

Er is gebruik gemaakt van gedigitaliseerde en reeds geïnterpoleerde dieptegegevens van de Westerschelde. Er is gekozen voor een analyse voor de jaren 1931, 1962/64 en 1992 aangezien voor Saeftinge, een belangrijk kombergingsgebied, alleen voor deze jaren hoogteopnamen beschikbaar zijn. Van hogere plaatdelen zijn soms geen hoogtegegevens beschikbaar. Om de lacunes zo klein mogelijk te houden is ervoor gekozen deze zo mogelijk aan te vullen met hoogtegegevens van andere jaargangen. De hoogten van de schorren van 1955 zijn overgenomen in de opname van 1962/64. Diverse hoge delen van platen in de opname van 1992 zijn aangevuld met gegevens van 1990 en 1986 (oa Hooge Platen). Voor ieder jaargang ontbreken nog enkele cellen op de Hooge Platen.

correctie voor ontbrekende dieptegegevens

Ondanks het zo veel mogelijk volledig maken van de diepteschematisaties ontbreken er van delen hoogtegegevens. Dit is het zogenaamde *nodata* gebied, dat vooral langs de randen van het estuarium boven het NAP niveau ligt. Het *nodata* gebied kan per opname zowel qua oppervlak als niveau variëren. De opname van 1931 is het best gevuld. In 1962/64 ontbreken voornamelijk delen van Baalhoek, Kapelle, Biezelingse Ham en de slikken van de Hoofdplaat. In de opname van 1992 worden de slikken en schorren van Bath, Waarde, Hulst, Zuidgors en Paulina gemist.

Om de gegevens onderling zo goed mogelijk vergelijkbaar te maken is dit nodatagebied gevuld. Aan de hand van kaarten is geschat dat in het westelijk en middendeel van de Westerschelde circa 60% van het *nodata* gebied beneden GHW ligt. Voor het oostelijk deel is dit geschat op 40% omdat het aandeel schor daar groter is. In Tabel 3 wordt per deelgebied aangegeven hoe groot het voor de komberging relevante deel van het *nodata* gebied is. Als voor dit deel een gemiddelde hoogte wordt aangenomen van NAP+1m (voor Saeftinge NAP+2m), dan kan de komberging worden berekend per deelgebied. Deze hoeveelheden worden toegevoegd aan de ruwe kombergingsberekeningen. Omdat dit hoge deel van het intergetijdegebied een geringe bijdrage levert aan het totale volume of komberging, zal deze aanname weinig invloed hebben op die resultaten. De enige parameter die wordt beïnvloed is P_{int} . Het deel van het *nodata* gebied dat boven GHW ligt, behoort tot het supra-getijdegebied. Hiervoor is een gemiddelde hoogte van NAP+2.75m aangenomen.

Tabel 3 Areaal (km²) *nodata* gebied dat bij de komberging beneden GHW hoort; geschat is dat voor jaargangen 1931 en 1962/64 60% van het *nodata* areaal beneden GHW niveau ligt en voor 1990/92 40% ; (%) percentage *nodata* komberging ten opzichte van totale kombergingsoppervlak.

deelgebied	1931		1962/64		1990/92	
	areaal	%	areaal	%	areaal	%
oost	1.25	1.4	1.99	2.4	2.08	2.7
midden	1.66	1.7	2.47	2.5	1.58	1.6
west	2.28	2	2.35	2	1.86	1.6

Om aan te geven wat de gevoeligheid is van deze aannamen is het effect bekeken van a) een 50 cm hogere gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied en b) een toename/afname van 20% procent van het *nodata* gebied dat relevant is voor de komberging. Op de komberging van het intergetijdegebied (P_{int}) zorgt dit voor een verandering van respectievelijk 0.5% à 1.5% (1Mm³).

Het schorgebied (Saeftinge en Sieperda) in het oostelijk deel maakt in 1931 38% van P_{int} uit en in 1992 25%. De gemiddelde hoogte van het oostelijk deel is ca. 70cm hoger dan zonder deze schorgebieden.

inpolderingen

Tussen 1931 en 1964 is er 25.17 km² schor en/of slik ingepolderd, met name in de Braakman, het Sloe en de schorren bij Ossendrecht. Tussen 1964 en 1992 is nog eens 15.56 km² aan het watersysteem onttrokken, met name in de Kaloot, de Mosselbanken en de schorren bij Ossendrecht.

Er is een berekening gemaakt van de werkelijke komberging van het toenmalige intergetijdegebied. Daarnaast is ook de komberging berekend van het gedeelte van het intergetijdegebied dat wordt begrensd door de dijk van 1990. Dit laatste zegt iets over het verloop van de ophoging (verlandings) van het thans aanwezige intergetijdegebied.

4. resultaten

Totale waterinhoud, V_{ghw}

De totale waterinhoud van de Westerschelde (V_{ghw}) beneden GHW is van 1931 tot 1962 eerst met 10 Mm^3 licht afgenomen waarna deze van 1962 tot 1992 met bijna 70 Mm^3 is toegenomen (Tabel 4). Binnen de begrenzing van de dijk van 1992 is het estuarium over de gehele periode verdiept; in 31/62 met 37 Mm^3 en van 62/92 met 75 Mm^3 .

De totale waterinhoud neemt in het oostelijk deel van de Westerschelde tussen 62/92 sterk toe ($+52 \text{ Mm}^3$). Dit komt vrijwel overeen met het netto resultaat van bagger- en stortactiviteiten in het gebied (vanaf 1955 56 Mm^3 onttrekking) [Uit den Bogaard, 1995].

In het middendeel neemt de totale waterinhoud beneden GHW tussen 31/62 sterk af (-17 Mm^3), met name door sterk sedimentatie in het Middelgat. In de periode 62/92 neemt stijgt dit vervolgens weer licht. De netto ingrepen bedragen -9 Mm^3 vanaf 1955.

In het westen is de totale waterinhoud beneden GHW sterk toegenomen, respectievelijk $+59 \text{ Mm}^3$ en $+17 \text{ Mm}^3$. De toename in de periode 31/62 kwam tot stand door een verlaging van de Spijkerplaat en een verdieping van de Honte. De netto onttrekkingen over de periode 31/94 bedroegen 57 Mm^3 .

Tabel 4 Totaal Volume beneden GHW (V_{ghw}) voor de opnames van 1931, 1962/64 en 1992 (10^6 m^3).

	1931	1931 opp '92	1962/64	1962/64 opp '92	1992
oost	570	558	560	554	606
midden	1138	1136	1120	1119	1125
west	1507	1464	1525	1523	1540
TOTAAL	3215	3159	3204	3196	3271

Totale komberging, P_{kom}

In de Westerschelde neemt de komberging tussen GLW en GHW (P_{kom}) sinds 1931 af. Deze afname bedraagt 55 Mm^3 (Tabel 5). Als alleen het 1992-gebied wordt beschouwd dan is de kombergingsafname slechts 7 Mm^3 . Dit geeft het belang van de ingepolderde gebieden aan voor de totale komberging van het systeem.

In het oostelijk deel neemt de komberging tussen GLW en GHW (P_{kom}) over de hele periode af, ondanks de toename van het getijverschil met 23 cm. Weliswaar is de kombergingsafname in de periode 62/92 minder groot dan voorheen, respectievelijk -13 Mm^3 en -2 Mm^3 . Dit is een gevolg van het compenserende effect van de toename van het getijverschil (met name door verlaging van het GLW) in de laatste periode.

Tabel 5 Verloop van de komberging (P_{kom}) in 1931, 1962/64 en 1992 (10^6 m^3).

	1931	1931 opp '92	1962/64	1962/64 opp '92	1992
oost	294	284	277	271	269
midden	376	375	371	371	373
west	426	389	400	398	399
TOTAAL	1096	1048	1048	1040	1041

De komberging neemt voornamelijk af door ophoging van de intergetijdegebieden waardoor het buitendijkse gebied boven GHW (supragetijdegebied) toeneemt. In de eerste periode neemt met name de gemiddelde hoogte van Saeftinge sterk toe (+40cm ten opzichte van GHW). Deze uitbreiding is geënitieerd door de aanplant van Spartina. In de periode 62/92 blijft Saeftinge ophogen (+20cm ten opzichte van GHW) en begint ook de plaathoogte van de platen van Valkenisse sterk toe te nemen (+32cm ten opzichte van GHW). Andere delen van het intergetijdegebied (de slikken en de Plaat van Saeftinge) verlagen daarentegen.

In het middendeel neemt de totale komberging (P_{kom}) tussen 31/62 met 4Mm^3 af en na 1962 met 2Mm^3 toe.

In het westelijk deel neemt de totale komberging (P_{kom}) vóór 1962 met 9Mm^3 toe en blijft vervolgens gelijk.

De komberging is positief gerelateerd aan het getijverschil, zeespiegelstijging en het geulareaal en negatief aan de ophoging van het intergetijdegebied en inpolderingen. De eerste groep factoren heeft een compenserend effect op de kombergingsafname die het gevolg is van de aanzanding en inpolderingen in het estuarium.

Tabel 6 geeft een indicatie van het effect van ieder van deze factoren afzonderlijk. Het effect van de inpolderingen is het verschil tussen de werkelijke kombergingsverandering en de verandering van de komberging binnen de dijkbegrenzing van 1990 (Tabel 5). De sedimentatie komt overeen met de ophoging van het gebied tussen NAP-2m en NAP+4m (Bijlage B-7; P_{tot}).

In bijlage B-6 is het effect van zeespiegelstijging voor de periode 61/92 berekend door de waterstanden van 1992 te verminderen met de zeespiegelstijging in de periode 62/92 en dan te kijken wat de komberging zou zijn. Het verschil is het effect van de zeespiegelstijging. Het effect als gevolg van de toename van het getijverschil is berekend door de waterstanden van 1962/64 te sommeren met de zeespiegelstijging in de periode 62/92.

Het is niet zo dat de som van deze factoren gelijk is aan de verandering van de totale komberging.

Tabel 6 Effect van inpolderingen, sedimentatie intergetijdgebied, toename getijverschil en zeespiegelstijging op de komberging (P_{kom}) over de periode 1931/1962-64 en 1962-64/1992 ($10^6 \cdot m^3$).

	Inpolderingen		sedimentatie		getijverschil		zeespiegel	
	31/62	62/92	31/62	62/92	31/62	62/92	31/62	62/92
oost	-4	-6	-19	-21	+2	+16	+2	+7
midden	-1	0	-9	-7	+5	+9	+2	+5
west	-35	-2	+1	-5	+6	+7	+2	+4
TOTAAL	-40	-8	-27	-33	+13	+32	+6	+16

+ positief effect komberging (toename)
 - negatief effect komberging (afname)

Tabel 7 Verloop van de komberging van het intergetijdgebied (P_{int}) in 1931, 1962/64 en 1992 ($10^6 \cdot m^3$).

	1931	1931 opp '92	1962/64	1962/64 opp '92	1992
oost	100	91	81	75	75
midden	61	60	73	72	63
west	78	50	48	47	47
TOTAAL	239	202	202	194	186

Tabel 8 Verloop van de komberging boven de geulen (P_{geul}) in 1931, 1962/64 en 1992 ($10^6 \cdot m^3$).

	1931	1931 opp '92	1962/64	1962/64 opp '92	1992
oost	194	193	196	196	194
midden	315	314	299	298	310
west	348	339	352	351	352
TOTAAL	857	846	846	846	856

Inpolderingen hebben in de periode 31/62 vooral in het westen grote invloed gehad op de komberging. Ophoging van de intergetijdegebieden is in het middendeel na 1962/64 sterk toegenomen. In het oostelijk deel blijft Saeftinge in hoogte toenemen, maar de overige slikgebieden eroderen en verlagen, waardoor de komberging minder afneemt. De sterke toename van het getijverschil na 1962/64 in het oosten komt duidelijk naar voren. Het positieve effect van de zeespiegelstijging op de komberging is in de tweede periode 62/92 over heel het estuarium toegenomen.

Komberging intergetijdegebied, P_{int} en Komberging geulen, P_{geul}

De komberging boven het intergetijdegebied (P_{int}) is in de Westerschelde sinds 1931 met 53 Mm³ afgenomen (Tabel 7). De komberging boven de geulen (P_{geul}) werd aanvankelijk 10 Mm³ kleiner, maar is in 1992 weer even groot als in 1931 (Tabel 8). Binnen het 1992-gebied neemt de komberging boven het intergetijdegebied 16 Mm³ af en boven de geulen 10 Mm³ toe. De komberging boven de geulen is in 1992 4½ keer groter dan de komberging boven het intergetijdegebied.

In het oostelijk deel neemt de komberging boven het intergetijdegebied (P_{int}) vóór 1962 sterk af. Dit is hoofdzakelijk het gevolg van ophoging van Saeftinge tot boven GHW en ophoging van de plaatgebieden in de Westerschelde. Tussen 62/92 blijft de komberging boven Saeftinge afnemen, terwijl die van de plaatgebieden in de geul zelf toeneemt door de toename van het getijverschil. Hierdoor blijft de totale komberging over deze periode gelijk.

In het middendeel is de ontwikkeling van de komberging boven de geul en het intergetijdegebied in beide perioden tegengesteld. Vóór 1962 neemt P_{int} toe door uitbreiding van het intergetijdegebied ten koste van de geulen. Vervolgens neemt de komberging boven het intergetijdegebied af door uitbreiding van de geulen. De omvang van het supragetijdegebied is in het middendeel veel geringer dan in het oostelijk deel (Tabel 9).

In het westen neemt de komberging boven het intergetijdegebied (P_{int}) over de hele periode iets af. Vóór 1962/64 is het geuloppervlak in omvang toegenomen ten koste van het intergetijdegebied. De komberging boven de geulen nam daardoor sterk toe.

Tabel 9 A_{supra} (km²) voor de opnames van 1931, 1962/64 en 1992.

	1931	1931 opp '92	1962/64	1962/64 opp '92	1992
oost	8.7	4.2	13.5	12.4	17.4
midden	1.4	1.3	2.3	1.9	1.6
west	9.2	3.8	3.4	2.5	2.6
TOTAAL	19.3	9.4	19.2	16.8	21.6

Tabel 10 Gemiddelde hoogte intergetijdegebied (mNAP) ten opzichte van GLW en GHW (H_{int}) en ten opzichte van vaste waterstanden ($H_{-2m/+4m}$), NAP-2m en NAP+4m voor de opnames van 1931, 1962/64 en 1992.

	H_{int}					$H_{-2m/+4mNAP}$		
	31	31 opp'92	62/64	62/64 opp'92	92	31	62/64	92
oost	0.61	0.48	0.70	0.59	0.60	0.72	1.08	1.29
midden	-0.37	-0.41	-0.32	-0.34	-0.03	-0.24	-0.26	0.05
west	0.16	-0.15	0.08	0.05	0.16	0.01	0.12	0.22
totaal	0.23	0.04	0.20	0.12	0.25	0.30	0.47	0.70

Tabel 11 Verandering van (a) de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied (cm), tussen GLW en GHW (H_{int}) en ten opzichte van vaste waterstanden ($H_{-2m/+4m}$), (b) het GHW en (c) het getijverschil voor de perioden 1931-1962/64 en 1962/64-1992.

	H_{int}				$H_{-2m/+4mNAP}$		GHW / getijverschil	
	31/62	31/62 opp'92	62/92	62/92 opp'92	31/62	62/92	31/62	62/92
oost	9	11	-10	1	36	21	11 / 1	15 / 23
midden	5	7	29	31	-2	31	12 / 6	11 / 8
west	-8	20	8	11	11	10	11 / 5	8 / 4
totaal	-3	8	5	13	17	23		

Gemiddelde hoogte intergetijdegebied, H_{int}

De gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied (H_{int}) in de Westerschelde schommelt sinds 1931 rond NAP+0,2 m (Tabel 10). Het GHW is gedurende deze periode echter met circa 0,1 m toegenomen, zodat relatief gezien het intergetijdegebied lager is komen te liggen. Als alleen het 1992-gebied wordt beschouwd, dan is de gemiddelde hoogte wel duidelijk toegenomen.

De hoogteontwikkeling van de platen wijkt af van deze tendens. Sinds 1931 is de gemiddelde plaathoogte beduidend toegenomen met bijna 0,5 m. Dit betekent dat de slikken en schorren zijn verlaagd. Deze afname van de gemiddelde slik/schorhoogte is echter grotendeels een *schijnbare* verlaging van het intergetijdegebied als gevolg van de toename van het areaal boven GHW en verlaging van het GLW. Het verlies van zeer hoge delen, die niet meer tot de komberging worden gerekend, worden elders niet gecompenseerd.

In het oostelijk deel houdt de ophoging van het intergetijdegebied (H_{int}) voor 1962 vrijwel gelijke tred met de toename van het GHW (Tabel 11). Na 1962 neemt het verschil tussen het GHW en de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied toe (verlaging van -14cm). Dit lijkt niet in overeenstemming met de veronderstelling dat het intergetijdegebied in het oostelijk deel sterk in hoogte is toegenomen. Door de aanwezigheid van een groot schorgebied in het oostelijk deel én een verlaging van het GLW is er echter sprake van een *schijnbare* verlaging van het intergetijdegebied. De gemiddelde hoogte van het gebied tussen NAP-2m en NAP+4m bedraagt voor de diverse jaargangen respectievelijk NAP+0.72m, NAP+1.08m en NAP+1.29m (Tabel 10). Bij een hogere GLW-stand (NAP-1.95m) zou de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied in 1992 NAP+0.81m zijn in plaats van NAP+0.59m.

In het middengebied blijft de ophoging van het intergetijdegebied (H_{int}) tussen 31/62 iets achter bij de stijging van het GHW (Tabel 11). Ook ten opzichte van NAP daalt de gemiddelde hoogte als gevolg van de uitbreiding van het plaatareaal wat voornamelijk lage delen betreft. Tussen 62/92 neemt de gemiddelde hoogte van het gebied daarentegen 20 cm meer toe dan de stijging van het GHW. Dit betekent een afname van de komberging boven het intergetijdegebied. Er is vrijwel geen sprake van *schijnbare* veranderingen.

In het westelijk deel is de ophoging van het intergetijdegebied (voornamelijk Hooge Platen) in de periode 31/62 groter dan de stijging van het GHW. Tussen 62/92 houdt de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied gelijke tred met de stijging van het GHW. De werkelijke ophoging van de plaatgebieden verloopt echter sneller dan de stijging van het GHW [Huijs, 1995]. Dit betekent dat de slikgebieden veel minder snel aanzanden en/of eroderen.

5. Discussie

verlanding versus ontlanding

De totale waterinhoud beneden GHW, V_{ghw} , neemt vanaf 1962 voor de hele Westerschelde toe, dus volgens deze definitie is het estuarium ontland. Deze toename is vooral het gevolg van de verruiming van de geulen in het oostelijk en het westelijk deel. In het oosten bedraagt de toename van het geulvolume 52 Mm^3 en is het gevolg van de netto zandonttrekkingen in dit gebied na 1962/64. In het westen vond de toename van de geulinhoud met name plaats in de periode 31/62. Deze toename is het gevolg van natuurlijke geulontwikkelingen, vooral van de geul van de Spijkerplaat en de Pas van Terneuzen. In het middendeel is het watervolume in de periode 31/62 afgenomen. Dit is het gevolg van een herverdeling van het debiet over het Middelgat en het Gat van Ossenissee als gevolg van het ontstaan van de Overloop van Hansweert, waardoor ter plaatse van het Middelgat een sedimentatiegebied is ontstaan.

Als de komberging wordt genomen als maat voor verlanding van het estuarium dan kan worden gesteld dat sinds 1931 verlanding is opgetreden. Dit verlies aan komberging is alleen opgetreden in het

intergetijdegebied, waar circa 20% van de totale komberging aanwezig is. Inpolderingen betekenden een permanent verlies aan areaal intergetijdegebied en verklaren ongeveer 75% van de kombergingsafname. De komberging van de Westerschelde is met name tussen 1931 en 1962 sterk afgenomen (48 Mm^3) door inpolderingen. Binnen de begrenzing van de huidige dijk is de totale komberging tussen 31/62 slechts met 8 Mm^3 verminderd. Een kwart van het verlies aan komberging komt door de netto ophoging van het intergetijdegebied, deels tot boven het gemiddeld hoogwater. De relatief sterke ophoging lijkt het gevolg van de nabijheid van stortlokaties.

De sedimentatie van het intergebied bedraagt gemiddeld 40 cm sinds 1930. Dit is meer dan 3 keer de stijging van de zeespiegel in die periode. De verlanding van het intergetijdegebied is dus een feit.

relatie komberging met waterbeweging getijdoordringing

Door het kunstmatig verdiepen van de geulen neemt het volume beneden GLW aanzienlijk toe. Als gevolg van de verdieping van de hoofdgeul en afname van laterale overstromingsgebieden is de getijdoordringing versneld en het getijverschil toegenomen, dit laatste vooral door een verlaging van de laagwaters.

De toename van het getijverschil zou er bij gelijkblijvende geometrie voor zorgen dat de komberging toeneemt. Deze toename is voor de periode 60/90 gelijkwaardig aan de fysieke ophoging van het intergetijdegebied en compenseert in feite deze afname van de komberging. Ook de stijging van de gemiddelde zeespiegelstand leidt tot een vergroting van de komberging. In het oostelijk deel is de komberging in de periode 62/92 met 2 Mm^3 afgenomen, terwijl dit zonder waterstandsverandering 25 Mm^3 zou zijn geweest.

Een snellere getijdoordringing beïnvloedt de komberging (P_{tot} , P_{int}) niet. Maar de een meer efficiënte vulling en lediging van de beschikbare komberging, neemt de effectieve komberging (P_{eff}) zelfs bij gelijkblijvende geometrie toe. Omdat voor deze studie de benodigde waterbewegingsmodellen niet gereed waren, is de invloed van dit aspect niet bekend.

verruiming geulen en verhoging platen

Sinds 1931 zijn in de Westerschelde de geulen verdiept en is het intergetijdegebied opgehoogd. Hierdoor is een algemene versteiling van het profiel opgetreden.

Het geulareaal is ten opzichte van 1931 met enkele procenten afgenomen. Het areaal intergetijdegebied is, met uitzondering van het middendeel, eveneens afgenomen. Dit laatste is het gevolg van de sterke ophoging van het intergetijdegebied tot boven GHW. Met name grote delen van Saeftinge behoren nu tot het supragetijdegebied. Het beeld van de ontwikkeling van de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied ten opzichte van GHW wordt vertroebeld door de toename van het areaal supragetijdegebied en verlaging van het GLW. In het oostelijk deel neemt de hoogte hierdoor minder snel toe dan

het GHW. De gemiddelde plaathoogte neemt echter sterker toe dan het GHW. In het middendeel neemt de gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied sneller toe dan het GHW en in het westen houden beide gelijke tred.

Het negatieve effect op de komberging veroorzaakt door de ophoging van het intergetijdegebied tot boven GHW wordt gecompenseerd door de toename van het getijverschil. Daardoor is in het oostelijk deel ondanks de ophoging van Saeftinge tot boven het niveau van GHW tussen 62/92 de totale komberging vrijwel constant gebleven.

6. conclusies

Ondanks de toename van de totale waterinhoud (V_{ghw}) is er wel degelijk sprake van afname van de komberging, vooral boven het intergetijdegebied. Toch zijn er binnen het estuarium tegengestelde ontwikkelingen waargenomen.

De totale waterinhoud beneden GHW neemt vanaf 1962 voor de hele Westerschelde toe, door vergroting van het geulvolume in het oostelijke en westelijke deel. Volgens deze definitie ontlandt het estuarium; de gemiddelde waterdiepte neemt toe.

De komberging van de Westerschelde is met name tussen 1931 en 1962/64 door inpolderingen sterk afgenomen. Ook binnen de begrenzing van de huidige dijk is de totale komberging afgenomen, ondanks de toename van het getijamplitude. Volgens deze definitie is het estuarium in deze periode dus verland.

De sedimentatie van het intergebied bedraagt gemiddeld 40 cm sinds 1930. Dit is meer dan 3 keer de stijging van de zeespiegel in die periode. De verlanding van het intergetijgebied is dus een feit.

Een toename van het getijamplitude en een stijging van het gemiddelde zeeniveau, zorgen er beide voor dat bij gelijkblijvende geometrie de komberging toeneemt. Sinds 1930 is deze potentiële toename echter vrijwel geheel gecompenseerd door een afname aan komberging boven het intergetijdegebied, als gevolg van inpolderingen en sterke sedimentatie.

De relatieve zeespiegelstijging heeft tot nu toe een bescheiden rol gespeeld. Echter, als de voorspelde versnelde zeespiegelrijzing van 0,6 m per eeuw werkelijkheid wordt, dan zal het belang hiervan sterk toenemen. Een tendens van ontlanding ligt dan meer voor de hand dan een verlanding.

Aanbevolen wordt om de veranderingen van de effectieve komberging in het estuarium in de tijd te beschouwen. Deze grootte geeft het best inzicht in de relatie tussen de ontwikkeling van het getij en die van de geometrie van een estuarium op lange termijn.

7. Referenties

Claessens, J. en Belmans, H., 1984, Overzicht van Tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1971-1980.

Tijdschrift der Openbare werken van België, nr 3, 1984.

Dillingh, D. en Heinen, P.F., 1994, Zeespiegelrijzing, getijverandering en deltaveiligheid. RWS, RIKZ, rapport RIKZ-94.026.

Huijs, S., 1995, Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde. 1935-1989. Univ.Utrecht, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU Rapport R95-3.

Pieters, T., 1993, Het Schelde-estuarium, beheren of beheersen? RWS, RIKZ, Rapport DGW-93.032.

Pieters, T., Storm, C., Walhout, T. en Ysebaert, T., 1991, Het Schelde-estuarium, m  r dan een vaarweg. RWS, RIKZ, Rapport GWWS-91.081.

Uit den Bogaard, L.A., 1995, Resultaten zandbalans Westerschelde; 1955-1993. Univ.Utrecht, Fac. Ruimtelijke Wetenschappen, IMAU Rapport R95-8.

Van der Spek, A., 1994, Largescale evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands. Univ. Utrecht, proefschrift.

Van Veen, J., 1950, Eb- en vloodschaarsystemen in de Nederlandse getijwateren. Tijdschrift KNAG, 2^e reeks, deel 67, pp 303-325.

BIJLAGEN

Lijst met tabellen

- B-1 Komberging 1931; Alle originele data per rekenvak + berekening totale komberging.
- B-2 Komberging 1962/64; Alle originele data per rekenvak + berekening totale komberging.
- B-3 Komberging 1992; Alle originele data per rekenvak + berekening totale komberging.
- B-4 Komberging per deelgebied voor 1931, 1962/64 en 1992 binnen de begrenzing van de dijk 1992.
- B-5 Komberging per deelgebied voor 1931, 1962/64 en 1992, berekend over het totale gebied (inclusief inpolderingen).
- B-6 Berekening effecten van verandering getijverschil en zeespiegelstijging op de totale komberging. Beschrijving p.8.
- B-7 Berekening inhoudsveranderingen ten opzichte van vaste referentieniveaus; NAP-2m en NAP+4m.

TABEL B-1 KOMBERGING 1931

VAK	nivo,max	A,max	V,max	GLW	A,glw	V,glw	GHW	A,ghw	V,ghw	Amplitude	KOMBERGING, TOTAAL				A,geul	P/A*/ampI	
											P, tot	A, tot	P, int	A, int			
1	301	2445	204	-215	1631	95	241	2437	189	4,56	95	2451	20	821	74	1631	0,54
-10	401	906	22	-215	1	0	241	709	7	4,56	7	709	7	708	0	1	0,23
-13	237	0	0	-215	0	0	241	0	0	4,56	0	0	0	0	0	0	0,01
102	351	174	2	-215	0	0	241	26	0	4,56	0	26	0	26	0	0	0,05
120	371	241	7	-215	29	2	241	142	4	4,56	2	142	1	113	1	29	0,17
7	381	2975	80	-215	72	0	241	2729	39	4,56	38	2762	35	2690	3	72	0,29
-7	291	87	0	-215	0	0	241	15	0	4,56	0	38	0	38	0	0	0,06
2	341	3899	374	-217	2595	179	227	3885	329	4,44	151	3941	36	1345	115	2595	0,60
-20	401	15	0	-217	0	0	227	8	0	4,44	0	8	0	8	0	0	0,34
-23	175	6	0	-217	0	0	227	6	0	4,44	0	6	0	6	0	0	0,32
3	301	5457	682	-219	4174	420	212	5450	634	4,31	215	5554	35	1381	180	4174	0,59
-30	321	9	0	-219	2	0	212	8	0	4,31	0	8	0	6	0	2	0,53
-33	251	34	1	-219	0	0	212	33	0	4,31	0	33	0	33	0	0	0,25
4	361	4319	569	-203	3315	342	203	4306	501	4,06	160	4368	25	1053	135	3315	0,59
-40	301	34	1	-203	1	0	203	25	0	4,06	0	25	0	24	0	1	0,12
-43	111	6	0	-203	2	0	203	6	0	4,06	0	6	0	4	0	2	0,65
5	311	6062	823	-196	4634	538	193	5851	744	3,89	206	5898	26	1265	180	4634	0,53
-50	321	280	7	-196	5	0	193	212	3	3,89	3	212	3	207	0	5	0,36
-53	321	293	7	-196	9	0	193	269	4	3,89	3	269	3	259	0	9	0,27
101	561	1275	67	-196	88	3	193	1138	21	3,89	18	1138	14	1049	3	88	0,35
6	218	5521	742	-189	4249	537	184	5410	720	3,73	183	5465	24	1206	158	4249	0,54
-60	281	142	6	-189	43	1	184	137	5	3,73	4	137	2	95	2	43	0,61
-63	241	35	1	-189	4	0	184	31	0	3,73	0	31	0	27	0	4	0,20
100	521	802	35	-189	85	1	184	502	10	3,73	9	502	6	417	3	85	0,35

BERGING, DATA

VAK	P, tot	A, tot	P, int	A, int	P, geul	A, geul	A, dijlk	NODATA A, nodata	A, int	P, int	A, supra	V, <ghw	H, int	P, int/P, tot	A, int/A, dijlk	A, int/A, geul	A, int/A, supra
1	94	2437	20	806	74	1631	2469	24	14	0	17	189	-0,05	0,21	0,33	0,50	48,0
-10	7	709	7	708	0	1	196	7	1,36	0,99	196	7	1,36	0,99	681	3,6	
-13	0	0	0	0	0	0	0	0	2,38	1,00	0	0	2,38	1,00			
102	0	26	0	26	0	0	148	4	1,63	0,40	100	4	1,63	0,40	4	1,1	0,2
120	2	142	1	113	1	29	3029	54	33	0	268	39	1,11	0,91	0,89	37	10,0
7	38	2729	35	2657	3	72	124	37	22	0	87	0	2,14	1,00	0,30	0,4	
-7	0	15	0	15	0	0	3991	92	55	1	50	330	-0,40	0,24	0,34	0,52	26,7
2	150	3885	35	1290	115	2595	0	0	0,78	0,97	7	0	0,78	0,97	100	1,2	
-20	0	8	0	8	0	0	0	0	0,84	0,91	0	0	0,84	0,91	30		
-23	0	6	0	6	0	0	5631	174	105	1	77	635	-0,43	0,16	0,25	0,33	17,9
3	214	5450	34	1276	180	4174	0	78	47	0	243	744	-0,12	0,13	0,21	0,27	5,2
-30	0	8	0	6	0	2	6141	0	0	0	68	3	-0,16	0,65	41	4	23,0
-33	0	33	0	33	0	0	0	0	1,05	0,95	1	0	1,05	0,95	81	28,0	
4	159	4306	25	991	135	3315	4422	103	62	1	54	502	-0,37	0,16	0,24	0,32	19,4
-40	0	25	0	24	0	1	0	0	1,55	0,67	9	0	1,55	0,67	17	2,7	
-43	0	6	0	4	0	2	0	0	-0,62	0,54	0	0	-0,62	0,54	2		
5	206	5851	25	1218	180	4634	6141	78	47	0	243	744	-0,12	0,13	0,21	0,27	5,2
-50	3	212	3	207	0	5	0	0	0,52	0,94	68	3	0,52	0,94	41	3,0	
-53	3	269	3	259	0	9	0	0	0,86	0,88	24	4	0,86	0,88	27	10,8	
101	18	1138	14	1049	3	88	0	0	0,86	0,81	137	21	0,86	0,81	12	7,7	
6	182	5410	24	1161	158	4249	5595	74	44	0	141	720	-0,18	0,13	0,22	0,28	8,6
-60	4	137	2	95	2	43	0	0	-0,43	0,57	4	5	-0,43	0,57	2	21,3	
-63	0	31	0	27	0	4	0	0	1,09	0,59	4	0	1,09	0,59	7	6,6	
100	9	502	6	417	3	85	301	10	0,62	0,64	301	10	0,62	0,64	5	1,4	

VOLUME EN KOMBERGING IN MM3 EN AREAAL IN HA

AANNAAM 50% VAN NODATA-AREAAL BEHOORT TOT KOMBERGING

AANNAAM GEMIDDELDE HOOGTE VAN NODATA-AREAAL IS NAP+1M EN NAP+2M VOOR VAK7 EN-7

TABEL B-2 KOMBERGING 1962/64

VAK	nivo,max	A _{max}	V _{max}	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	KOMBERGING, TOTAAL				A _{geul}	P/A*/ampI
											P _i tot	A _i tot	P _i int	A _i int	P _i geul	
1	371	2401	223	-203	1615	101	252	2369	195	4,55	94	2410	20	795	74	0,56
-10	371	683	14	-203	0	0	252	592	6	4,55	6	592	6	592	0	0,22
-13	361	9	0	-203	0	0	252	1	0	4,55	0	1	0	1	0	0,21
7	361	3011	57	-203	26	0	252	2117	25	4,55	25	2128	24	2102	1	0,25
-7	307	111	0	-203	0	0	252	2	0	4,55	0	10	0	10	0	0,12
2	339	3758	369	-208	2709	181	239	3683	331	4,47	152	3823	31	1114	121	0,63
-20	351	9	0	-208	0	0	239	2	0	4,47	0	2	0	2	0	0,28
-23	264	17	0	-208	0	0	239	9	0	4,47	0	9	0	9	0	0,13
3	279	5406	642	-212	3792	403	227	5402	614	4,39	213	5538	46	1746	166	0,60
-30	231	5	0	-211	2	0	227	5	0	4,38	0	5	0	3	0	0,62
-33	311	30	1	-213	1	0	227	25	0	4,40	0	25	0	24	0	0,25
4	291	4237	535	-196	3224	345	213	4217	502	4,09	158	4328	26	1104	132	0,58
-40	291	38	0	-196	1	0	213	5	0	4,09	0	5	0	3	0	0,31
-43	41	2	0	-196	1	0	213	2	0	4,09	0	2	0	1	0	0,61
5	391	5977	905	-190	4815	579	204	5921	794	3,94	216	6019	26	1204	190	0,56
-50	361	65	1	-191	1	0	204	5	0	3,95	0	5	0	4	0	0,46
-53	270	108	2	-190	0	0	204	82	1	3,94	1	82	1	81	0	0,33
6	251	5368	756	-183	4268	546	196	5330	727	3,79	182	5467	20	1199	162	0,45
-60	-89	4	0	-183	4	0	196	4	0	3,79	0	4	0	0	0	0,86
-63	281	19	0	-183	1	0	196	15	0	3,79	0	15	0	15	0	0,19

KOMBERGING, DATA

VAK	P _i tot	A _i tot	P _i int	A _i int	P _i geul	A _i geul	A _i dik	A _i nodata	A _i supra	V _i ghw	H _i int	P _i int/P _i tot	A _i int/Adijk	A _i int/Ageul	A _i int/Asupra
1	93	2369	20	754	74	1615	2469	68	1	58	-0,02	0,22	0,32	0,49	13,6
-10	6	592	6	592	0	0	0	0	0	91	1,51	1,00	0,32	7,401	6,5
-13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	8	1,58	1,00	0,69	80	0,2
7	25	2117	23	2091	1	26	3029	18	0	901	1,40	0,95	0,08	0,1	2,3
-7	0	2	0	2	0	0	124	13	0	114	1,98	1,00	0,28	0,41	6,6
2	150	3683	29	974	121	2709	3991	233	2	168	-0,42	0,21	0,28	0,41	0,2
-20	0	2	0	2	0	0	0	0	0	7	1,16	1,00	0,28	0,41	0,2
-23	0	9	0	9	0	0	0	0	0	7	1,83	1,00	0,31	0,46	1,3
3	211	5402	45	1611	166	3792	5631	226	2	94	-0,38	0,22	0,31	0,46	18,6
-30	0	5	0	3	0	2	0	0	0	0	-0,43	0,56	0,25	2	26,7
-33	0	25	0	24	0	1	0	0	0	6	1,16	0,89	0,25	32	4,3
4	157	4217	25	993	132	3224	4422	185	1	94	-0,22	0,16	0,25	0,34	11,7
-40	0	5	0	3	0	1	0	0	0	34	0,86	0,48	0,25	3	0,1
-43	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	-0,35	0,22	0,20	0,46	0,1
5	215	5921	25	1106	190	4815	6141	164	1	122	-0,16	0,12	0,20	0,25	9,9
-50	0	5	0	4	0	1	0	0	0	59	0,22	0,62	0,21	4	0,1
-53	1	82	1	81	0	0	0	0	0	27	0,74	0,99	0,21	254	3,0
6	181	5330	19	1062	162	4268	5595	228	1	129	0,26	0,11	0,21	0,28	9,3
-60	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	-1,32	0,02	0,21	0,02	0,2
-63	0	15	0	15	0	1	0	0	0	4	1,23	0,81	0,21	23	3,6

VOLUME EN KOMBERGING IN MM3 EN AREAAL IN HA

AANNAME 60% VAN NODATA-AREAAL BEHOORT TOT KOMBERGING

AANNAME GEMIDDELDE HOOGTE VAN NODATA-AREAAL IS NAP+1M EN NAP+2M VOOR VAK7 EN -7

TABEL B-3 KOMBERGING 1992

VAK	nivo,max	A _i max	V _i max	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	KOMBERGING,TOTAAL					P/A*1/amp	
											P _i tot	A _i tot	P _i int	A _i int	P _i geul		A _{geul}
1	160	2188	210	-217	1634	137	268	2188	210	4,85	100	2356	21	722	79	1634	0,59
7	450	3002	70	-217	3	0	268	1543	18	4,85	18	1560	18	1557	0	3	0,24
-7	450	111	2	-216			268	35	0	4,84	0	43	0	43	0	0	0,04
2	230	3791	341	-211	2466	201	252	3791	341	4,63	150	3911	36	1445	114	2466	0,54
3	231	5404	587	-206	3723	383	237	5404	587	4,43	209	5541	44	1818	165	3723	0,55
4	201	4254	522	-194	3462	369	225	4254	522	4,19	164	4355	19	893	145	3462	0,51
5	264	5759	836	-186	4727	594	214	5749	807	4,00	216	5978	27	1251	189	4727	0,53
6	250	5512	756	-179	4276	546	202	5447	729	3,81	184	5497	21	1221	163	4276	0,44

VAK	KOMBERGING, DATA					NODATA					P _i int	A _i supra	V _i ghw	H _i int	P _i int/P _i tot	A _i int/Adijk	A _i int/Ageul	A _i int/Asupra	
	P _i tot	A _i tot	P _i int	A _i int	P _i geul	A _i geul	A _i dijk	A _i nodata	A _i int										
1	97	2188	18	554	79	1634	2469	280	168	3	112	3	112	237	-0,19	0,21	0,29	0,44	6,4
7	18	1543	18	1540	0	3	3029	28	17	0	1470	0	1470	18	1,50	0,99	0,51	564	1,1
-7	0	35	0	35	0	0	124	13	8	0	81	0	81	0	2,50	1,00	0,34		0,5
2	148	3791	34	1325	114	2466	3991	200	120	2	80	2	80	351	0,03	0,24	0,36	0,59	18,0
3	207	5404	43	1681	165	3723	5631	227	136	2	91	2	91	592	-0,08	0,21	0,32	0,49	20,0
4	163	4254	18	792	145	3462	4422	168	101	1	67	1	67	533	0,13	0,12	0,20	0,26	13,3
5	213	5749	24	1022	189	4727	6141	382	229	3	163	3	163	810	0,00	0,12	0,20	0,26	7,7
6	183	5447	20	1171	163	4276	5595	84	50	1	98	1	98	730	0,33	0,11	0,22	0,29	12,4

VOLUME EN KOMBERGING IN MM3 EN AREAAL IN HA

AANNAME 60% VAN NODATA-AREAAL BEHOORT TOT KOMBERGING

AANNAME GEMIDDELTE HOOGTE VAN NODATA-AREAAL IS NAP+1M EN NAP+2M VOOR VAK7 EN -7

TABEL B-4 KOMBERGING DEELGEBIEDEN BINNEN DIJK 1992

1931

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
OOST	-2,16	4298	274	2,34	9067	557	4,50	284	9191	91	4893	193	4298	9613	422	558
MIDDEN	-2,11	7489	761	2,08	9756	1135	4,19	375	9922	60	2433	314	7489	10054	131	1136
WEST	-1,93	8882	1075	1,89	11261	1463	3,81	389	11353	50	2470	339	8882	11736	383	1464
TOTAAL	-2,07	20670	2111	2,10	30084	3155	4,17	1048	30466	202	9797	846	20670	31403	937	3159
H ₁ -2/+4m																
GEBIED					PI/AI*1/ampl	H ₁ int				P _{int} /P _{tot}	A _{int} /A _{dijk}	A _{int} /A _{geul}	A _{int} /A _{supra}			
OOST					0,41	0,48				0,32	0,51	1,14	11,6			0,72
MIDDEN					0,59	-0,41				0,16	0,24	0,32	18,5			-0,24
WEST					0,53	-0,15				0,13	0,21	0,28	6,4			0,01
TOTAAL					0,49	0,04				0,19	0,31	0,47	10,5			0,30

1962/64

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
OOST	-2,06	4351	283	2,46	8172	551	4,51	271	8371	75	4020	196	4351	9613	1242	554
MIDDEN	-2,04	7016	749	2,20	9619	1116	4,24	371	9866	72	2850	298	7016	10054	188	1119
WEST	-1,87	9083	1125	2,00	11251	1521	3,87	398	11486	47	2403	351	9083	11736	250	1523
TOTAAL	-1,99	20450	2156	2,22	29042	3188	4,21	1040	29722	194	9272	846	20450	31403	1681	3196
H ₁ -2/+4m																
GEBIED					BI/AI*1/ampl	H ₁ int				B _{int} /B _{tot}	A _{int} /A _{dijk}	A _{int} /A _{geul}	A _{int} /A _{supra}			
OOST					0,41	0,59				0,28	0,42	0,92	3,2			1,08
MIDDEN					0,60	-0,34				0,20	0,28	0,41	15,2			-0,26
WEST					0,51	0,05				0,12	0,20	0,26	9,6			0,12
TOTAAL					0,50	0,12				0,19	0,30	0,45	5,5			0,47

1992

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
OOST	-2,14	4103	337	2,60	7557	569	4,74	269	7870	75	3767	194	4103	9613	1743	606
MIDDEN	-2,00	7185	752	2,31	9658	1108	4,31	373	9895	63	2710	310	7185	10054	158	1125
WEST	-1,83	9003	1140	2,08	11196	1536	3,91	399	11475	47	2471	352	9003	11736	261	1540
TOTAAL	-1,99	20291	2229	2,33	28411	3214	4,32	1041	29240	186	8949	856	20291	31403	2163	3271
H ₁ -2/+4m																
GEBIED					BI/AI*1/ampl	H ₁ int				B _{int} /B _{tot}	A _{int} /A _{dijk}	A _{int} /A _{geul}	A _{int} /A _{supra}			
OOST					0,42	0,60				0,28	0,39	0,92	2,2			1,29
MIDDEN					0,54	-0,03				0,17	0,27	0,38	17,1			0,05
WEST					0,49	0,16				0,12	0,21	0,27	9,5			0,22
TOTAAL					0,48	0,25				0,18	0,28	0,44	4,1			0,70

TABEL B-5 KOMBERGING DEELGEBIEDEN (inclusief inpolderingen)

1931

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
OOST	-2,16	4328	276	2,34	9958	569	4,50	294	10083	100	5755	194	4328	10613	872	570
MIDDEN	-2,11	7495	762	2,08	9828	1136	4,19	376	9994	61	2500	315	7495	10154	142	1138
WEST	-1,93	9117	1081	1,89	13549	1506	3,81	426	13641	78	4524	348	9117	15436	921	1507
TOTAAL	-2,07	20940	2119	2,10	33335	3211	4,17	1096	33718	239	12778	857	20940	36203	1935	3215

GEBIED P_i/A_i*1/amp_i H_iint P_iint/P_itot A_iint/A_idijk A_iint/A_igeul A_iint/A_isupra

OOST	0,39	0,61	0,34	0,54	1,33	6,6
MIDDEN	0,58	-0,37	0,16	0,25	0,33	17,6
WEST	0,45	0,16	0,18	0,29	0,50	4,9
TOTAAL	0,45	0,23	0,22	0,35	0,61	6,6

1962/64

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
--------	-----	------------------	------------------	-----	------------------	------------------	-----------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------------

OOST	-2,06	4351	283	2,46	8776	557	4,51	277	8976	81	4625	196	4351	10213	1356	560
MIDDEN	-2,04	7020	749	2,20	9655	1117	4,24	371	9901	73	2881	299	7020	10054	228	1120
WEST	-1,87	9089	1125	2,00	11357	1522	3,87	400	11592	48	2503	352	9089	11936	340	1525
TOTAAL	-1,99	20460	2156	2,22	29788	3196	4,21	1048	30469	202	10008	846	20460	32203	1924	3204

GEBIED P_i/A_i*1/amp_i H_iint P_iint/P_itot A_iint/A_idijk A_iint/A_igeul A_iint/A_isupra

OOST	0,39	0,70	0,29	0,45	1,06	3,4
MIDDEN	0,60	-0,32	0,20	0,29	0,41	12,7
WEST	0,50	0,08	0,12	0,21	0,28	7,4
TOTAAL	0,48	0,20	0,19	0,31	0,49	5,2

1992

GEBIED	GLW	A _{glw}	V _{glw}	GHW	A _{ghw}	V _{ghw}	Amplitude	P _{tot}	A _{tot}	P _{int}	A _{int}	P _{geul}	A _{geul}	A _{dijk}	A _{supra}	V _{<ghw}
OOST	-2,14	4103	337	2,60	7557	569	4,74	269	7870	75	3767	194	4103	10613	1743	606
MIDDEN	-2,00	7185	752	2,31	9658	1108	4,31	373	9895	63	2710	310	7185	10154	158	1125
WEST	-1,83	9003	1140	2,08	11196	1536	3,91	399	11475	47	2471	352	9003	15436	261	1540
TOTAAL	-1,99	20291	2229	2,33	28411	3214	4,32	1041	29240	186	8949	856	20291	36203	2163	3271

GEBIED P_i/A_i*1/amp_i H_iint P_iint/P_itot A_iint/A_idijk A_iint/A_igeul A_iint/A_isupra

OOST	0,42	0,60	0,28	0,35	0,92	2,2
MIDDEN	0,54	-0,03	0,17	0,27	0,38	17,1
WEST	0,49	0,16	0,12	0,16	0,27	9,5
TOTAAL	0,48	0,25	0,18	0,25	0,44	4,1

TABEL B-7 INHOUD EN GEMIDDELDE HOOGTE TOV NAP-2M

GRID	REKENVAK	>-2m < +4m		>-2m < +4m		Pint	Pgeul	Pint/Aint	Hint
		Vol < 4m	Aint	Adijk	P,tot				
									toev nap + 4
31	1	229	811	2469	131	32	99	3,95	0,05
31	2	400	1324	3991	216	56	160	4,24	-0,24
31	3	741	1364	5631	314	58	256	4,22	-0,22
31	4	589	1098	4422	246	47	199	4,27	-0,27
31	5	872	1524	6141	336	59	277	3,89	0,11
31	6	842	1387	5595	309	57	253	4,11	-0,11
31	7	87	2941	3029	86	81	5	2,74	1,26
31	-7	2	124	124	2	2	0	1,63	2,37
62	1	232	848	2469	130	33	97	3,88	0,12
62	2	400	1226	3991	217	51	166	4,13	-0,13
62	3	716	1779	5631	308	77	231	4,31	-0,31
62	4	588	1198	4422	244	50	193	4,19	-0,19
62	5	916	1353	6141	342	55	287	4,04	-0,04
62	6	844	1358	5595	305	51	254	3,73	0,27
62	7	69	3002	3029	68	67	2	2,22	1,78
62	-7	2	124	124	2	2	0	1,38	2,62
92	1	271	816	2469	132	32	99	3,98	0,02
92	2	411	1494	3991	208	58	150	3,88	0,12
92	3	685	1890	5631	300	76	224	4,00	0,00
92	4	611	973	4422	244	37	207	3,84	0,16
92	5	926	1451	6141	338	57	281	3,92	0,08
92	6	841	1361	5595	304	49	254	3,63	0,37
92	7	55	2992	2996	55	55	0	1,83	2,17
92	-7	2	117	117	2	2	0	1,32	2,68
1931									
GEBIED	Vol < 4m	Aint	Adijk	P,tot	Pint	Pgeul	Pint/Aint	Hint	
OOST	717	5200	9613	436	171	265	3,28	0,72	
MIDDEN	1330	2462	10054	560	104	456	4,24	-0,24	
WEST	1715	2911	11736	646	116	530	3,99	0,01	
TOTAAL	3762	10572	31403	1641	391	1250	3,70	0,30	
1962/64									
GEBIED	Vol < 4m	Aint	Adijk	P,tot	Pint	Pgeul	Pint/Aint	Hint	
OOST	703	5200	9613	417	152	265	2,92	1,08	
MIDDEN	1304	2978	10054	551	127	425	4,26	-0,26	
WEST	1760	2711	11736	647	105	541	3,88	0,12	
TOTAAL	3766	10889	31403	1615	384	1231	3,53	0,47	
1992									
GEBIED	Vol < 4m	Aint	Adijk	P,tot	Pint	Pgeul	Pint/Aint	Hint	
OOST	739	5418	9573	396	147	249	2,71	1,29	
MIDDEN	1296	2863	10054	544	113	431	3,95	0,05	
WEST	1766	2812	11736	642	106	535	3,78	0,22	
TOTAAL	3802	11093	31362	1582	366	1216	3,30	0,70	