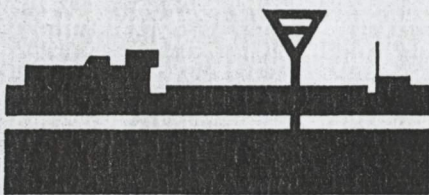
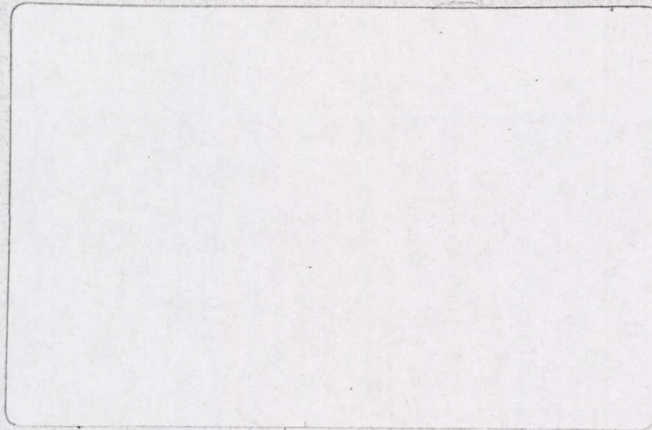


DI: 185432



BEREKENING VAN DE SCHUTWATER-
HOEVEELHEDEN DOOR HET TOEKOMSTIGE
SLUIZENKOMPLEX TE HANSWEERT

Nota nr. S 76.52

Rijkswaterstaat,
Dienst Verkeerskunde,
Hoofdafdeling Scheepvaart

Dordrecht,
november 1977

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	1
2. SAMENVATTING EN KONKLUSIES	2
3. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	4
3.1 Algemeen	4
3.2 Principe van de simulatie en schematisaties	5
3.3 De gebruikte gegevens	10
3.4 De gevraagde resultaten	11
4. DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	12

1 Bijlage met berekeningsresultaten

TABELLEN

1. Berekening bedieningstijd per verval in stappen van 10 cm
2. Gegevens laadvermogenklassen van standaardschepen
3. Overschrijdingsfrequentie van schutwatervolumina die verplaatsen in de richting van de Oosterschelde door het nieuwe sluiskomplex te Hansweert bij een 65% en een 90% gemiddeld getij.

FIGUREN

1. Geschematiseerde en gelote aanbod van de goederenvervoerende binnenvaart bij de sluizen te Hansweert.
2. Getijkrommen Hansweert en Wemeldinge (na bouw stormvloedkering Oosterschelde).
3. Verval bij sluizencomplex Hansweert bij gem. getij (na bouw stormvloedkering Oosterschelde)
4. Vervallen over de schutsluizen te Hansweert voor een 65%-gemiddeld getij en een 90%-gemiddeld getij
5. Schutwaterverplaatsing t.g.v. het nivelleren bij de sluizen te Hansweert in 1985 voor een 65%-getij (week 1)
6. Schutwaterverplaatsing t.g.v. het nivelleren bij de sluizen te Hansweert in 1985 voor een 65%-getij (week 2)
7. Schutwaterverplaatsing t.g.v. het nivelleren bij de sluizen te Hansweert in 1985 voor een 90%-getij (week 1)
8. Schutwaterverplaatsing t.g.v. het nivelleren bij de sluizen te Hansweert in 1985 voor een 90%-getij (week 2)

LITERATUUR

- [1] Rijkswaterstaat Communications nr. 22
Lock capacity and traffic resistance of locks

- [2] Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde
Generatiemodellen voor het scheepvaartverkeer
Nota nr. 75.6, maart 1975

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

In de toekomst zal het kanaal door Zuid-Beveland (KZB) verbeterd worden. Het sluiskomplex te Hansweert wordt vervangen door een nieuw kompleks en de sluizen bij Wemeldinge worden buiten bedrijf gesteld. Het nieuwe kompleks te Hansweert zal dan de enige scheiding vormen tussen de Westerschelde en de - tegen die tijd - gedeeltelijk afgesloten Oosterschelde.

Bij het schutten van schepen door het nieuwe kompleks te Hansweert zal vuil en brak Westerschelde-water terecht komen in het KZB. Dit is ongewenst en daarom wordt onderzocht of het vuile en brakke schutwater op het KZB kan worden teruggedrongen naar de Westerschelde. Dit zou d.m.v. een lozingsmiddel bij het sluizenkomplex te Hansweert kunnen worden bereikt.

Om te bepalen hoeveel schutwater bij het toekomstige schutten te Hansweert wordt verplaatst is bij brief nr. 1531 van 17 maart 1977 van de direktie Zeeland aan de hoofdafdeling Scheepvaart van de dienst Verkeerskunde verzocht hier onderzoek naar te doen.

In deze nota worden berekeningen beschreven die gebaseerd zijn op een resp. 65% en een 90% getij op de Oosterschelde. Bij de aanvang van het onderzoek was nl. nog niet bekend tot welke getijreduktie de regering zou beslissen. Thans is van regeringswege besloten het Oosterscheldegetij tot 77% te reduceren. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de resultaten van het onderzoek. Daarmee is echter het onderzoek nog niet zinloos geworden. Uit de berekeningen voor 65% en een 90% getij zijn de resultaten voor een 77% getij af te leiden.

Aanvankelijk lag het in de bedoeling de berekeningen voor het jaar 1985 en 2000 te verrichten. Omwille van de hoeveelheid werk en de daarvoor beschikbare tijd en mankracht is besloten alleen het prognosejaar 1985 te beschouwen. Voor het jaar 2000 kon daarom slechts een schatting gegeven worden.

Deze gegevens zouden kunnen worden benut om enig inzicht te krijgen in de uitwisseling van Ooster- en Westerscheldewater t.g.v. mogelijke dichtheidsverschillen indien naderhand zou blijken dat hierdoor toch relatief grote waterverplaatsingen worden veroorzaakt.

2. SAMENVATTING EN KONKLUSIES

Op verzoek van de direktie Zeeland, Arrondissement Vlissingen is door de hoofdafdeling Scheepvaart een berekening uitgevoerd om de schutwaterhoeveelheden door het toekomstige sluiskomplex te Hansweert te bepalen.

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van een simulatie van het schutproces. Hiermee is het mogelijk na te gaan hoeveel schutwater er per tijdseenheid verplaatst wordt.

Voor de berekening is uitgegaan van gegevens die zijn verstrekt door de direktie Zeeland en de direktie Bruggen. De overige noodzakelijke gegevens zijn bij de dienst Verkeerskunde beschikbaar en zijn verkregen uit verkeerswaarnemingen te Hansweert en Wemeldinge.

Omdat de direktie Zeeland niet geheel duidelijk voor ogen stond welke resultaten van de berekening nu precies nodig zijn voor het bepalen van de spuumogelijkheden, wordt in deze nota volstaan met het geven van het schutwatertransport op half-uursbasis (zie de figuren 5 t/m 8). Bij deze nota worden tevens de berekeningsoverzichten verstrekt waarop de "gesimuleerde" hoeveelheid water op kortere tijdbasis is vastgelegd. Deze overzichten zijn in een aparte bijlage, behorend bij de nota, opgenomen. De nodige verdere bewerking van de resultaten wordt verricht door de Studiedienst Vlissingen van de direktie Waterhuishouding en Waterbeweging.

De simulatieberekening wijst het volgende uit:

1. Per saldo over een simulatieperiode van 14 dagen in het prognosejaar 1985 bij een 65% getij in de Oosterschelde treedt een schutwaterverplaatsing op van $249 \times 10^3 \text{ m}^3$ in de richting van de Oosterschelde. Bij een 90% getij bedraagt het overschot aan schutwater in de richting van de Oosterschelde $83 \times 10^3 \text{ m}^3$.
2. Bij een 65% getij is het vuil- en brakwaterbezwaar systematisch hoger dan bij het 90%-getij; het verval richting Oosterschelde is gemiddeld genomen groter dan het verval richting Westerschelde.
3. Tijdens de simulatieduur van 14 dagen is eenmaal een schutwaterverlies van ca. 59.000 m^3 in 4,5 uur in de richting van de Oosterschelde opgetreden bij het 65% getij.
4. Bij een 65% gemiddeld getij ligt het maximum schutwatertransport in de richting van de Oosterschelde gedurende één $\frac{1}{2}$ uur op ca.

11.000 m³. Bij een 90% gemiddeld tij is deze waarde bij 7000 m³.

Voor het prognosejaar 2000 zijn geen berekeningen uitgevoerd. De schutwaterverplaatsingen zijn echter geschat waarbij met de volgende ontwikkelingen rekening is gehouden:

1. toeneming van de te transporteren lading,
2. toeneming van het gemiddelde laadvermogen van de schepen,
3. mogelijk geringe toeneming van de leegvaart,
4. toeneming van de continuvaart.

De ontwikkelingen 1,2 en 3 zullen elkaar grotendeels neutraliseren in die zin dat een grote toename van het aantal scheepspassages niet zal optreden. Door ontwikkeling 4 zal de verkeersintensiteit in de nacht en in het weekeinde toenemen. Er moet dan ook rekening worden gehouden met een iets groter aantal schuttingen dan in 1985.

Op grond van deze beschouwing wordt geen sterke toeneming van de schutwaterverplaatsing (minder dan 10%) verwacht in de periode 1985-2000.

Omdat de regering thans besloten heeft geen 65% of 90% getij toe te laten op de Oosterschelde, maar een 77% getij, wordt voor deze waarde een schatting gegeven. Als voorlopige benadering lijkt een rechtlijnige interpolatie tussen de uitkomsten van het 65% en 90% getij verantwoord. Aldus valt te verwachten dat bij 77% getij:

- het schutwatersaldo over 14 simulatiedagen van ca. $166 \times 10^3 \text{ m}^3$ verplaatst wordt in de richting van de Oosterschelde;
- het maximum schutwatertransport per 0,5 uur ca. 9000 m^3 zal bedragen.

3. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

3.1 Algemeen

Om de hoeveelheden schutwater door de toekomstige scheepvaartsluizen te Hansweert te kunnen bepalen moet rekening worden gehouden met de volgende factoren:

- de schutkolkafmetingen;
- het aantal schutkolken;
- de bedieningstijd van de schutkolken;
- de bedrijfstijden van het sluiscomplex;
- het tijverskil tussen de Wester- en de Oosterschelde als functie van de tijd. Het tijverskil bepaalt hoeveel schutwater er per schutting verplaatst wordt;
- het scheepsaanbod in beide vaarrichtingen. Hierdoor wordt bepaald of er geschut zal worden en, zo ja, hoe vaak er geschut zal worden. Het zal duidelijk zijn dat de aankomsttijdstippen van de schepen en de scheepsafmetingen hierbij een rol spelen.

Het is mogelijk om de hoeveelheden schutwater te berekenen met behulp van gemiddelden die voor de diverse variabelen uit waarnemingen en berekeningen kunnen worden afgeleid. Zo kan bijvoorbeeld uit het verkeersaanbod het gemiddeld aantal schuttingen van de beide kolken in een bepaalde periode worden berekend. Tevens kan daarbij het gemiddeld waterstandsverschil worden bepaald waarmee dan de schutwaterbeweging kan worden berekend. In het navolgende wordt gemotiveerd waarom niet voor deze methode is gekozen.

In de eerste plaats kon door de direktie Zeeland niet precies worden aangegeven welke resultaten gewenst waren. Gezocht moest daarom worden naar een berekeningsmethode waarbij na voltooiing van het werk alsnog beslist kan worden hoe de resultaten zullen worden bewerkt en gepresenteerd. Voorts kunnen met een berekening op basis van gemiddelden toevallige effecten niet worden meegenomen. Een typische karaktertrek van een verkeersaanbod is juist het toevallige optreden van pieken en stille perioden. Hierdoor wordt bepaald of er al dan niet geschut wordt. Is bij toeval het verkeersaanbod uit één richting groot en uit de tegenovergestelde richting nihil, dan zal de kolk een

aantal malen leeg (d.w.z. zonder schepen) moeten worden omgezet. Dit heeft direkt invloed op het schutwatertransport. In welke richting het schutwater zich op dat moment verplaatst is bij toeval afhankelijk van de getijfase. Een berekening die op gemiddelden gebaseerd is, geeft bovendien geen inzicht in het optreden van maximale schutwaterhoeveelheden. Een frekwentieverdeling voor de schutwaterverliezen is met een dergelijke aanpak niet vast te stellen. Beter is het om de werkelijkheid zo goed mogelijk na te bootsen door middel van een berekeningsmethode die simulatie wordt genoemd.

Bij een simulatieberekening is het wel mogelijk om toevallige effecten in de berekening mee te nemen. In principe is het met zo'n methode mogelijk om vrijwel exakt na te bootsen wat er in werkelijkheid gebeurt. Het is echter in de praktijk lang niet altijd nodig om een simulatieberekening met een dergelijk hoge nauwkeurigheid ook uit te voeren. Vaak kunnen veel aspecten worden geschematiseerd. Bovendien is het dikwijls praktisch niet mogelijk om die nauwkeurigheid te behalen. De berekeningen worden dan namelijk zo tijdrovend dat resultaten op afzienbare termijn niet kunnen worden opgeleverd.

Voordat nader wordt ingegaan op de simulatieberekening voor het schutwaterprobleem te Hansweert is een algemene (globale) beschrijving van het simulatieprincipe gewenst. Daarbij is het illustratief om een schutkolk als voorbeeld te laten dienen.

3.2 Principe van de simulatie en schematisaties

Bij een schutkolk wordt een aantal handelingen verricht om een schip van een laag waterniveau naar een hoog waterniveau te brengen of omgekeerd. Al deze handelingen kosten tijd. Het doet er niet toe wie die handelingen verricht - het schip (lees: de schipper) of de sluiswachter (het draaien van de deuren, het omzetten van de kolk) -. Het is mogelijk om al die handelingen in een tijdreeks op te slaan. Is het schip de kolk gepasseerd, dan is in een lijst na te gaan hoe lang één bepaalde fase in het proces geduurd heeft. Het zal duidelijk zijn dat dezelfde handelingen niet steeds even lang duren. Zo zal het ene schip vlotter de kolk invaren dan het andere. De scheepsafmetingen en de beladingstoestand in relatie tot de natte doorsnede van de schutkolk spelen hierbij een rol. Ook zal een eerste schip bij een schutting

niet steeds vanaf dezelfde plaats in de voorhaven de kolk invaren. Hierdoor zal de invaartijd van zo'n eerste schip - in het vervolg "lustijd" genoemd - niet steeds dezelfde zijn. Het omzetten van de kolk duurt langer naarmate het waterstandsverschil tussen boven- en benedenpand van de kolk groter is. Een uitgebreide en diepgaande bespreking van de factoren die verder nog een rol spelen zou hier te ver voeren. Hiervoor wordt verwezen naar lit. [1].

Om nu konkreet een simulatieberekening uit te voeren is vooraf een indeling van de totale schutcyclus in logische tijdfasen noodzakelijk (zie hiervoor lit. [1] blz. 13). Uit de praktijk bij bestaande schutsluizen is bekend wat de duur van de diverse onderscheiden fasen is. Dit geldt zowel voor de bedieningstijd van de sluis als voor de diverse bijzondere kenmerken per schip, zoals lustijd (switch interval), invaarvolgtijd (entry interval) en uitvaarvolgtijd (exit interval). Deze kenmerken per schip hangen af van de scheepsafmeting (het laadvermogen) en de beladingstoestand van het schip (geladen of leeg).

Voor de simulatieberekeningen in dit rapport zijn de volgende kenmerken per schip meegenomen:

1. de lustijd, deze is afhankelijk gesteld van de scheepsafmeting (het laadvermogen) en de beladingstoestand van het schip.
Voor de lusafstand (zie voor de definitie hiervan lit. [1]) is een konstante waarde aangenomen;
2. de invaarvolgtijd, ook hier is onderscheid gemaakt naar scheepsafmeting en beladingstoestand;
3. de uitvaarvolgtijd, idem zie invaarvolgtijd

Voor de sluiskolk van $24 \times 280 \text{ m}^2$ is de bedieningstijd afhankelijk van het verval berekend uit de draaitijd van de deuren en de tijd nodig voor het nivelleren van de kolk.

M.b.v. de formule

$$T_n = \frac{\frac{1}{2}t_o + \frac{2V_{\text{schijf}}}{Q_{\text{max}}}}{60} \text{ minuten (herkomst: direktie Bruggen)}$$

is de nivelleertijd T_n berekend, waarin $Q_{\text{max}} = \mu \cdot F \sqrt{2g \cdot \Delta h m^3} / \text{sec}$ de afvoer door de schuiven voorstelt.

V_{schijf} is het genivelleerde kolkvolume in m^3
 Δh (verval) in meters

g (versnelling van de zwaartekracht) = 10 m/sec^2

Volgens de directie Bruggen geeft deze formule een redelijke indruk van de nivelleringsstijd gelet op de ervaringen met de Volkeraksluizen.

Voor een goede benadering van de nivelleringsstijd voor de duwvaartsluizen te Hansweert is derhalve uitgegaan van de gegevens van de Volkeraksluizen. Deze zijn:

μ (kontraktiecoëfficiënt) = 0,65 (dimensieloos)

F (gezamenlijk oppervlak van de schuiven) = $22,5 \text{ m}^2$

t_0 (tijdsduur van het openen van de deurschuiven) $\approx 260 \text{ sec.}$

Met deze formule is een tabel berekend voor de bedieningstijd van de toekomstige sluizen. De bedieningstijd is afhankelijk van het verval en bepaald in stappen van 0,1 meter verval (tabel 1).

Nu de gegevens van de schepen zijn gedefinieerd en die van de schutkolk zijn bepaald, is het voor de simulatie noodzakelijk te beschikken over een lijst met aankomsttijdstippen van de schepen bij de sluis. Omdat de scheepsafmetingen invloed uitoefenen op de waarde van de parameters die een rol spelen bij het schutbedrijf is de vloot verdeeld in 8 laadvermogenklassen (genummerd 0 t/m 7, tabel 2). Hierbij is de duwvaart ingedeeld in klasse 6 en 7. Voor het kreëren van een scheepsaanbod wordt nogmaals verwezen naar lit. [1] waarin werkwijze en schematisaties uiteengezet zijn. Met de computer zijn voor de opvaart en de afvaart lijsten met aankomsttijdstippen van schepen gegenereerd. Voor het genereren van aankomsttijdstippen wordt gewerkt met een aselekte trekking uit een negatief exponentiële verdeling. De uitkomsten van deze trekking stellen de hiaattijden tussen de opeenvolgende schepen voor. De aankomsttijdstippen kunnen door optelling van de hiaattijden worden gevonden. In lit. [2] staat nader omschreven hoe dit proces verloopt. Bij elk tijdstip is als kenmerk van het gearriveerde schip tevens afgedrukt:

- het laadvermogen van het schip
- de beladingstoestand van het schip
- de bijbehorende lustijd

- de bijbehorende invaarvolgtijd
- de bijbehorende uitvaarvolgtijd

Het stochastisch effect in het verkeersaanbod is in deze fase in de berekening ingevoerd.

De verdere verwerking van deze schepen door de schutkolken is met de hand gedaan. Daartoe is door een medewerker van de hoofdafdeling Scheepvaart met veel praktijkervaring op schutsluizen zo goed mogelijk nagespeeld wat er in de praktijk gebeurt.

De volgende "spelregels" zijn daarbij in acht genomen:

1. Van 06.00 u tot 22.00 u is met twee kolken geschut (hierna te noemen kolk I en kolk II).
Van 22.00 u tot 24.00 u en
van 24.00 u tot 06.00 u is met één kolk geschut zolang de overligtijd (zie voor de definitie hiervan lit. [1]) per schip kleiner blijft dan 1 uur.
2. Het begin van de simulatie vindt op 00.00 plaats, willekeurig met een van de twee kolken.
3. Per schutting wordt bezien welke kolk het eerst aan de beurt is om het beschikbare aanbod te verwerken. Het kan bijv. voorkomen dat kolk I - gevuld met één schip - eerder is omgezet dan een volle kolk II ondanks het feit dat kolk I later is begonnen met schutten.
4. Leeg omzetten wordt, indien noodzakelijk, alleen gedaan indien binnen 10 minuten geen schip aankomt in de richting waarvoor de sluis gunstig staat.
5. Het wachten op nog niet gearriveerde schepen is beperkt toegestaan:
10 minuten wanneer er geen aanbod is uit de andere richting en 5 minuten als dat wel het geval is.
6. Er wordt geen éénrichtingsschutbedrijf gevoerd. Elke kolk schut dus zoveel mogelijk zowel op- als afvaart.
7. In principe varen de schepen in aankomstvolgorde de sluis in.
8. Vooruit zoeken in de wachtrij van schepen is toegestaan zolang de totale invaartijd van het gekozen schip uit de rij dat in een nog op te vullen ruimte in de schutkolk past, niet meer dan 5 minuten zou bedragen.

9. De schepen worden in een schematisch schaalmodel ingepast in de kolk op dezelfde wijze als in de praktijk. De scheepsvorm is tot een rechthoek geschematiseerd.
10. Bij het schutten wordt geen rekening gehouden met de waterhuishouding.
11. Er wordt niet met deelkolken gewerkt.

Over de gebeurtenissen bij het simulatieschutten is een administratie bijgehouden. Alle belangrijke gebeurtenissen liggen op deze manier op tijdbasis vast. Nadat de simulatieperiode verstreken was, is achteraf de balans opgemaakt van wat er is gebeurd. Afhankelijk van de belangstelling voor bepaalde aspecten kan voor deze aspecten een eindoverzicht worden opgesteld. In dit geval kan voor elke schutting van de simulatie de hoeveelheid schutwater worden bepaald en de richting waarin het verplaatst is.

Tot slot dient de keuze van de simulatieduur nog te worden behandeld.

De onderzoeker heeft in principe de vrijheid het simulatieproces zolang te laten voortduren dat de resultaten van de berekeningen nauwelijks door de simulatieduur worden beïnvloed. Hij kan dat slechts bepalen door een gevoeligheidsanalyse toe te passen op de uitkomsten. Dit betekent in de praktijk dat dezelfde simulaties voor simulatieperiodes van verschillende lengte moeten worden uitgevoerd. Aan het gedrag van de eindresultaten kan dan beoordeeld worden wat een aanvaardbare simulatieperiode is. Zolang echter de gegevens met de hand verwerkt worden is dit een te tijdrovende bezigheid. Daarom is besloten om de simulatieduur zo kort mogelijk te houden als maar verantwoord is. De ervaring heeft geleerd dat voor binnenscheepvaart een simulatieduur van 1 week voldoende is om de afwikkeling van het verkeer bij een schutsluis te bestuderen. In dit geval echter speelt niet alleen het scheepvaartverkeer, maar ook het getij - i.c. het verval - een rol. Door de dagelijkse verschuiving in het getij van (afgerond) één uur verschuift ook het verval in de tijd. Dit heeft consequenties voor de schutwaterhoeveelheden. Het scheepvaartverkeer vertoont nl. een weekcyclus en de vervalcurve is pas weer op dezelfde manier in het etmaal ingepast na ± 14 etmalen. Wil elke aanbodstoestand tenminste eenmaal met elk

optredend verval gekonfronteerd worden, dan moet dus minstens 14 dagen worden gesimuleerd of een veelvoud ervan. Uit oogpunt van tijdbesparing is de simulatieduur op 14 dagen gesteld.

3.3 De gebruikte gegevens

De gebruikte gegevens hebben betrekking op (A) het verkeersaanbod en (B) de schutkolk en (C) het getij.

Ad A Om een indruk te verkrijgen van de verdeling van de uurintensiteiten over de dag en de verdeling van dagintensiteiten over de week zijn waarnemingen verricht aan het scheepvaartverkeer op de verkeerspost te Hansweert en de seinpost te Wemeldinge. In Wemeldinge werd de zuidgaande vaart genoteerd en in Hansweert de noordgaande. Deze waarnemingspunten zijn zo gekozen om zo goed mogelijk het ongestoorde verkeersaanbod in zowel zuidelijke als noordelijke richting te leren kennen. Immers, in de toekomst zal het intensiteitspatroon aan de noordzijde van het nieuwe sluiskomplex waarschijnlijk niet veel afwijken van dat van Wemeldinge thans voor de vaart in zuidelijke richting. Hetzelfde geldt voor de noordgaande vaart die de verkeerspost te Hansweert passeert. De waarnemingen zijn verricht van 14 t/m 25 maart 1977. Uit de verkregen gegevens is het systematisch aanbodspatroom voor de konventionele motorvaart (laadvermogenklasse 0 t/m 5) bepaald (zie voor de werkwijze lit. [1]). Voor de klasse 6 en 7 (duwvaart) is een gelijkmatige intensiteitsverdeling over het etmaal aangenomen. De gemiddelde uurintensiteit 's zondags is in overleg met de sluismeester van de Kreekraksluizen half zo hoog gesteld als op een doordeweekse dag. Duwvaart van enige betekenis is tot dusver nog maar weinig voorgekomen door de sluizen van Hansweert, maar uit gegevens van de Kreekraksluizen is afgeleid dat een gelijkmatig verdeelde intensiteit over het etmaal voor deze categorie verantwoord is (zie fig. 1).

Voor de totale omvang van het verkeer is uitgegaan van de prognose die is opgesteld door de Commissie Compartimentering Oosterschelde (CCO-prognose).

Ad B De schutkolken hebben beide de afmetingen $280 \times 24 \text{ m}^2$ (lengte x breedte). Om de berekening te vereenvoudigen is aangenomen dat de kolken zijn uitgerust met roldeuren i.p.v. puntdeuren. Dan wordt nl. voorkomen dat de keus moet worden gemaakt of de puntdeuren al dan niet "vierkant" moeten worden gezet. "Vierkant" gezette punt-

deuren keren het water naar beide zijden, wat omstreeks de kentering van het getij uit veiligheidsoverwegingen gebruikelijk is. De netto schutkolkafmetingen moeten dan apart bekeken worden. Dit is tijdens het uitvoeren van de simulatieberekeningen lastig. Eenvoudigheidshalve is daarom uitgegaan van roldeuren. Zoals vermeld in paragraaf 3.1 zijn de gegevens voor de nivelleertijd en de bedieningstijd berekend met formules die afkomstig zijn van de direktie Bruggen (zie tabel 1).

ad C Voor het getij is uitgegaan van de gegevens die ter beschikking zijn gesteld door de direktie Zeeland, Arrondissement Vlissingen (tekening nr. 76-14/kode nr. 7.80.1 fig. 2, 3 en 4). Er kon worden beschikt over twee krommen, die het gemiddelde verval bij het sluiszenkomplex te Hansweert beschrijven, respektievelijk voor een getijreduktie op de Oosterschelde tot 65% en 90% van het huidige gemiddelde getij. De getijreduktie is het gevolg van de gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde. Voor de simulatieberekening is aangenomen dat het getij aan de noordzijde van het toekomstige sluiszenkomplex hetzelfde is als bij Wemeldinge en aan de zuidzijde hetzelfde als bij de havenmond van Hansweert. Om de vervalkrommen gemakkelijk te kunnen hanteren bij de simulatie zijn de waarden om het halve uur (0 t/m 24) in een tabel gezet tegen de dag (1 t/m 14) zodat op elk half uur de waarde van het verval (inklusief de dagelijkse verschuiving) meteen kon worden afgelezen.

3.4 De gevraagde resultaten

De bepaling van de schutwaterhoeveelheden door de toekomstige sluis van Hansweert werd gevraagd voor de prognosejaren 1985 en 2000. Per prognosejaar zouden twee toestanden onderzocht worden, die met een getijreduktie tot 65% en die met een getijreduktie tot 90% van het huidige getij. Dit betekent dat er 4x een periode van 14 etmalen zou moeten worden gesimuleerd. Dat komt overeen met ca. 100 mandagen arbeid. Uit oogpunt van tijdsbesparing is daarom besloten slechts de twee toestanden voor 1985 te simuleren en die voor 2000 af te schatten uit de resultaten voor 1985. In hoofdstuk 4 wordt bij de bespreking van de resultaten hierop nader ingegaan.

4. DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

In de figuren 5 t/m 8 zijn de resultaten van het onderzoek samengevat voor het 65- en 90-procents getij in 1985. Langs de vertikale as in deze figuren is het volume uitgezet dat in totaal per half uur Noord- dan wel Zuidwaarts wordt getransporteerd. Dit is gedaan voor alle 14 simulatiedagen.

In grote lijnen is uit de figuren de vervalcurve t.p.v. de sluizen terug te vinden. Het stochastisch effect dat te weeg wordt gebracht door het scheepsaanbod en de "spelregels" van het sluisbedrijf wordt in figuur 5 duidelijk geïllustreerd in de nacht van donderdag op vrijdag bij kolk 1. Ten gevolge van een sterk eenzijdig gericht verkeersaanbod is kolk 1 een aantal malen achtereen leeg omgezet. De schutcyclus is dan kort en de schutwater-verliezen worden daardoor groot. In dit geval pasten de schutcycli bovendien tussen twee nuldoorgangen van de vervalcurve, zodat tijdens deze periode van het verval ca. 59.000 m^3 Westerschelde-water in 4,5 uur in de richting van de Oosterschelde werd verplaatst.

Het is mogelijk om uit de berekeningsformulieren per schutting de hoeveelheid verplaatst schutwater te bepalen. In overleg met de Directie Zeeland, Arrondissement Vlissingen wordt in deze nota volstaan met het geven van de schutwaterbalans over de gehele simulatieperiode. Het blijkt dat in 1985 bij een 65% getij $249 \times 10^3 \text{ m}^3$ schutwater in de richting van de Oosterschelde verplaatst wordt en bij een 90% getij $83 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Daarnaast is nog tabel 3 samengesteld waarin de frekwentie van het schutwatertransport in de richting van de Oosterschelde is aangegeven.

Om nadere analyses te kunnen uitvoeren op de kortdurende schutwaterverplaatsingen tijdens het schutten dient beschikt te worden over de berekeningsformulieren zelf. Deze zijn niet in de nota opgenomen om de overzichtelijkheid te bewaren.

Zoals in 3.3. vermeld werd is een schatting gedaan voor de schutwaterverliezen in het jaar 2000. Voor zover thans voorzien kan worden zijn de volgende tendenzen hierbij van belang:

1. Toeneming van de te transporteren lading.
2. Toeneming van het gemiddeld laadvermogen van de schepen.
3. Mogelijk geringe toeneming van de leegvaart

4. Toeneming van de kontinuvaart;d.w.z. grotere spreiding van het verkeer over het etmaal.

De punten 1,2 en 3 zouden kunnen leiden tot een geringe toeneming van de verkeersintensiteit. Uit waarnemingen bij de Volkeraksluizen blijkt echter dat het aantal schuttingen hierdoor maar weinig toeneemt. Punt 4 heeft waarschijnlijk de grootste invloed op het aantal schuttingen. Overdag zal het aantal schuttingen niet veel afwijken van wat voor 1985 gevonden is, maar 's nachts is een toename te verwachten.

Per saldo is een geringe toename van schutwaterverplaatsingen te verwachten in het jaar 2000 t.o.v. het jaar 1985. De toename zal waarschijnlijk binnen een marge van 10% blijven.

verval Δh (m)	$Q_{\max}$ (m ³ /s)	T_n (min.)	T_n (0,001 uur) [*]	sluiten + openen deuren (0,001 uur)	T_b (0,001 uur)
0,10	20,5	3,3	0,055	0,083	0,137
0,20	28,9	3,7	0,062	0,083	0,145
0,30	35,5	4,1	0,068	0,083	0,151
0,40	41,0	4,4	0,073	0,083	0,156
0,50	45,8	4,6	0,077	0,083	0,160
0,60	50,2	4,9	0,081	0,083	0,164
0,70	54,2	5,1	0,085	0,083	0,168
0,80	57,9	5,3	0,088	0,083	0,171
0,90	61,5	5,5	0,092	0,083	0,175
1,00	64,8	5,7	0,095	0,083	0,178
1,10	68,0	5,8	0,097	0,083	0,180
1,20	71,0	6,0	0,100	0,083	0,183
1,30	73,9	6,2	0,103	0,083	0,185
1,40	76,7	6,3	0,105	0,083	0,188
1,50	79,4	6,5	0,108	0,083	0,191
1,60	82,0	6,6	0,110	0,083	0,193

$$T_n = \frac{\frac{1}{2} t_o + \frac{2V_{\text{schijf}}}{Q_{\max}}}{60} \quad (\text{min.})$$

$$Q_{\max} = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$t_o = \approx 260 \text{ sec.}$$

$$V_{\text{schijf}} = \text{genivelleerde kolkvolume (m}^3\text{)}$$

$$\mu = 0,65 \text{ (kontraktiecoëfficiënt)}$$

(dimensieloos)

$$F = 22,5 \text{ m}^2$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta h = \text{verval (m)}$$

$$T_n = \text{nivelleertijd}$$

$$T_b = \text{bedieningstijd}$$

$$\text{roldeuren: openingstijd} = 2,5 \text{ min.}$$

$$\text{sluitingstijd} = 2,5 \text{ min.}$$

Herkomst formules en gegevens RWS, directie Bruggen.

*) Om het rekenen te vereenvoudigen wordt gewerkt met de eenheid van 0,001 uur.

Berekening bedieningstijd per verval in stappen van 10 cm.

Gegevens laadvermogenklassen van standaardschepen

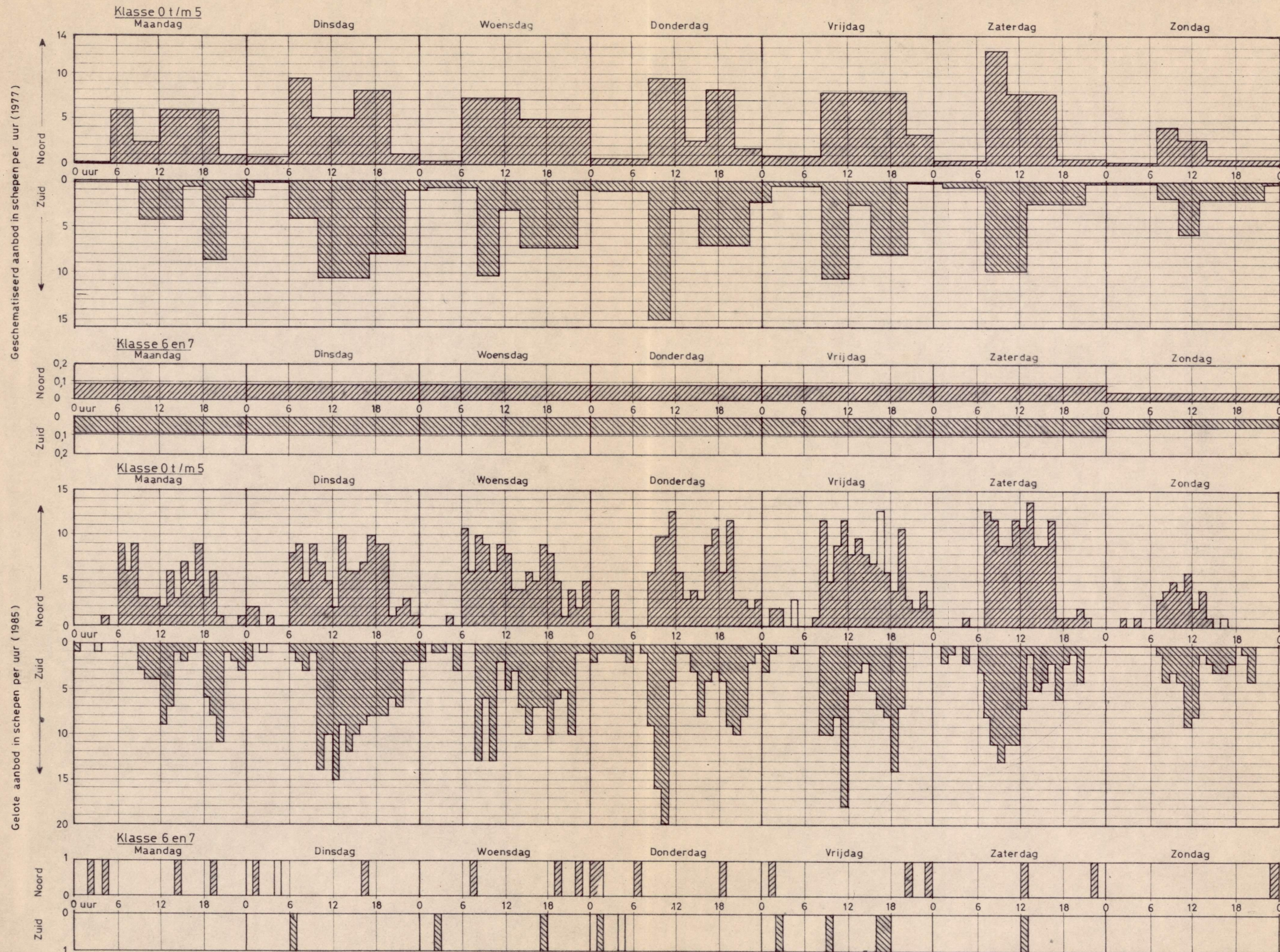
Laadverm. klasse nr.	klassegrenzen tonnage	Standaardschip			diepgang m gel. 85%	motor- verm. pk.
		laadverm. tonnen	lengte m	breedte m		
0	50 - 199	125	25,0	4,6	1,6 1,4	60
1	200 - 449	325	39,0	5,1	2,3 2,1	140
2	450 - 749	550	50,0	6,6	2,5 2,2	260
3	750 - 1149	925	67,0	8,2	2,5 2,2	520
4	1150 - 1549	1350	80,0	9,5	2,6 2,3	730
5	1550 - 2549	2000	95,0	11,5	2,7 2,4	1100
6	2550 - 4999	4100	175,0	11,4	3,0 2,6	1200
7	≥ 5000	8800	185,0	22,8	3,2 2,8	2500

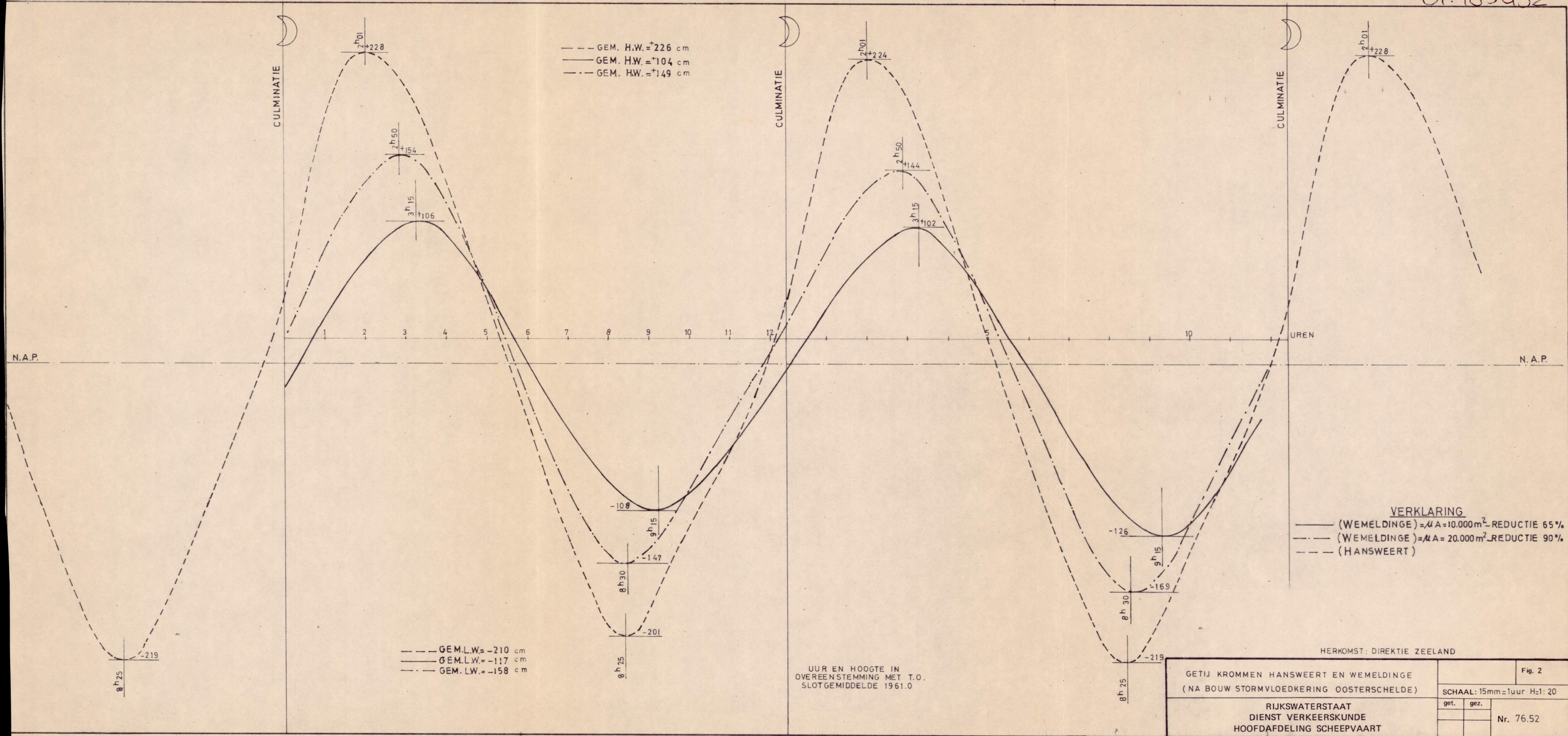
Volume schutwater in de
richting Oosterschelde | 10³ m³ |

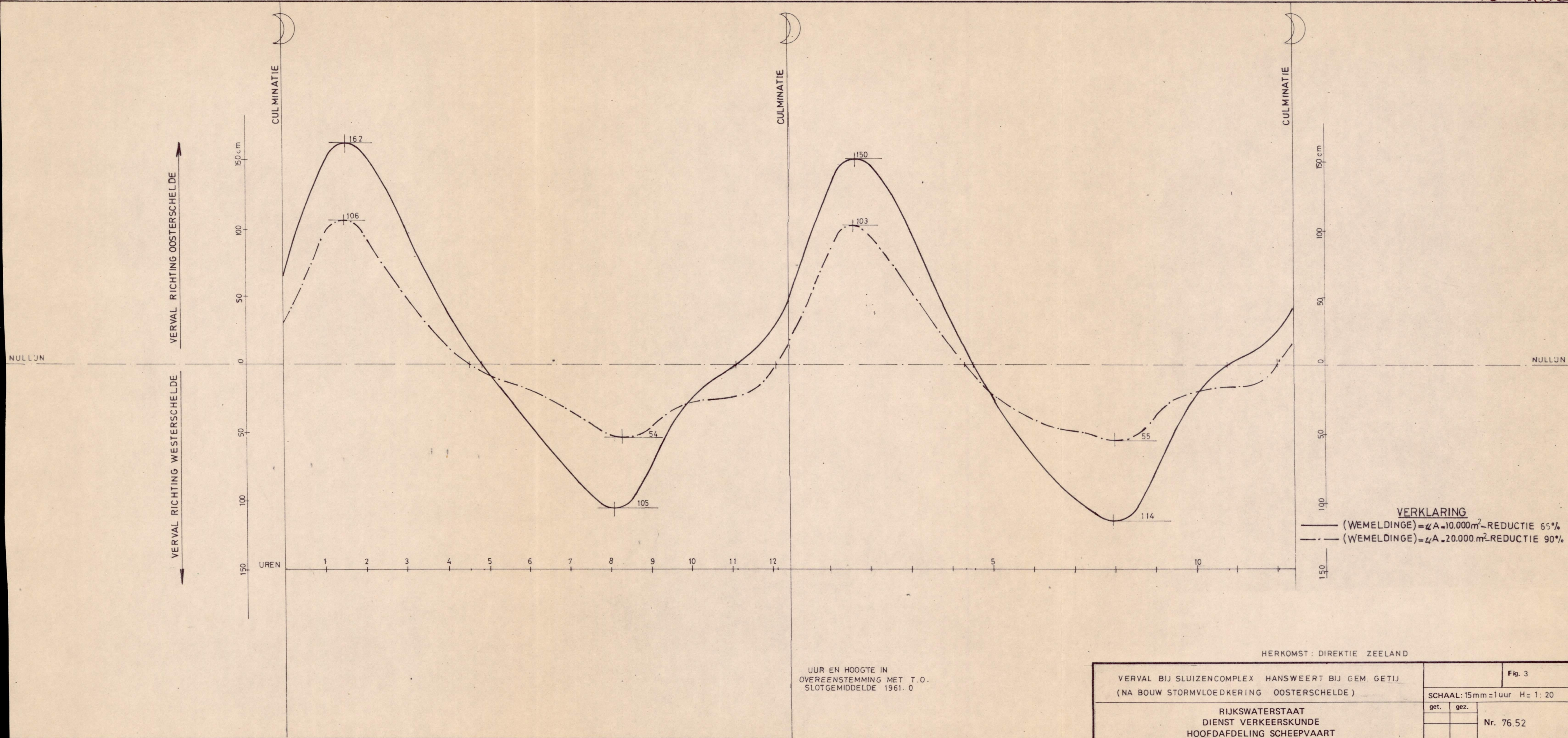
percentage	65% getij	90% getij
100.0	14.4	4.0
96.3	17.7	7.5
92.6	17.8	8.0
88.9	19.6	8.8
85.2	24.2	11.4
81.5	25.2	12.1
77.8	30.8	12.9
74.1	31.0	15.0
70.4	31.5	15.1
66.7	33.4	18.6
63.0	34.1	19.5
59.3	35.2	20.6
55.6	37.9	20.9
51.9	38.8	21.3
48.2	39.2	22.3
44.4	40.8	23.1
40.7	43.3	23.1
37.0	43.8	24.5
33.3	44.7	24.8
29.6	44.9	25.3
25.9	45.7	25.4
22.2	45.9	26.8
18.5	46.2	27.4
14.8	49.9	27.7
11.1	50.8	28.4
7.4	55.0	28.7
3.7	58.8	31.9

Noot: De tabel is samenge-
steld uit de schutwater-
verplaatsing zoals die
gevonden is uit de simu-
latie voor 27 getycycli
waarbij het Westerschelde-
peil hoger is dan het
Oosterscheldepeil

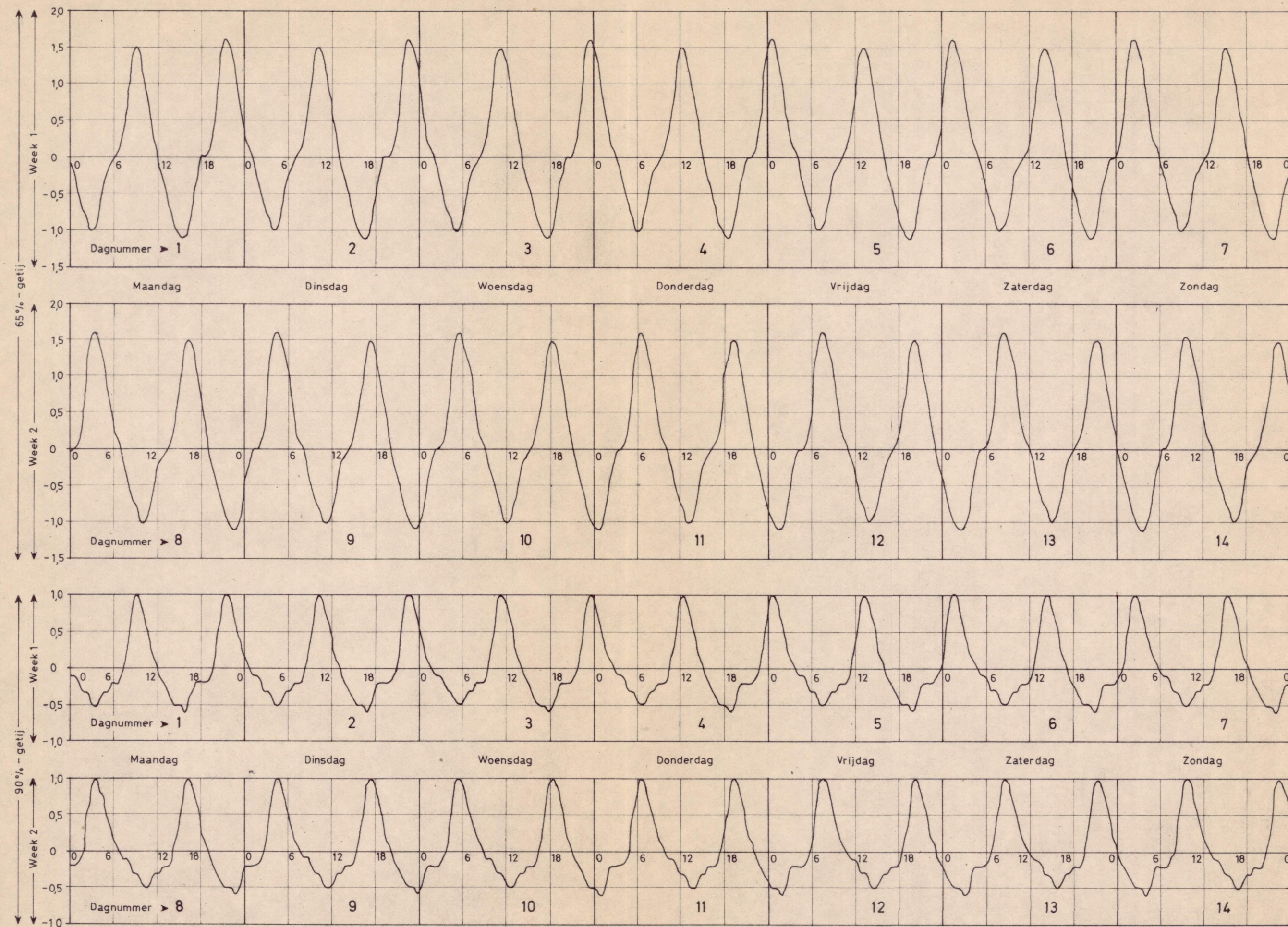
Overschrijdingsfrequentie van schutwatervolumina die verplaatsen in de
richting van de Oosterschelde door het nieuwe sluiskomplex te Hansweert
bij een 65% en een 90% gemiddeld getij.



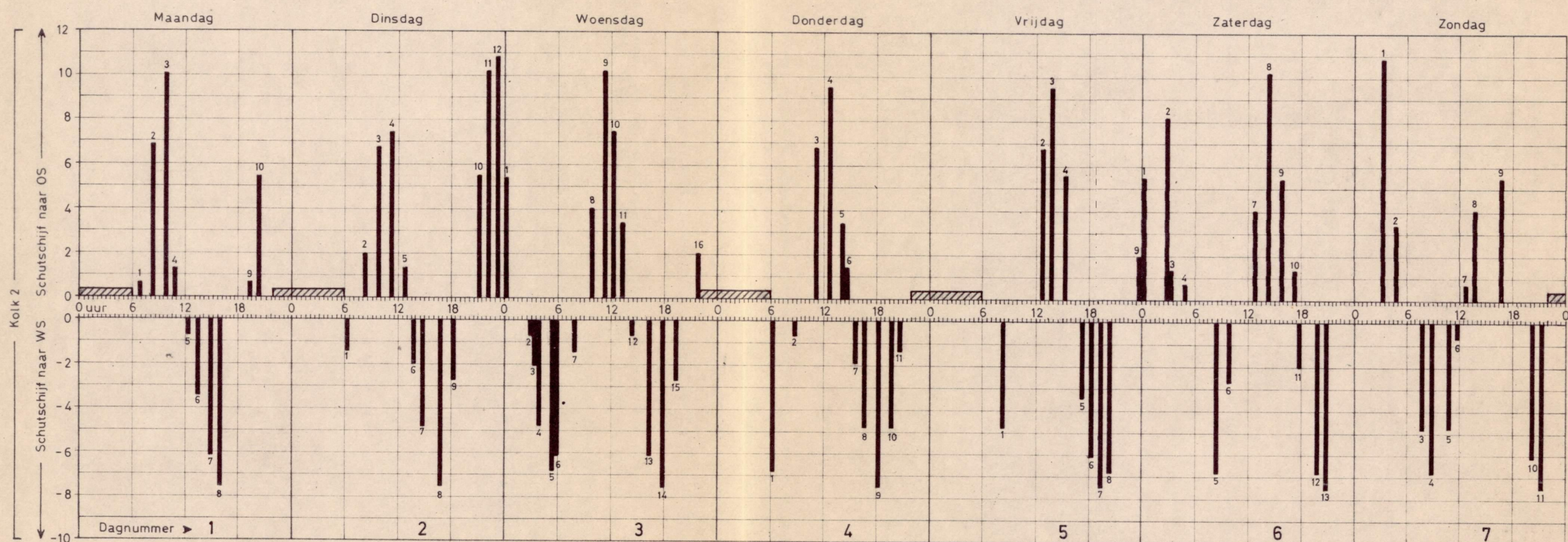
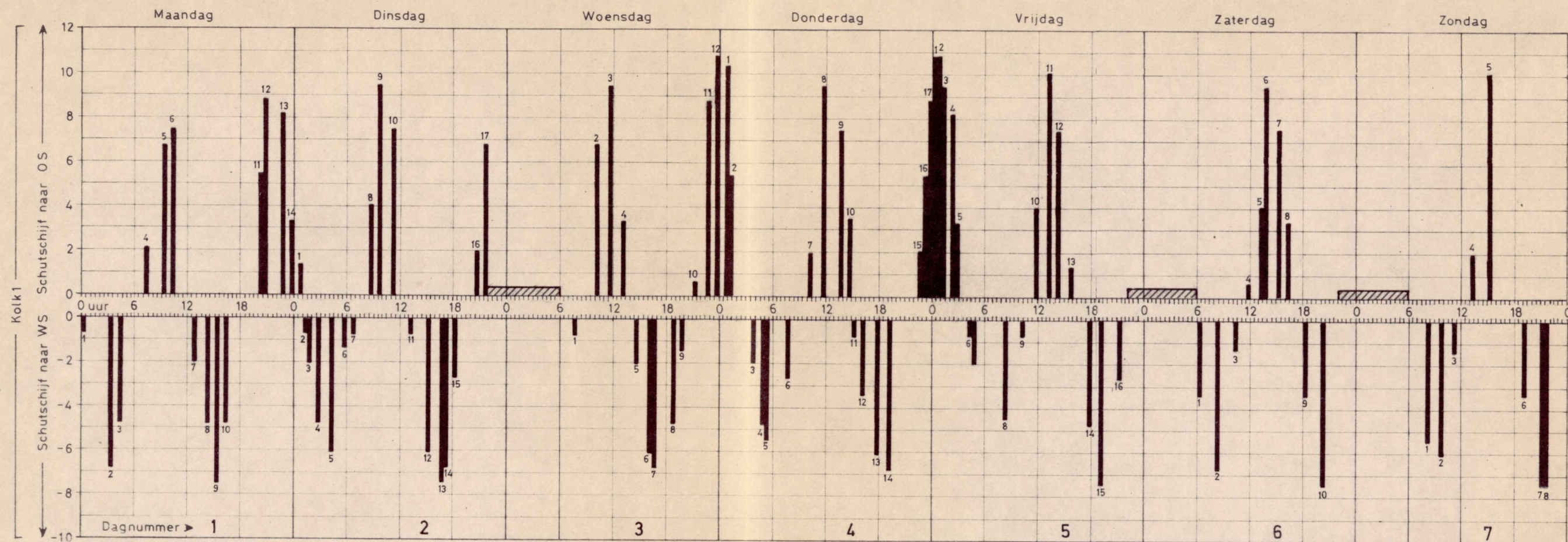




Bij positief verval is de waterstand op de Westerschelde hoger dan op de Oosterschelde.
Bij negatief verval is de waterstand op de Westerschelde lager dan op de Oosterschelde



Schuttschijf (in 10 m³) naar de Westerschelde (WS) en de Oosterschelde (OS)
Voor een 65% - getij (week 1)



Periode dat schutkolk buiten bedrijf is

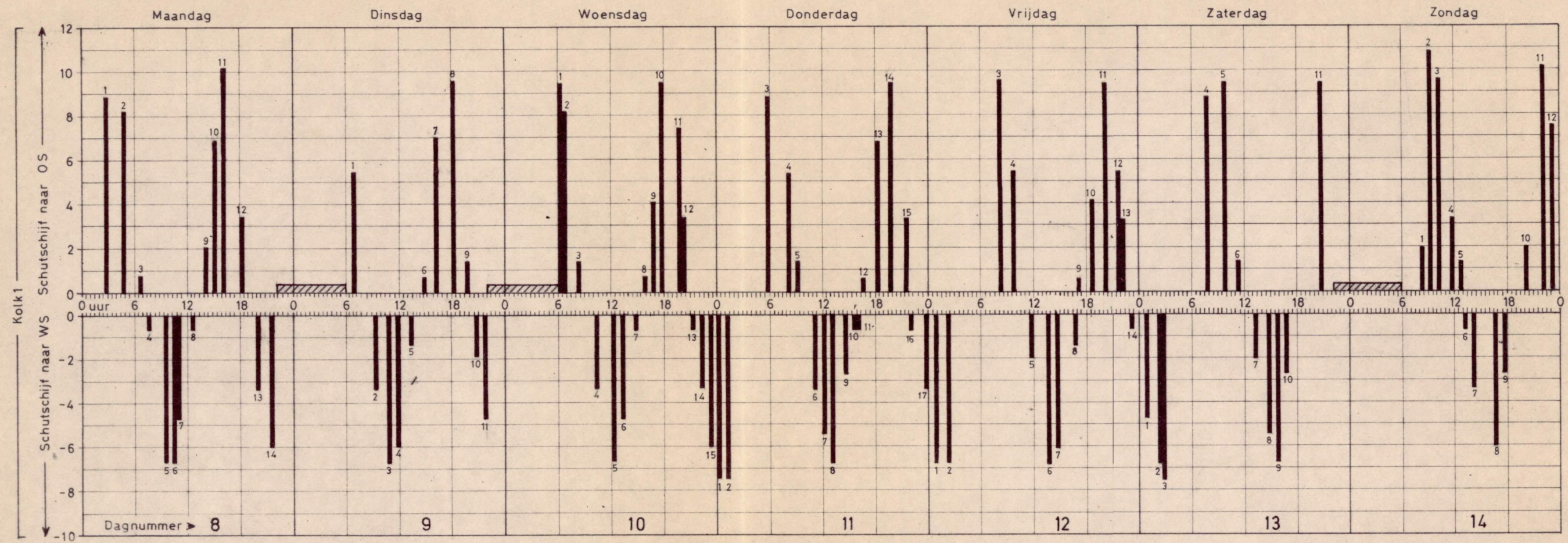
SCHUTWATERVERPLAATSING T.G.V. HET NIVELLEREN BIJ DE
SLUIZEN TE HANSWEERT IN 1985 VOOR EEN 65% - GETIJ (week 1)

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

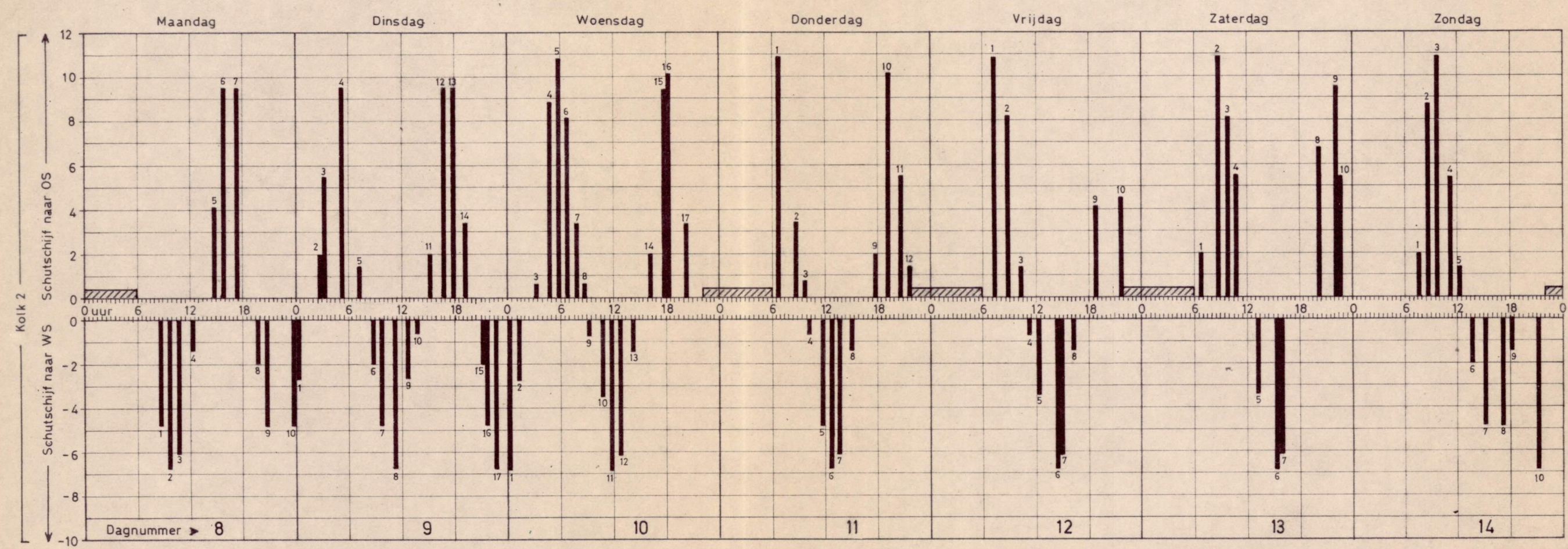
SCHAALEN		Nr. 76.52
get.	gez.	
27-7-77		
g.m.		

Fig. 5

Schuttschijf (in 10^3 m^3) naar de Westerschelde (WS) en de Oosterschelde (OS)
Voor een 65%-getij (week 2)



Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen
bedraagt voor kolk 1: $+130 \times 10^3 \text{ m}^3$

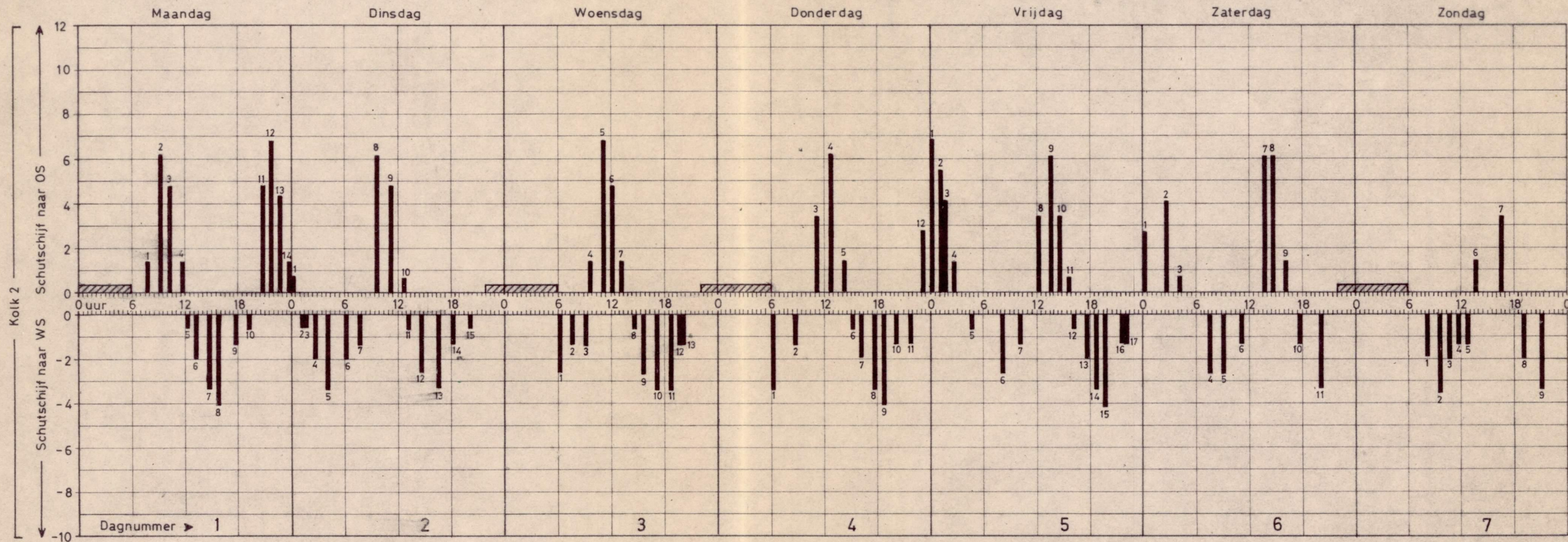
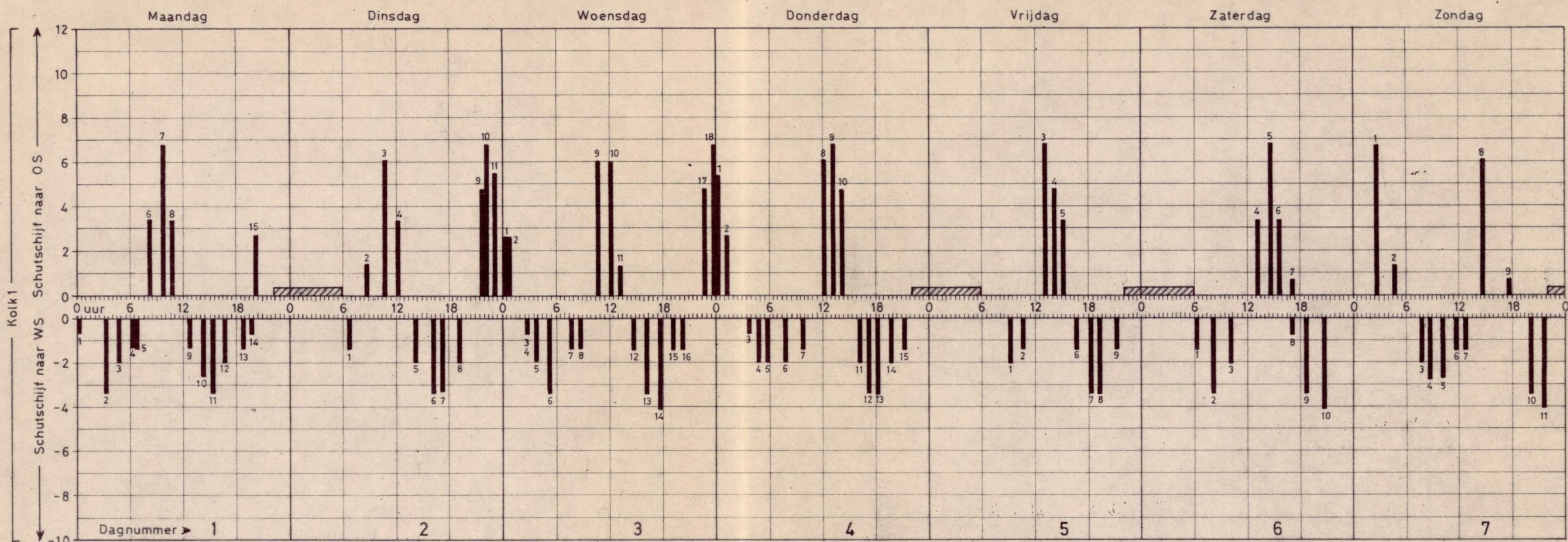


Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen bedraagt voor beide
kolken $+249 \times 10^3 \text{ m}^3$ (schuttschijf naar de Oosterschelde)

Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen bedraagt
voor kolk 2: $+119 \times 10^3 \text{ m}^3$

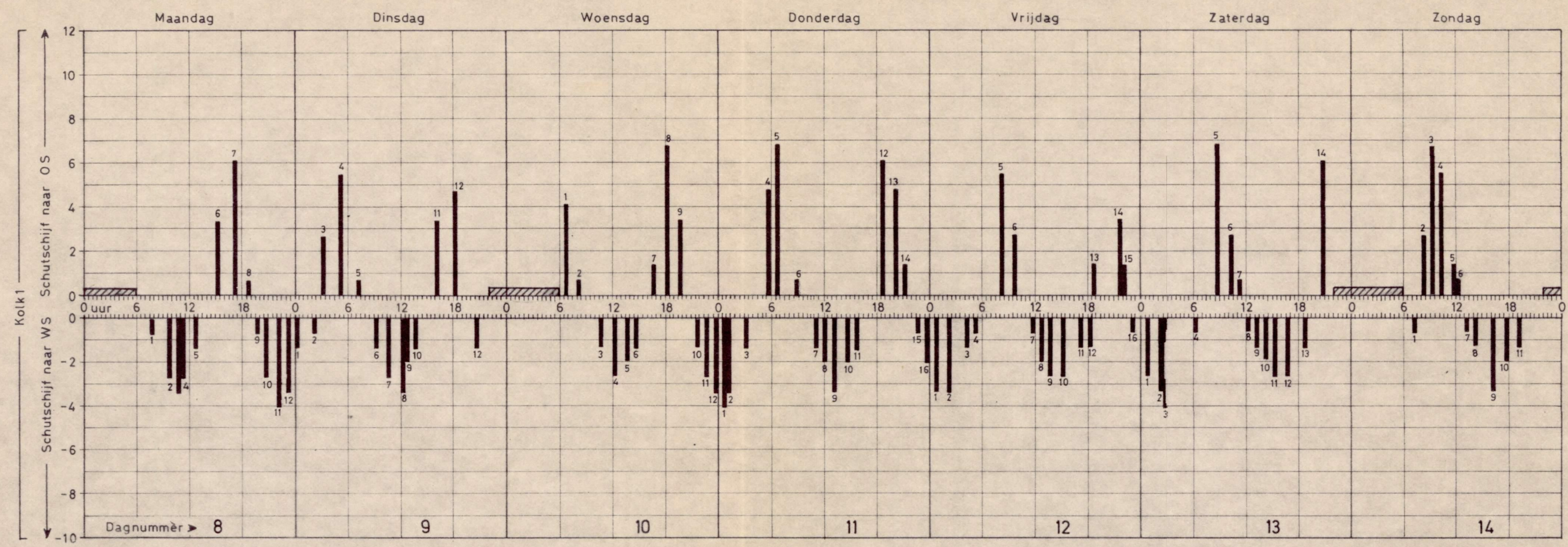
Periode dat schutkolk buiten bedrijf is

Schuttschijf (in 10 m.) naar de Westerschelde (WS) en de Oosterschelde (OS)
Voor een 90%-getij (week 1)

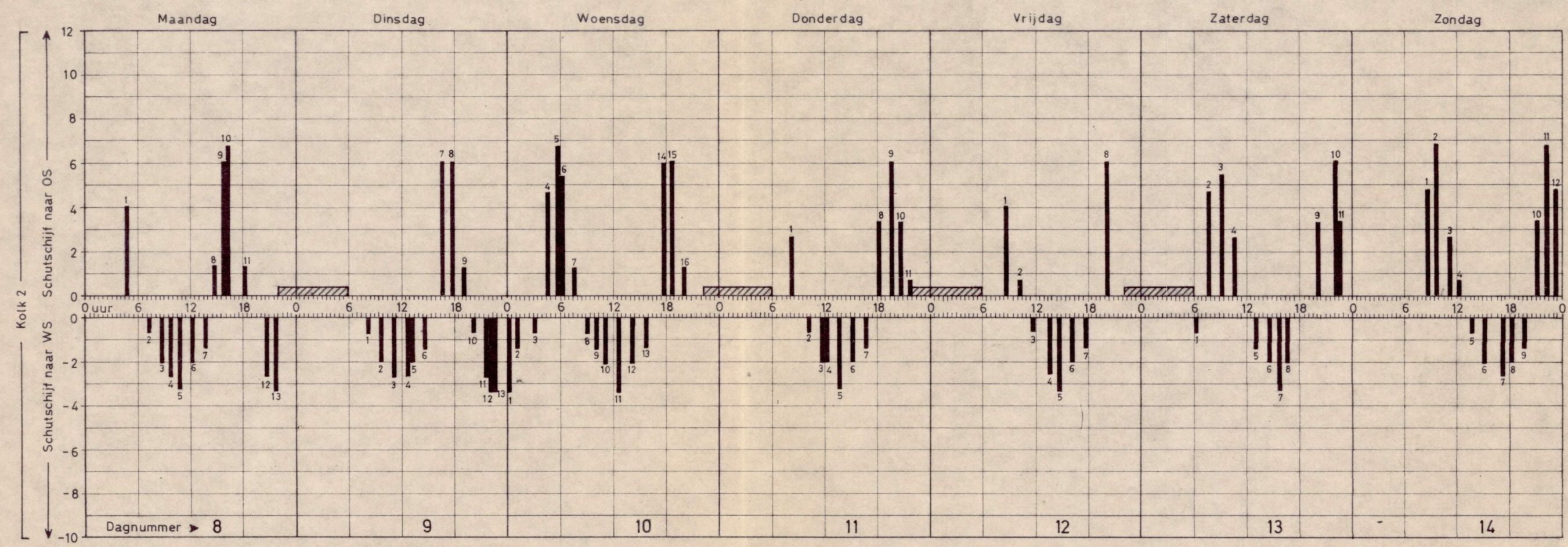


Periode dat schutkolk buiten bedrijf is

Schutschijf (in $10^3 m^3$) naar de Westerschelde (WS) en de Oosterschelde (OS)
Voor een 90%-getij (week 2)



Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen
bedraagt voor kolk 1: $+16 \times 10^3 m^3$



Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen bedraagt voor beide
kolken $83 \times 10^3 m^3$ (schutschijf naar de Oosterschelde)

Schutwatersaldo over 14 simulatiedagen
bedraagt voor kolk 2: $+67 \times 10^3 m^3$

Periode dat schutkolk buiten bedrijf is