

rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
nr. C-3059

bibliotheek

512



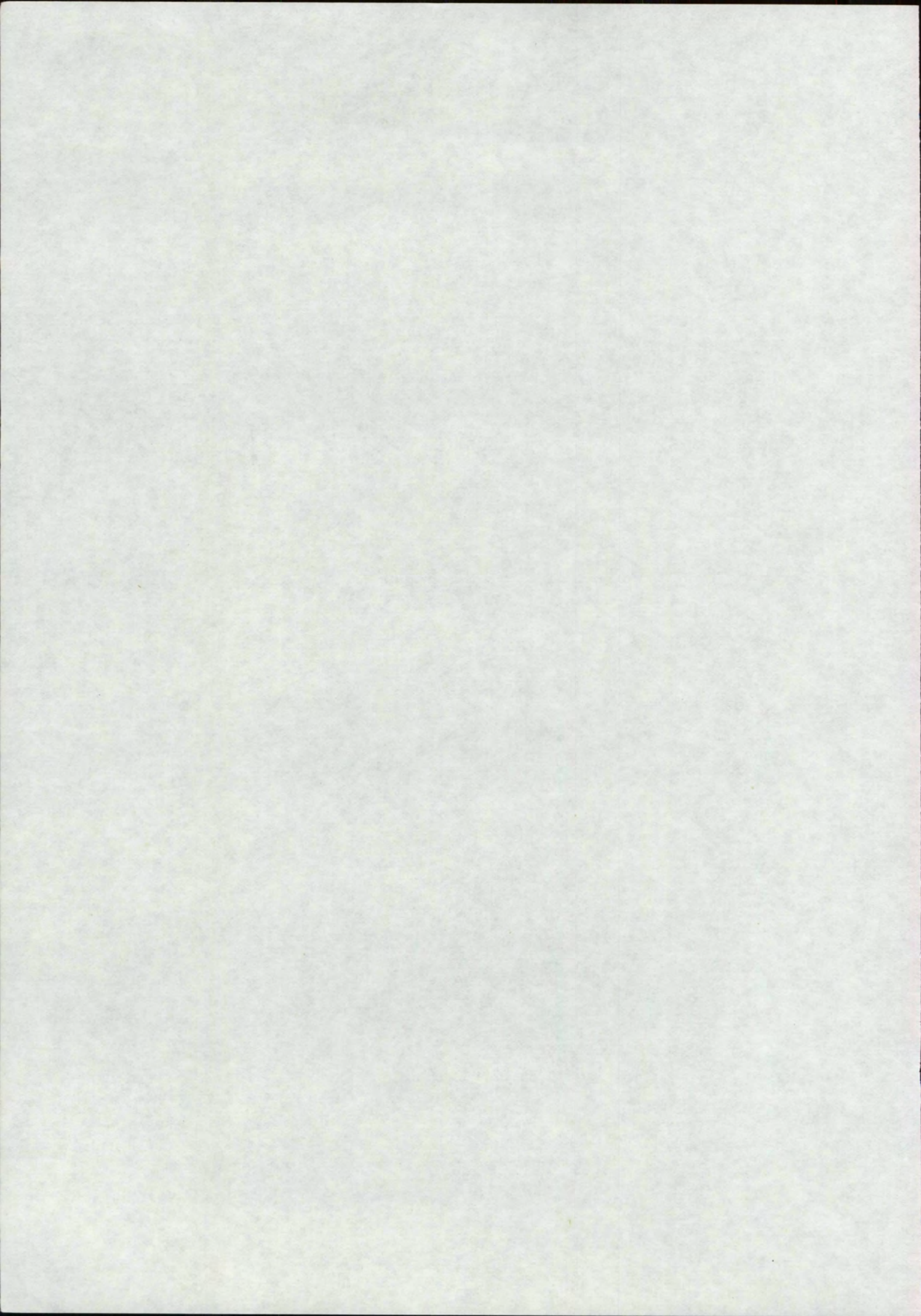
Delft University of Technology

Department of Civil Engineering

INVLOED STROOMRICHTING-AFHANKELIJKE
BODEMRUWHEID OP DE GETIJVOORTPLANTING

ONDERZOEKRAPPORT Nr. 04-86
PROJECT 10.84.02/B.85.03.06
MAART 1986

ir. C. Verspuy



Samenvatting

De "hydraulische ruwheid" in een estuarium, rivier of havenmonding zal afhankelijk van o.a. bodemveranderingen(-vormen) variëren in de tijd. Er is behoefte aan het "isoleren" van de invloed van een specifieke ruwheidsverandering omdat er algemeen zeer veel andere invloeden een rol spelen, hetgeen een interpretatie bemoeilijkt.

Voor een veronderstelde *forse stap* in de wrijvingsfactor g/C^2 op het moment van kentering wordt een tweetal numerieke oplossingen geïnterpreteerd door deze met oplossingen voor constante wrijvingsfactoren in eenzelfde model te vergelijken. Door het vergelijken van traagheidsterm en weerstandsterm kan men de orde van grootte van een inspeelperiode schatten op 0 (1 uur). Uit de resultaten blijkt dat het beschouwde systeem zich over een eb- resp. vloedperiode nagenoeg geheel aanpast aan de veranderde wrijvingsfactor.

De resulterende waterstanden landinwaarts vertonen een interpreteerbare vervorming met in samenhang een aanzienlijke middenstand-verhoging (resp. middenstand-verlaging). Duidelijk blijkt dat de getijvoortplanting in de Schelde-Rijn verbinding een interessant karakter heeft. Het verdient aanbeveling daar rekening mee te houden bij de planning van natuurwaarnemingen in het beschouwde systeem.

INVLOED STROOMRICHTING-AFHANKELIJKE BODEMRUWHEID OP DE
GETIJVOORTPLANTING

INHOUDSOPGAVE :

1. Inleiding
2. Analyse invloed bodemruwheid
3. Uitgevoerde berekeningen
4. Resultaten model IMPLIC
5. Interpretatie resultaten
 - 5.1 Controle berekeningen
 - 5.2 Resultaten V13 en V14
 - 5.3 Beeld van V13 t.o.v. V01 en V10
 - 5.4 Beeld van V14 t.o.v. V01 en V10
6. Conclusies

Referenties

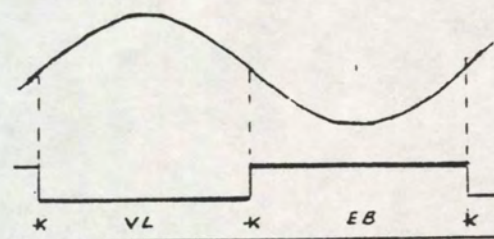
Overzicht Bijlagen :

Bijlagen I t/m V

INVLOED STROOMRICHTING-AFHANKELIJKE
BODEMRUWHEID OP DE GETIJVOORTPLANTING

RAPPORT NR. 04-86

Onderzoek naar de invloed van in de tijd
abrupt variërende C-waarde op de getij-
voortplanting in de Schelde-Rijn Verbin-
ding.

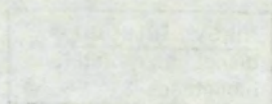


Samenwerking : RIJKSWATERSTAAT

Dienst Getijdewateren
Afd. Algemeen Onderzoek

Aansluiting : Onderzoek betreffende bouwfasen bij de
aanleg van Philipsdam en Oesterdam

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
Afdeling der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde
Vloeistofmechanica
Ir. C. Verspuy



1. Inleiding

In getijgebieden zoals de Schelde-estuarium varieert het bodemoppervlak met de tijd, óók indien als tijdschaal de getijperiode wordt gekozen. Discussies betreffende de bodemvorm(-veranderingen) in getijgebieden worden in verschillende disciplines gevoerd.

Er wordt veel onderzoek gedaan naar het gedrag van de bodemvorm in getij-rivieren resp. estuarium door lokaal metingen uit te voeren. Dit onderzoek betreffende het sedimenttransport-mechanisme is o.a. gericht op het reconstrueren van getijcondities in een ver verleden. Het lijkt van groot belang dat men ervoor zorgt dat er bij het interpreteren van *lokale* metingen een *koppeling* mogelijk is met de getijvoortplanting in het omgevende (grotere) systeem. Dit geldt behalve bij reconstructies ook bij voorspellingen. Er is een grote behoefte aan het vooraf kunnen vaststellen van de gevolgen van voorgenomen waterbouwkundige ingrepen in een bepaald getijregiem. Bij de voorspellende berekeningen vergt vooral de wederzijdse beïnvloeding van (lokaal) veranderende ruwheden en de getijvoortplanting in het (gehele) systeem extra aandacht.

Er zijn aanwijzingen uit de resultaten van lokale metingen dat o.a. de bodemruwheid over een eb-periode aanzienlijk kan verschillen van die over een vloed-periode. Bij het calibreren van een 1-D model (zie b.v. Ref. [6]) wordt er rekening mee gehouden dat er over eb en over vloed sprake kan zijn van een verschillende bodemruwheid. Een en ander wordt in hoofdstuk 2 nader bekeken.

Bij het onderzoek naar de (toekomstige) golfvoortplanting in de Schelde-Rijn verbinding (Ref. [2], [3], [4], en [5]) staat ook de invloed van een plotselinge variatie van de bodemruwheid in de tijd ter discussie. Daarom is besloten de invloed daarvan op de getij-voortplanting in een illustratief geval te isoleren. Gekozen is voor een fors verschil in bodemruwheid voor eb resp. vloed, waarbij de overgang op het moment van kentering plotseling plaatsvindt. In hoofdstuk 2 wordt beschreven welke overwegingen mede tot de gekozen ruwheid-stap hebben geleid.

In hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde berekeningen omschreven nadat de

situatie (Bijlage I.1) en de schematisatie-gegevens (Bijlagen I.2 en I.3) kort zijn beschreven. Terwijl er sprake is van een nauwe aansluiting bij bestaande resultaten (Ref. [5]), is gestreefd naar een algemeen interpreteerbaar beeld. De resultaten van de met een 1-D netwerkmodel IMPLIC van de Rijkswaterstaat verkregen resultaten worden in hoofdstuk 4 kort beschreven.

De interpretatie van de verkregen resultaten vindt plaats in hoofdstuk 5, waarbij een beeld wordt gegeven van de fysische consequenties van de ingevoerde plotselinge verandering van de bodemruwheid. Duidelijk blijkt in het beschouwde systeem op welke wijze de oplossing zich na de plotselinge overgangen aanpast. Uit de periodieke oplossing blijkt dat de berekende functies een goed interpreteerbare vervorming vertonen. Het verkregen beeld, dat ook nuttig is voor een meer algemeen inzicht, sluit aan bij beelden van vervormingen als gevolg van niet-lineaire invloeden.

De beschouwde berekeningen geven door de keuze van de forse ruwheidsverschillen een overtrokken beeld t.o.v. praktisch voorkomende gevallen, waarbij deze en andere vervormende invloeden minder geprononceerd tot uiting zullen komen. Wat betreft de randvoorwaarden is direct aangesloten bij eerder onderzoek (Ref. [5]) met als gevolg dat de niet direct in de natuur voorkomende resultaten kunnen worden vergeleken met bekende resultaten. In Ref. [5] is de invloed van een in de tijd constante ruwheidsfactor g/C^2 (in combinatie met de hydraulische straal R) op de faseverschuiving en de getijdoordringing onderzocht met het model IMPLIC en met een analytische benadering.

De resultaten geven aanleiding te wijzen op de bijzondere eigenschappen van het systeem Schelde-Rijn Kanaal/Zoommeer. Bij een programma voor natuurmetingen bestaan unieke mogelijkheden voor samenhangende waarnemingen betreffende bodemveranderingen en getijvoortplanting. Door de overheersende invloed van de berging in het Zoommeer t.o.v. de berging in het Schelde-Rijn Kanaal (SRK) bestaat er slechts een gering verschil in fase tussen de debieten op de vakgrenzen van het SRK.

Op grond van de resultaten van deze deelstudie (mede gericht op het interpreteren van natuurwaarnemingen) worden in hoofdstuk 6 enige conclusies beschreven.

2. Analyse invloed bodemruwheid

Voor het Oosterschelde-bekken worden met het 1-D (netwerk-)model IMPLIC dagelijks voorspellende berekeningen uitgevoerd. Het getij en de windinvloed op de Noordzee variëren voortdurend en met de voortgang van de bouw van de Stormvloedkering wijzigt zich het regiem (intern) in het Oosterschelde-bekken. Bij het calibreren van het bovenbedoelde model, bestaande uit een omvangrijk netwerk van vakken, vervult de weerstandsfactor de rol van een ijkgrootheid.

In het algemeen kan worden gesteld dat de weerstandsfactor moet worden gezien als een ("multi-disciplinaire") verzamelbak van model-invloeden. Vanuit dat beeld ontstaat de behoefte om één concrete invloed te isoleren ten behoeve van meer inzicht bij het schematiseren, ijken, verifiëren en bij het signaleren van noodzakelijke aanpassingen in een model. In dit hoofdstuk wordt de aandacht gericht op het in de tijd variëren van de bodemruwheid.

Voor het beschrijven van de getijvoortplanting in de SRV worden als uitgangspunt de bewegingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking gekozen in de volgende gedaante (zie Ref. [5]) :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (Q^2/A_s) + gA_s \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 A_s R} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

In de bewegingsvergelijking (1) is de invloed van wind (intern) en de invloed van dichtheidsverschillen buiten beschouwing gelaten. Voor alle informatie betreffende het programma-pakket IMPLIC (gebaseerd op een impliciet differentie schema) kan hier worden verwezen naar Ref.[1].

De invloed van de bodemruwheid wordt in verg.(1) verdisconteerd via de weerstandsfactor g/C^2 in de weerstandsterm. Een verandering van de bodemruwheid kan dus worden ingevoerd door de coëfficiënt C als een variabele te beschouwen.

In het algemeen kan men stellen $C = C(x,t)$. De variatie met de *plaats* kan worden ingevoerd door voor elk vak van een bepaald netwerk met een voor dat vak gemiddelde waarde te werken. Wat betreft de variatie van de C-waarde met de *tijd* kan men verschillende mogelijkheden onderscheiden. Indien volgens Manning/Strickler wordt geschreven :

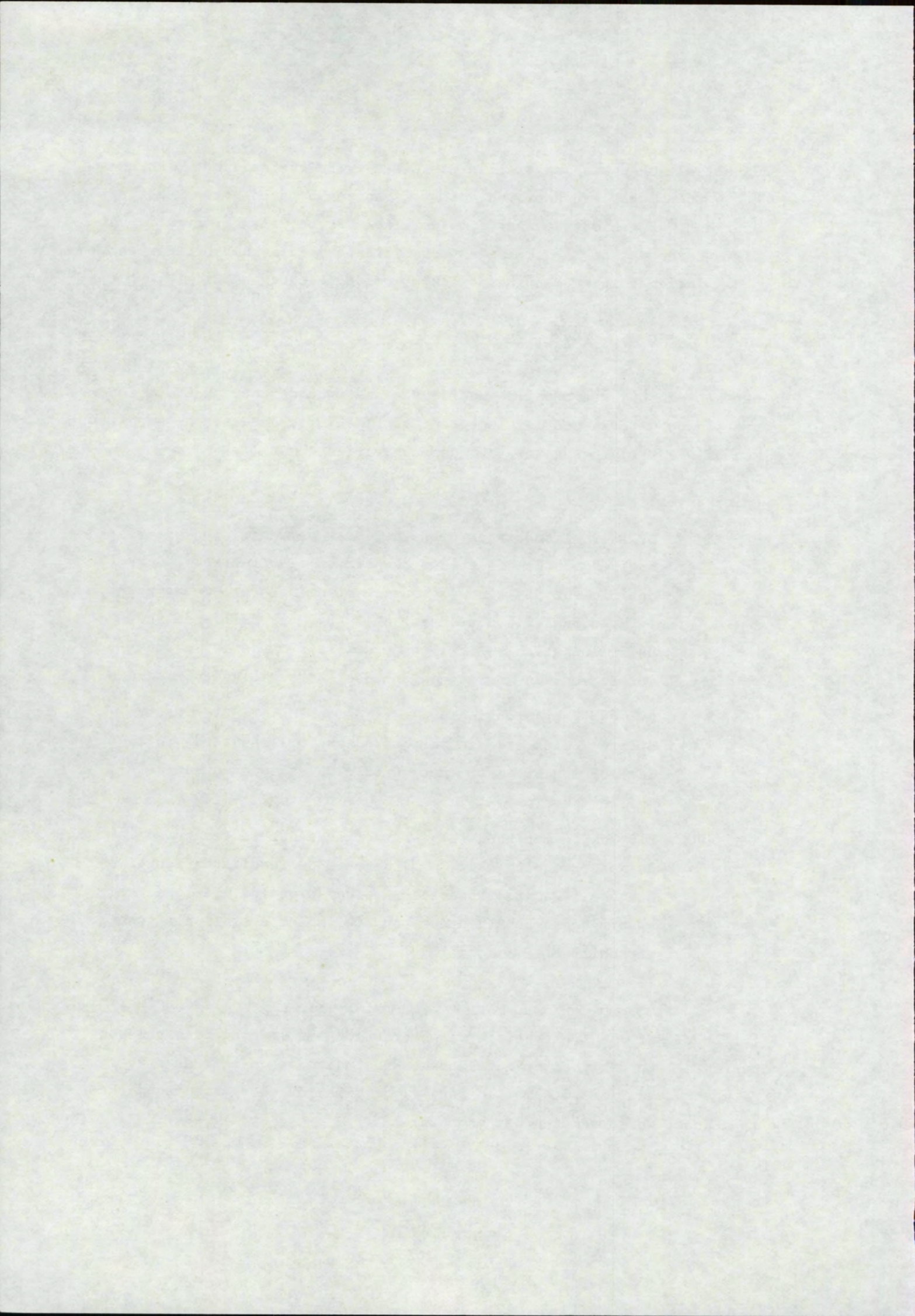
$$C = C_M \left(\frac{a}{k}\right)^{1/6} \quad (3)$$

dan kan men bij een bepaalde waarde van de ruwheidsfactor k C als functie van de waterdiepte (a) invoeren. In IMPLIC is deze aanpak mogelijk, waarbij de wrijvingsfactor g/C^2 dan dus varieert met $1/a^{1/3}$.

Opmerkingen:

- (i) Er is veel onderzoek uitgevoerd dat gericht is op het voorspellen van de effectieve ruwheid en de effectieve Chézy-coëfficiënt bij een *stationaire* stroming over een beweeglijke bodem (zie b.v. Ref. [8]). Bij verschillende snelheden doen zich verschillende *volledig aangepaste* bodemvormen voor en vooral ook daardoor verschillende C-waarden.
- (ii) Bij een getijbeweging varieert de snelheid (en de waterdiepte) in de tijd en zal de bodemvorm zich steeds in meerdere of mindere mate (met vertraging) aanpassen aan het snelheidsverloop.
- (iii) Bij lokale metingen (b.v. betreffende een platengebied in de Westerschelde, Ref. [7]) kan uit de resultaten een tijdsafhankelijke wrijvingsfactor worden bepaald. De lokale omstandigheden kunnen sterk van die in het systeem als geheel verschillen.

Bij het afregelen van een 1-D netwerk model voor een bepaald estuarium (zie b.v. Ref. [6]) blijkt dat de waterstanden in landinwaarts gelegen punten alleen dan goed zijn te berekenen, indien in de meer naar zee gelegen vakken (zie 1 t/m 6 in Fig. 1) de C-waarde voor vloed aanmerkelijk hoger wordt gekozen dan voor eb.



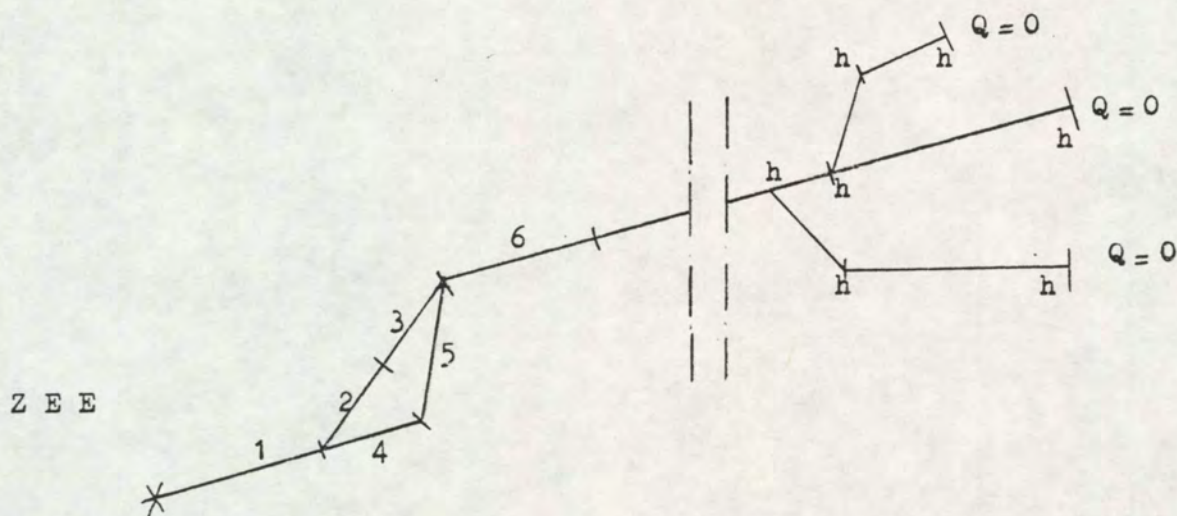


Fig. 1 - Schema estuarium

Behalve het algemene aspect dat de weerstand in de vakken 1 t/m 6 relatief veel invloed heeft op de getijdoordringing, blijkt dat in het estuarium kennelijk geldt :

$$C_{\text{vloed}} \neq C_{\text{eb}}$$

Besloten is om direct aansluitend bij eerder onderzoek (Ref. [5]) enkele berekeningen met het model IMPLIC uit te voeren, waarbij de aandacht uitsluitend op de invloed van een aangenomen verschil $C_{\text{vloed}} > C_{\text{eb}}$ respectievelijk $C_{\text{vloed}} < C_{\text{eb}}$ is gericht.

Gekozen is voor slechts een tweetal berekeningen, waarbij op het moment van kentering een *abrupte* overgang tussen twee *sterk* verschillende C-waarden is verondersteld. Deze berekeningen zijn gericht op de samenhang tussen weerstandsverschillen en de getijdoordringing landinwaarts.

Fysisch kan men de veronderstelde verschillen in C-waarde als volgt globaal kwalitatief beschrijven.

Aangenomen wordt dat de bodem over enkele dagen in een evenwichtsituatie verkeert en dat daarbij sprake is van *a-symmetrische zandgolven*, die zich niet in een halve getij-cyclus aanpassen. Dus nadat bij de

kentering de stroming omkeert wordt verondersteld dat de bodemoppervlakte in essentie niet van vorm verandert (resistent is bij de optredende snelheden).

Juist op het moment van kentering is er dan sprake van een plotselinge ruwheidsovergang, die men, even afgezien van andere invloeden, kan vertalen in een abrupte verandering van de C-waarde (zie Fig. 2). Gedurende de vloed- resp. de eb-fase wordt C steeds constant verondersteld (dus C is onafhankelijk van de waterdiepte ingevoerd).

De keuze van de abrupte overgangen en de forse verschillen tussen (de overigens constante) C_{vloed} en C_{eb} is gericht op resultaten die een overtuigend en gemakkelijker interpreteerbaar beeld t.a.v. de invloed op de getijvoortplanting mogelijk moeten maken.

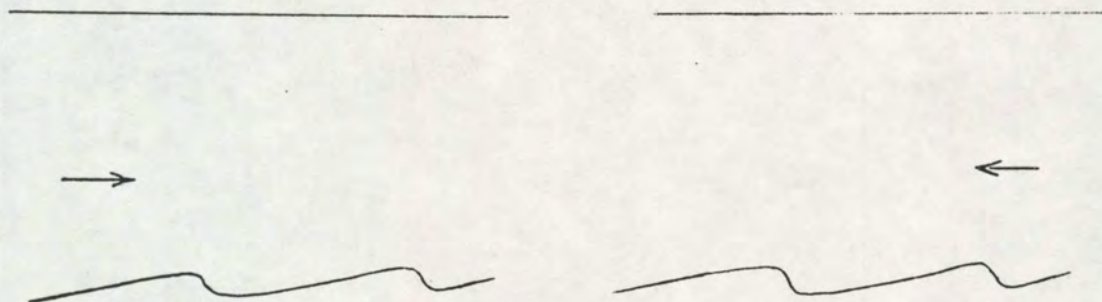


Fig. 2 - Verschillende bodemruwheid voor eb resp. vloed

Een analyse van de invloed van de bodemruwheid kan bestaan uit twee elkaar wederzijds aanvullende delen :

- a. een integrale analyse (gericht op de getijdoordringing)
 - b. een lokale analyse (per vak)
- ad. a. Zoals in hoofdstuk 5 nader wordt beschreven gaat het daarbij om het analyseren van de oplossing voor het gehele systeem.

In het onderhavige geval zijn oplossingen gebruikt die zijn verkregen met het model IMPLIC.

- ad b. Daarbij wordt de momentane C-waarde geschat uit gegevens betreffende geometrie, waterstanden en debieten voor een discreet vak in het systeem (zie Ref. [5]).

De abrupte verandering van de C-waarde op een moment van kentering vormt telkens een verstoring binnen het systeem. Na een kentering vindt een *aanpassing* plaats aan de nieuwe opgelegde C-waarde. De zgn. inspeelperiode voor een verstoring kan worden afgeschat m.b.v. een analytische benadering. De orde van grootte van de *inspeelperiode* kan worden geschat door de weerstandsterm en de traagheidsterm te vergelijken :

$$g \frac{u}{C^2 R} u \quad \text{versus} \quad \frac{\partial u}{\partial t}$$

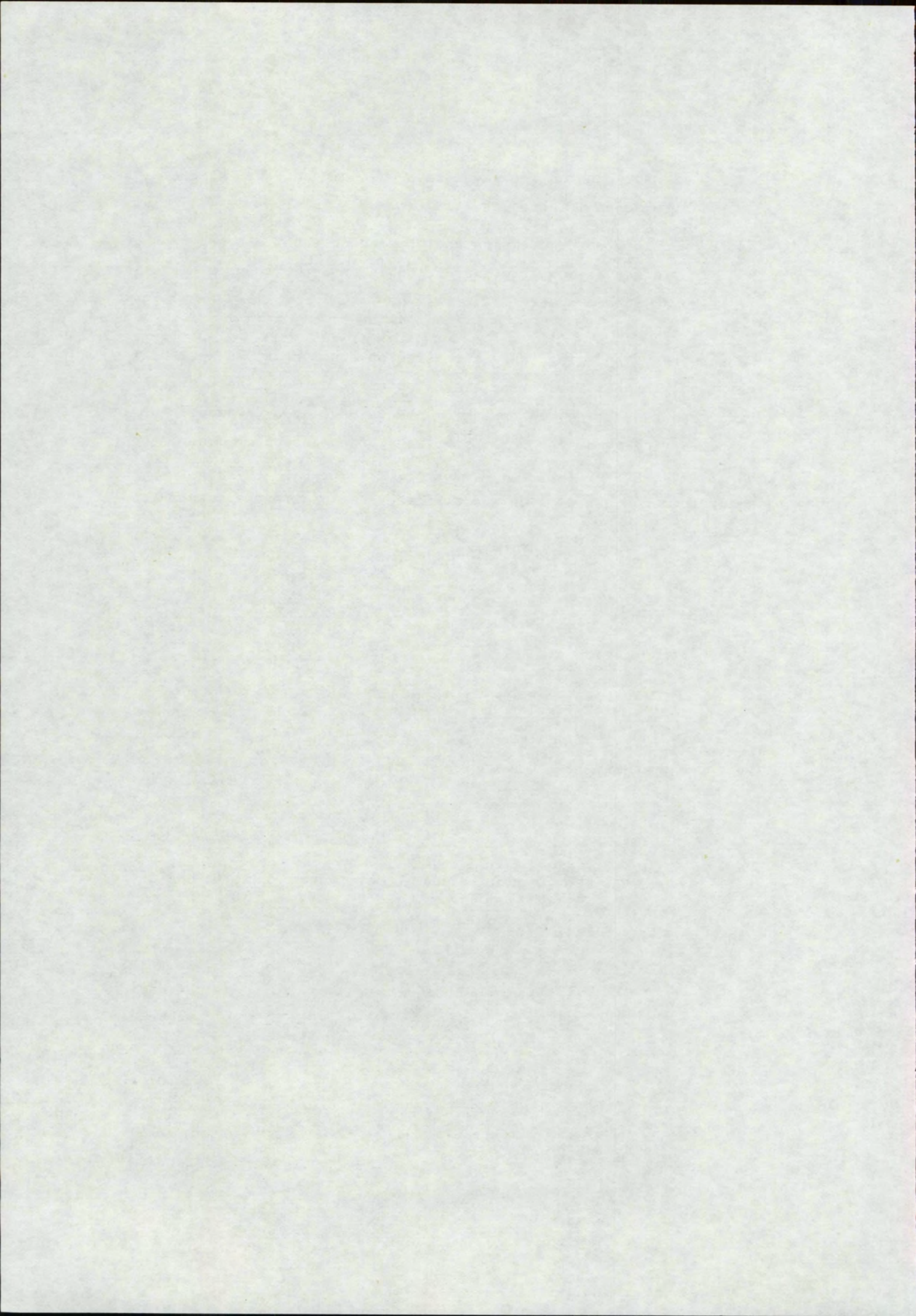
De schatting geeft :

$$\Delta t = 0 \left(\frac{C^2 R}{gu} \right) \quad (3)$$

Voor $C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$, $R = 10 \text{ m}$ en $u = 1 \text{ m/s}$ volgt

$$\Delta t = 0 \text{ (1 uur)} \quad (4)$$

De tijdsduur van een inspeelperiode in het systeem komt in hoofdstuk 5 nader ter sprake.



3. Uitgevoerde berekeningen

In het oostelijke gedeelte van het Oosterschelde-estuarium (zie Bijlage I.1) worden de zgn. Compartimenteringswerken uitgevoerd. In de laatste bouwfase van dit project is het zgn. Zoommeer ontstaan door het voltooiën van de Oesterdam en het afsluiten van het Tholense Gat (zie Fig. 3a). Dit Zoommeer staat via het Schelde-Rijn Kanaal (SRK) in verbinding met het Volkerak. Afhankelijk van de afstemming van de bouwfasen onderling zal het Volkerak nog enkele maanden via de Krammer in open verbinding blijven met de Oosterschelde.

Het getij dringt in die situatie vanuit het Noorden het SRK en het Zoommeer binnen. Deze situatie wordt beschouwd in dit hoofdstuk.

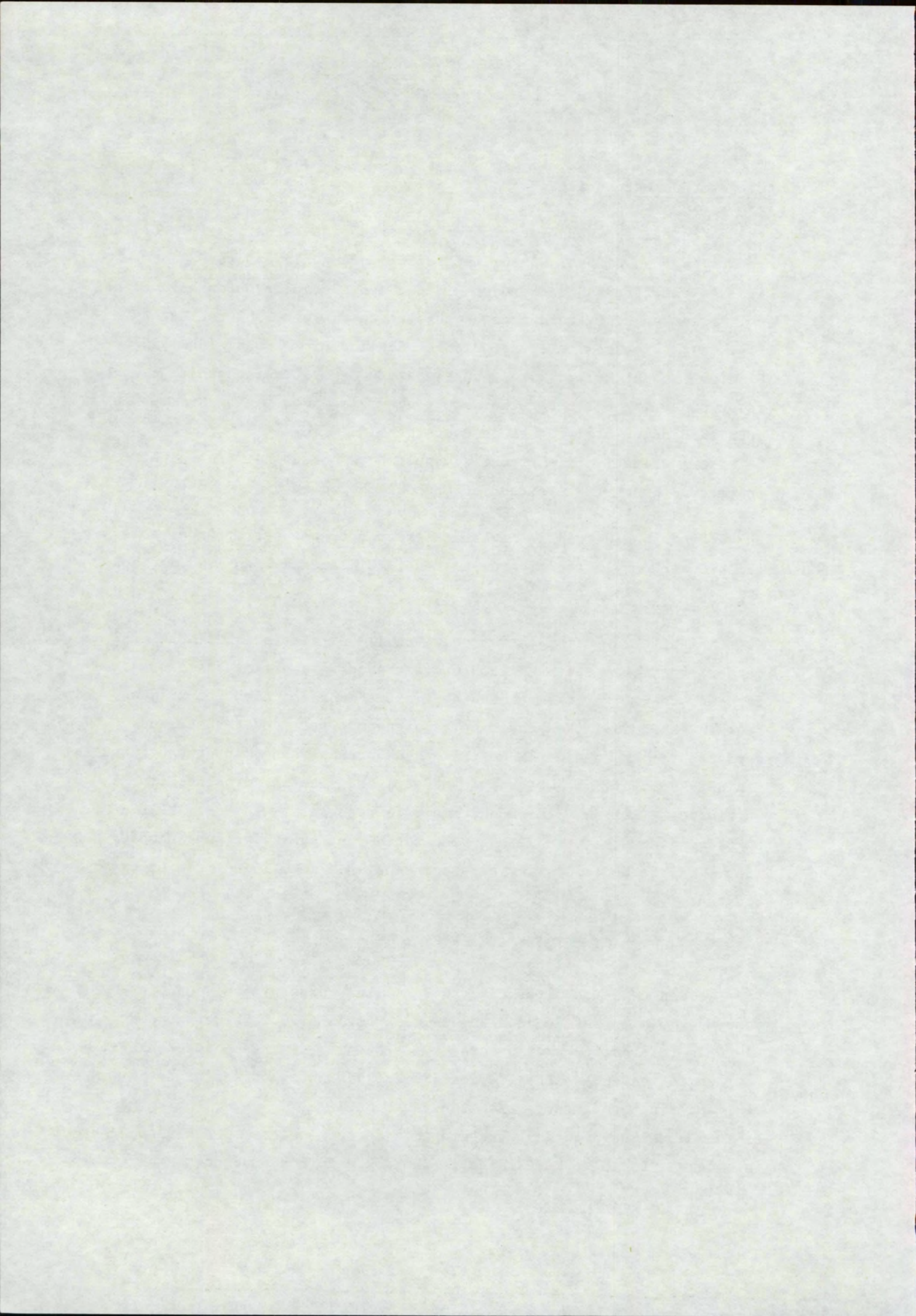
De gegevens van de bij de Rijkswaterstaat voor het betreffende gebied gemaakte schematisatie zijn opgenomen in Bijlagen I.2 en I.3 (zie ook Fig. 3b).

De combinatie van het relatief nauwe en min of meer prismatische SRK met het Zoommeer geeft een probleem dat goed interpreteerbaar is en dat door de vrij unieke verhoudingen extra aandacht dient te krijgen. Men kan een duidelijke scheiding aanbrengen tussen de overheersende weerstand (+ traagheid) in het SRK en de overheersende interne berging van het Zoommeer. In het rapport "Getijvoortplanting Schelde-Rijn Verbinding" (Ref. [5]) zijn ondermeer de resultaten van vier IMPLIC-berekeningen vergeleken met de resultaten van een analytische benadering. Bij de bedoelde vier berekeningen is de coëfficiënt van Chézy constant :

$$C = 60, 70, 80 \text{ resp. } 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

Hier worden de beide uitersten van deze vier berekeningen, dus die voor $C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ met de code V01 en die voor $C = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ met de code V10, als referentie-kader gekozen. Besloten is daar twee berekeningen aan toe te voegen, waarbij de coëfficiënt van Chézy op een tijdstip van kentering een abrupte overgang vertoont.

Bij de beide toegevoegde berekeningen zijn *geén andere verschillen* ingevoerd. Bij elke berekening is dan ook dezelfde randvoorwaarde



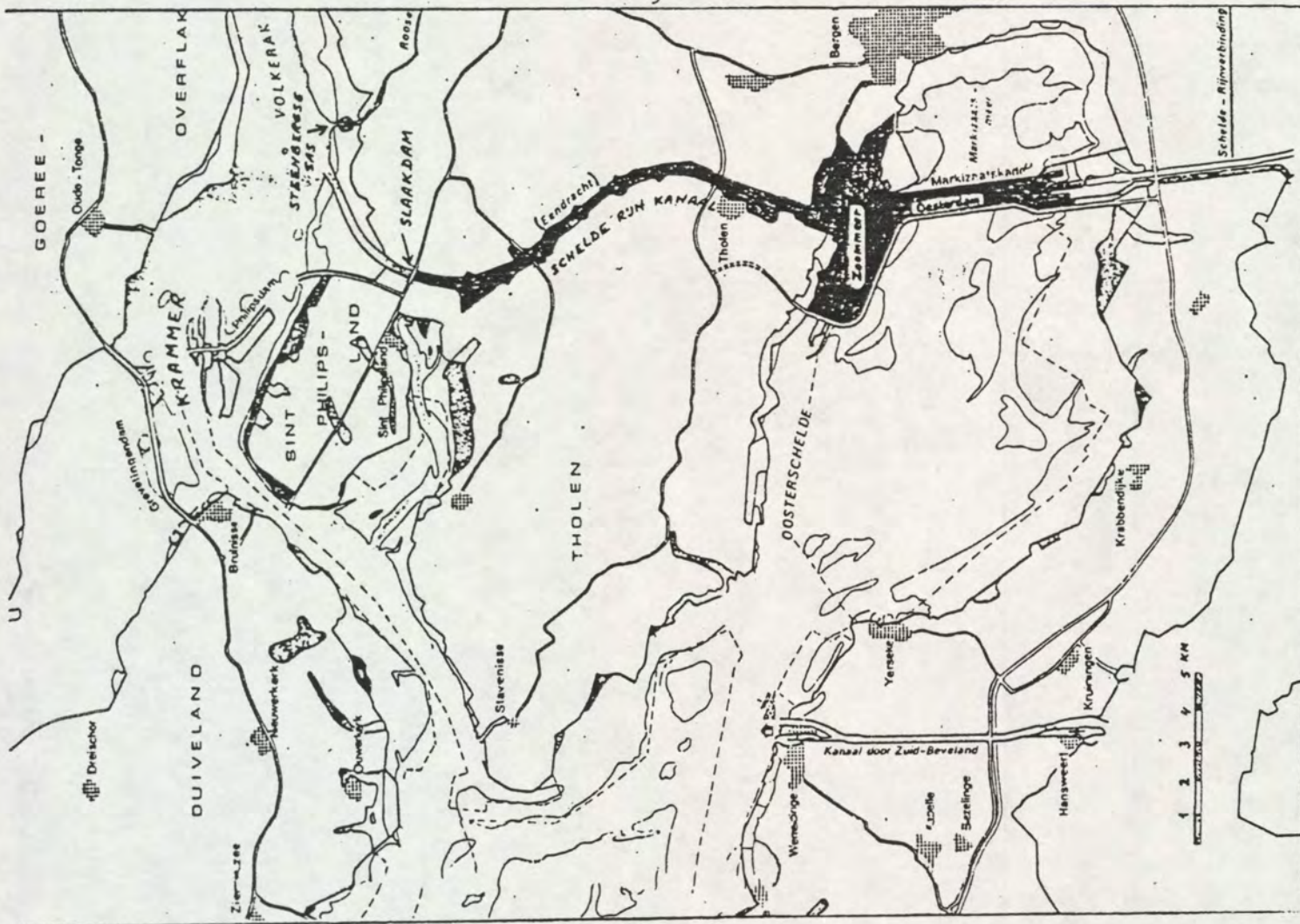


Fig. 3.a - SITUATIE

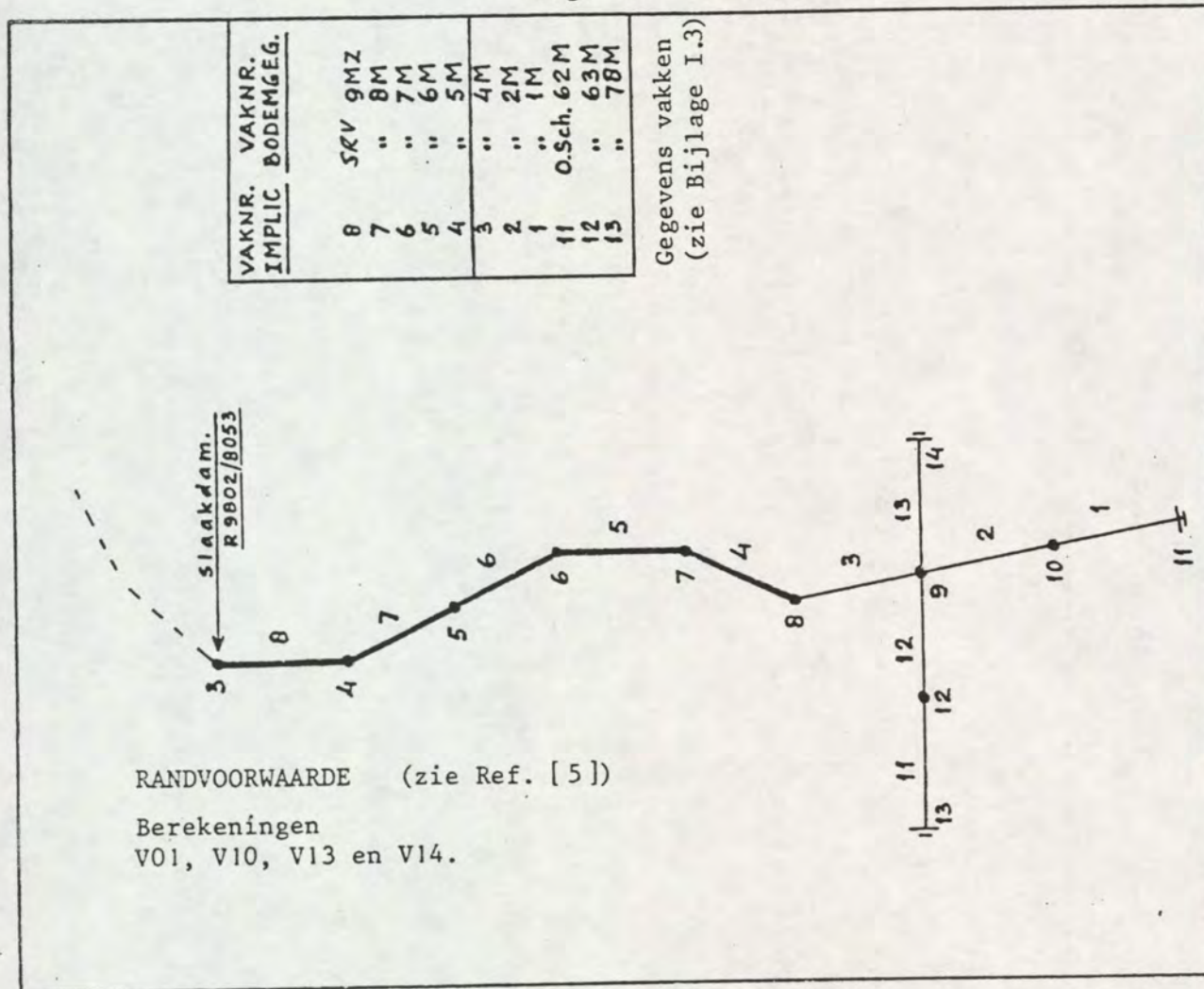
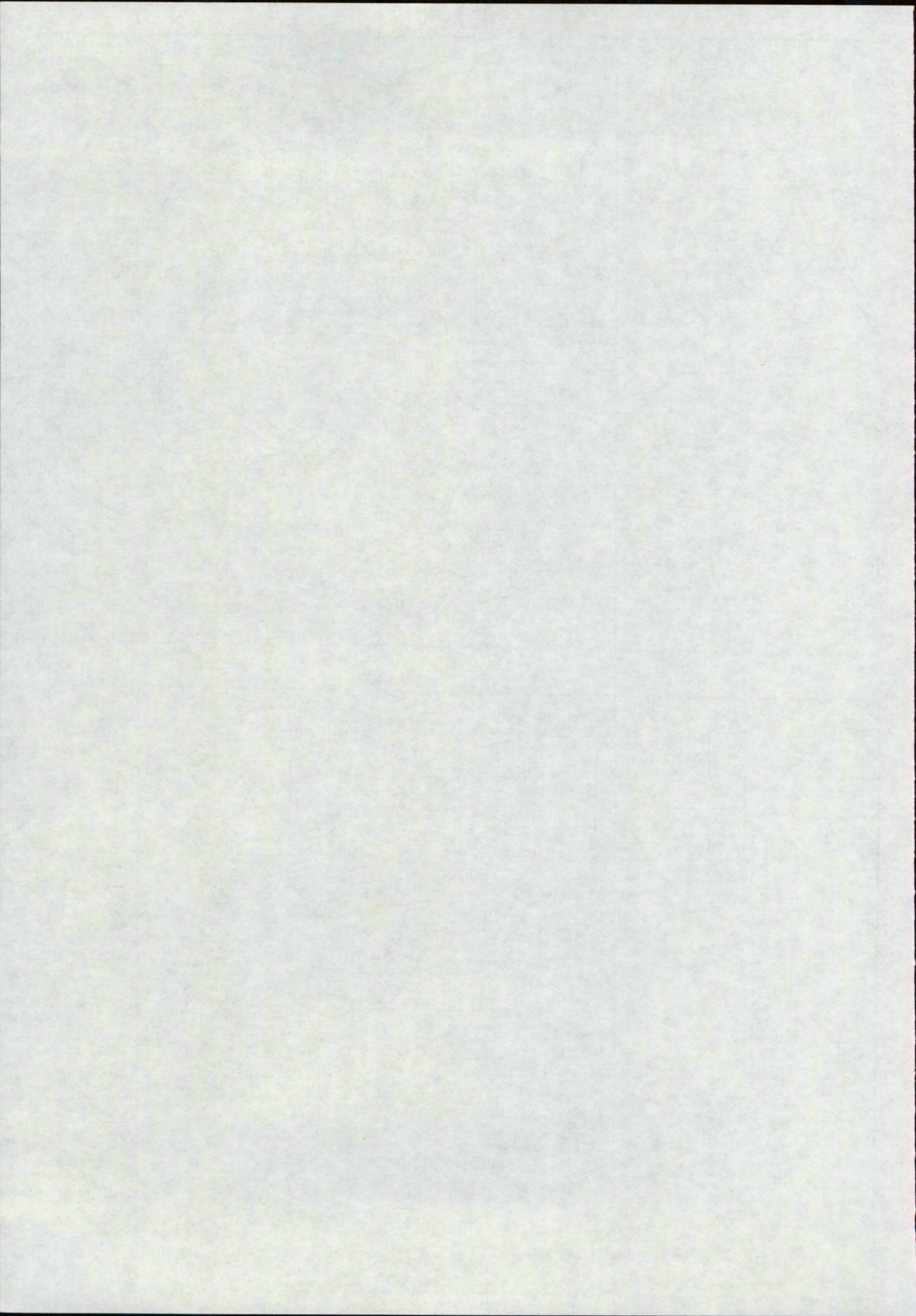


Fig. 3.b - Schematisatie systeem Schelde-Rijn Kanaal - Zoommeer



opgelegd in het punt Slaakdam (punt 3), zoals in Fig. 3b is aangegeven. Het verloop in de tijd van deze randvoorwaarde is steeds met de resultaten geplot.

Ook de gegevens van de vakken (zie Fig. 3b) zijn bij alle berekeningen op gelijke wijze ingevoerd.

Van de beide nieuwe berekeningen, die de code V13 en V14 hebben gekregen, wordt het verschil met de referentie-berekeningen V01 en V10 hierina vastgesteld (zie ook schema Fig. 4).

Berekening V13

- Over de vloed-periode geldt : $C = C_{\text{vloed}} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
- Over de eb-periode geldt : $C = C_{\text{eb}} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$

Berekening V14

- Over de vloed-periode geldt : $C = C_{\text{vloed}} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
- Over de eb-periode geldt : $C = C_{\text{eb}} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$

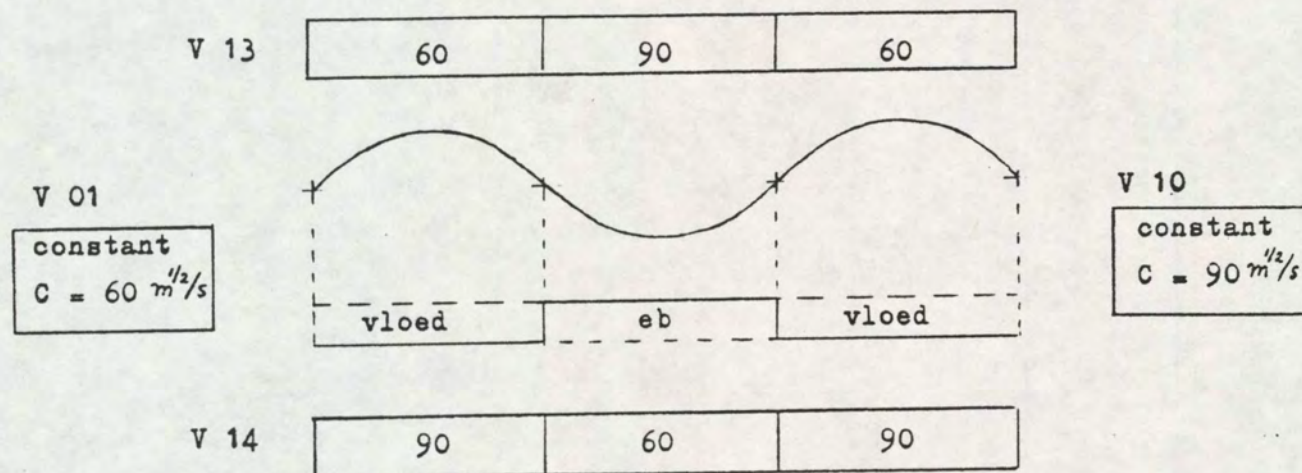
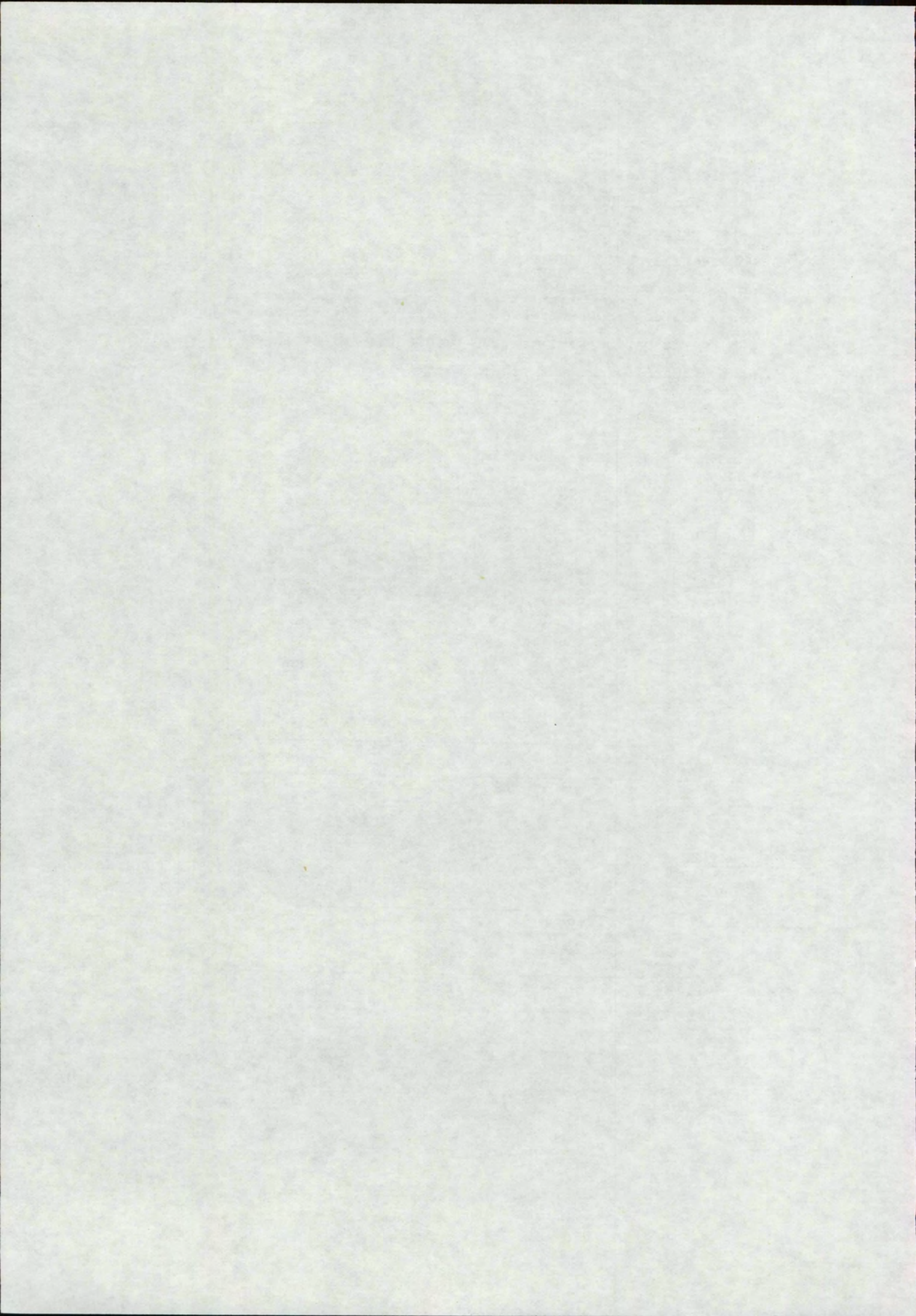


Fig. 4 - Schema uitgevoerde berekeningen



Met de vier berekeningen wordt beoogd een algemeen beeld van de invloed van C-waarde-variatiës binnen een periode te geven door onderdelen van de oplossingen van V01 en V10 met die van V13 resp. V14 te vergelijken.

Bij het bespreken van de resultaten in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 worden aansluitend bij het schema van Fig. 4 de volgende aanduidingen gebruikt:

[V01 , "60"] , [V10 , "90"] , [V13 , "60/90"] en [V14 , "90/60"]

Bij de berekeningen V13 en V14 wordt dus de C-waarde voor de *vloed*-periode als *eerste* genoemd.

4. Resultaten model IMPLIC

4.1 Resultaten berekening [V01 , "60"]

In de *Bijlage II* zijn op de *bladen 1 t/m 6* de belangrijkste resultaten grafisch weergegeven. Deze resultaten betreffen een periodieke oplossing voor een constante waarde van C . Voor eb en vloed geldt :
 $C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$.

4.2 Resultaten berekening V10 , "90"

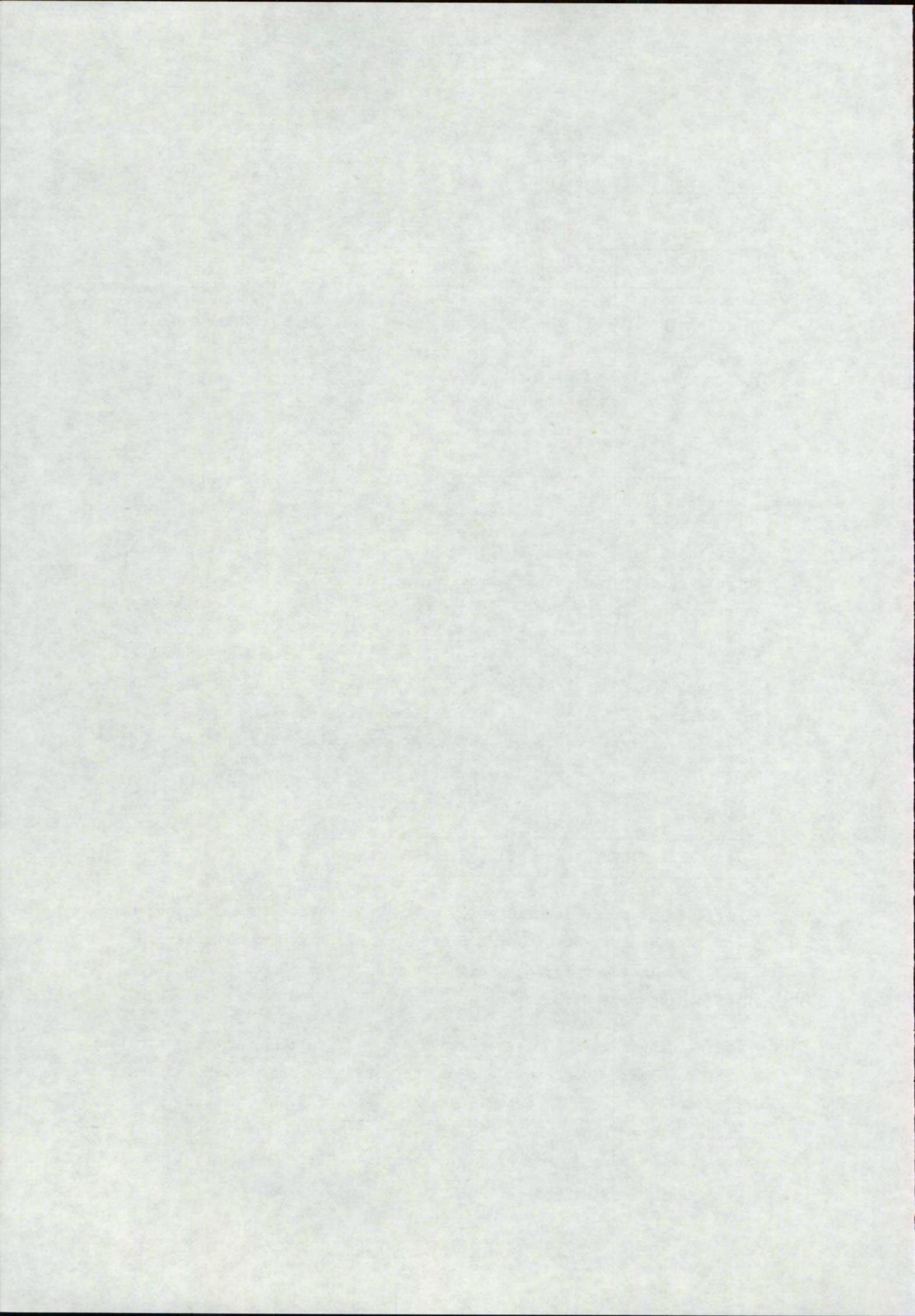
De *bladen 1 t/m 6* van de *Bijlage III* geven de belangrijkste resultaten betreffende een periodieke oplossing met $C = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$, d.w.z. eveneens constant voor eb en vloed.

De onder 4.1 en 4.2 genoemde resultaten zijn in Ref. [5] geanalyseerd en vergeleken met de resultaten van een analytische benadering. Uit dat onderzoek blijkt dat de met IMPLIC verkregen oplossingen zich m.b.v. de analytische benadering goed laten interpreteren (zie verder hoofdstuk 5).

4.3 Resultaten berekening [V13 , "60/90"]

Bijlage IV geeft de functies $h(t)$ en $Q(t)$ betreffende een periodieke oplossing, waarbij de C -waarde precies op het moment van kentering in alle vakken met een sprong overgaat van $C_{\text{vloed}} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ in $C_{\text{eb}} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ (en omgekeerd, zie Fig. 4).

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een tijdsverloop van drie etmalen. Uit de resultaten voor de tweede en de derde dag kon worden vastgesteld dat de oplossing vóór het begin van de tweede dag periodiek is, de periode is $\tau = 12$ uur en 20 minuten (de periode van de opgelegde randvoorwaarde in punt 3, zie Fig. 3 en hoofdstuk 3). De resultaten zijn geplot voor de derde dag en opgenomen in :



4.3

Resultaten berekening [V13 , "60/90"]

Bijlage IV geeft de functies $h(t)$ en $Q(t)$ betreffende een periodieke oplossing, waarbij de C-waarde precies op het moment van kentering in alle vakken met een sprong overgaat van $C_{vloed} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ in $C_{eb} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ (en omgekeerd, zie Fig. 4).

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een tijdsverloop van drie etmalen. Uit de resultaten voor de tweede en de derde dag kon worden vastgesteld dat de oplossing vóór het begin van de tweede dag periodiek is; de periode is $\tau = 12$ uur en 20 minuten (de periode van de opgelegde randvoorwaarde in punt 3, zie Fig. 3 en hoofdstuk 3). De resultaten zijn geplot voor de derde dag en opgenomen in :

Bijlage IV blad 1 t/m 6

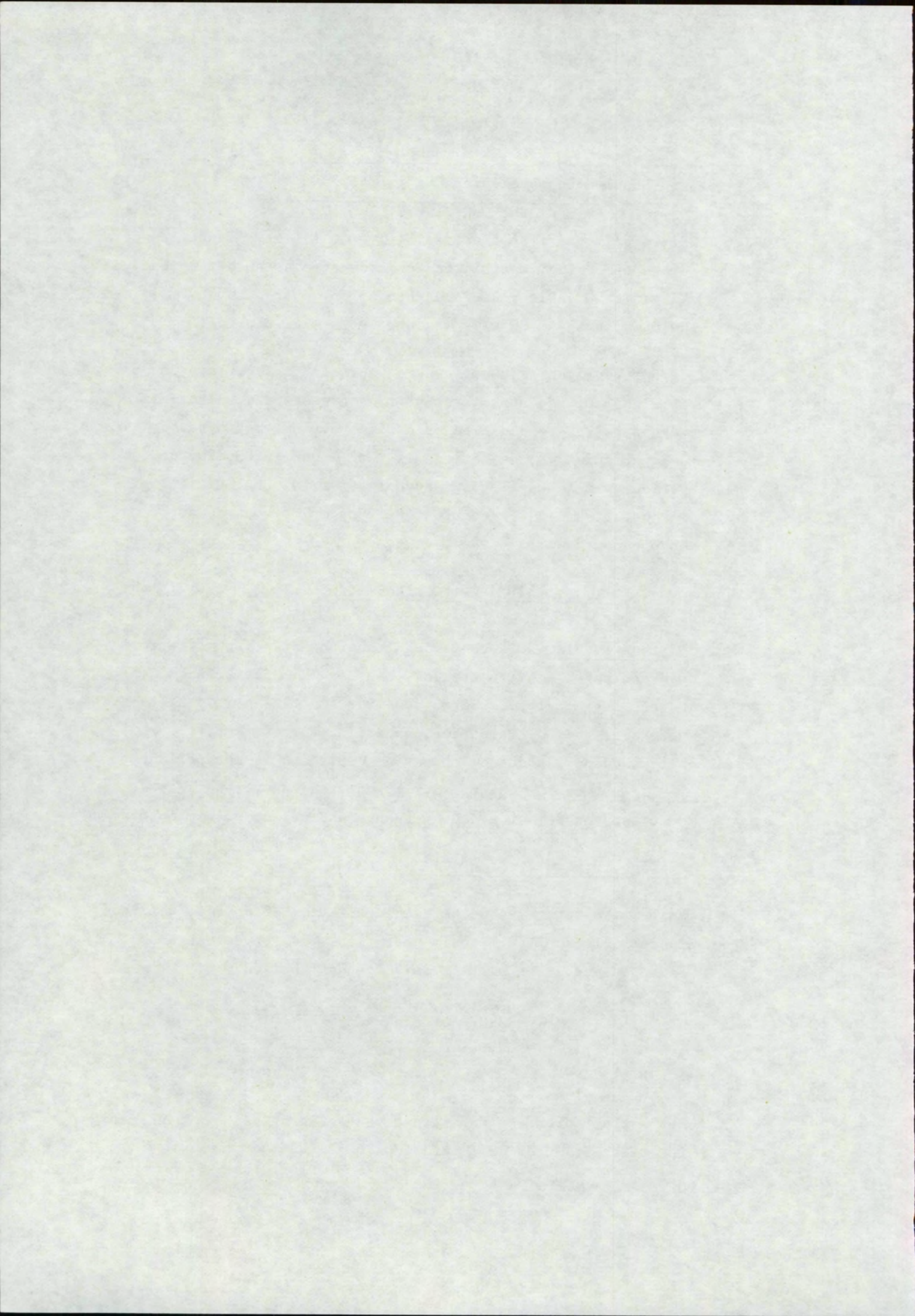
Bijlage IV blad 7 is toegevoegd teneinde de periodiciteit in de resultaten te illustreren. Man kan IV.7 betreffende de tweede dag met IV.1, waarop dezelfde functies $h_7(t)$, $h_6(t)$ etc. voorkomen voor de derde dag, onderling vergelijken. Daarbij blijkt duidelijk dat de oplossing periodiek is met periode $\tau = 12$ uur en 20 minuten, d.w.z. met een faseverschil tussen de tweede en de derde dag overeenkomend met $\Delta t = 40$ minuten.

Bijlage IV blad 8, 9 en 10

Enige resultaten van de berekeningen V01, V10 en V13, die reeds in de Bijlagen II, II en IV voorkomen, zijn op deze bladen samengevoegd. Het betreft de volgende functies :

$h(t)$ in het knooppunt	5	Bijlage IV blad	8
$h(t)$ " " "	8	" IV "	9
$h(t)$ " " "	10	" IV "	10

Het betreft hier een onderlinge vergelijking van overeenkomstige functies $h(t)$ voor drie gevallen :



V01	V10	V13	$\left[\frac{1}{m^{1/2}/s} \right]$
C = 60	C = 90	C = 60/90	

In hoofdstuk 5 worden deze resultaten nader besproken.

4.4

Resultaten berekening [V14 , "90/60"]

In Bijlage V zijn de overeenkomstige resultaten opgenomen van de berekening V14, d.w.z. voor een plotselinge overgang: $C_{vloed} = 90 \frac{1}{m^{1/2}/s}$ en $C_{eb} = 60 \frac{1}{m^{1/2}/s}$.

Aansluitend op de beschrijving in par. 4.3 wordt hier volstaan met het volgende overzicht :

<u>Bijlage V blad 1 t/m 6</u>	Resultaten 3e etmaal
<u>Bijlage V blad 7</u>	Illustratie periodiciteit
<u>Bijlage V blad 8, 9 en 10</u>	Vergelijking $h(t)$ in de knooppunten 5, 8 en 10 voor steeds drie berekeningen (V01, V10 en V14) d.w.z. voor drie gevallen:

V01	V10	V14	$\left[\frac{1}{m^{1/2}/s} \right]$
C = 60	C = 90	C = 90/60	

In hoofdstuk 5 worden deze resultaten nader besproken.

5. Interpretatie resultaten

5.1 Controle-berekeningen

Het gaat in dit hoofdstuk om de interpretatie van vier *periodieke* oplossingen, waarbij dus beginvoorwaarden geen rol spelen. Bij de vier berekeningen zijn dezelfde randvoorwaarden opgelegd. De verschillen tussen de resultaten van de vier berekeningen worden veroorzaakt door een verschillend gedrag van de weerstandsterm in samenhang met dat van de overige termen in de DVn (1) en (2). Daarom wordt in deze paragraaf aandacht besteed aan het gedrag van de termen in de DVn, dat lokaal en momentaan kan worden geanalyseerd m.b.v. controle-berekeningen (zie Ref. [5]).

De bewegingsvergelijking (1) en de continuïteitsvergelijking (2) kan men integreren naar x over een vak met een beperkte lengte Δx van $x = x_1$ tot $x = x_2$ (zie Fig. 5).

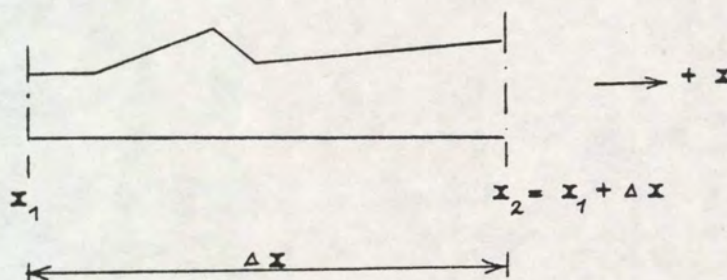


Fig. 5 - Integratie over een vaklengte Δx

Hierna wordt gewerkt met de volgende vergelijkingen (zie Ref [5], Bijlage A.1).

$$h(x_2) - h(x_1) = - \frac{1}{g(A_s)_g} \frac{\partial Q_g}{\partial t} \Delta x - \frac{1}{g(A_s)_g} \left[Q(x_2) u(x_2) - Q(x_1) u(x_1) \right] - \frac{u_g |u_g|}{C^2(R)_g} \Delta x \quad (5)$$

$$Q(x_2) - Q(x_1) = - \Delta F \frac{\partial h_g}{\partial t} \quad (6)$$

Korte toelichting :

- Omdat door een factor gA_s is gedeeld hebben de termen in verg.(5) de dimensie van een verval. Deze vergelijking geeft aan dat het momentane verval over het beschouwde vak gelijk is aan de som van (drie bijdragen van resp.):
 - de lokale traagheidsterm
 - de advectione (traagheids-)term
 - de weerstandsterm
- In de weerstandsterm en de advectione term is voor Q/A_s de over het (stroomvoerend) dwarsprofiel gemiddelde snelheid (u) gesubstitueerd. Voorts zijn $\frac{\partial Q_g}{\partial t}$ en u_g in verg.(5) over de vaklengte Δx gemiddelde waarden.
- In het rechterlid van verg.(5) is sprake van het product van de afgeleide naar de tijd van $h_g = \frac{1}{2} \{h(x_1) + h(x_2)\}$ en de kombergingsoppervlakte

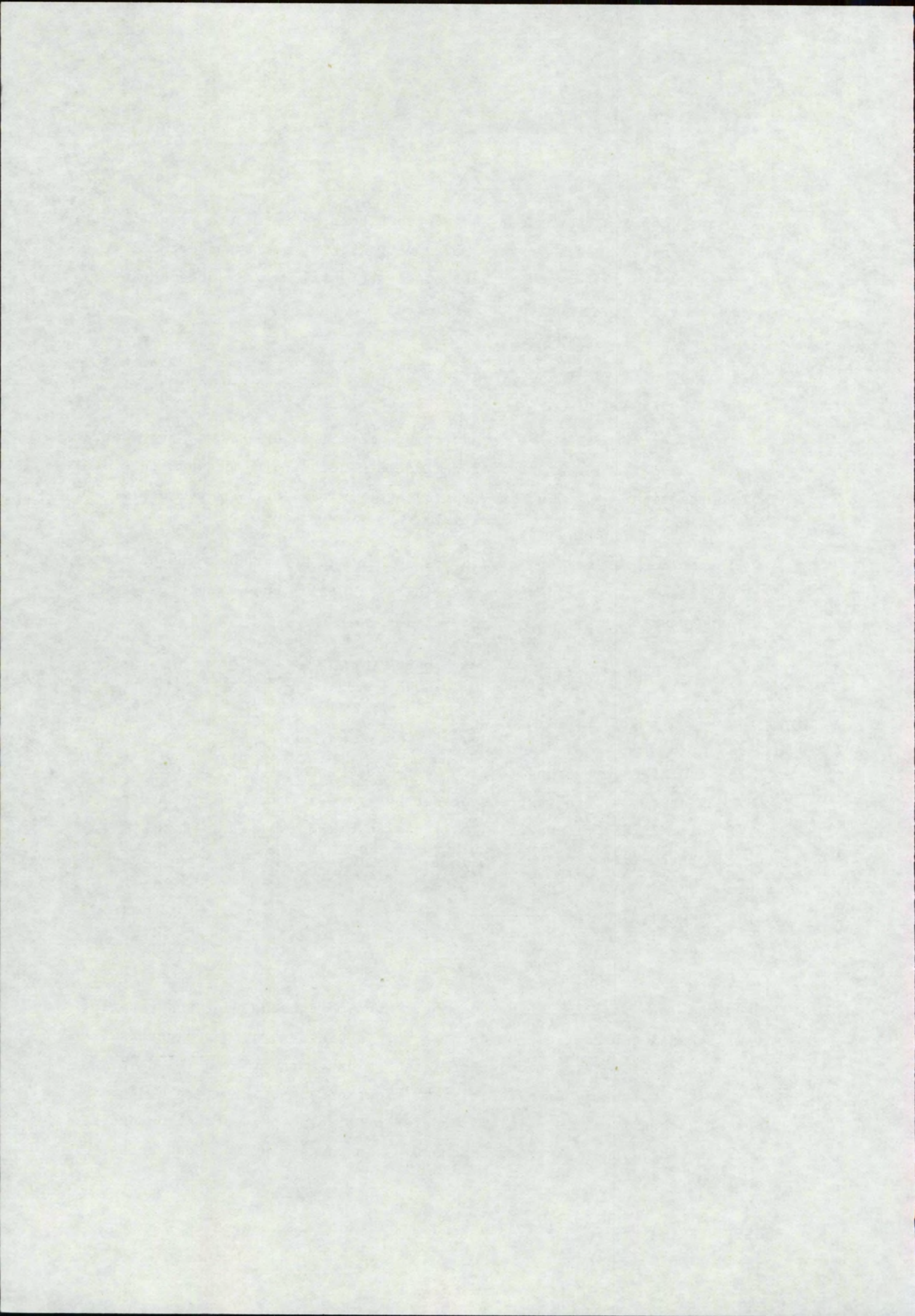
$$\Delta F = \int_{x_1}^{x_1 + \Delta x} B \, dx \quad (7)$$

Nabij een afgesloten rand ($Q(t) = 0$) reduceert verg.(1) tot $\partial h / \partial x = 0$. Het debiet t.p.v. een vakgrens op een beperkte afstand ($-\Delta x$) van deze rand volgt direct uit verg.(6), als daarin $Q(x_2) = 0$ en $h_g \cong h(x_1, t)$ worden gesubstitueerd :

$$Q(x_1, t) = \Delta F \frac{d h(x_1, t)}{dt} \quad (8)$$

Gedurende een periode kan bv. voor elk uur (momentaan) voor een bepaald vak (lokaal) een controle-berekening worden uitgevoerd door gegevens van geometrie, waterstanden en debieten in de vergn. (5) en (6) resp. verg. (8) te substitueren. Dit maakt zichtbaar op welke wijze de termen op zichzelf en t.o.v. elkaar variëren bij een (periodieke) oplossing. Door verschillende vakken te beschouwen kan van een systeem een totaalbeeld worden opgebouwd.

Als voorbeeld wordt hier vak 4 beschouwd tussen de vakgrenzen 7 en 8 (zie Bijlage I.2).



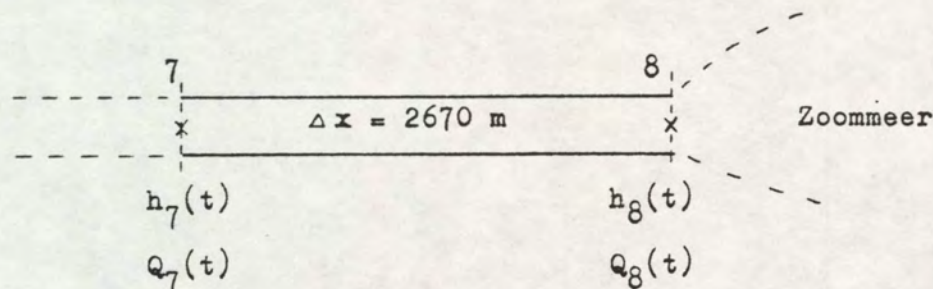


Fig. 6 - Controle-berekeningen vak 4

De berekende functies $h_7(t)$, $h_8(t)$, $Q_7(t)$ en $Q_8(t)$ zijn geplot en opgenomen in de bladen 1, 2, 3 en 4 van de Bijlagen II, III, IV en V. Alle overige gegevens kunnen door interpolatie worden ontleend aan de schematisatie-gegevens op Bijlage I.3.

Ter illustratie worden van de berekeningen V13 - "60/90" en V 14 - "90/60" enkele controle-berekeningen besproken.

V13 tijdstip 3e dag $t = 7.20$ uur

$$C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

Op dat tijdstip heeft het vloed-debiet juist de maximale waarde bereikt. Uit de computer-uitvoer zijn de volgende waarden overgenomen :

$$h_8 = 0.34 \text{ m} , h_7 = 0.47 \text{ m} ; Q_8 = 1293 \text{ m}^3/\text{s} , Q_7 = 1397 \text{ m}^3/\text{s}$$

De vaklengte $\Delta x = 2670 \text{ m}$, voor de hydraulische straal is gerekend met $R \approx 6,00 \text{ m}$ en voor het oppervlak van het stroomvoerend profiel met $A_s \approx 1210 \text{ m}^2$ (zie Bijlage I.3).

Men vindt dan : $u_g = \frac{1293}{1210} = 1.07 \text{ m/s}$ en

$$u_7 = \frac{1397}{1210} = 1,15 \text{ m/s} \text{ en dus}$$

$$u_g = 1,11 \text{ m/s.}$$

Weerstandsterm (zie verg.(5)): $-\frac{u_g |u_g|}{C^2 R} \Delta x =$

$$-\frac{(1,11)^2 * 2670}{3600 * 5,95} = -0,14 \text{ m}$$

De traagheidsterm $-\frac{\Delta x}{gA_s} \frac{\partial Q_g}{\partial t}$ is gelijk aan nul.

Advectieve term: $\frac{-1}{gA_s} (Q_8 u_8 - Q_7 u_7) =$

$$\frac{-1}{9,8 * 1210} (1384 - 1607) \cong \frac{223}{11800} \cong 0,02 \text{ m}$$

Controle: $h_8 - h_7 = -0,13 \text{ m} \cong (-0,14 + 0,02) \text{ m.}$

Opm. (i) Een uur later zijn de weerstandsterm en de advectieve term (absoluut) in waarde afgenomen en gaat de traagheidsterm in verg.(5) een geringe positieve waarde aannemen (omdat $\frac{\partial Q}{\partial t}$ negatief is).

(ii) Op het tijdstip $t = 9.55$ uur geldt $Q_8 \cong Q_7 \cong 0$ met als gevolg dat de weerstandsterm en de advectieve term beiden nul zijn. De traagheidsterm is dan

$$\frac{-\Delta x}{gA_s} \frac{\partial Q}{\partial t} \cong \frac{2670}{9,8 * 1212} * (-0,37) \cong 0,08 \text{ m.}$$

Het verval $h_8 - h_7 = 0,94 - 0,86 = 0,08 \text{ m.}$

V13. tijdstip $t = 12.00$ uur

$$C = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

Het eb-debiet heeft juist de maximale waarde bereikt dus de traagheids-term is gelijk aan nul. De volgende waarden zijn verzameld :

$$h_8 = 0.39 \text{ m} , h_7 = 0,29 \text{ m} , Q_8 = -1390 \text{ m}^3/\text{s} , Q_7 = -1412 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_s \cong 1200 \text{ m}^2 , R \cong 5,90 \text{ m.}$$

Men vindt dan : $u_8 = -1,14 \text{ m/s}$, $u_7 = -1,23 \text{ m/s}$ en $u_g = -1,19 \text{ m/s}$.

Weerstandsterm : $-\frac{-(1,19)^2 * 2670}{8100 * 5,90} = +0,08 \text{ m}$

Advectieve term: $\frac{-1}{9,8 * 1200} (1492 - 1748) \cong 0,02 \text{ m}$

Controle : $h_8 - h_7 = +0,10 \text{ m} = (+0,08 + 0,02)\text{m}$.

Aansluitend bij de bovenstaande controle-berekeningen m.b.v. verg.(5) wordt nu voor dezelfde tijdstippen $t = 7.20 \text{ uur}$ en $t = 12.00$ verg.(7) gebruikt.

De afgeleide $\partial h / \partial t$ is over vak 4 nagenoeg constant, de kombergingsoppervlakte $\Delta F \cong 2670 * 435 = 11,6 * 10^5 \text{ m}^2$.

Achtereenvolgens kan worden berekend :

$t = 7.20 \text{ uur}$

 $\frac{dh_g}{dt} \cong \frac{+0,11}{1200} \cong 0,9 * 10^{-4} \text{ m/s}$

$$Q_8 - Q_7 = -(11,6 * 10^5)(0,9 * 10^{-4}) = -104 \text{ m}^3/\text{s}$$

Controle : $Q_8 - Q_7 = 1293 - 1397 = -104 \text{ m}^3/\text{s}$.

$t = 12.00 \text{ uur}$

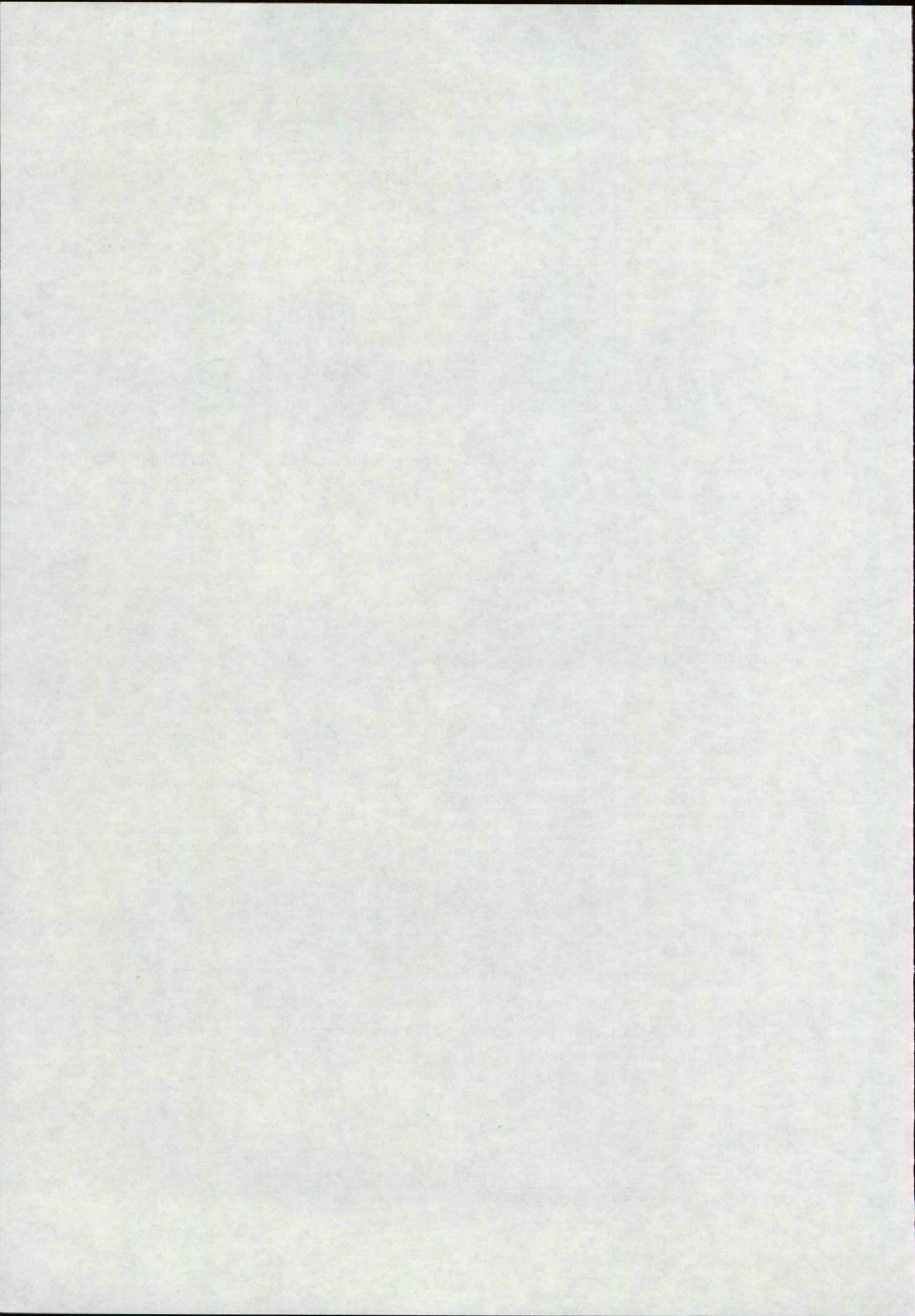
 $\frac{dh_g}{dt} \cong \frac{-0,12}{1200} \cong -10^{-4} \text{ m/s}$

$$Q_8 - Q_7 = -(11,6 * 10^5)(-10^{-4}) = +116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Controle : $Q_8 - Q_7 = -1309 - 1421 = +112 \text{ m}^3/\text{s}$.

Opmerkingen :

- (i) Het *verschil* $Q_8 - Q_7$ is op de beide tijdstippen extreem en *relatief klein* t.o.v. de extreme waarden van Q_8 en Q_7 zelf. Dat geldt voor het gehele SRK in zekere mate, omdat door de verhoudingen in het systeem de berging in het Zoommeer overheerst.
- (ii) Het *debiet in punt 8* op de overgang tussen SRK en Zoommeer kan worden benaderd met verg.(8). Voor het Zoommeer geldt $\partial h / \partial x \approx$ nul, daarom kan $\partial h / \partial t$ worden benaderd met dh_g / dt . De momentane



waarde van ΔF volgt uit de gegevens op de Bijlage I.3).

Bv. voor het tijdstip $t = 12.00$ uur wordt gevonden :

$$Q_8 = \Delta F \frac{dh}{dt} = 13 \times 10^6 (-10^{-4}) = -1300 \text{ m}^3/\text{s} (\approx 1309 \text{ m}^3/\text{s}).$$

Uit deze controle volgt dat $Q_8(t)$ (via de kombergingsbeschouwing voor het Zoommeer) nauwkeurig kan worden benaderd m.b.v. $h_8(t)$.

- (iii) Het feit dat de debieten in het SRK relatief geringe verschillen vertonen, heeft als consequentie dat deze debieten onderling een geringe faseverschuiving vertonen en allen in overwegende mate door de momentane waarden van $\partial h / \partial t$ in het Zoommeer worden bepaald.

Bij de interpretatie van de gezamenlijke resultaten wordt van deze eigenschap van het systeem SRK-Zoommeer gebruik gemaakt.

Hierna zijn in Tabel 1 de resultaten opgenomen van enkele controle-berekeningen op basis van de resultaten van berekening V14. Deze controle-berekeningen betreffen (analoog aan het bovenstaande voor V13) het vak 4 en de volgende drie tijdstippen :

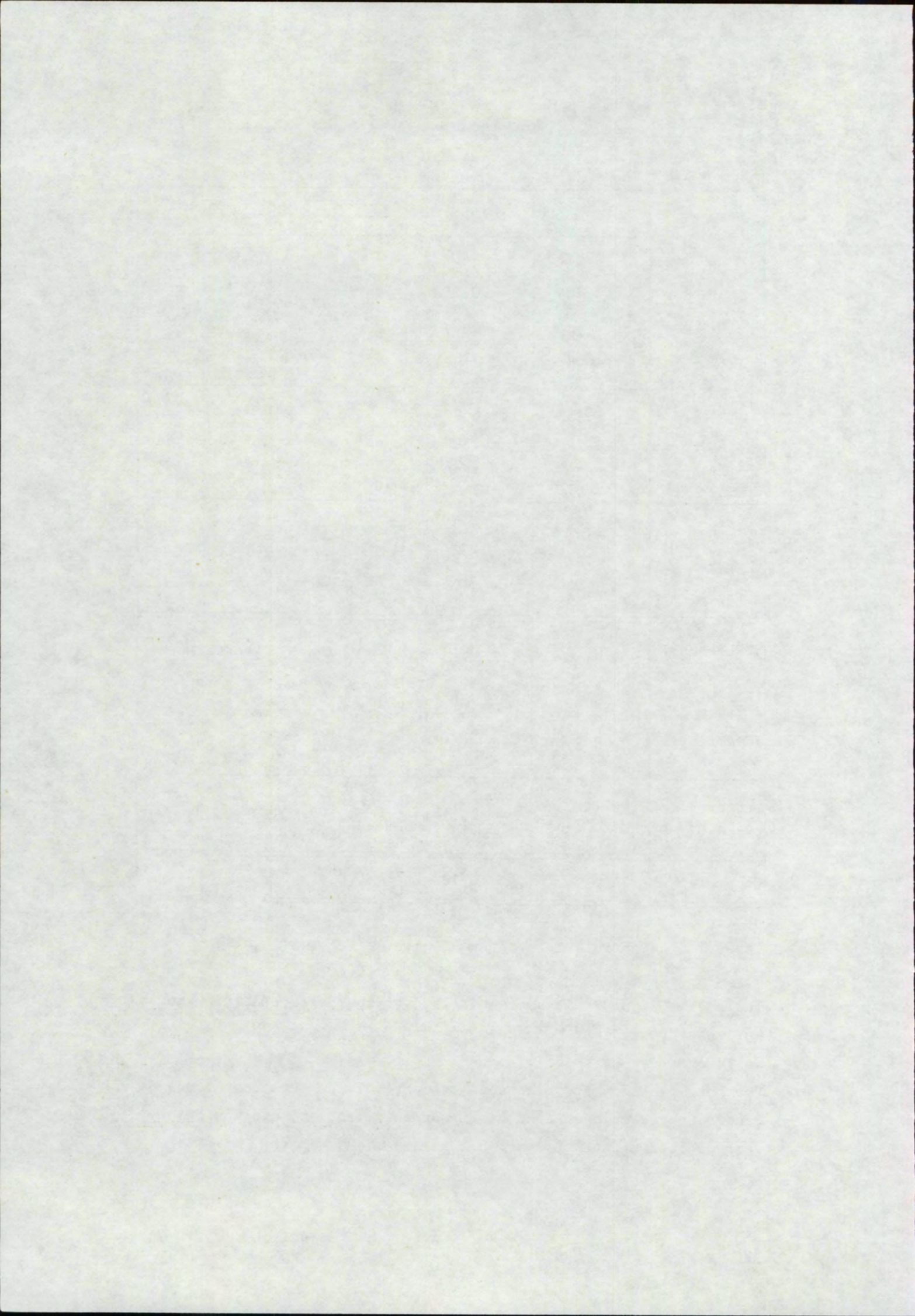
$t = 7.10$ uur	(max. vloed)	$C = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
$t = 11.20$ uur	(max. eb)	$C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
$t = 9.25$ uur	(kentering)	$C = "90/60"$

	t = 7.10 u	t = 11.20 u	t = 9.25 u	eenheid
			9.20 u/9.30 u	
h_8	0,62	0,85	1,29	m
h_7	0,70	0,75	1,20	m
Q_8	1679	- 1097	+ 151/- 104	m ³ /s
Q_7	1834	- 1189	+ 157/- 141	m ³ /s
$(R)_g$	6,15	6,20	6,60	m
$(A_s)_g$	1272	1300	1400	m ²
L	2670	2670	2670	m
u_8	1,39	- 0,88	≈ nul	m/s
u_7	1,41	- 0,94	≈ nul	m/s
u_g	1,40	- 0,91	≈ nul	m/s
weerstandsterm	- 0,10 ⁵	+ 0,10	nul	verval in m
traagheids- term	nul	nul	0,09	"
advectieve term	+ 0,02	+ 0,01	nul	"
verval $h_8 - h_7$	- 0,08 ⁵	0,11	0,09	"
Controle:	- 0,08	0,10	0,09	"

Tabel 1 - Controle resultaten V14 m.b.v. verg.(5)

In Tabel 1 zijn drie kenmerkende tijdstippen beschouwd, die kunnen worden aangevuld met berekeningen voor bv. elk uur t.b.v. een volledig beeld over een periode.

Voor het gehele systeem kunnen met de resultaten van bovenbedoelde controle-berekeningen conclusies worden getrokken, die van belang zijn voor de overwegingen in par. 5.2 en 5.3 :



1. de gegevens (voor zover gebruikt) zijn goed ingevoerd in IMPLIC;
2. weerstandsterm en traagheidsterm zijn ongeveer even belangrijk, terwijl de advectionsterm relatief klein blijkt te zijn;
3. de advectionsterm heeft voor eb en vloed hetzelfde teken (zie ook Ref. [5] Bijlage A.1);
4. de invloed van de coëfficiënt C (of liever van de weerstandsfactor g/C^2) in de weerstandsterm komt bij de berekeningen (zie bv. V13 tijdstip $t = 12.00$ uur) lokaal direct tot uiting;
5. de kombergingsoppervlakte van het Zoommeer heeft een overheersende invloed in het systeem, waardoor de debiet-verschillen over het SRK relatief klein zijn.

PM: opvallend is daarmee samenhangend het geringe verschil in fase van alle functies $Q(t)$ over het SRK (zie later par. 5.3).

5.2 Resultaten V13 en V14

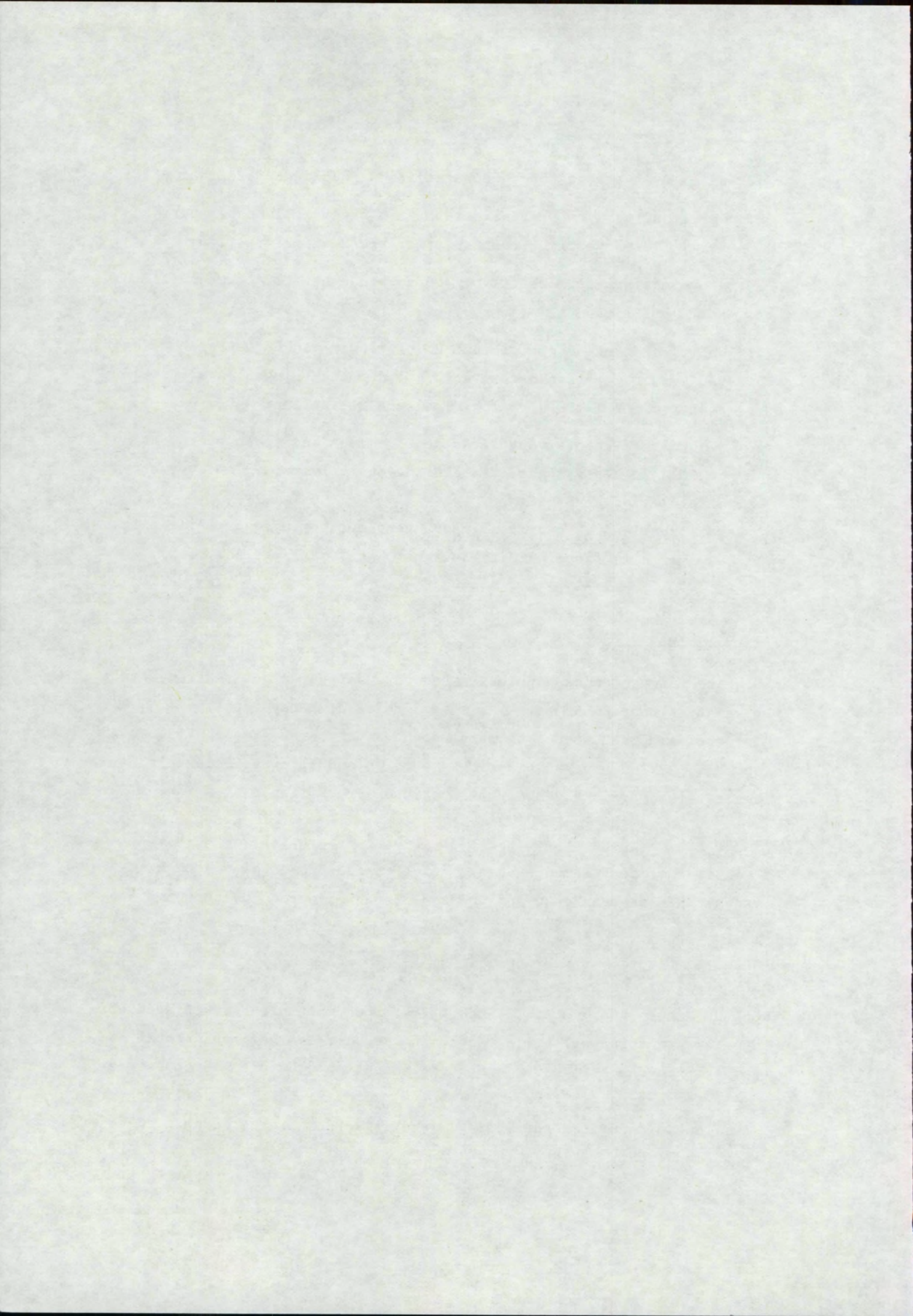
De berekeningen en de conclusies van par. 5.1 geven het vertrouwen dat gewenst is voor de in par. 5.2 en 5.3 volgende interpretatie.

In deze paragraaf worden de resultaten van de berekeningen [V13, "60/90"] en [V14, "90/60"] gezamenlijk beschouwd en onderling vergeleken t.b.v. een eerste overzicht van de kwalitatieve verschillen.

In de Fig. 7 op de volgende blz. zijn blad IV.6 uit Bijlage IV en blad V.6 uit Bijlage V samengevoegd. Het gaat daarbij om de *vakken* 5 en 6 van het SRK waarvan op de *vakgrenzen* 5, 6 en 7 worden beschouwd :

$$h_5(t) \quad , \quad h_7(t) \quad \text{en} \quad Q_6(t)$$

Ook nu kunnen voor verschillende tijdstippen controle-berekeningen worden gemaakt (zie par. 5.1). Doet men dit voor een voldoende aantal tijdstippen dan krijgt men een goed inzicht in de wijze waarop aan de differentiaal-vergelijkingen (1) en (2) wordt voldaan. Onderlinge verschillen in de uitkomsten voor V13 en V14 worden hierna beschreven en kort toegelicht.



Opm.: Omdat het hier twee vakken betreft waarvoor de in IMPLIC gebruikte gegevens moeten worden gemiddeld, zal men met de handberekening geringe verschillen vinden, die echter binnen redelijke grenzen blijven (bv. ± 1 à 2 cm verschil in verval).

In Fig. 7.a en Fig. 7.b zijn de vloed-perioden en de eb-perioden aangegeven. Deze perioden worden begrensd door de tijdstippen van kentering, d.w.z. de tijdstippen waarop geldt $Q_6(t) = 0$.

De aandacht wordt eerst op de "laagwaterkentering" (LWK) aan het begin van een vloedperiode gevestigd :

- op dat tijdstip is (naast de advectieve term) de weerstandsterm gelijk aan NUL;
- op dat tijdstip is de traagheidsterm extreem en alleen verantwoordelijk voor het optredende waterspiegel-verval;
- vanaf dat tijdstip geldt een nieuwe C-waarde.

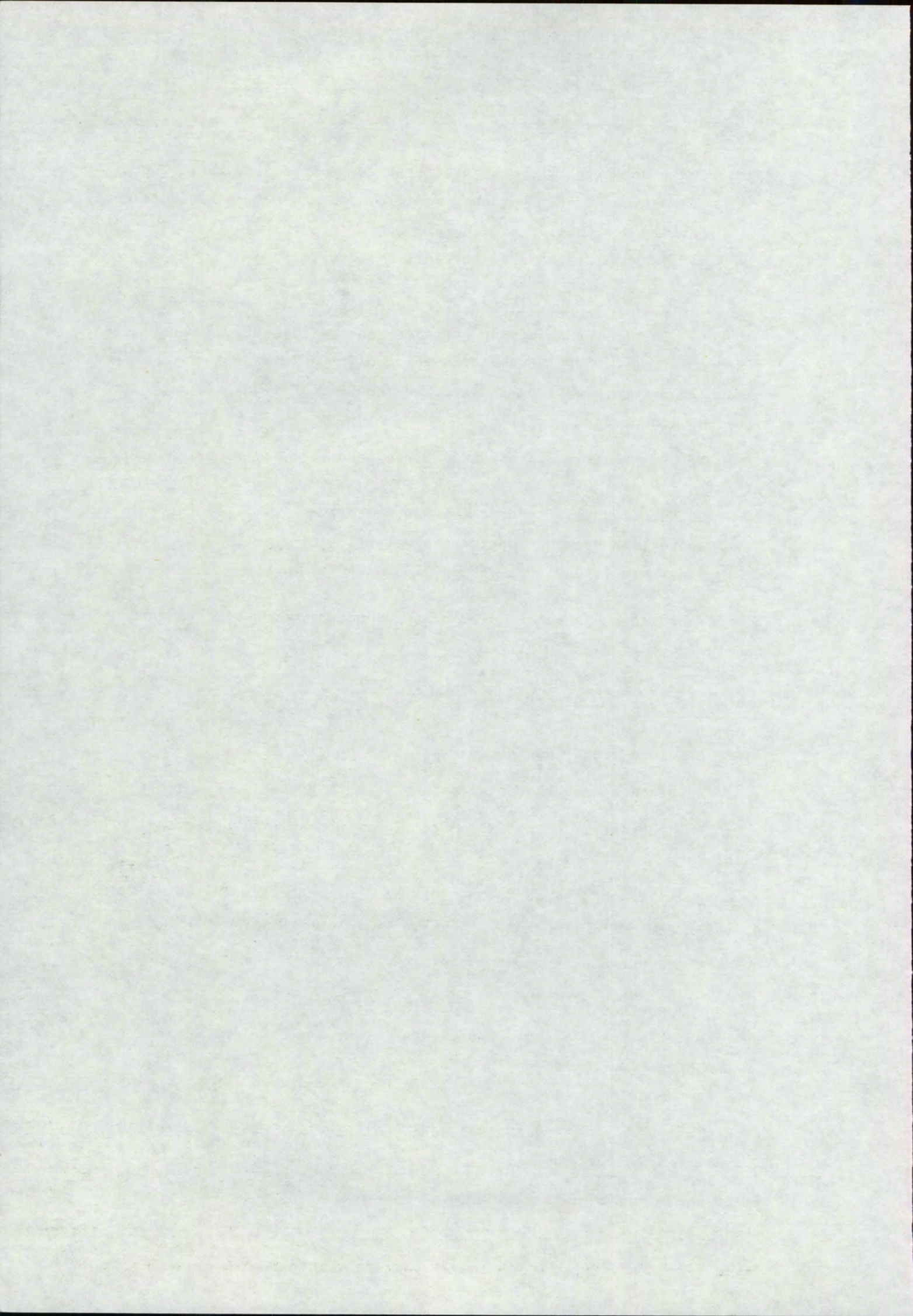
Wij beschouwen nu *de gehele vloedperiode* voor de beide berekeningen waarvoor $C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ in V13 en $C = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ in V14.

V13 t.o.v. V14

- de absolute waarde van het verval $|h_7 - h_5|$ is groter;
- de absolute waarde van de weerstandsterm is groter;
- de traagheidsterm neemt (na enige tijd) in absolute waarde sneller af;
- het debiet wordt minder groot: dit hangt samen met de (na enige tijd) geringere waarde van $\partial h / \partial t$ in het Zoommeer (zie later in par. 5.3);
- de tijdsduur van de vloedperiode is groter.

Aan het einde van de vloed-periode vindt bij de kentering de overgang naar een eb-periode plaats, waarbij de C-waarde plotseling verandert. De dan opgelegde C-waarden (90 t.o.v. $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$) hebben tot gevolg dat voor de *eb-periode* geldt :

- het verval $h_7 - h_5$ is kleiner, (de positieve x-richting is gericht van 5 naar 7; Q_{eb} negatief);
- de weerstandsterm is kleiner;



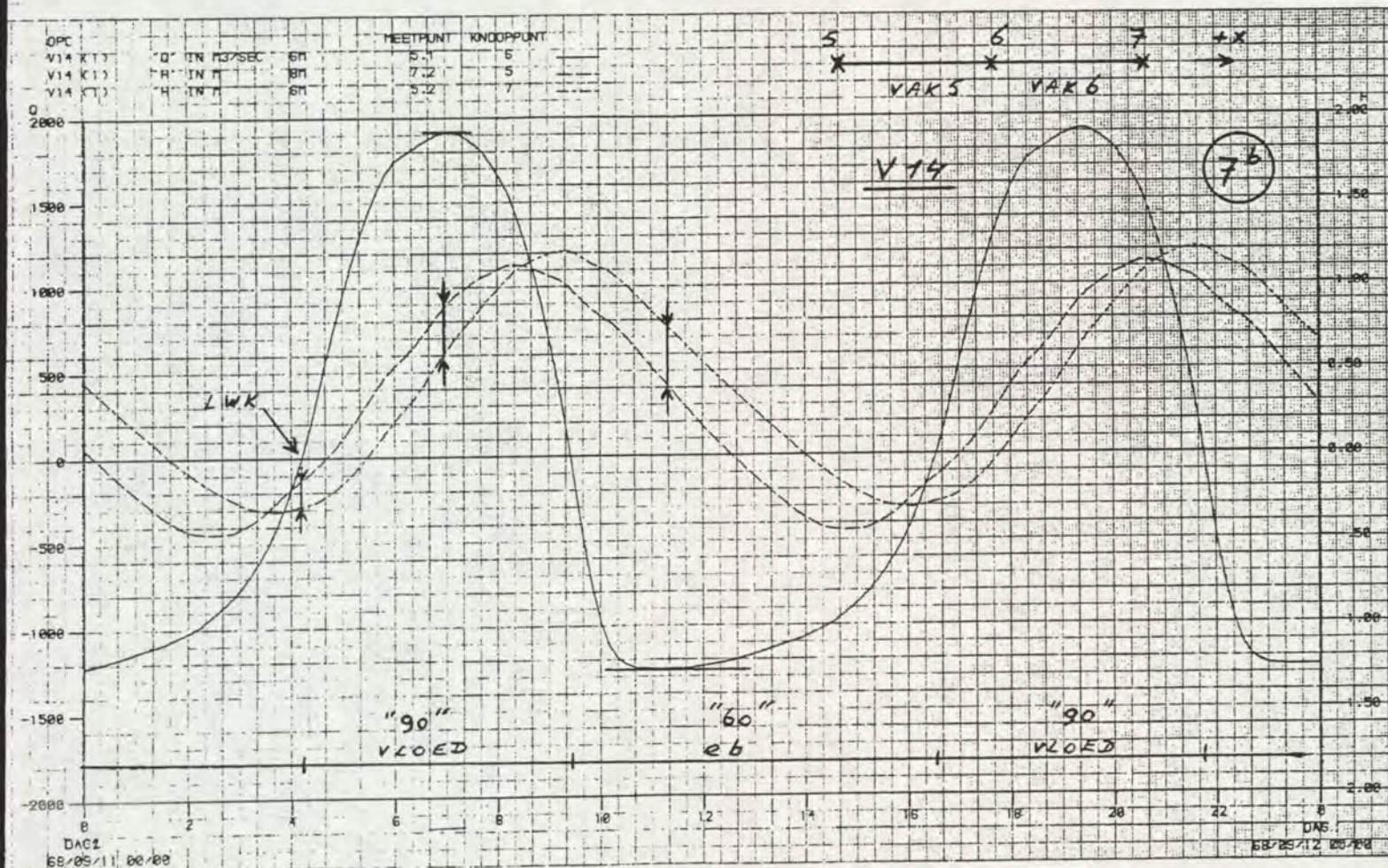
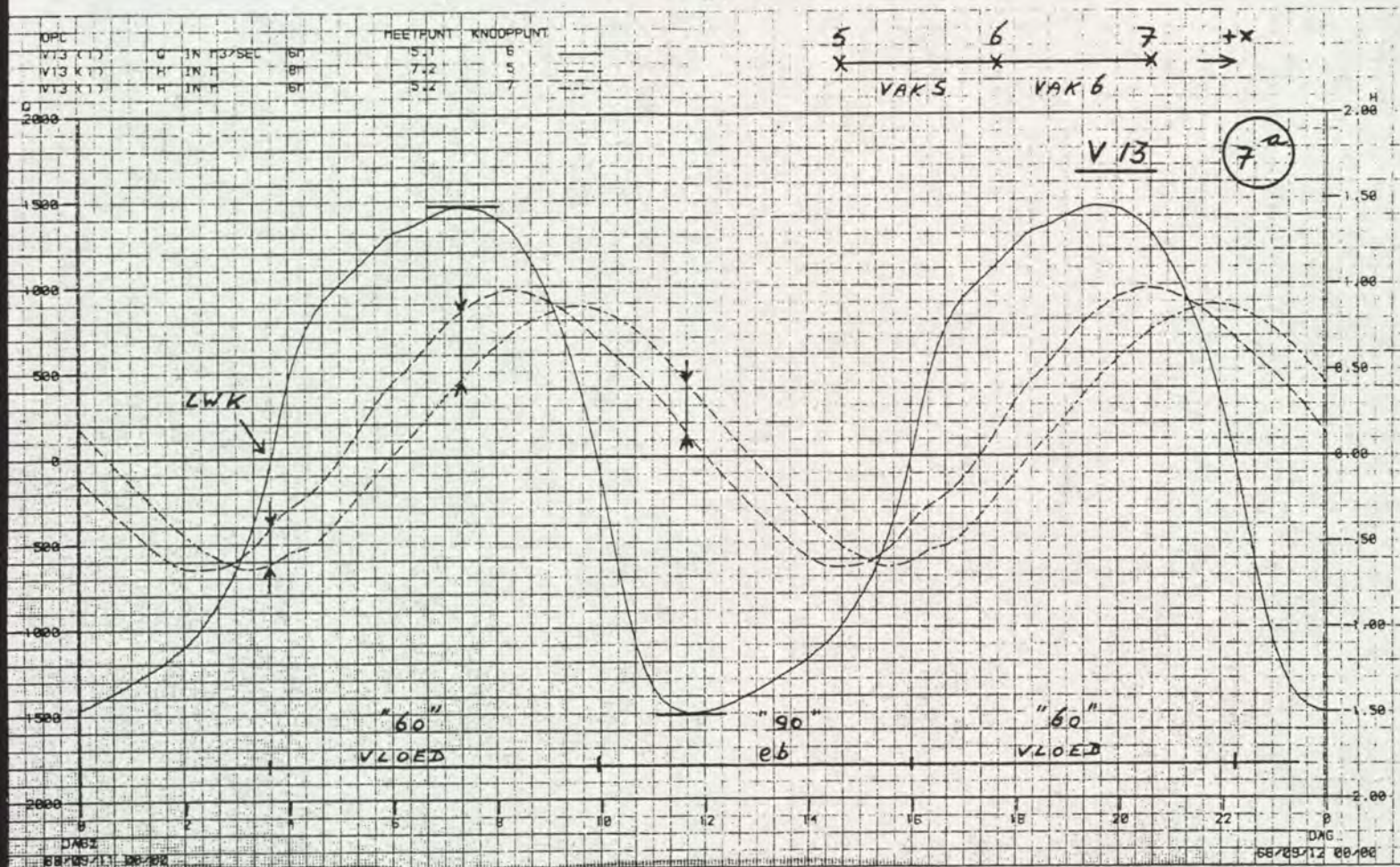


Fig. 7 - Vergelijking V13 en V14 voor de vakken 5 en 6 gezamenlijk.

- de traagheidsterm neemt (na enige tijd) minder snel af;
- het debiet wordt (absoluut) groter;
- de tijdsduur van de eb-periode is kleiner.

Beschouwt men de vloed-periode uitgaande van V14 ($90/60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$) dan kunnen de verschillen t.o.v. V13 ($60/90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$) op overeenkomstige wijze worden aangegeven.

In Tabel 2 zijn de samenhangende verschillen met symbolen aangegeven.

V14 t.o.v. V13

	C	$ \Delta h $	W	TR	Q	$\frac{\partial h}{\partial t}$ in Zoommeer	tijdsduur
vloed	>	<	<	>	>	>	<
eb	<	>	>	<	<	<	>

Tabel 2 - Overzicht $90/60$ t.o.v. $60/90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$

In het bovenstaande werd bij de vergelijking van de resultaten van V13 en V14 de aandacht gericht op twee vakken (van het vrijwel prismatische SRK) in het systeem SRK-Zoommeer.

Wat betreft het verloop van de functies $h_5(t)$ en $h_7(t)$ in Fig. 7.a blijkt de invloed "60/90" vooral uit het verschil in de absolute waarden van het verval $|h_7 - h_5|$.

Opm.: Men kan bij de functies $h_5(t)$ en $h_7(t)$ het verval zien als een met voor de onderlinge verschuiving in de tijd van de beide functies (zie Fig. 8).

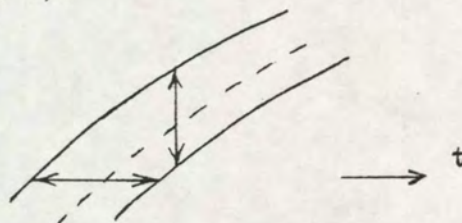
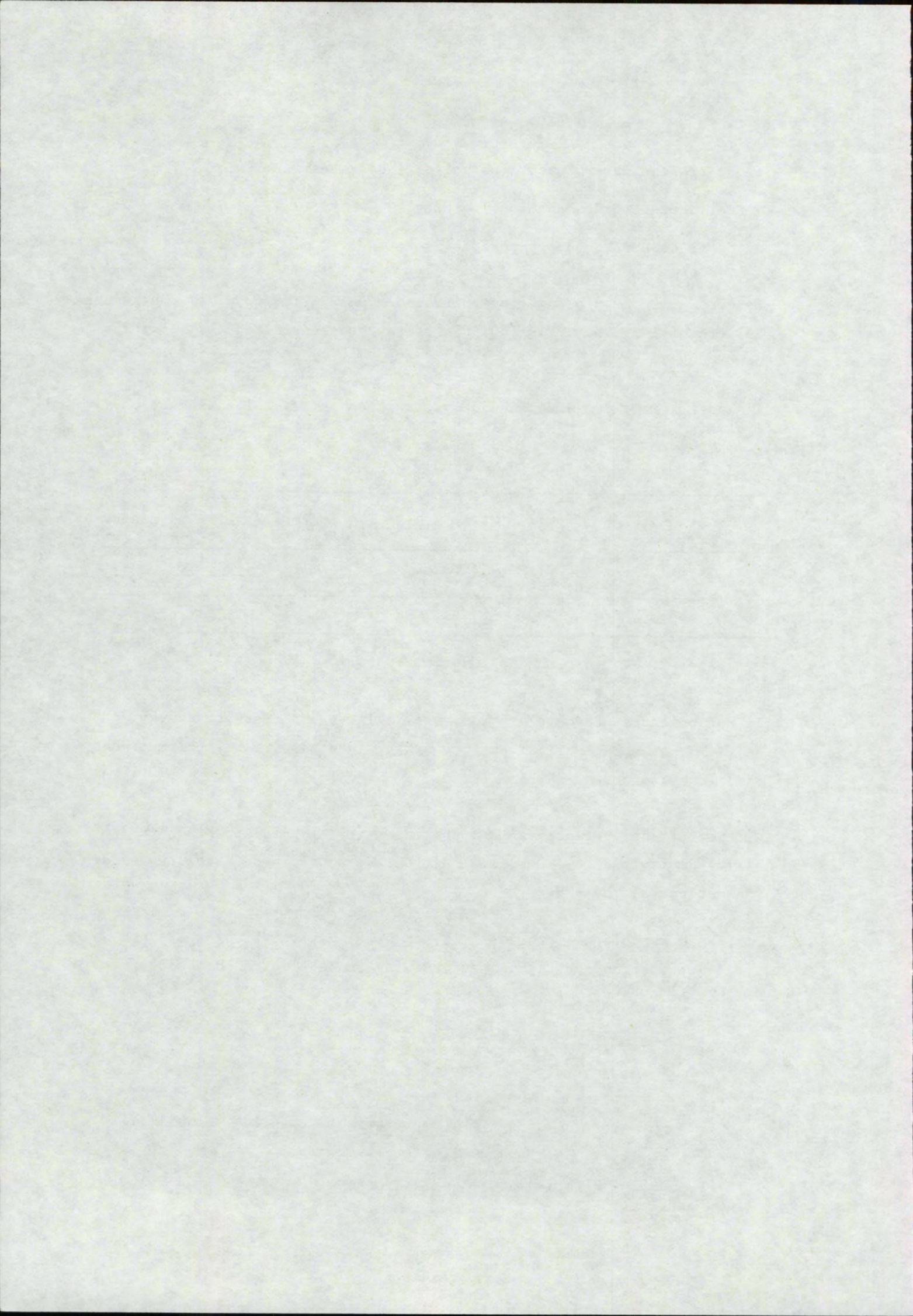


Fig. 8 - Relatie verval - "faseverschuiving"



Duidelijke verschillen blijken uit het verloop van de functie $Q_8(t)$ met name als Fig. 7.a met Fig. 7.b wordt vergeleken. Er zijn duidelijke verschillen in de duur van de eb- en vloed-perioden en in de maximaal optredende debieten.

De invloed van de C-waarde-variaties op de vervallen wordt beperkt door de verschillen in de optredende debieten (zie later par. 5.3).

Omdat het SRK vrijwel prismatisch is en de debieten in x-richting niet sterk variëren is bovenstaande beschouwing representatief voor het gehele kanaal. Er is daarmee een beeld gegeven van de relatie tussen vervallen (faseverschuivingen) over het SRK en de debieten in het SRK over een gehele periode voor de beide gevallen met tijdafhankelijke C-waarden. Hierna wordt de interpretatie gericht op de getijvoortplanting door bij het beeld betreffende het SRK ook het verloop van de waterstand in het Zoommeer te betrekken.

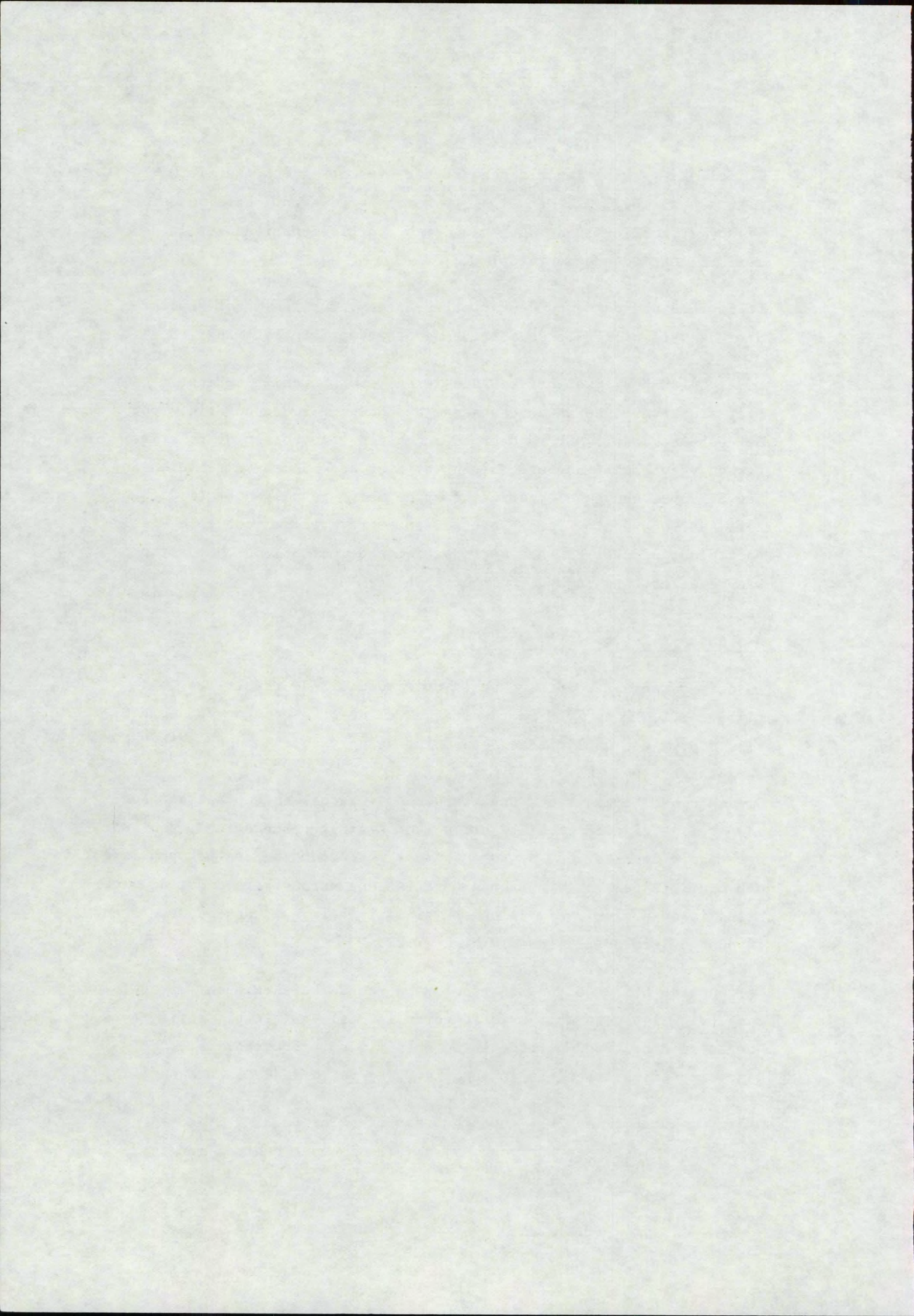
5.3 Beeld van V13 t.o.v. V01 en V10

In deze paragraaf wordt een beeld opgebouwd uit de resultaten in de Bijlagen II, III en IV. De resultaten van de berekeningen V01 en V10 zijn m.b.v. een analytische benadering geanalyseerd in een eerder onderzoek (zie Ref. [5]).

Omdat in het Zoommeer de waterstanden op verschillende plaatsen nagenoeg gelijk zijn op ieder tijdstip (kombergings-beschouwing), kan voor het gehele Zoommeer *één representatieve waterstand* worden gekozen (zie ook controle par. 5.1). Hierna wordt steeds verondersteld dat de waterstand in de punten 9 t/m 14 op elk tijdstip gelijk is aan de waterstand in punt 8 (zie bv. Bijlage IV blad IV.2).

De functies $h_8(t)$ volgens de resultaten van de berekeningen V13, V01 resp. V10 zijn gezamenlijk weergegeven in Fig. 9a (zie bijschriften). Voorts zijn de vloed-periode en de eb-periode ingetekend m.b.v. de kenteringstijdstippen van de functie $Q_8(t)$ betreffende *berekening V13*.

Omdat in het Zoommeer bij goede benadering geldt $\partial h / \partial x = 0$, komen de kenteringstijdstippen ook voor V01 en V10 nagenoeg overeen met tijd-



stippen waarop $h_8(t)$ extreme waarden bereikt ($dh_8/dt = 0$). De LWK en de HWK zijn voor de berekeningen V01 en V10 niet ingetekend.

De figuren 9.b en 9.c brengen vervolgens de verschillen tussen de functies $h_8(t)$ volgens berekening V13 en berekening V01 resp. V10 in beeld.

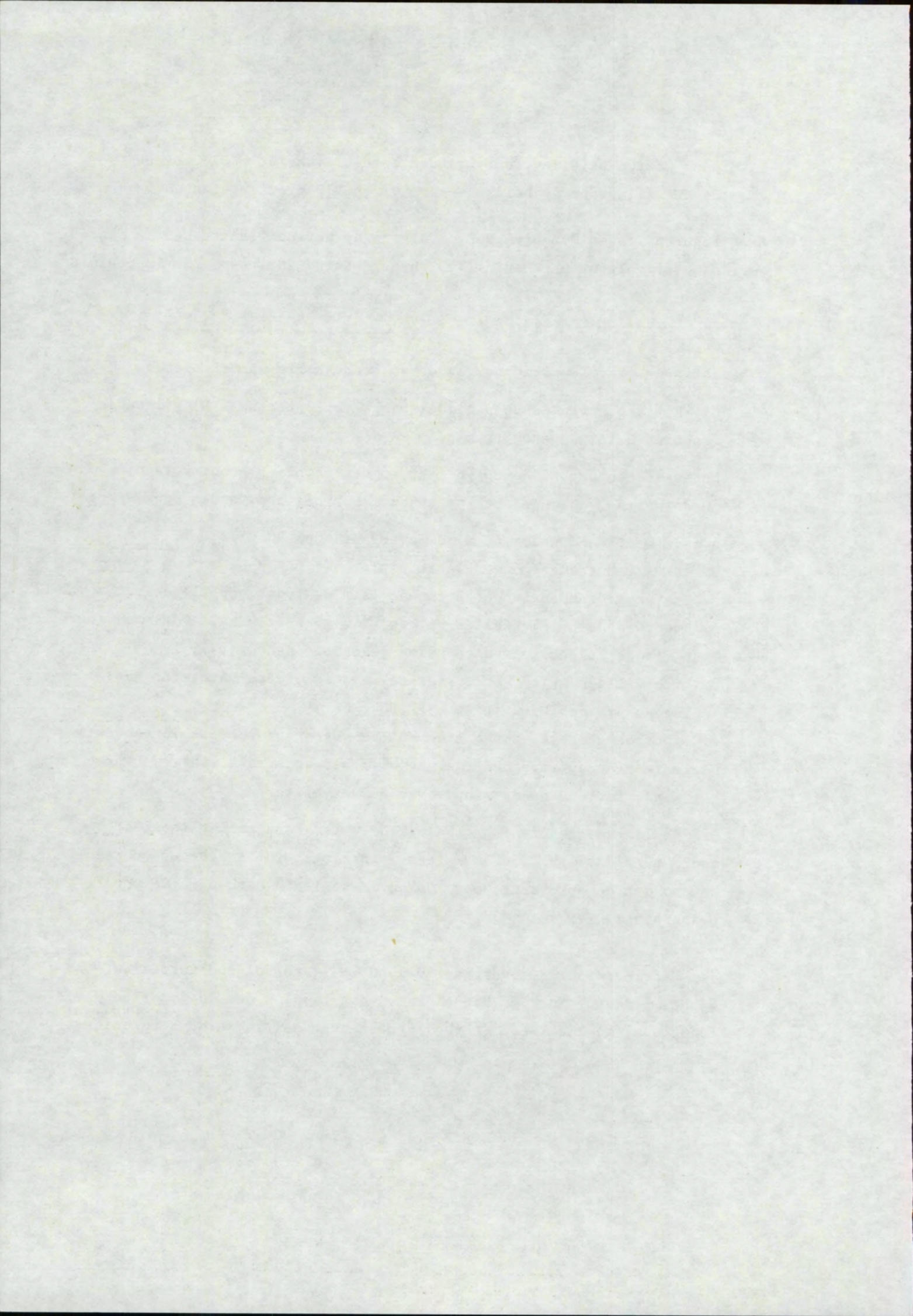
Fig. 9.b - V13 t.o.v. V01

60/90 t.o.v. $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
--

Deze figuur geeft aanleiding tot de volgende korte opmerkingen :

- Bij het begin van de eb-periode (hoogwaterkentering HWK) vallen de functies $h_8(t)$ nagenoeg samen.
- Ongeveer een uur ná de HWK blijkt er een relatief groot verschil in de waarde van dh_8/dt te ontstaan. Daarbij kan worden opgemerkt:
 - a. de weerstand neemt af ná de overgang $60 \rightarrow 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$;
 - b. er stroomt daarom meer water uit;
 - c. de waterstanden in het Zoommeer gaan de (vast) opgelegde randvoorwaarde $h_3(t)$ sneller volgen, d.w.z. $h_8(t)$ daalt veel sneller (via de kombergingsbeschouwing gekoppeld aan $Q_8(t)$);
 - d. niet alleen $Q_8(t)$ wordt sterker negatief, doch dat geldt voor de andere debieten in het SRK ook;
 - e. door de grotere eb-debieten kan de weerstand slechts in beperkte mate afnemen (zie onder a. en b.); er is sprake van een beperkende invloed op de afname van de vervallen.
- Bij de laagwaterkentering (LWK) is de waterstand in het Zoommeer voor "60/90" t.o.v. " $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ " een stuk lager (nl. nagenoeg overeenkomend met de oplossing voor " $90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ " zoals in het volgende wordt beschreven).

Ná de LWK vindt door de overgang $90 \rightarrow 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ een volgend inspeelverschijnsel plaats. In Fig. 9.b ziet men dat tijdens de vloed-periode de functie $h_8(t)$ zich weer (terug)aangepast naar $h_8(t)$ van de berekening V01.



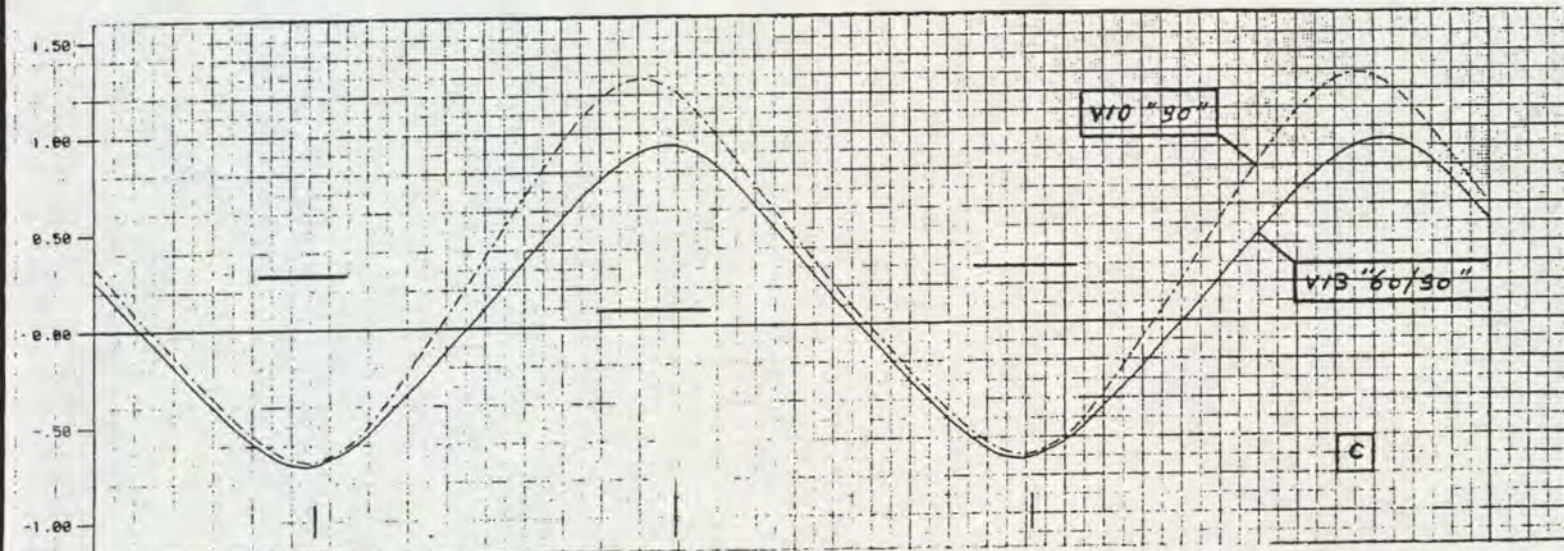
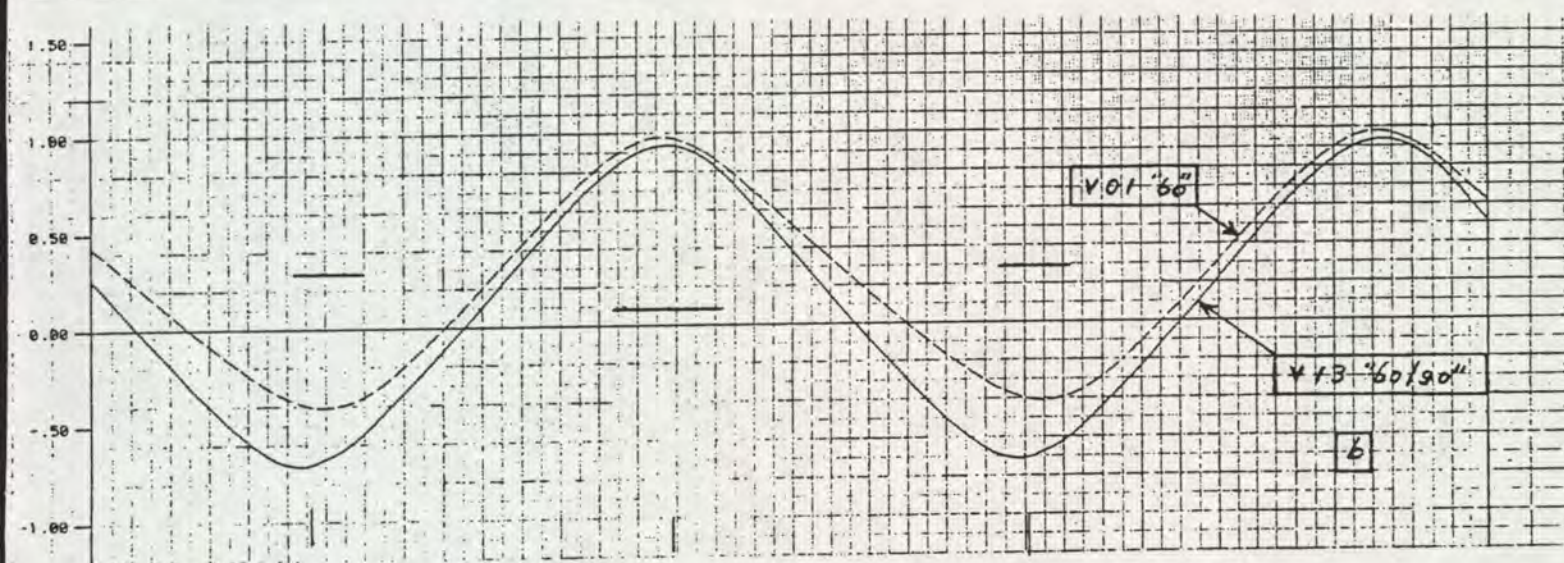
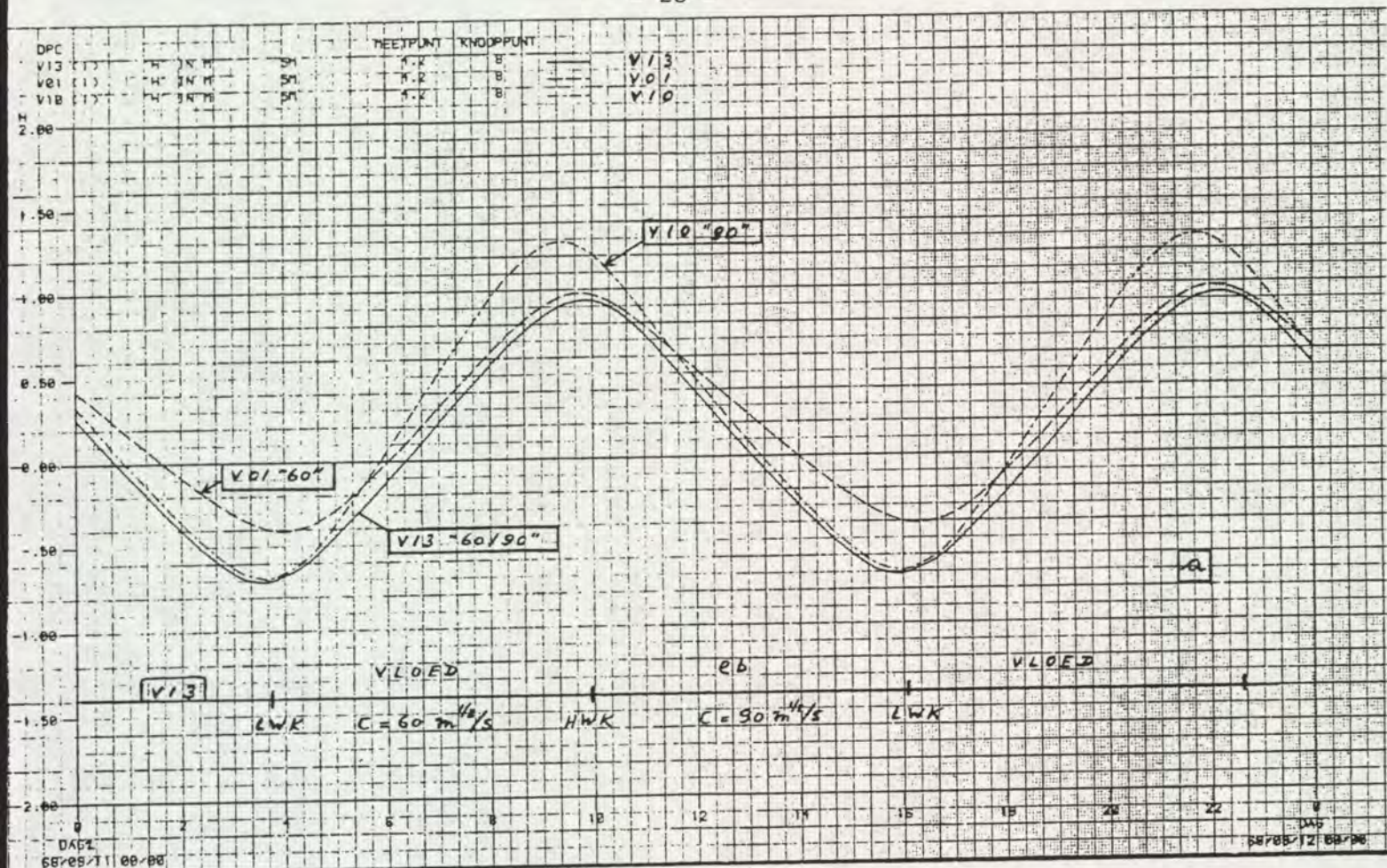


Fig. 9 - Verschil V13 t.o.v. V01 resp. V10

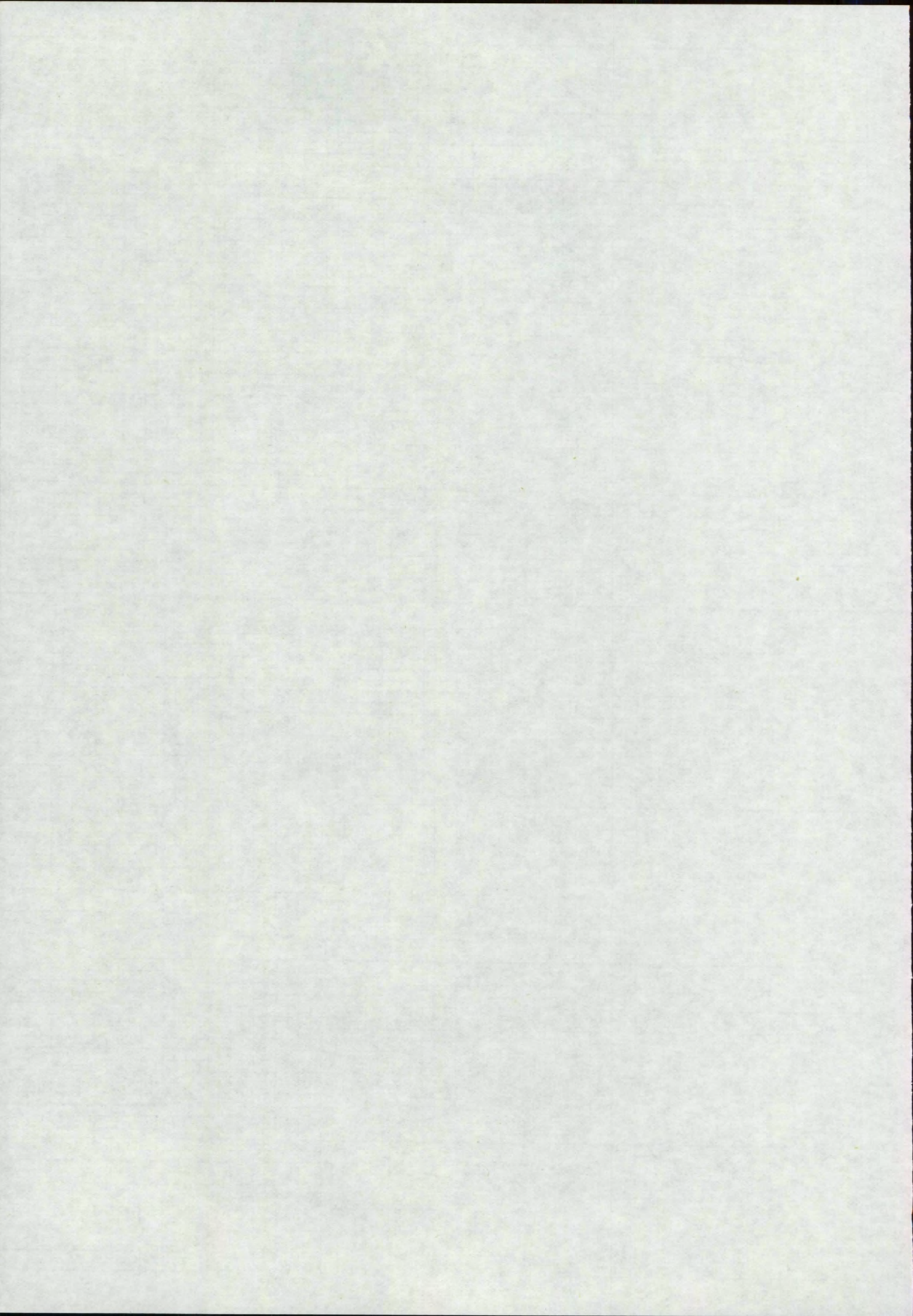


Fig. 9.c - V13 t.o.v. V10

60/90 t.o.v. $90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$
--

Beschouwt men de functies $h_8(t)$ in Fig. 9.c (zie bijschriften) dan kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt :

- Bij het begin van de vloed-periode (tijdstip van de LWK) vallen de functies $h_8(t)$ nagenoeg samen.
- Ongeveer een uur ná de LWK wordt een aanzienlijk verschil in de waarde van dh_8/dt zichtbaar. Merk op dat :
 1. de weerstand toeneemt ná de overgang $90 \rightarrow 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$;
 2. er t.o.v. V10 minder water instroomt, met als gevolg kleinere waarden van dh_8/dt (kombergingsbeschouwing);
 3. de waterstanden in het Zoommeer voor V13 achterblijven;
 4. samenhangend behalve de functie $Q_8(t)$ óók de andere debieten in het SRK kleiner blijven voor V13;
 5. door de kleinere debieten worden de vervallen (zie onder 1. en 2.) beperkt groter.
- Bij de HWK is de waterstand in het Zoommeer voor "60/90" t.o.v. "90" een stuk lager (immers, nagenoeg overeenkomstig $h_8(t)$ voor "60" $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ zie Fig. 9.b en de beschrijving op blz. 27).

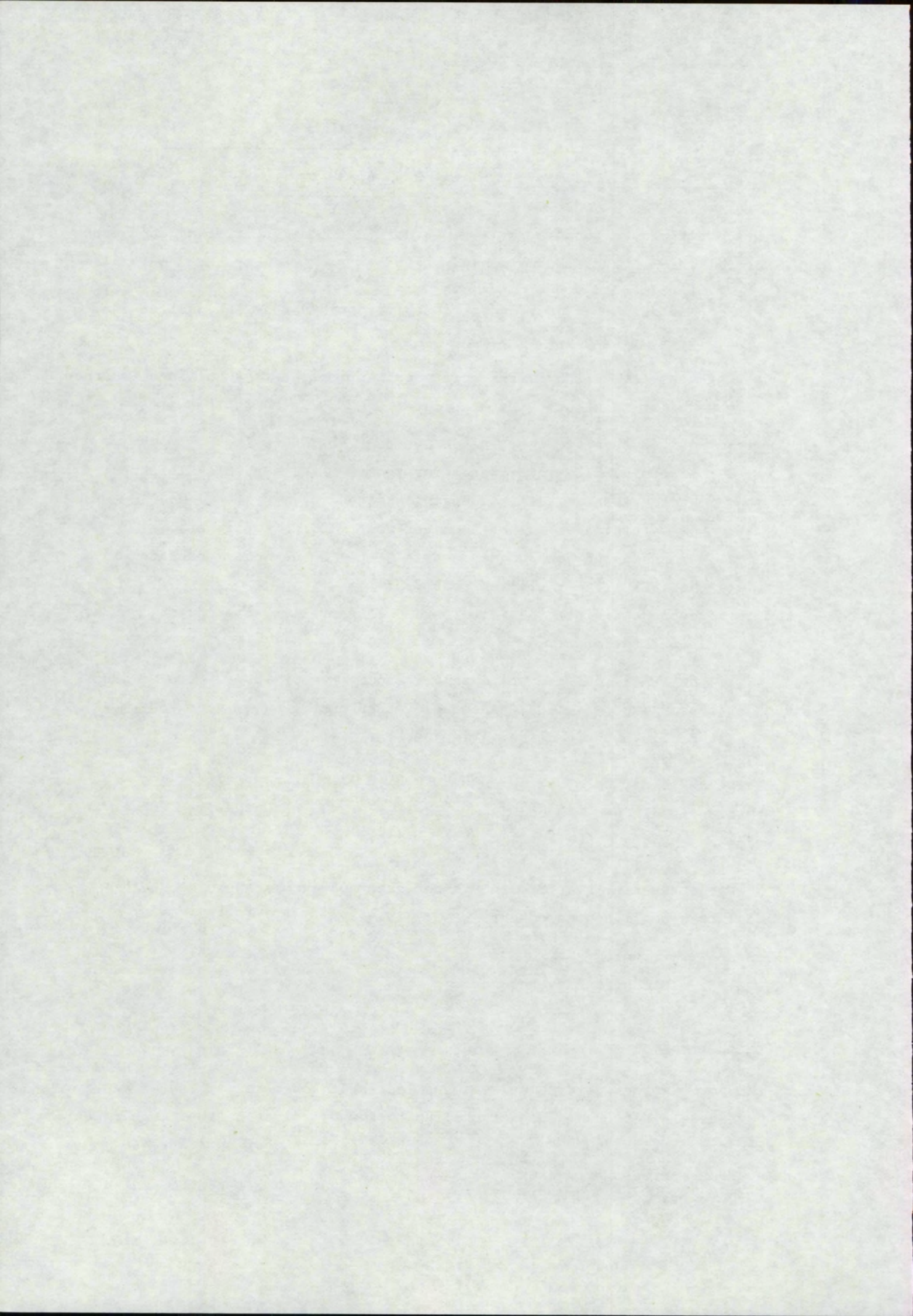
Ná de HWK vindt de overgang "60" $\rightarrow$ "90" $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ plaats, die in Fig. 9.c te zien is als een volgend inspeelverschijnsel. De eb-periode is hier-vóór beschreven m.b.v. Fig. 9.b.

Nu worden de Fig. 9.a, 9.b en 9.c nog gezamenlijk beschouwd met het doel twee begrippen te omschrijven :

- vervorming
- middenstandsverhoging

Vervorming

Beschouwd worden de drie oplossingen voor $h_8(t)$ over een tijdsduur van twee gehele perioden. De verschillen tussen de oplossing voor ongelijke C-waarden [V13, "60/90"] en elk van de oplossingen voor constante C-waarden verlopen periodiek.



Deze periodieke verschillen kunnen ten opzichte van een oplossing voor constante C-waarde worden geïnterpreteerd als een *vervorming*.

Middenstandsverlaging

Aansluitend bij het bovenstaande kan men constateren dat $h_8(t)$ voor V13 een omhullende (ondergrens) van de functies voor V01 en V10 vormt. De aandacht wordt daarbij gevestigd op een relatief groot verschil in de gemiddelde waterstand. De oplossingen voor constante C-waarde geven een *ongeveer gelijke* gemiddelde waterstand aan, terwijl deze voor de oplossing van [V13, "60/90"] ongeveer 0,20 m lager blijkt te zijn. Uitgaande van de vaste randvoorwaarde in het randknooppunt 3 (zie Bijlage I.2) wordt over het SRK in het Zoommeer een *middenstandsverlaging* van ca 0.20 m opgebouwd. Dit kan als volgt worden geïnterpreteerd:

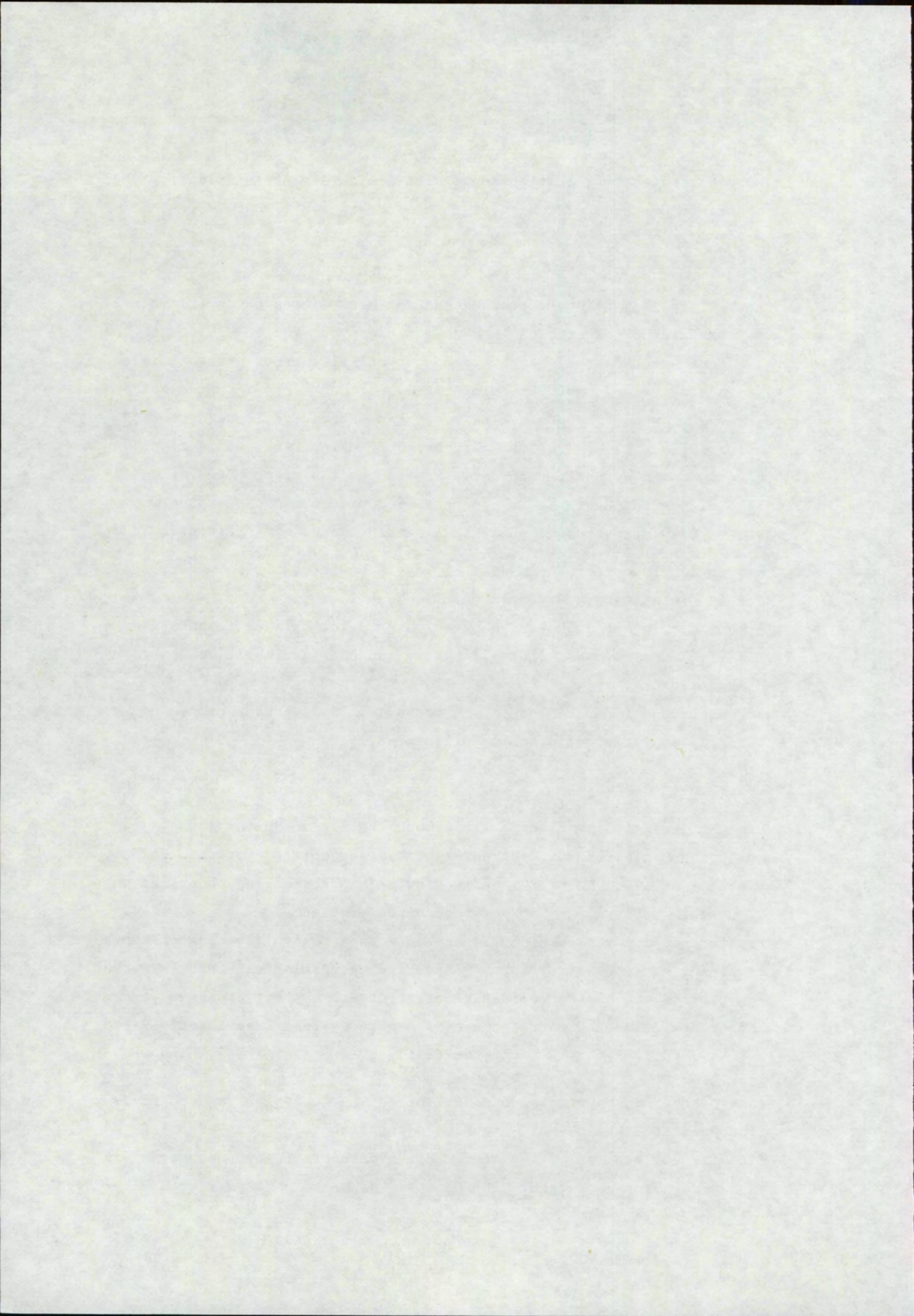
- over de vloed-periode is door de lagere C-waarde sprake van relatief meer weerstand;
- voor het in het Zoommeer geborgen water geldt dat het (minder gemakkelijk) *instromende* volume gelijk is aan het (gemakkelijker) *uitstromende* volume;
- resulterend is er een gemiddeld verval van buiten naar binnen nodig: d.w.z. een lagere middenstand intern.

Opmerking:

Een getijgolf is in principe altijd onderhevig aan vervorming als gevolg van het niet-lineaire karakter van de verschillende termen in de DVn. (1) en (2). De niet-lineaire invloeden verschillen onderling en zijn sterk afhankelijk van het beschouwde probleem.

Een verandering van de middenstand kan worden gezien als een constante component van een vervorming. De overige vervorming van functies (over een periode gezien) kan worden geïnterpreteerd als het opwekken van "hoger harmonischen" door het niet-lineaire systeem (zie theorie harmonische methode Ref. [9], chapter VIII).

Aansluitend bij bovenstaande opmerking kan het opleggen van een tijdsafhankelijke C-waarde worden gezien als het toevoegen van een niet-lineaire invloed aan het systeem. Het bijzondere in bv. het geval V13 is dan de abrupte overgang "60/90" als Q de waarde NUL passeert.



Met dit beeld kan bij de interpretatie aansluiting worden gevonden bij bekende verschijnselen.

In veel estuaria (benedenrivieren) is sprake van een (aanzienlijke) middenstandsverhoging. Ook bij afwezigheid van een zgn. bovenafvoer blijkt door het faseverschil tussen waterstanden en debieten een middenstandsverhoging veroorzaakt te kunnen worden. Indien over de vloedperiode een gemiddeld *hogere* waterstand (geringere weerstand) aanwezig is dan over de eb-periode, dan zal ter compensatie een middenstandsverhoging geconstateerd worden.

Vanuit dit laatste beeld moet voor [V14, "90/60"] een verhoging van de middenstand worden verwacht (zie par. 5.4).

5.4 Beeld van V14 t.o.v. V01 en V10

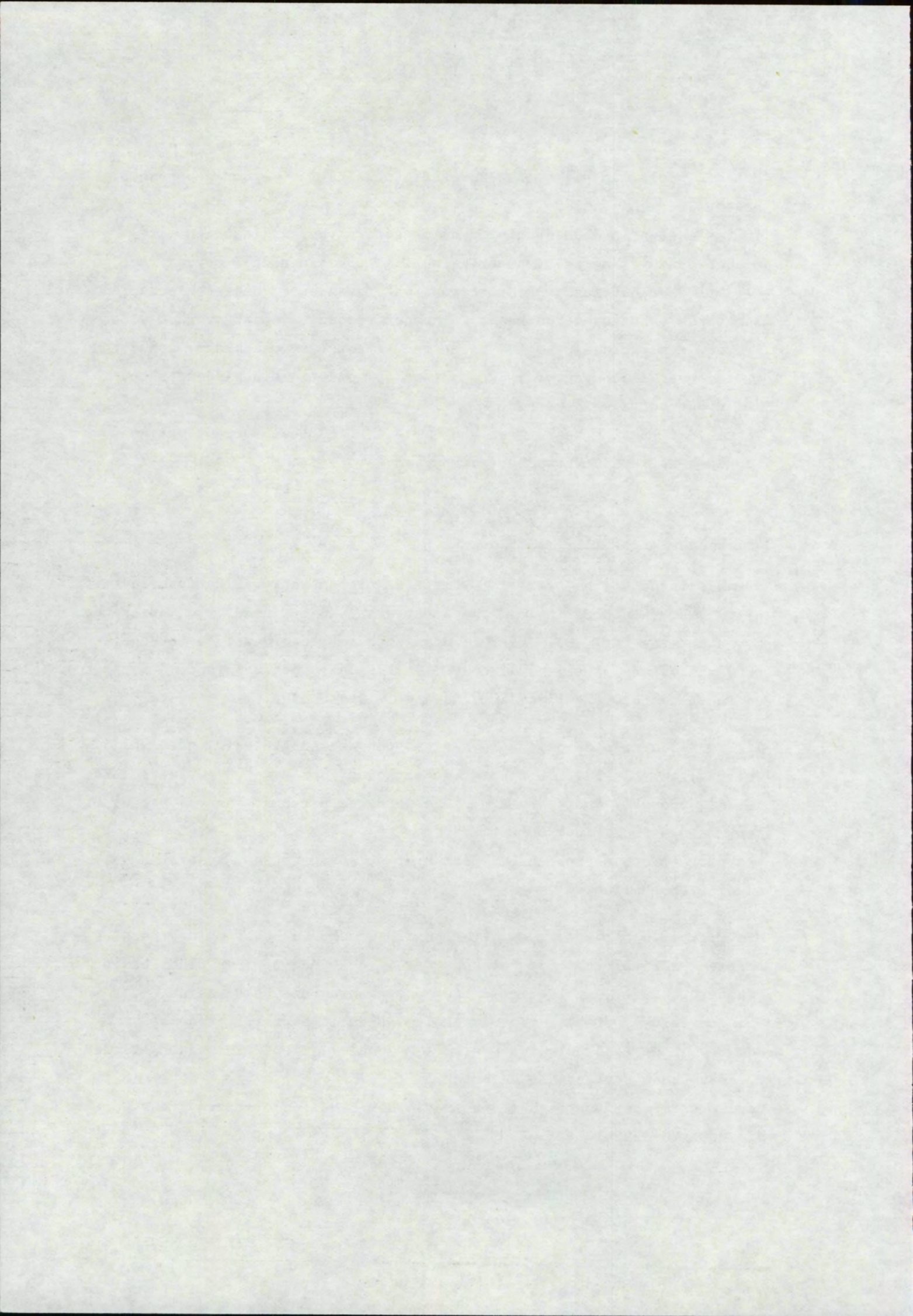
Evenals in de vorige paragraaf worden de uitkomsten voor de functie $h_8(t)$ gebruikt om de invloed te illustreren van de in de tijd variërende C-waarde (zie Fig. 10). Hierbij doen zich in wezen dezelfde verschillen voor als bij de gevallen V13 en V01 en V10, met dien verstande dat een en ander een halve getijcyclus in fase is verschoven.

In Fig. 10.a zijn de drie oplossingen voor de functie $h_8(t)$ gezamenlijk weergegeven. In Fig. 10.b wordt de uitkomst voor V14 "90/60" vergeleken met die voor V01 "60". In Fig. 10.c wordt de uitkomst van V14 vergeleken met die voor V10 "90".

Wat betreft de interpretatie wordt hier volstaan met het bespreken van enkele verschillen.

Uit Fig. 10.c blijkt dat op het tijdstip van HWK de twee oplossingen precies samenvallen. Dit betekent dat in de vloedperiode de oplossing van berekening V14 volledig is aangepast aan de nieuwe C-waarde "90" ("ingespeeld"). Deze Fig. 10.c geeft van de in par. 5.3 genoemde *vervorming* in de tijd het meest duidelijke beeld. Hier wordt van $h_8(t)$ de vloedtak veel steiler dan de ebtak.

Verder vormt de functie $h_8(t)$ voor V14 een omhullende (boven)grens voor die voor V01 en V10.



47
-2:00

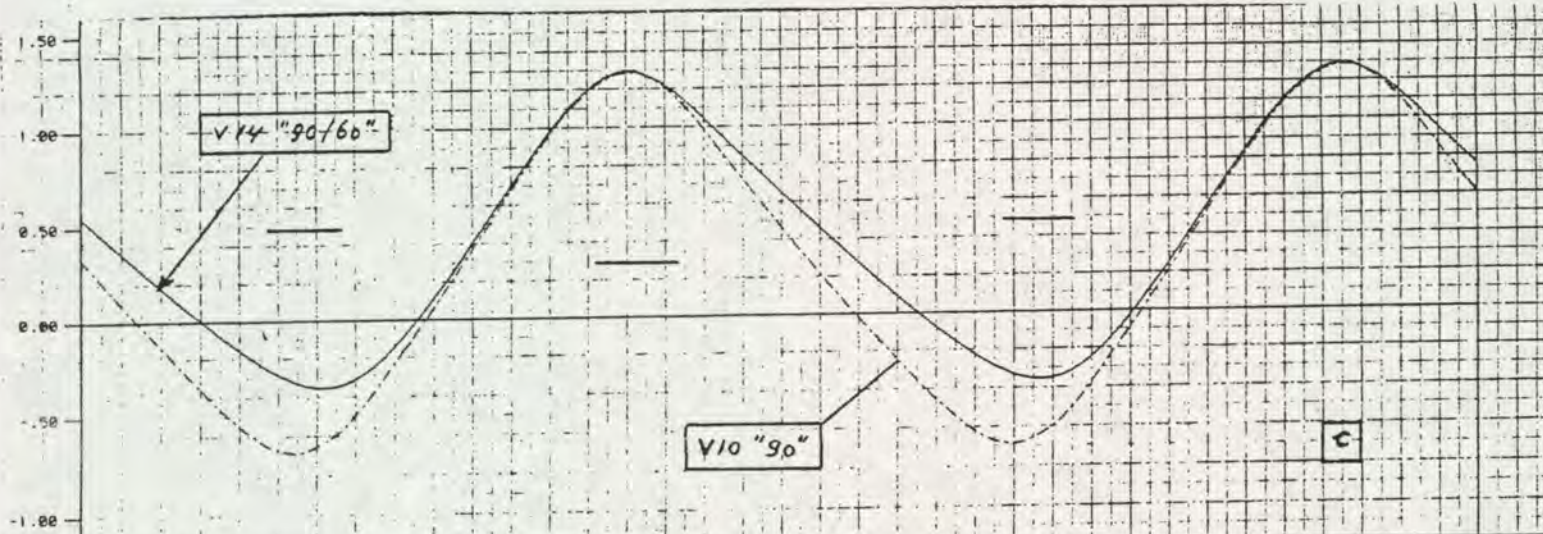
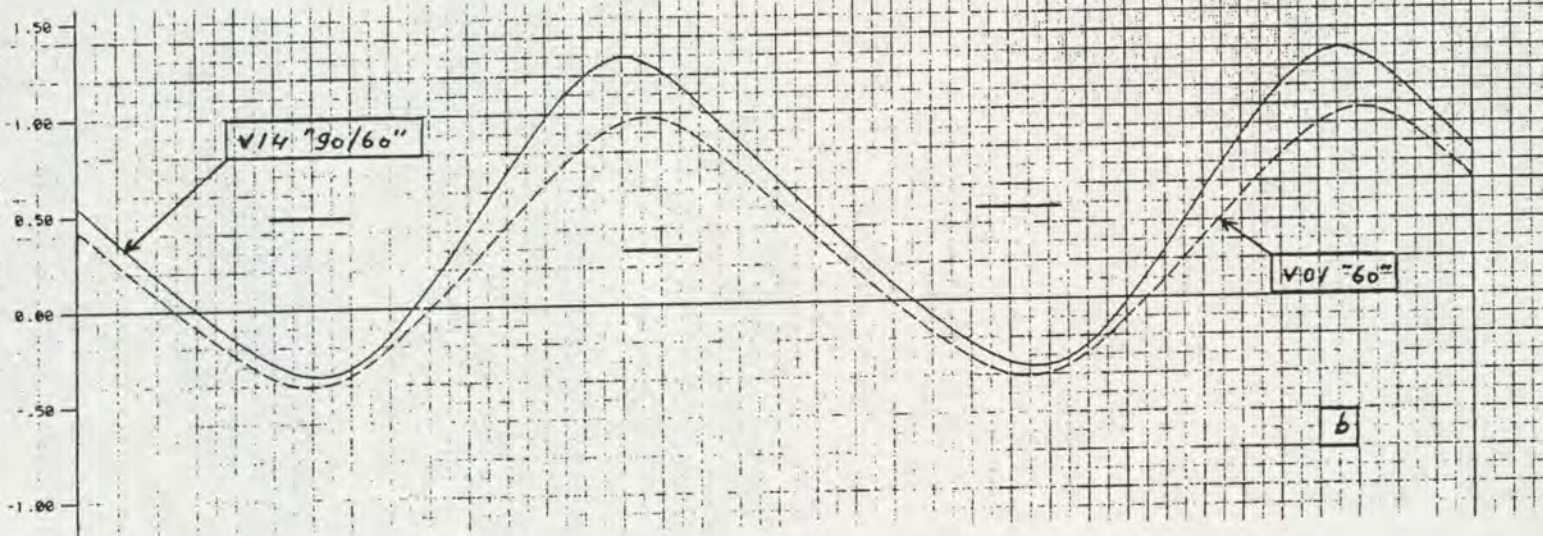
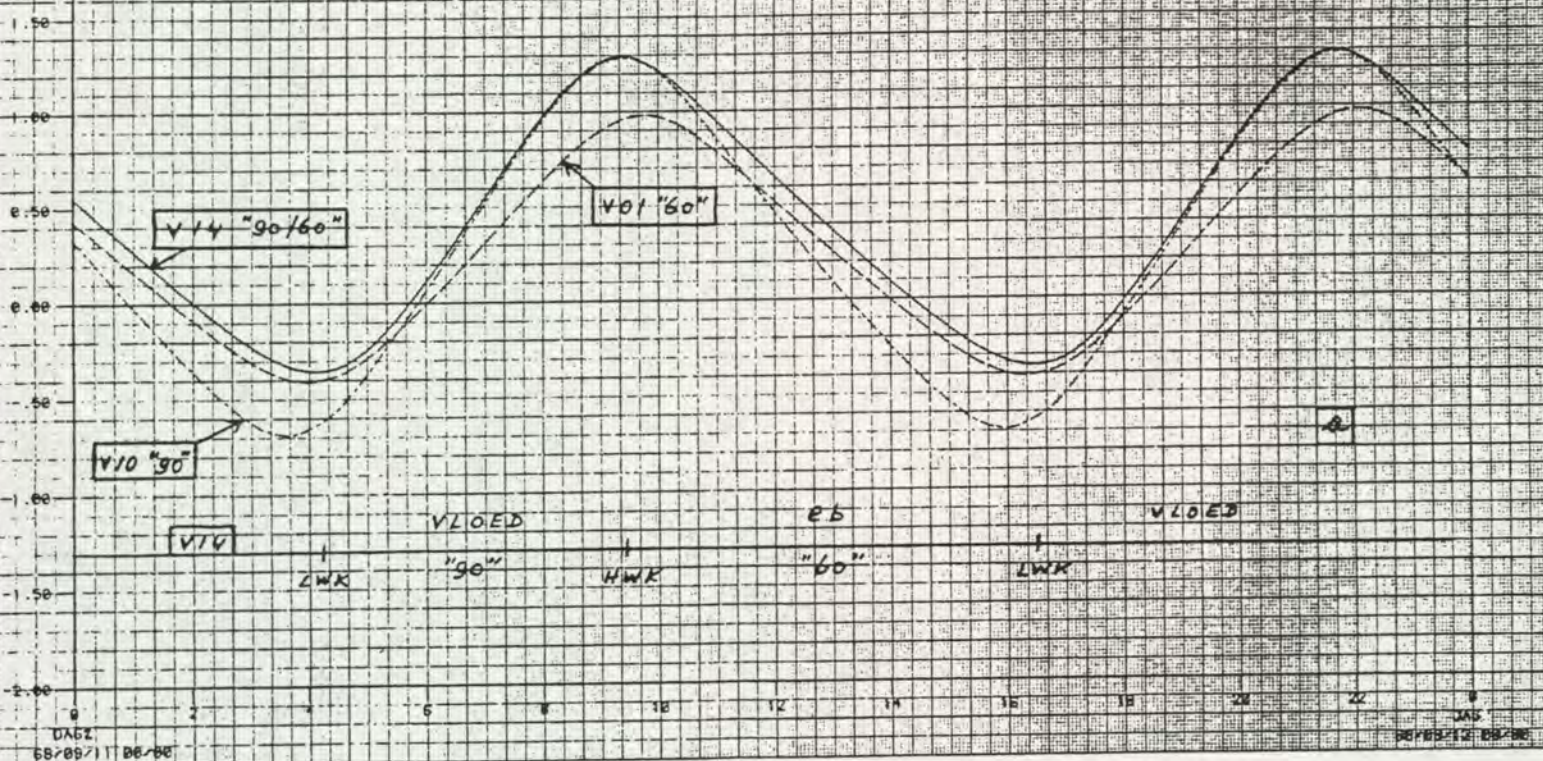


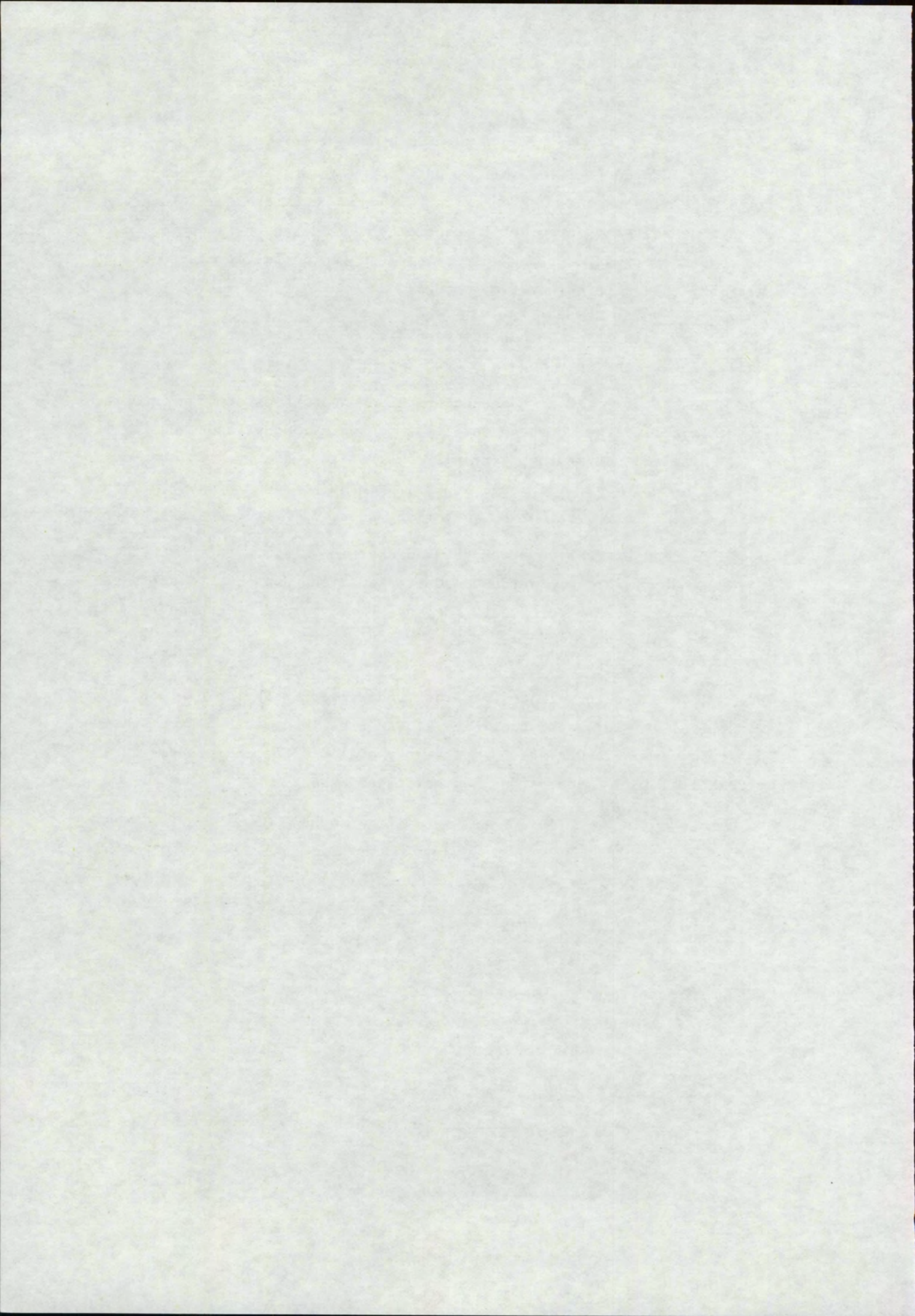
Fig. 10 - Verschil V14 t:o.v. V01 en V10.

Uit Fig. 10.c en Fig. 10.b blijkt dat voor V14 sprake is van een aanzienlijke middenstandsverhoging (ca 0.20 m). De interpretatie daarvan is dat de weerstand over de vloed-periode veel geringer is dan die over de eb-periode, waardoor ter compensatie een gemiddeld verval van binnen naar buiten nodig is (wordt opgebouwd).

Onder verwijzing naar de opmerking op blz. 30 en de tekst daar direct onder, wordt tenslotte nog opgemerkt :

- (i) Beschouwt men C^2R in de noemer van de weerstandsterm dan is duidelijk dat een grotere waterdiepte over de vloed-periode kwalitatief dezelfde vervorming geeft als een grotere waarde van C^2 over de vloed-periode. In langere getijrivieren kan de middenstandsverhoging en vooral ook de vervorming sterk zijn (vb. Westerschelde).
- (ii) Bij een extreme vorm van deze "distortion", die zich in verschillende rivieren op aarde voordoet, kan zich vanaf het tijdstip van LWK een "tidal bore" ontwikkelen (vb. rivier de Severn nabij Bristol).

De invloed van de ongelijke C-waarden voor vloed- resp. eb-periode wordt goed geïllustreerd door Fig. 9.c en Fig. 10.c tesamen te beschouwen. Naast de verschillende vervorming zijn vooral de daaraan gekoppelde verschillen in de middenstand een opvallend aspect.



6. Conclusies

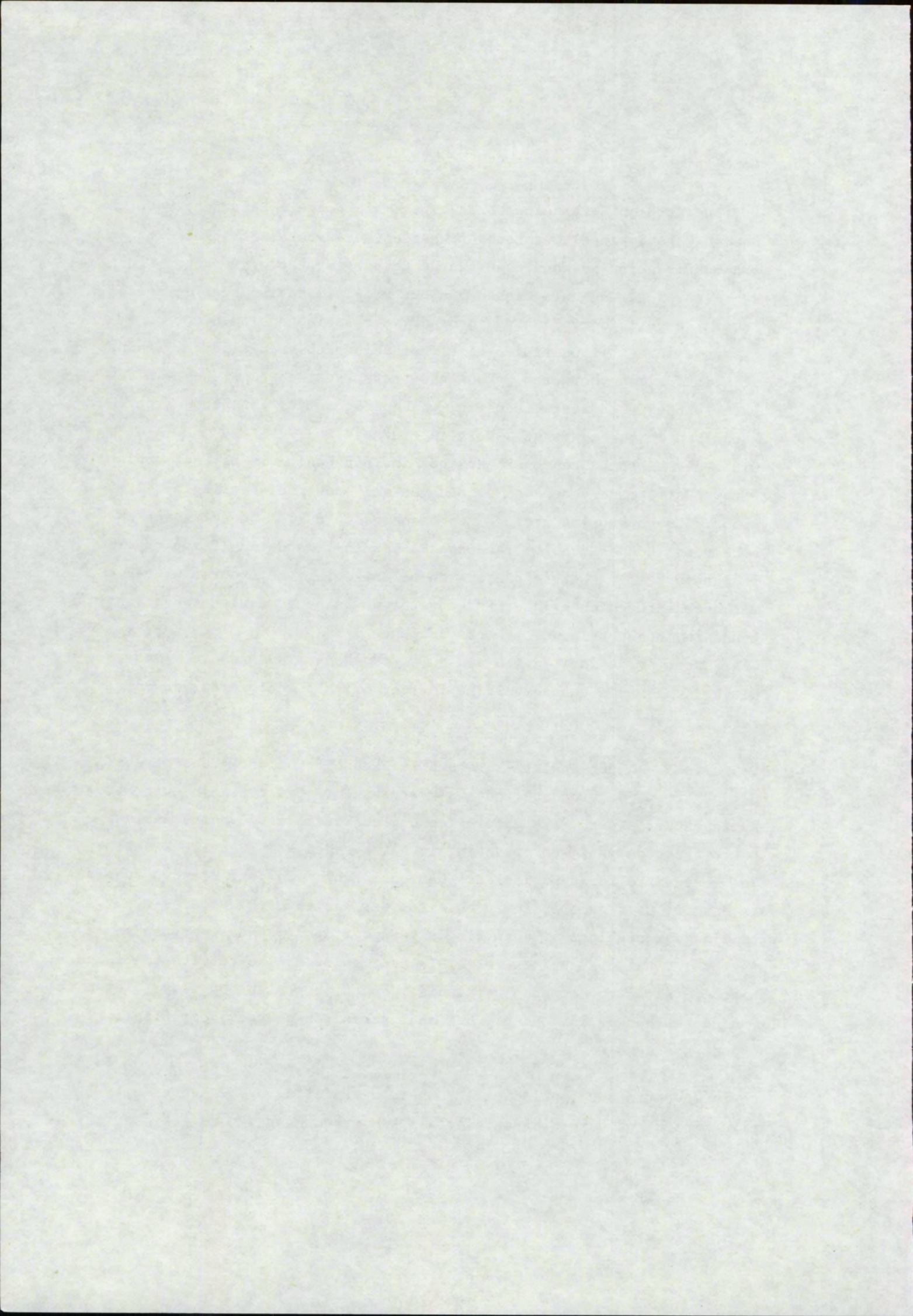
De Schelde-Rijn Verbinding wordt t.p.v. de vroegere Eendracht gevormd door een getijkanaal met randvoorwaarden, die vooral afhankelijk zijn van de wisseling in bouwfasen van de Compartimenteringswerken. Ondanks de relatief geringe afmetingen van het vrij prismatische getijkanaal levert de getijvoortplanting in de SRV een serie problemen op, die representatief en illustratief zijn voor vele problemen elders. Afhankelijk van de randvoorwaarden kunnen de stroomsnelheden met name in de laatste bouwfasen sterk toenemen, wat consequenties kan hebben voor de kanaalbodem (bodem-niveau, -vorm en -ruwheid).

Omdat de *weerstand* een overheersende invloed heeft, is bij het voorspellen van stroomsnelheden de invloed van alle bodemveranderingen relatief groot. De voorspelde grotere stroomsnelheden zullen bodemligging en bodemvorm ("dunes" resp. "sandwaves") kunnen veranderen (terugkoppeling in het systeem). Het is daarom van belang om bij het vooraf uitvoeren van berekeningen en bij het interpreteren van meet-resultaten verschillende invloeden te kunnen onderscheiden.

Eén aspect is de invloed van een *ruwheidsverschil over eb en vloed* en het herkennen van een dergelijke invloed bij het analyseren van meet-resultaten.

De invloed van een specifiek verschil in bodemruwheid tijdens de eb-periode resp. de vloed-periode is vastgesteld. Daartoe zijn twee berekeningen uitgevoerd, die aansluiten bij een reeds uitgevoerde analyse betreffende de getijvoortplanting in het systeem Rijn-Schelde Kanaal - Zoommeer (Marollegat en Tholense Gat gesloten). De getij-randvoorwaarde is daarbij *niet* naar de (open) Krammer verplaatst doch eveneens t.p.v. de Slaakdam opgelegd. De opgelegde veranderingen van de weerstandsfactor g/C^2 zijn abrupt en relatief groot gekozen. De resultaten hebben niet een direct praktische betekenis, doch zijn gericht op het isoleren van de beschouwde invloed bij het analyseren van de getijvoortplanting in het systeem.

De invloed van een (periodieke) ruwheidsverandering op de kenteringstijdstippen kan worden beschreven als een vervorming van de getijbewe-



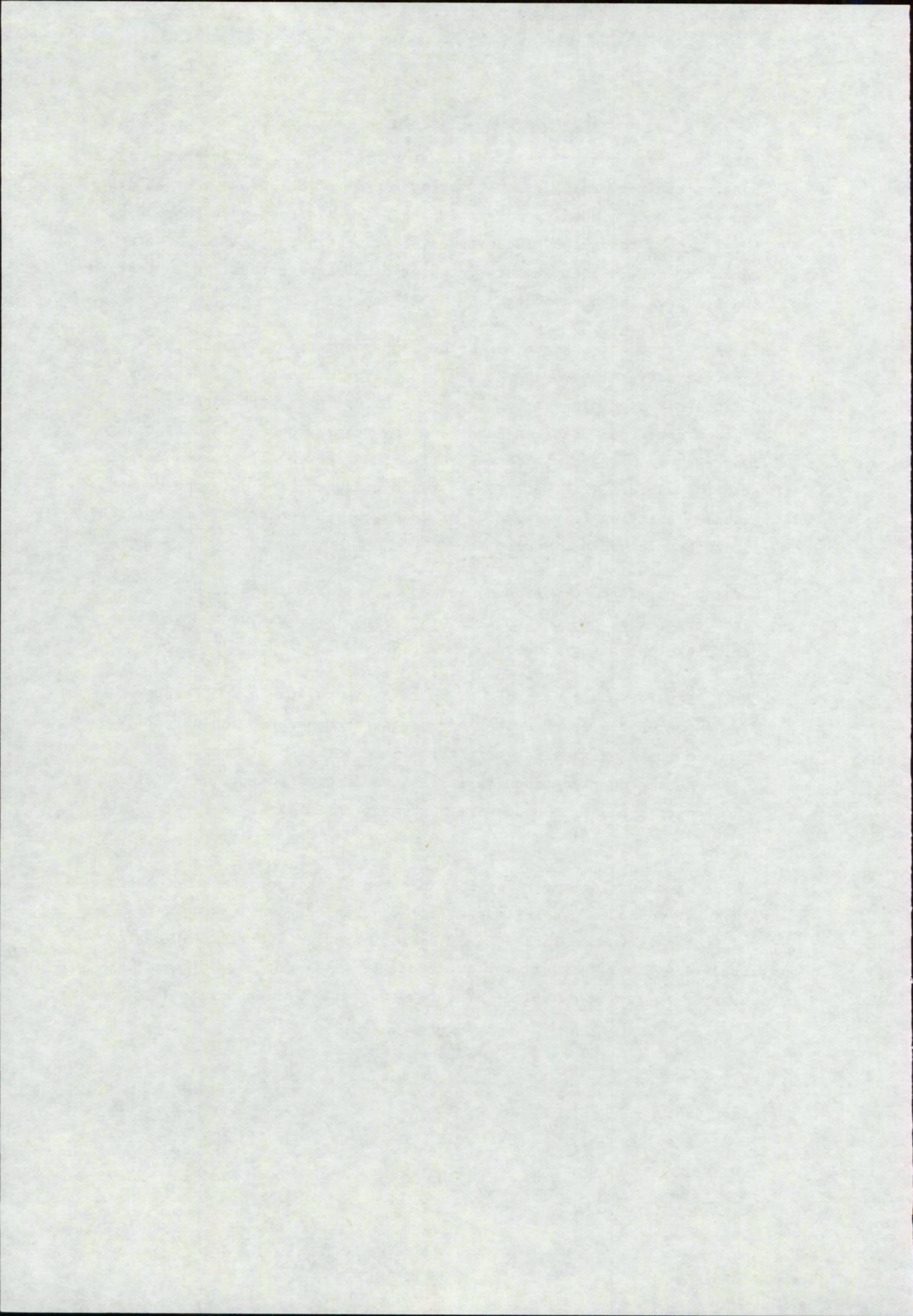
ging (waterstanden en debieten). Wat betreft de waterstanden is er, behalve een vervorming van het verloop in de tijd, sprake van een daaraan gekoppelde middenstandsverandering. Een middenstandsverhoging bij $C_{\text{vloed}} > C_{\text{eb}}$ resp. een middenstandsverlaging bij $C_{\text{vloed}} < C_{\text{eb}}$ is in samenhang met de overige vervorming goed interpreteerbaar en in voorkomende gevallen herkenbaar.

In het beschouwde systeem blijkt de aanpassingstijd ("inspeeltijd") ongeveer overeen te komen met de tijdsduur van een vloed- resp. eb-periode. Een gevolg daarvan is dat de oplossingen voor ongelijke C-waarden steeds aan het einde van een eb- resp. vloed-periode nagenoeg overeenkomen met één van de als referentie gekozen oplossingen met constante C-waarden (zie Ref. [5]). Van dit aspect, dat op grond van een globale schatting te verwachten was, is gebruik gemaakt bij de fysische interpretatie van de resultaten.

Omdat de opgelegde C-waarden juist op de kenteringstijdstippen (abrupt) veranderen, verlopen de functies $h(x,t)$ en $Q(x,t)$ van de als geheel periodieke oplossing *vloeiend* in de tijd.

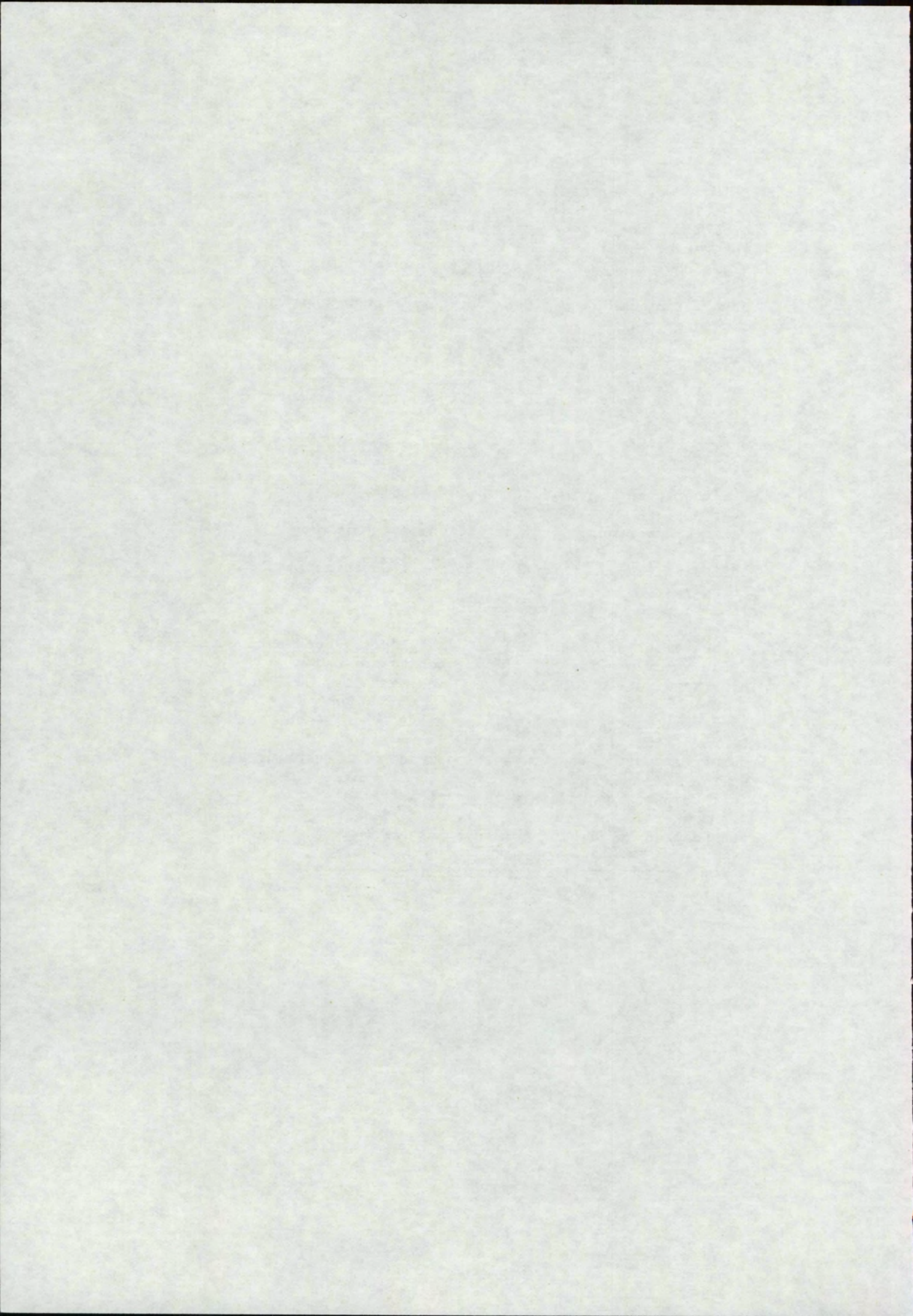
Opm.: Een forse verandering op een tijdstip tussen de kenteringspunten zou een "verstoring" veroorzaken, echter een dergelijke abrupte verandering doet zich in de natuur niet voor. Wel kunnen meer continue variaties van de C-waarde met de waterdiepte resp. de bodemvorm worden geconstateerd.

Uit de hier en elders verkregen resultaten blijkt hoe sterk het bodemniveau en de bodemruwheid(svariaties) van het SRK doorwerken in de resultaten (stroomsnelheden, getijdoordringing). Het verdient daarom aanbeveling om bij metingen betreffende de getijvoortplanting en de bodemveranderingen duidelijk samenhangende gegevens te verzamelen.



Referenties

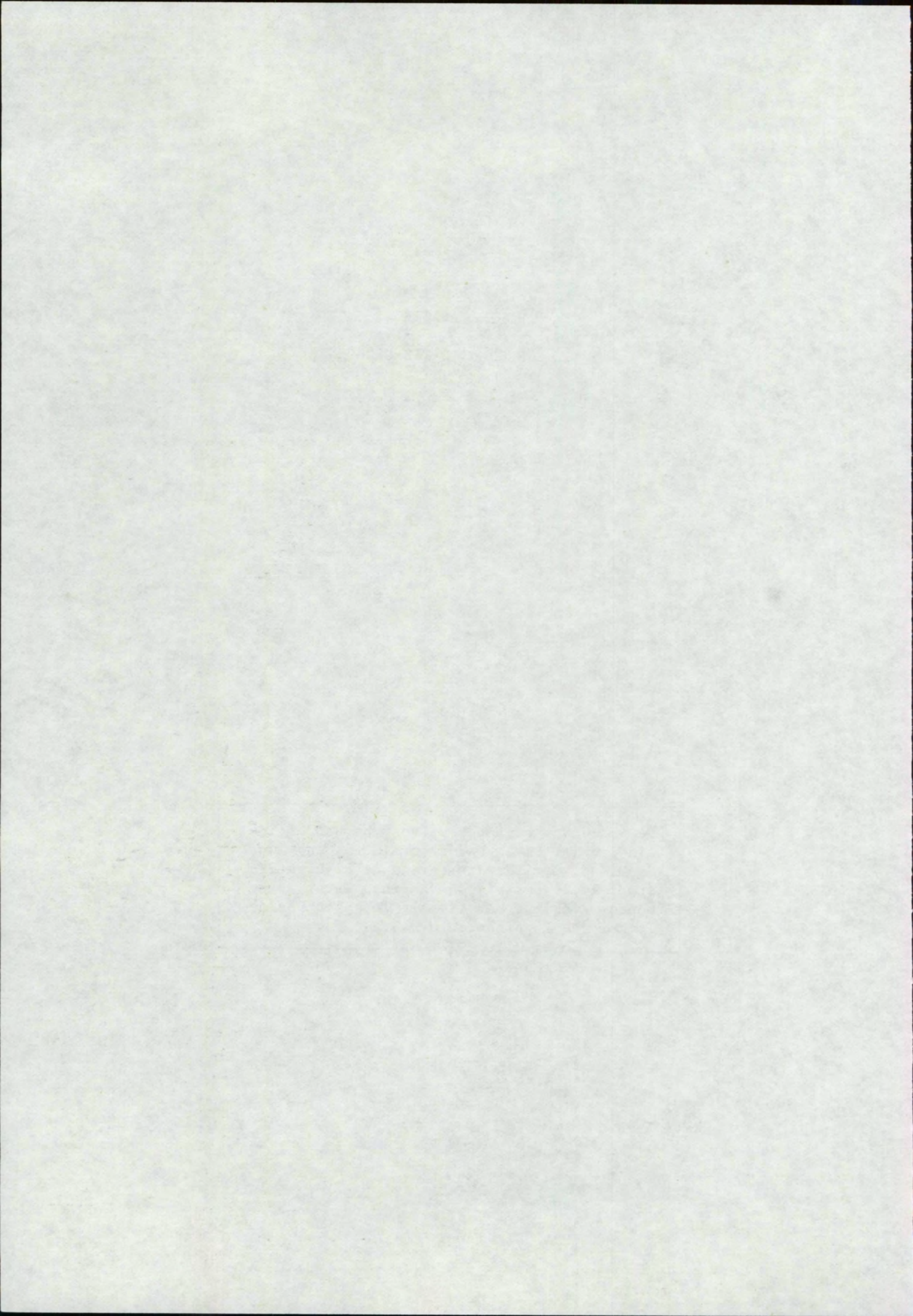
- [1] IMPLIC - Gebruikershandleiding 1981
 - [2] "Gevoeligheidsonderzoek met IMPLIC",
A. Langerak,
Notitie DDWT 2 85-211 dd. 14-01-85
 - [3] "Vergelijking IMPLIC - M1000 voor enkele bouwfases van de compartimen-
teringsdammen",
A.J.G.M. van Roermund,
Nota DDWT 84-008 dd. maart 1984
 - [4] "Verschillen tussen IMPLIC en M1000 bij gesloten Oesterdam en open
Krammer",
A. Langerak,
Notitie DDWT 84-254 dd. 14-02-84
 - [5] "Getijvoortplanting Schelde-Rijn Verbinding",
C. Verspuy,
Onderzoekrapport nr. 11-85 deel I en II, april 1985
 - [6] "Herziening één-dimensionaal getijmodel Oosterschelde",
A. Langerak,
Nota DDWT 84-024 dd. november 1984
 - [7] "The behaviour of intertidal sandwaves during neap-spring tide cycles
and the relevance for paleoflow reconstructions",
J.H.T. Terwindt & M.J.M. Brouwer, Sedimentology 33, 1986
 - [8] "The prediction of bedforms, alluvial roughness and sediment transport"
L.C. van Rijn,
Speurwerkrapport S 114-V, Waterloopkundig Laboratorium Delft, 1982
 - [9] "Tidal Computations, in Rivers and Coastal Waters",
J.J. Dronkers,
North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1964
-

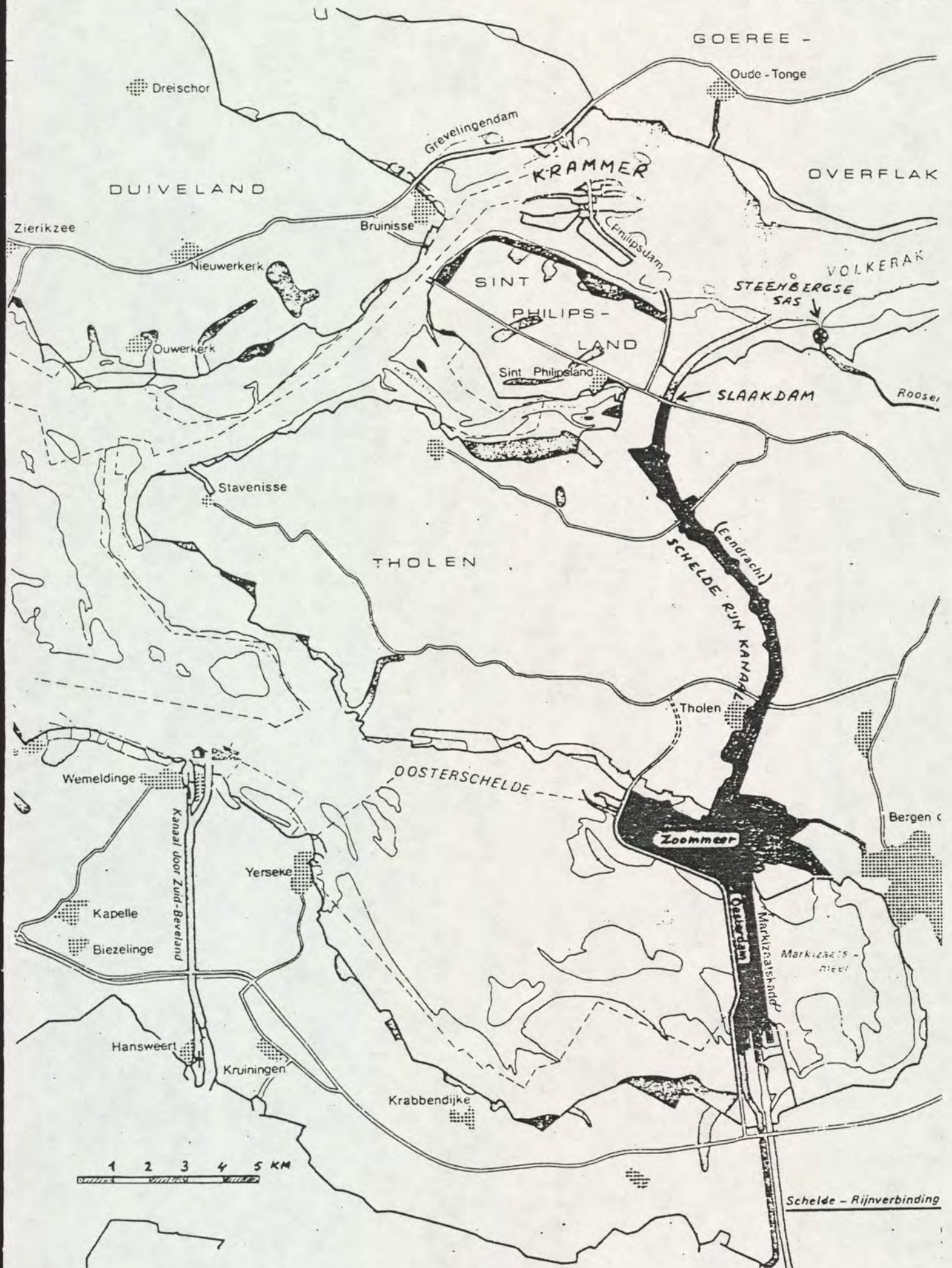


OVERZICHT BIJLAGEN

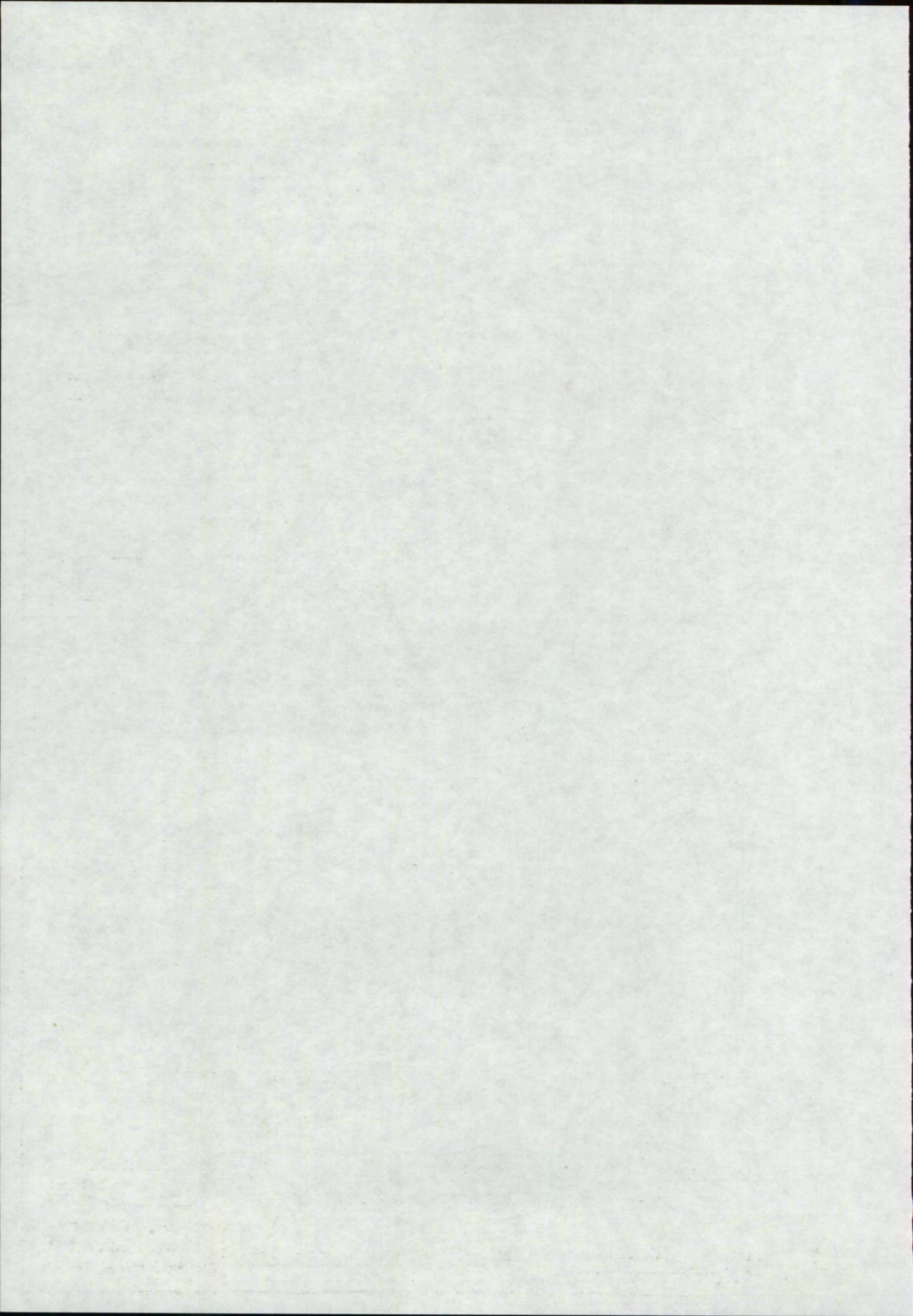
BIJLAGE I.1	SITUATIE
" I.2	SCHEMATISATIE
" I.3	SCHEMATISATIE-GEGEVENS
BIJLAGE II	RESULTATEN BEREKENING VO1
" III	" " V10
" IV	" " V13
" V	" " V14

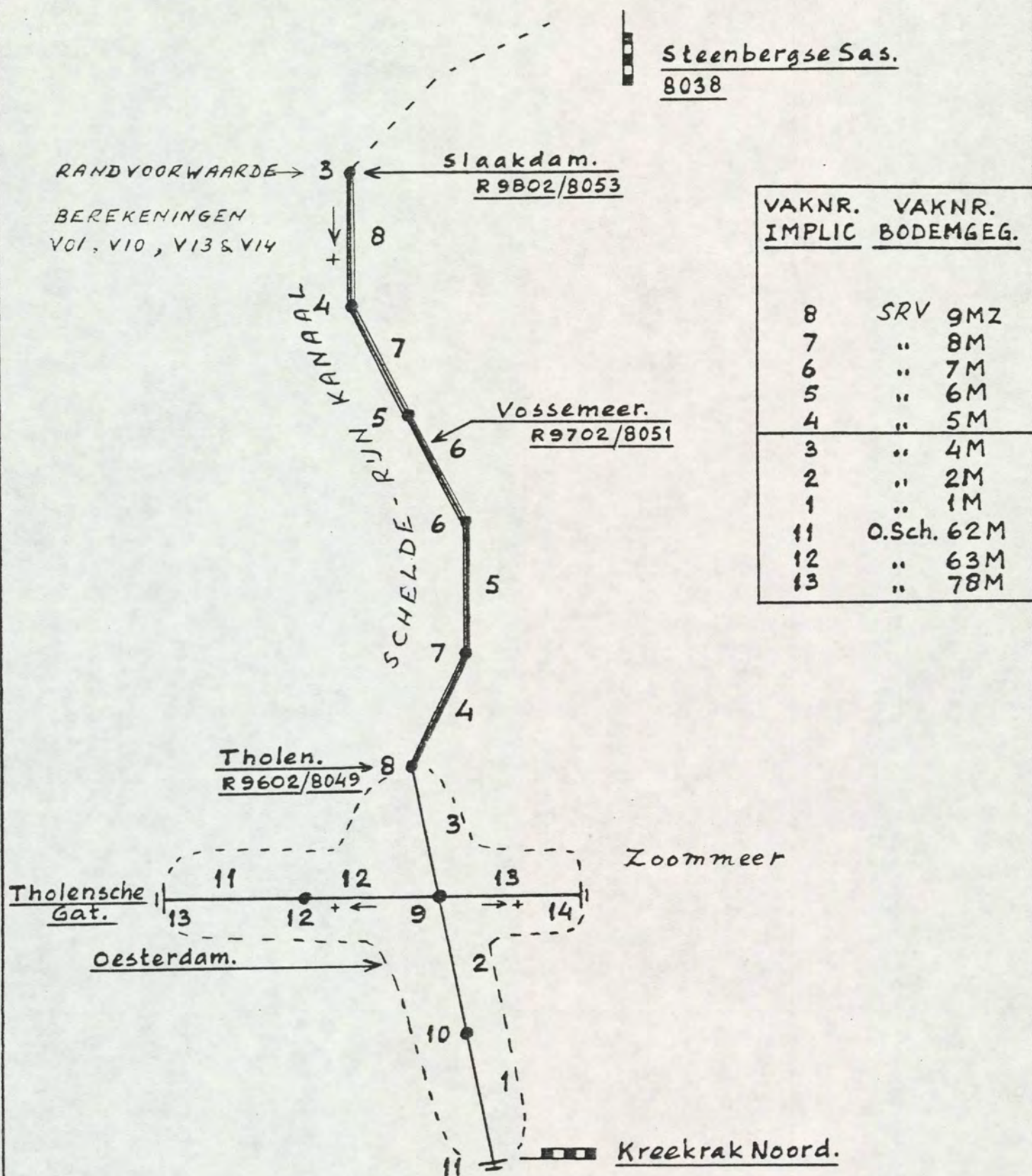
De volledige computer-uitvoer berust bij de Afdeling Algemeen Onderzoek (Getijden) van de Dienst Getijdewateren van de Rijkswaterstaat en tevens bij de Vakgroep Waterbouwkunde, Afdeling der Civiele Techniek van de Technische Hogeschool te Delft.





Situatie





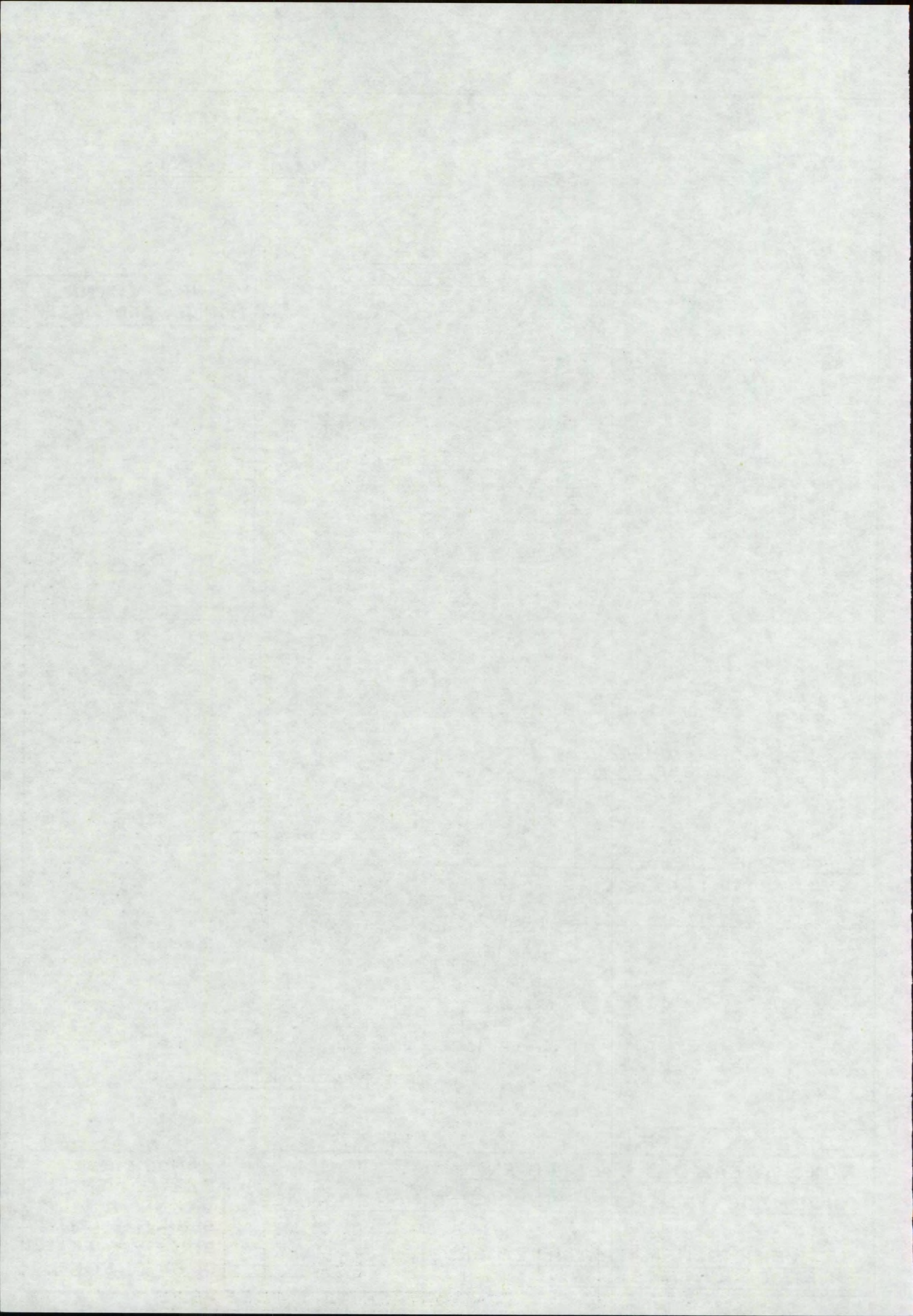
OVEREENK. T-307.

RIJKSWATERSTAAT - DELTADIENST

ONDERZOEK SCHELDE-RIJNVERBINDING-ZOOMMEER.

NETWERK SCHEMATISATIE IB. SRV-1, MET VAKNRS.
EN KNOOPPUNTNRs. IMPLIC.

AANDUIDING
MEETP. h EN Q :
VAKNR. MET .1 IS
BEGIN, MET .2 IS
EINDE V.H. VAK VLGs
DE POS. RICHTING,
← +



Rijkswaterstaat - Deltadienst WT-VM. Onderzoek Schelde-Rijnverbinding - Zoommeer.

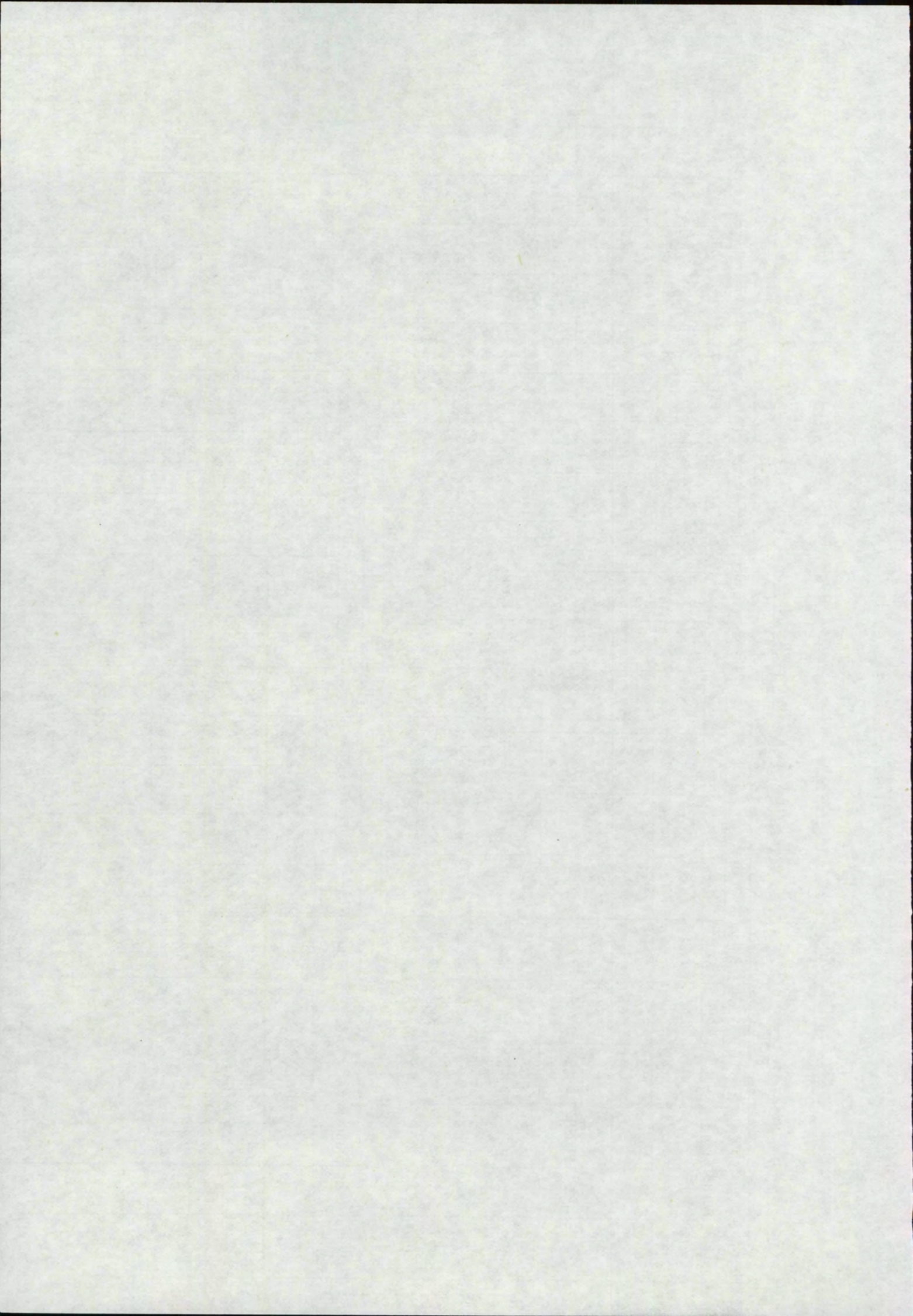
Enige schematisatiegegevens per vak, volgens schematisatie IB.SRV-1, d.i. v.l.g.s. geg. M-1000. Tabel S1. V8303C02.

Vaknr. Schem.	Vaknr. Implic.	Lengte m	Opp. gem. str.v.d.w.pr. A in m ² bij m.t.o.v. NAP.				Gem. diepte a in m bij m.t.o.v. NAP. (B ₂)				Hydr. straal ar in m bij m.t.o.v. NAP.			
			-1	-0,5	NAP	+0,5	+1	+1,5	-1	-0,5	NAP	+0,5	+1	+1,5
10M	10	2670	838	935	1035	1137	1244	1395	4,34	4,72	5,10	5,41	5,27	3,65
9MN	9	1460	772	861	953	1047	1143	1243	4,36	4,73	5,12	5,48	5,83	5,92
9MZ	8	1240	757	846	938	1034	1138	1254	4,28	4,65	5,02	5,17	5,13	5,29
8M	7	3000	768	861	957	1057	1174	1317	4,17	4,53	4,88	5,01	4,46	4,19
7M	6	2520	756	848	948	1058	1177	1302	4,18	4,42	4,49	4,58	4,77	5,13
6M	5	2710	863	990	1120	1254	1391	1532	3,44	3,84	4,23	4,63	5,00	5,26
5M	4	2670	913	1015	1122	1232	1344	1458	4,54	4,81	5,15	5,55	5,92	6,28
4M	3	1560	1612	1879	2178	2512	2899	3315	3,20	3,31	3,45	3,52	3,51	4,00
2M	2	2700	1533	1835	2217	2640	3061	3483	2,84	2,68	2,66	3,14	3,63	4,12
1M	1	3000	1523	1816	2147	2500	2853	3209	2,77	2,91	3,07	3,55	4,02	4,49
62M	11	1260	4452	4815	5281	5848	6467	7092	7,17	5,77	5,09	4,83	5,19	5,65
63M	12	1900	4205	4662	5237	5878	6516	7156	5,21	4,48	4,14	4,62	5,09	5,58
78M	13	2300	522	655	818	1015	1249	1500	2,19	2,20	2,29	2,35	2,51	2,99

Zie ook de figuren: S1, S2, S3, S4 en S5.

Vaknr. Schem.	Vaknr. Implic	Kmr. vakgrenzen	Lengte m	Gem. str.v. breedte b in m bij m.t.o.v. NAP.				Gem. komb. breedte b in m bij m.t.o.v. NAP.				Komb. opp. bij NAP, ha				
				-1	-0,5	NAP	+0,5	+1	+1,5	-1	-0,5		NAP	+0,5	+1	+1,5
10M	10	1013.530 - 1016.200	2670	193	198	203	210	236	382	193	198	203	210	236	414	54,2
9MN	9	1016.200 - 1017.653	1460	177	182	186	191	196	210	177	182	186	191	196	210	27,2
9MZ	8	1017.653 - 1018.900	1240	177	182	187	200	222	237	177	182	189	211	238	242	23,4
8M	7	1018.900 - 1021.900	3000	184	190	196	211	263	314	251	284	317	358	410	468	95,1
7M	6	1021.900 - 1024.420	2520	181	192	211	231	247	254	187	209	235	259	278	292	59,2
6M	5	1024.420 - 1027.130	2710	251	258	265	271	278	291	261	270	279	290	303	319	75,6
5M	4	1027.130 - 1029.795	2670	201	211	218	222	227	232	390	400	409	432	452	461	109,2
4M	3	1029.795 - 1031.335	1560	503	568	631	714	826	828	648	900	1221	1385	1456	1459	190,5
2M	2	1031.335 - 1034.035	2700	540	685	833	841	844	846	683	780	953	941	844	846	224,9
1M	1	1034.035 - 1037.035	3000	550	625	700	705	710	715	612	730	890	961	978	985	267,0
62M	11		1260	621	895	1037	1212	1246	1255	757	1075	1300	1311	1317	1321	163,8
63M	12		1900	807	1040	1265	1273	1279	1283	1085	1203	1277	1281	1284	1287	242,6
78M	13		2300	238	298	357	432	497	502	389	525	701	909	846	851	161,2

Totale komb. opp. bij NAP: 1693,9 ha

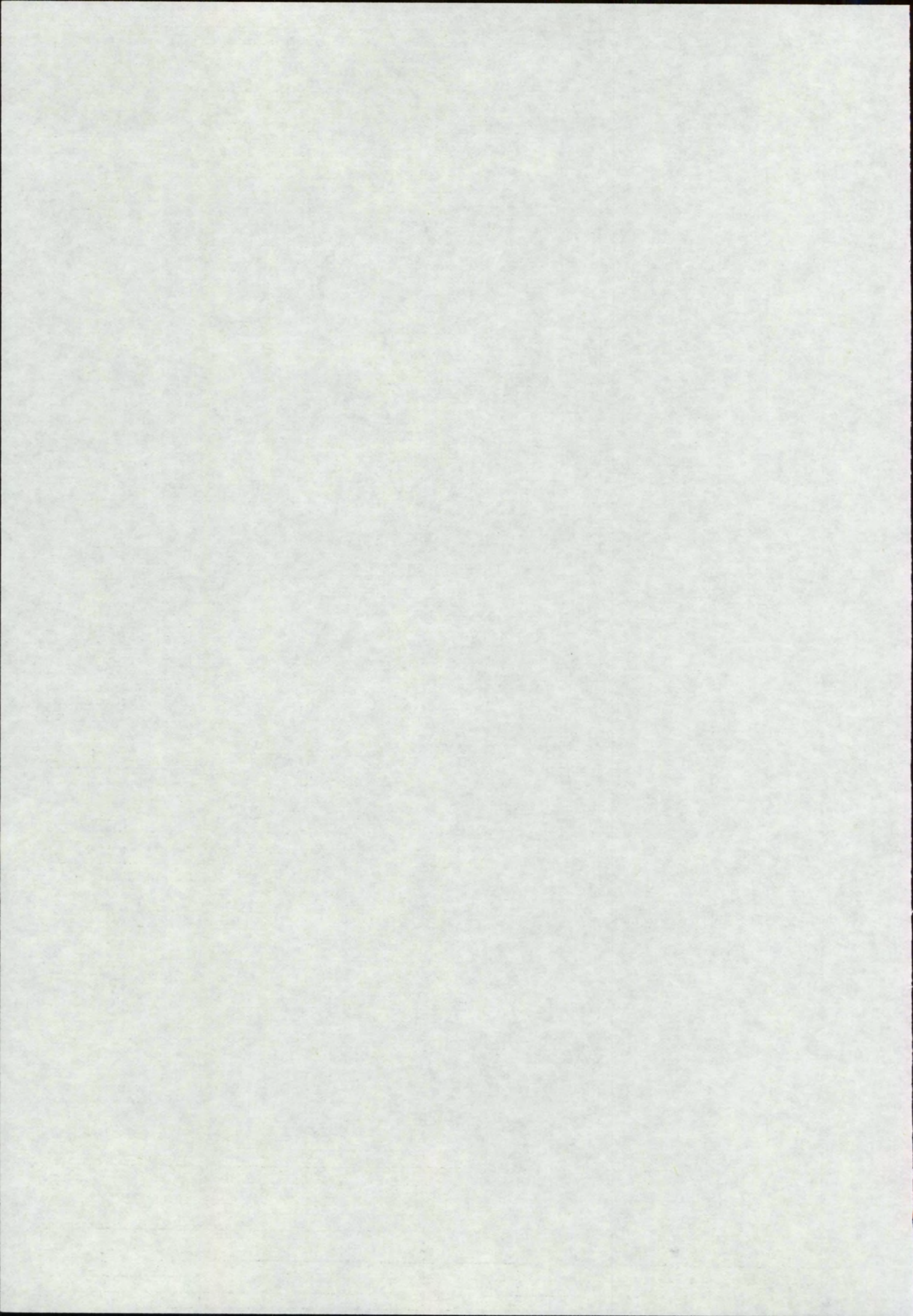


BIJLAGE II

RESULTATEN BEREKENING V01

$$C_{eb} = C_{vloed} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

BLAD II.1 t/m II.6



MEETPUNT KNOOPPUNT

8.1	3
7.2	5
6.2	6
5.2	7

GNZ
3M
7M
5M

H	IN	M
H	IN	M
H	IN	M
H	IN	M

DPC

V01 (1)
V01 (1)
V01 (1)
H V01 (1)
2.00

V01

1.50

1.00

0.50

0.00

-0.50

-1.00

-1.50

-2.00

0

DAGT

58/08/11 00.00

2

4

6

8

10

12

14

15

18

20

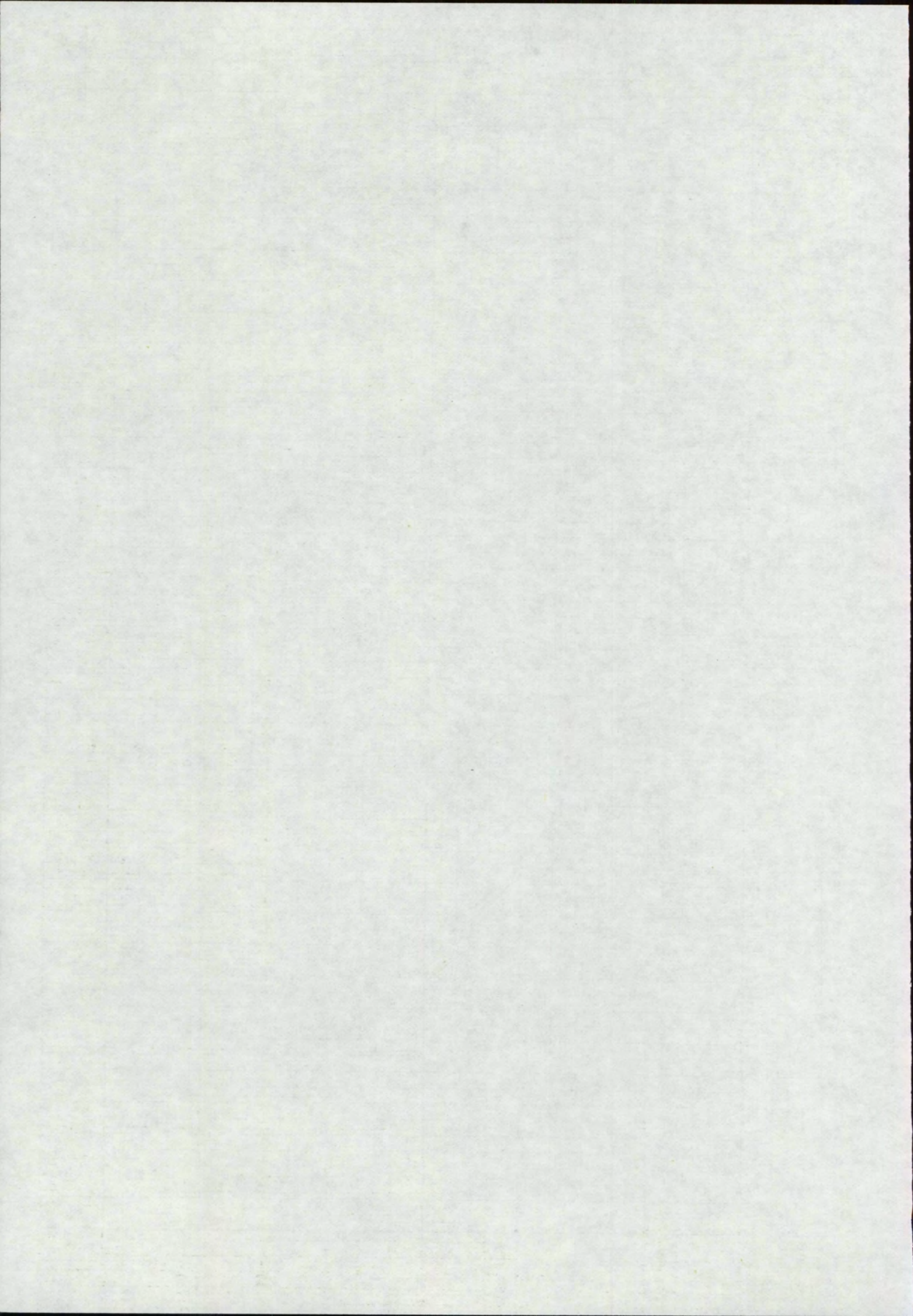
22

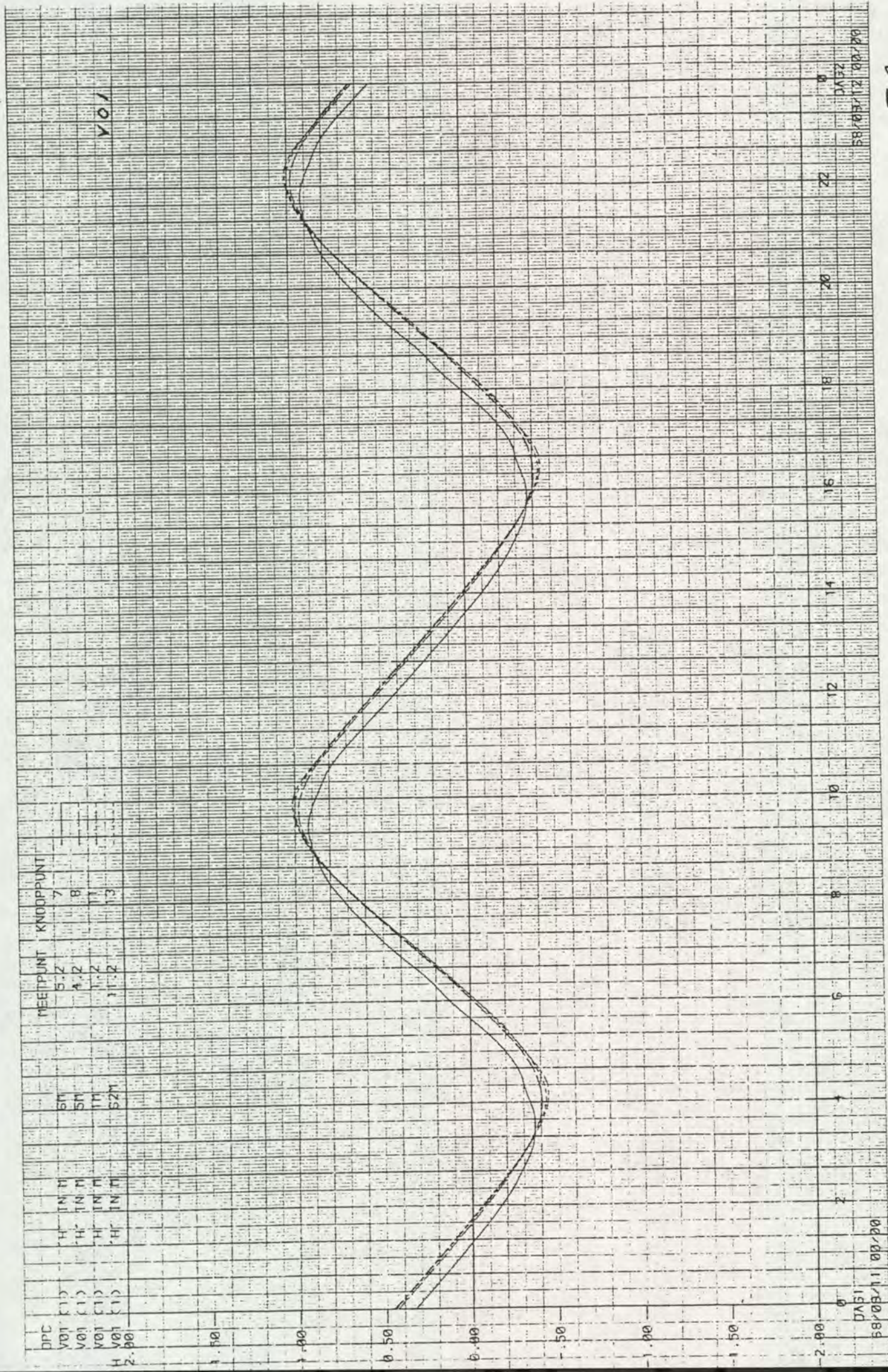
0

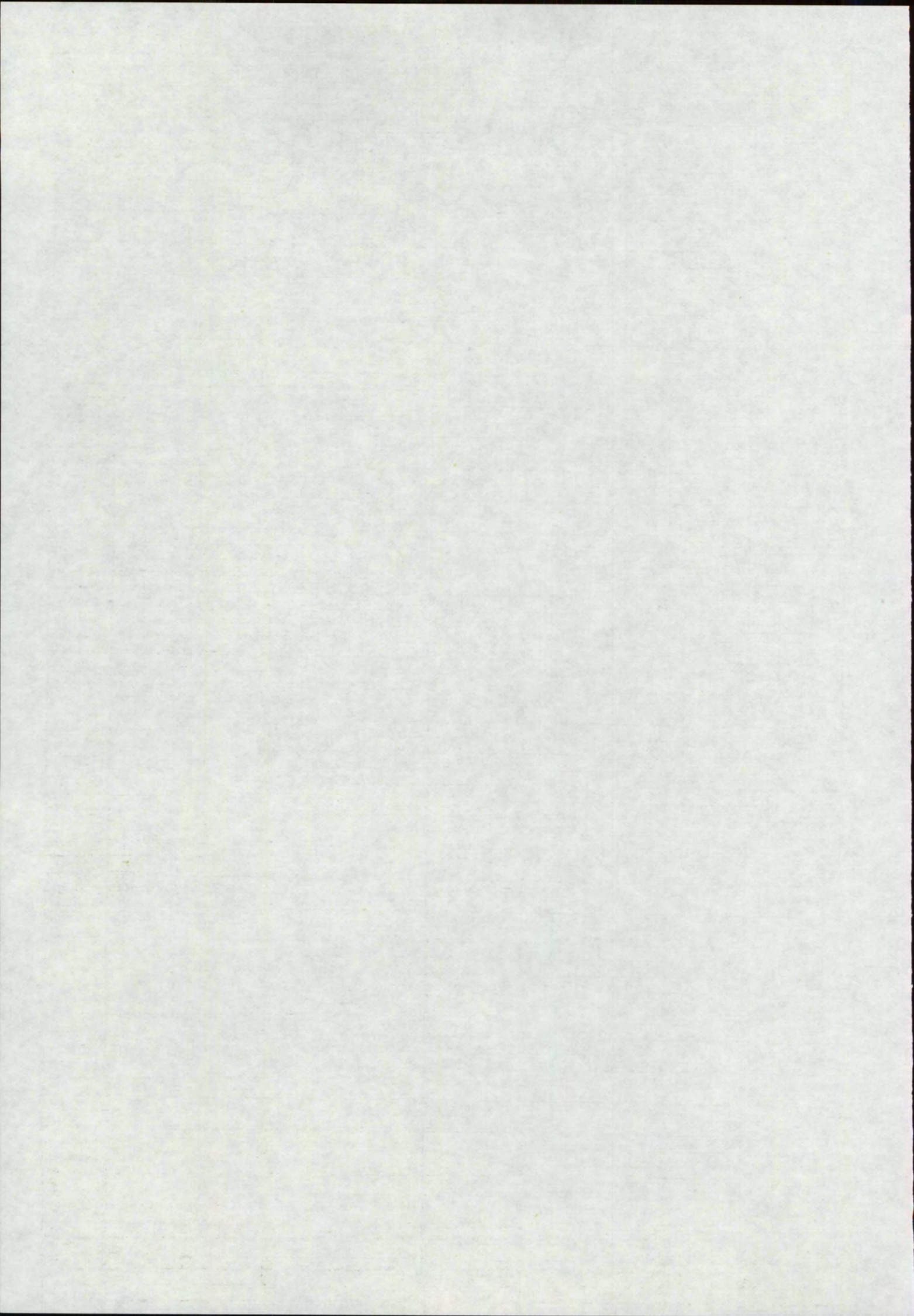
DA52

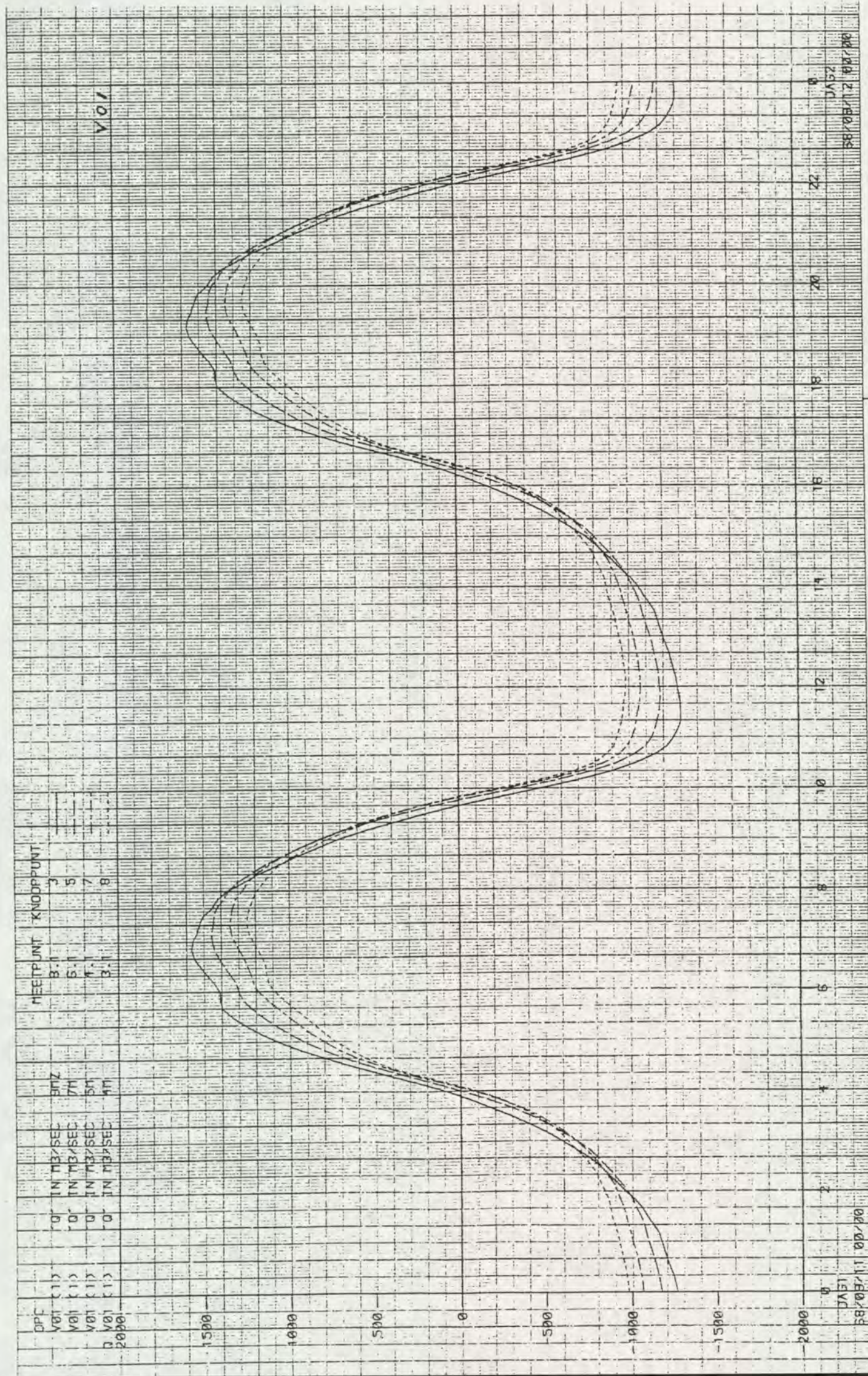
58/08/12 00.00

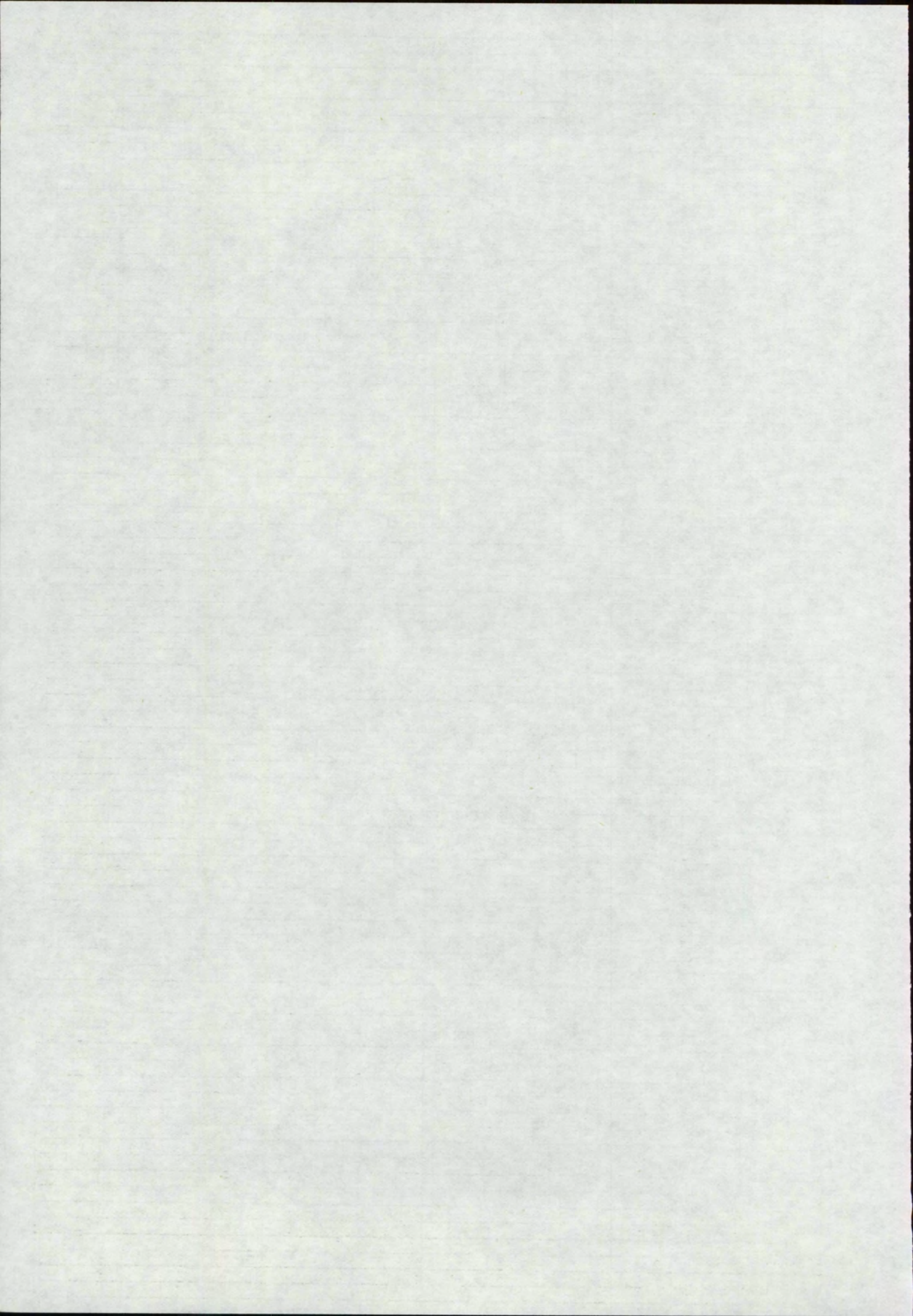
BLAD II.1.

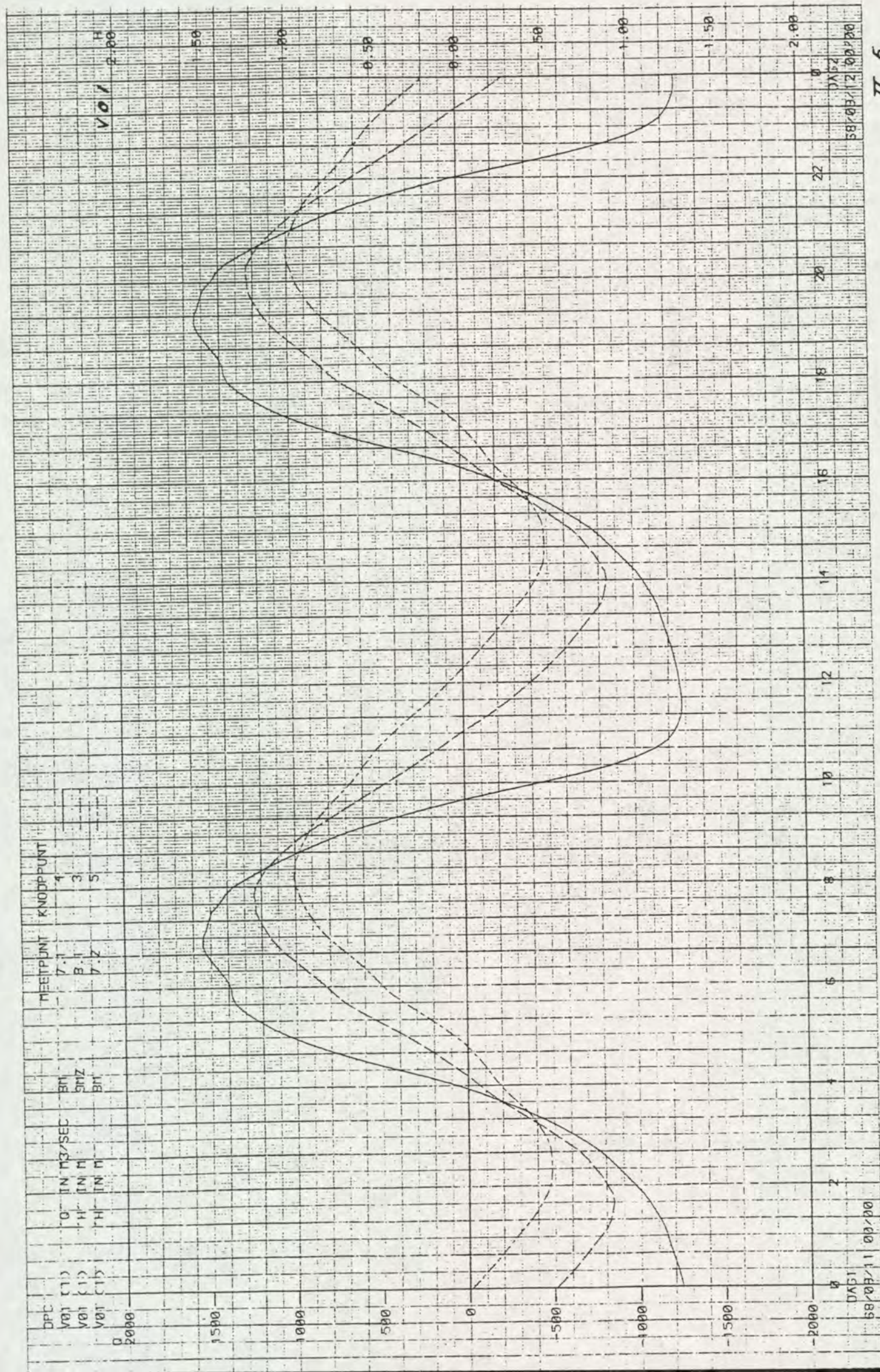


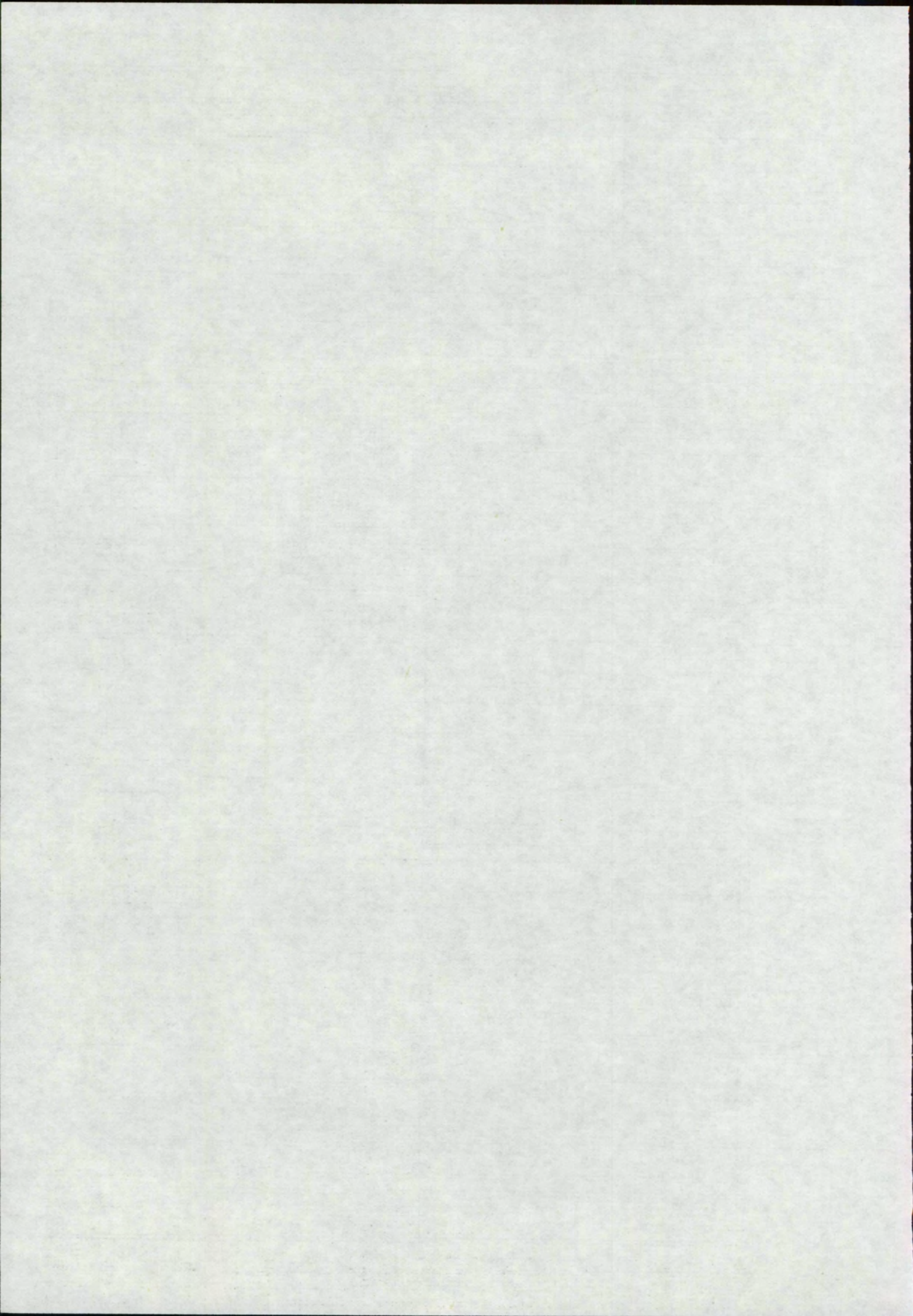


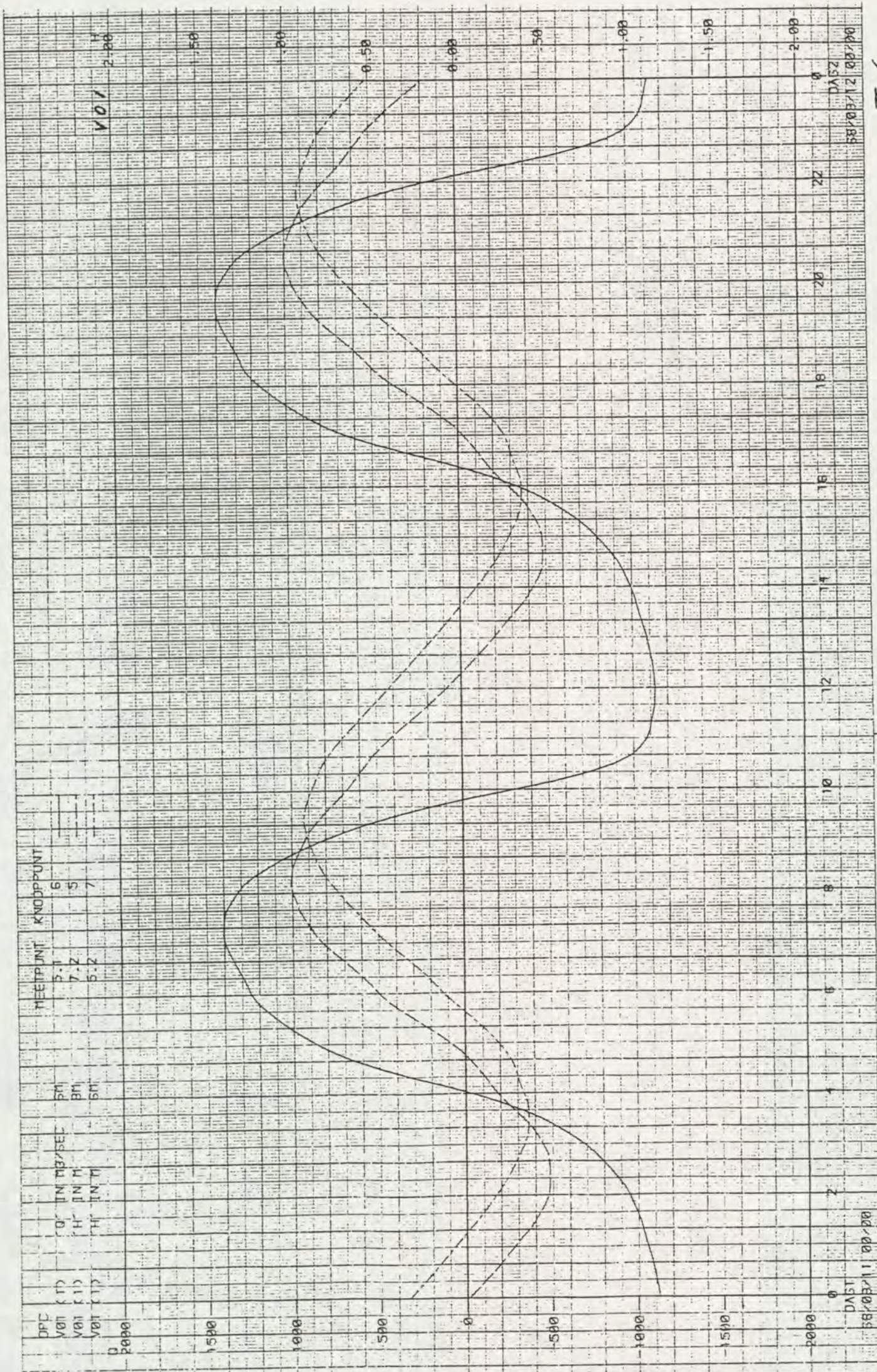


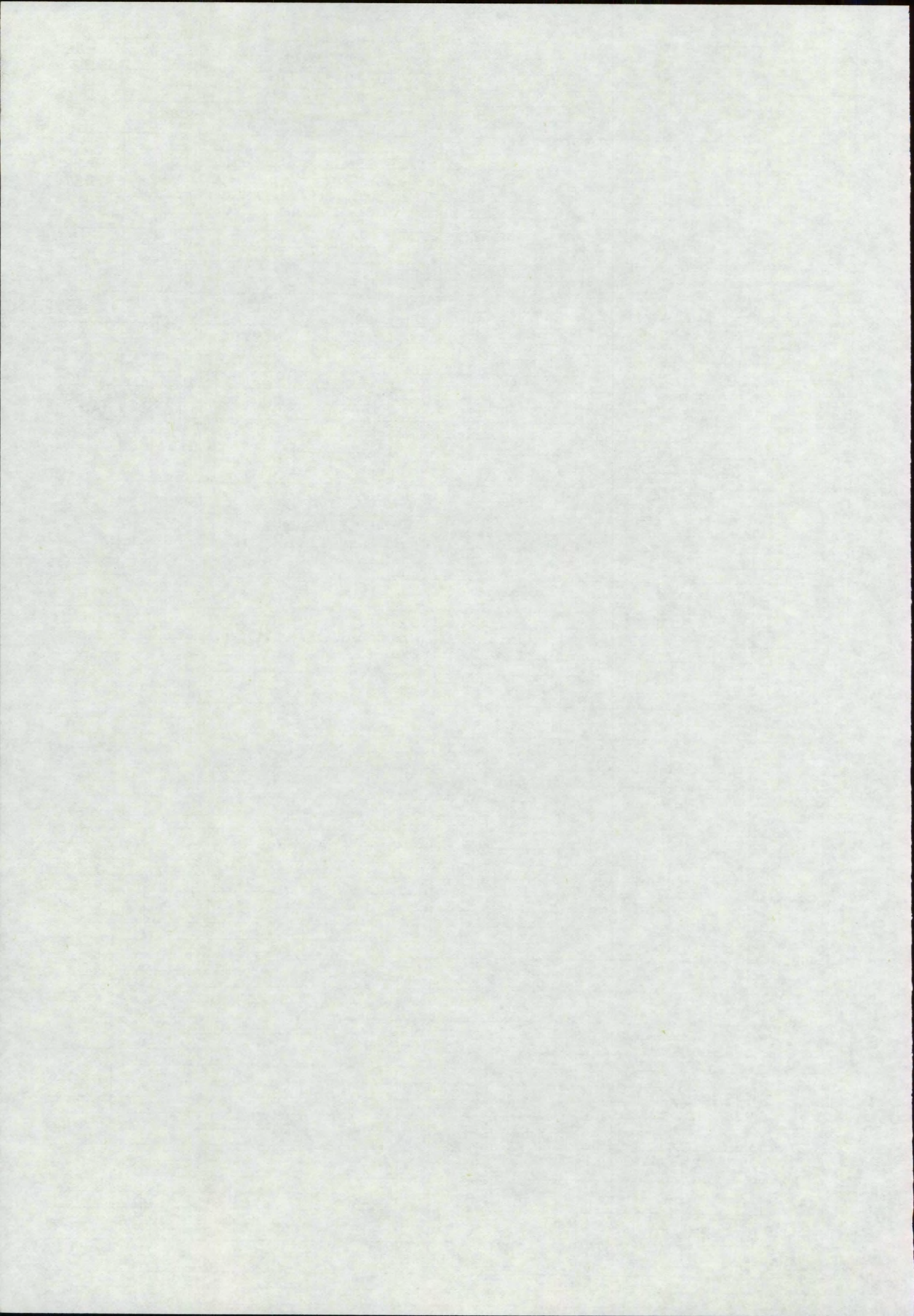










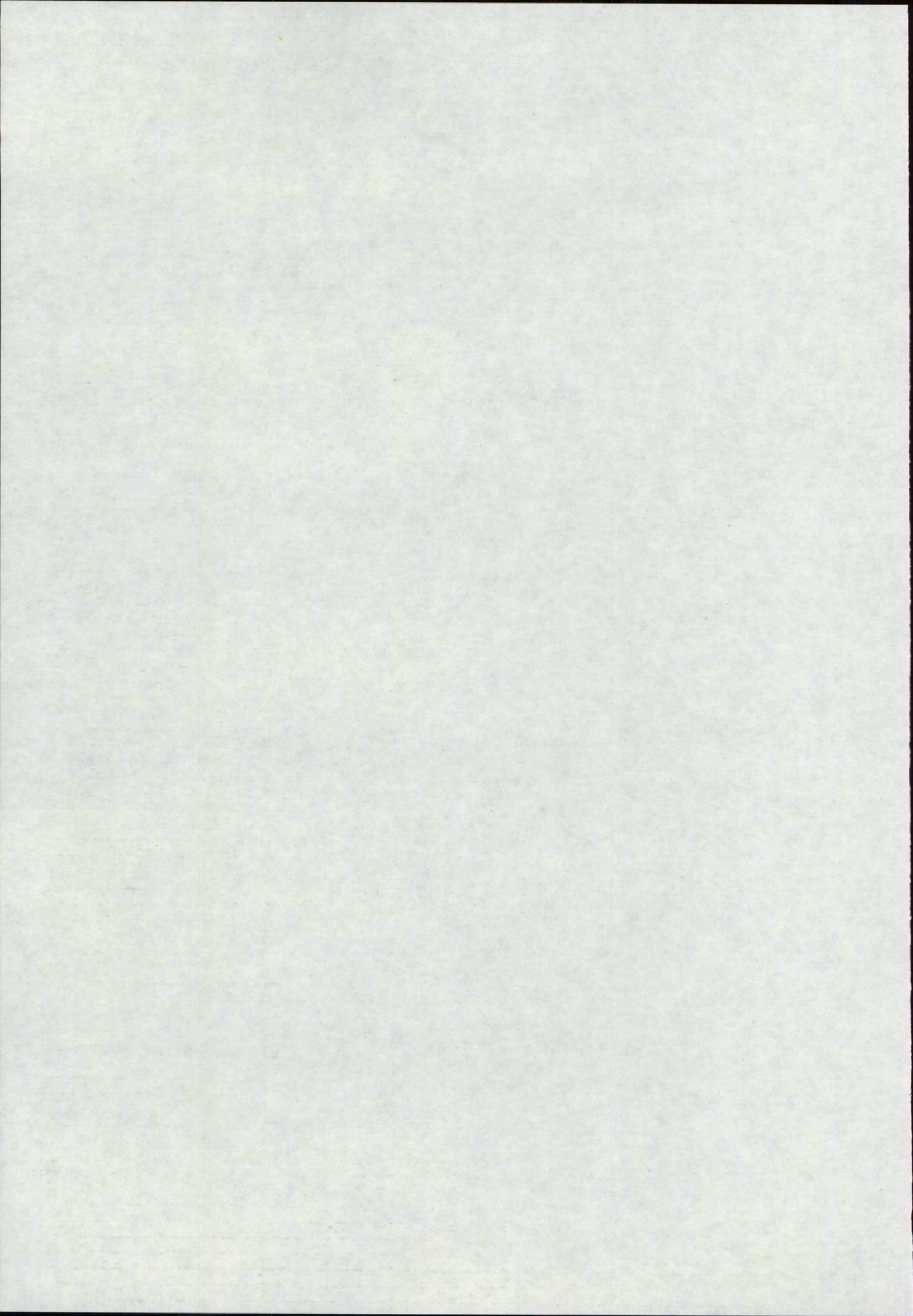


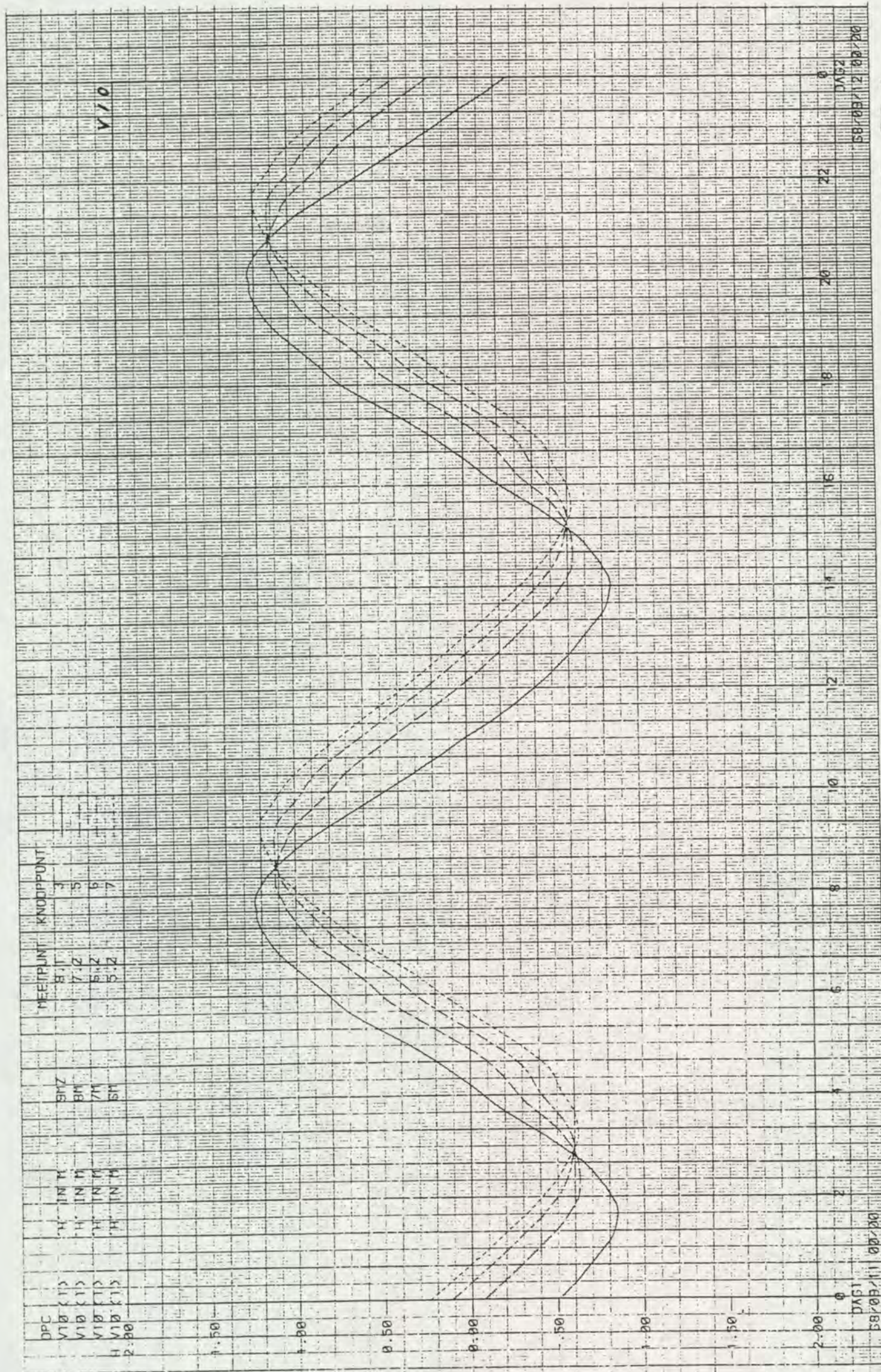
BIJLAGE III

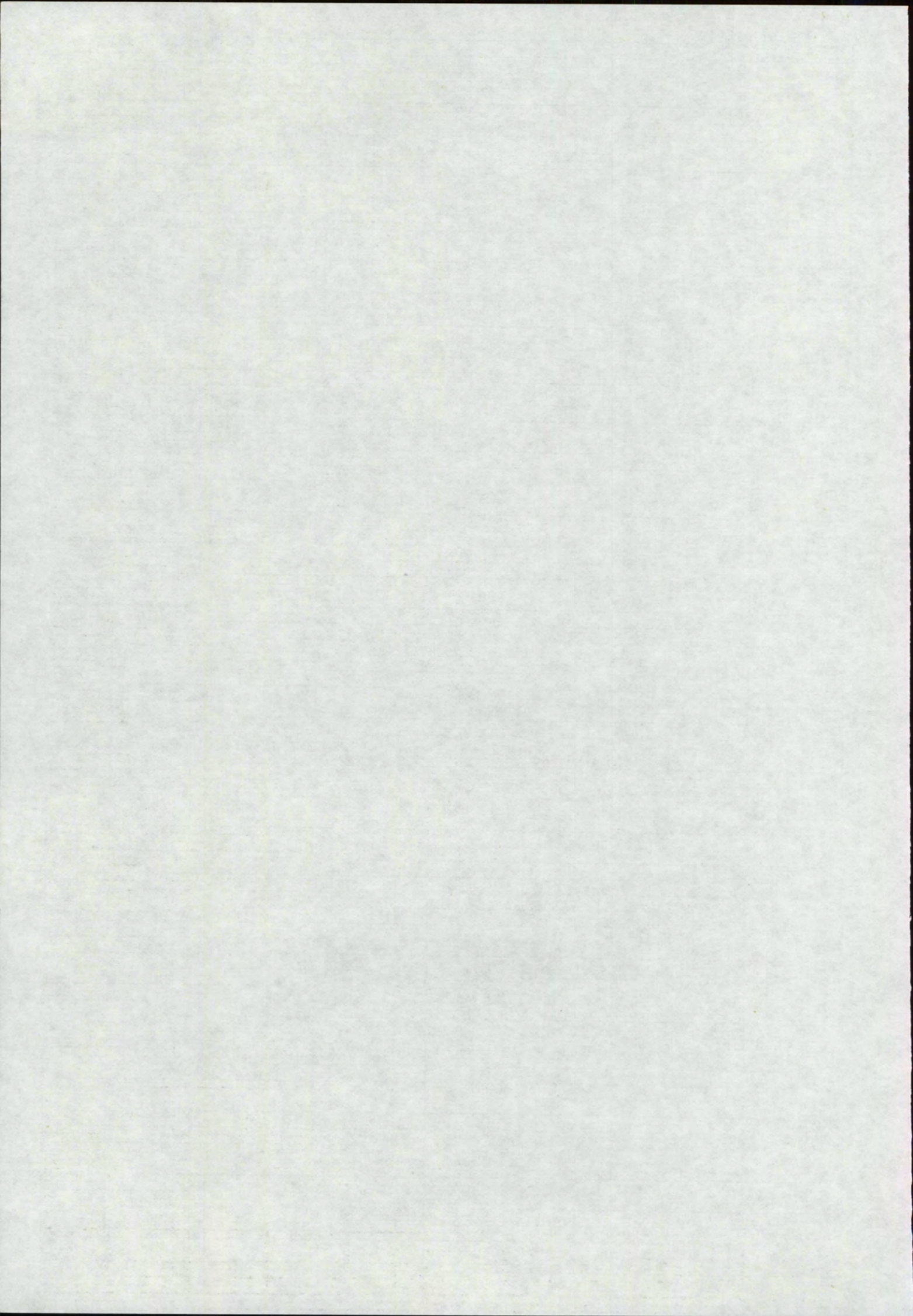
RESULTATEN BEREKENING V10

$$C_{eb} = C_{vloed} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

BLAD III.1 t/m III.6



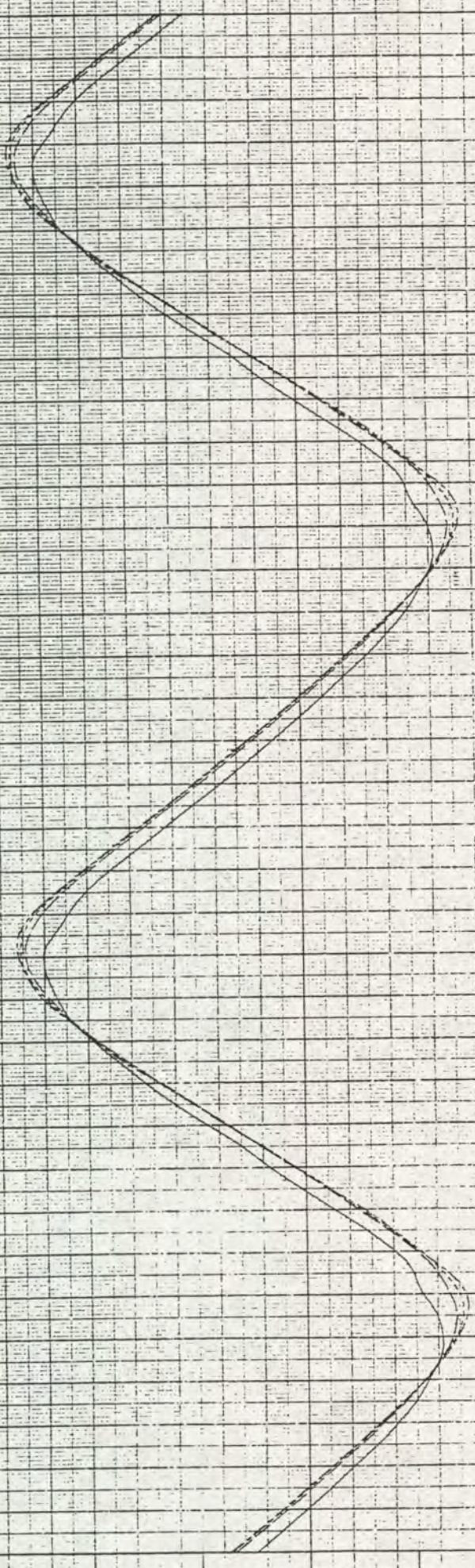




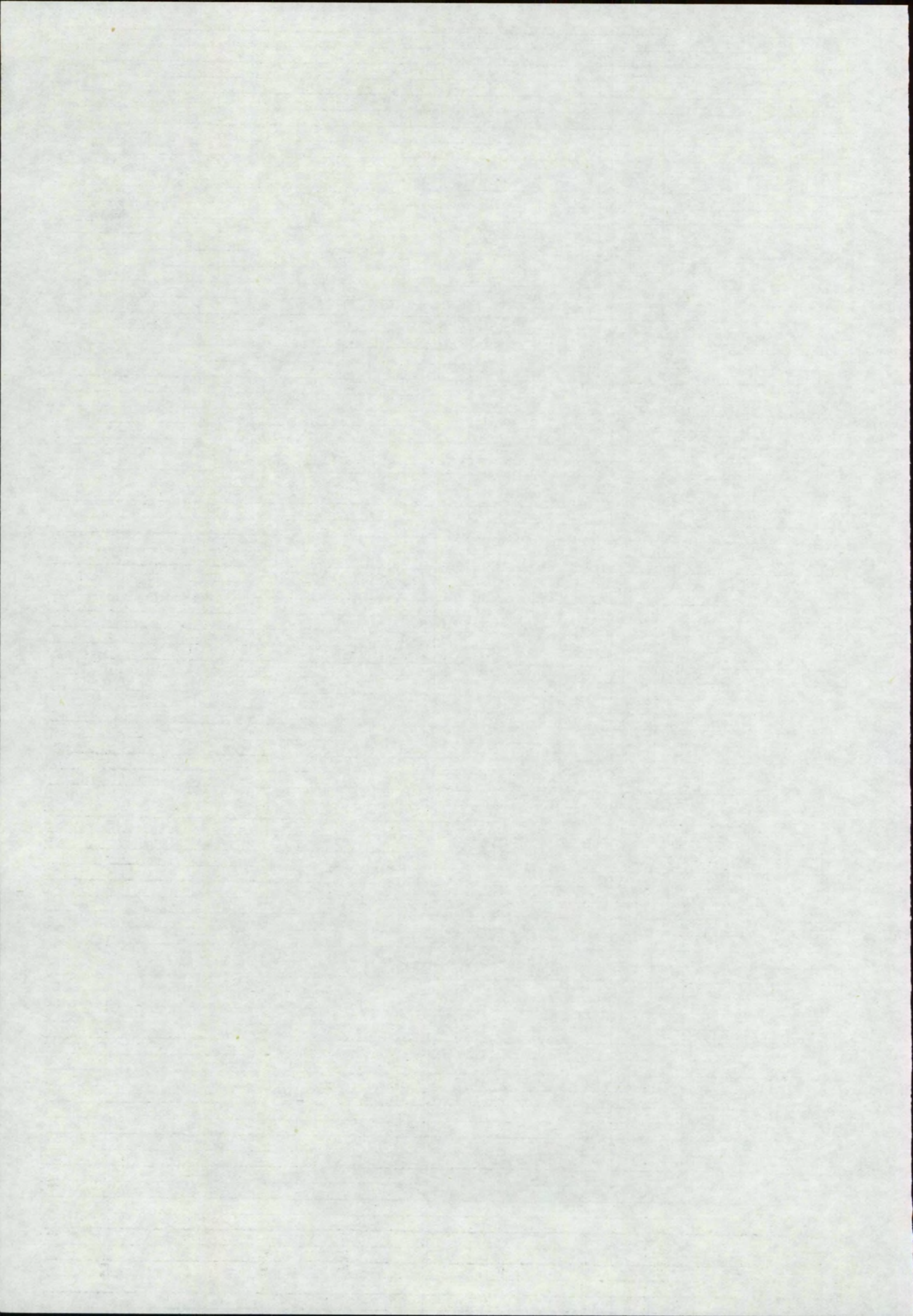
DPC	MEETPUNT	KNOOPPUNT
V10 115	5.2	7
V10 115	4.2	8
V10 115	1.2	11
H V10 115	11.2	13

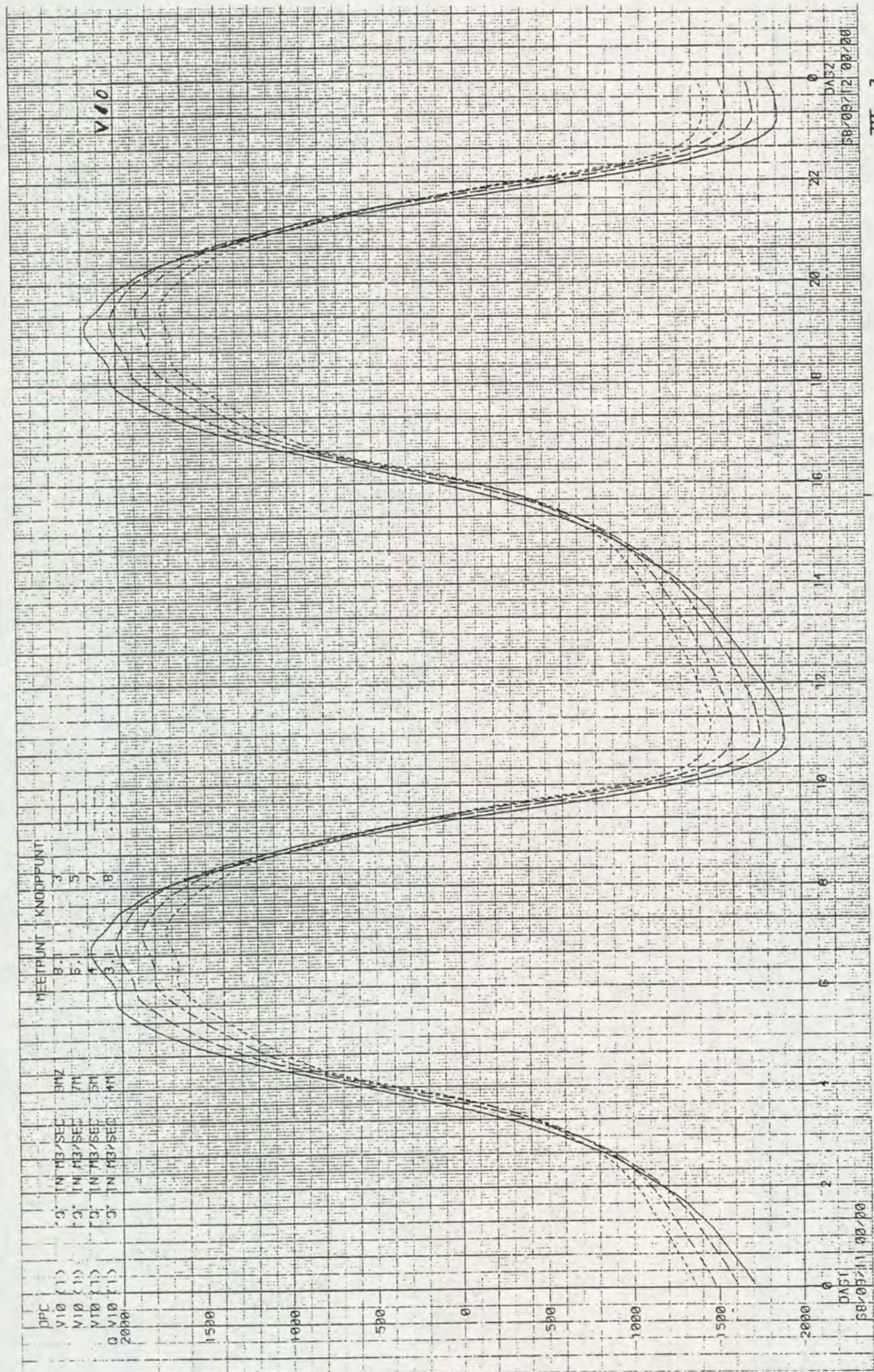
5M
 5M
 1M
 52M

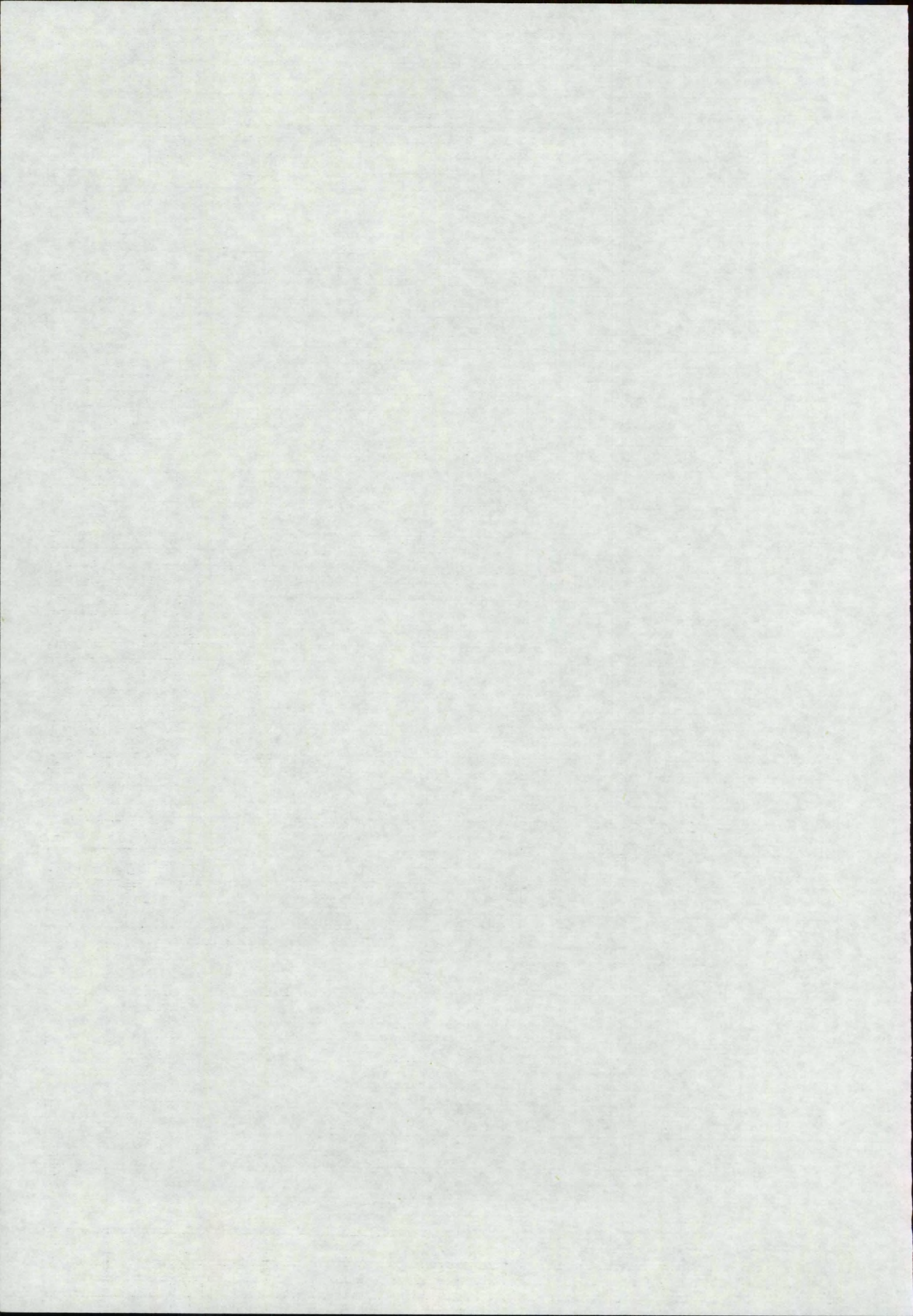
V10

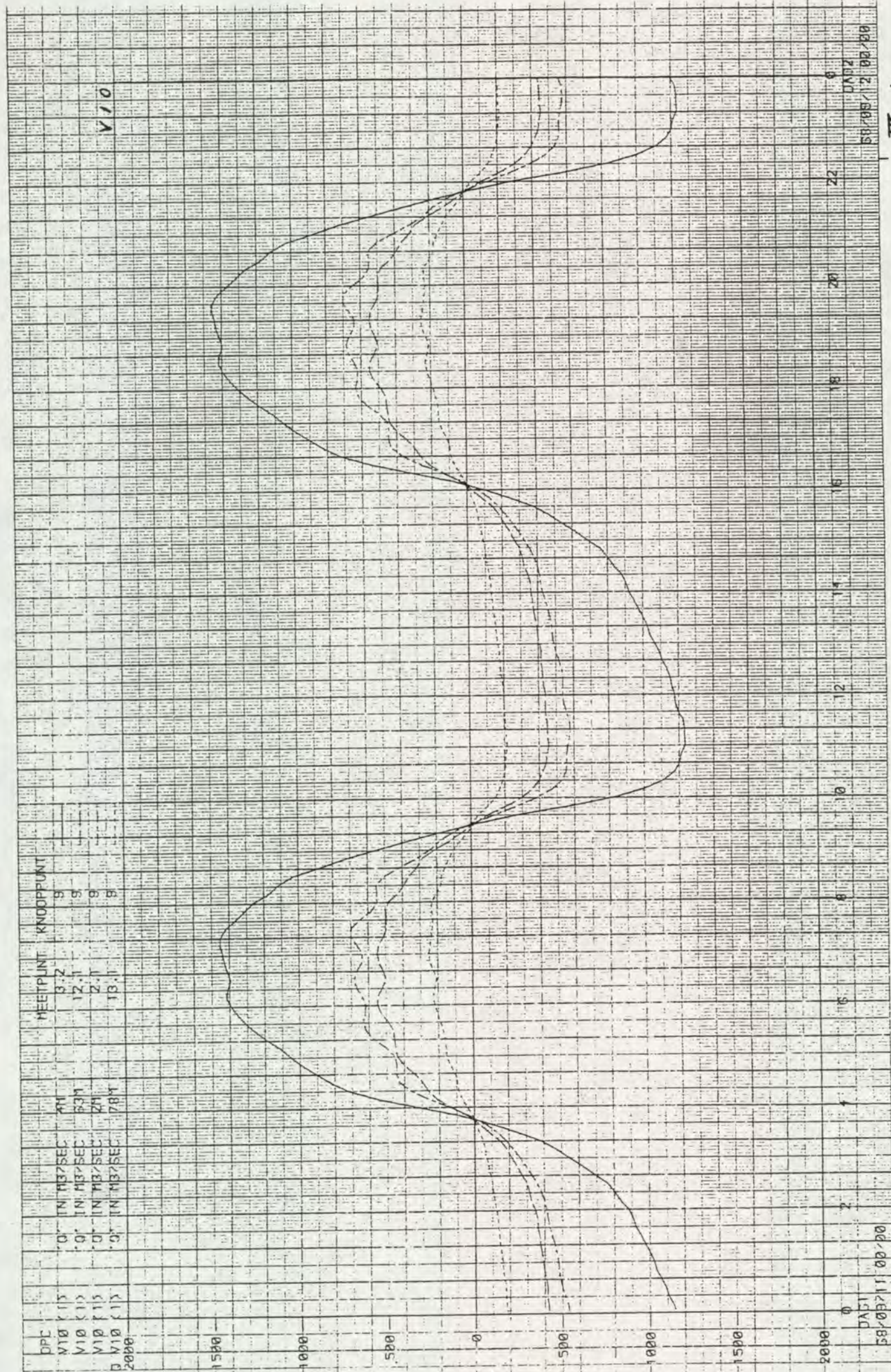


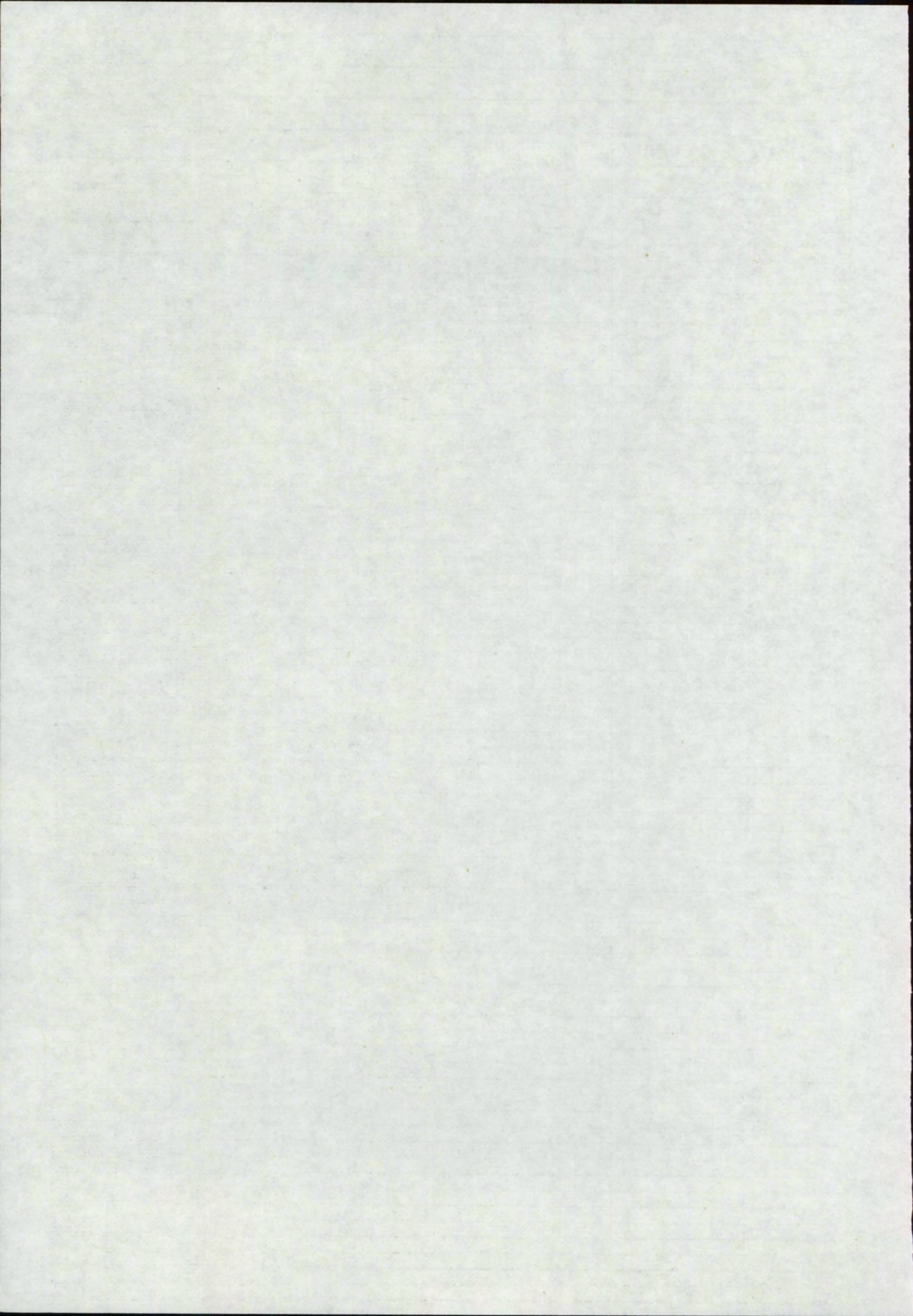
0
 2
 4
 6
 8
 10
 12
 14
 16
 18
 20
 22
 0
 11.52
 58/03/12 00:00

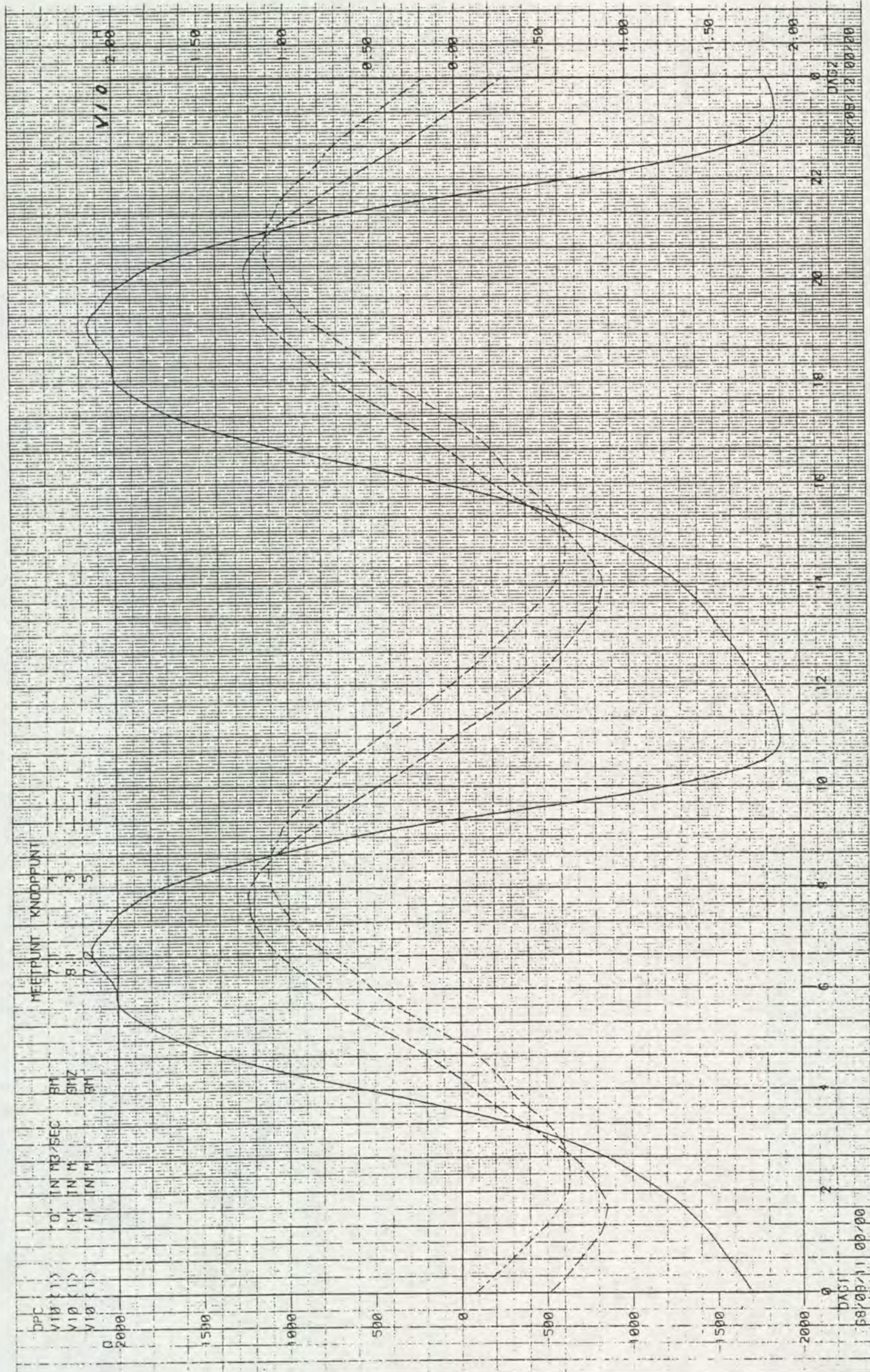


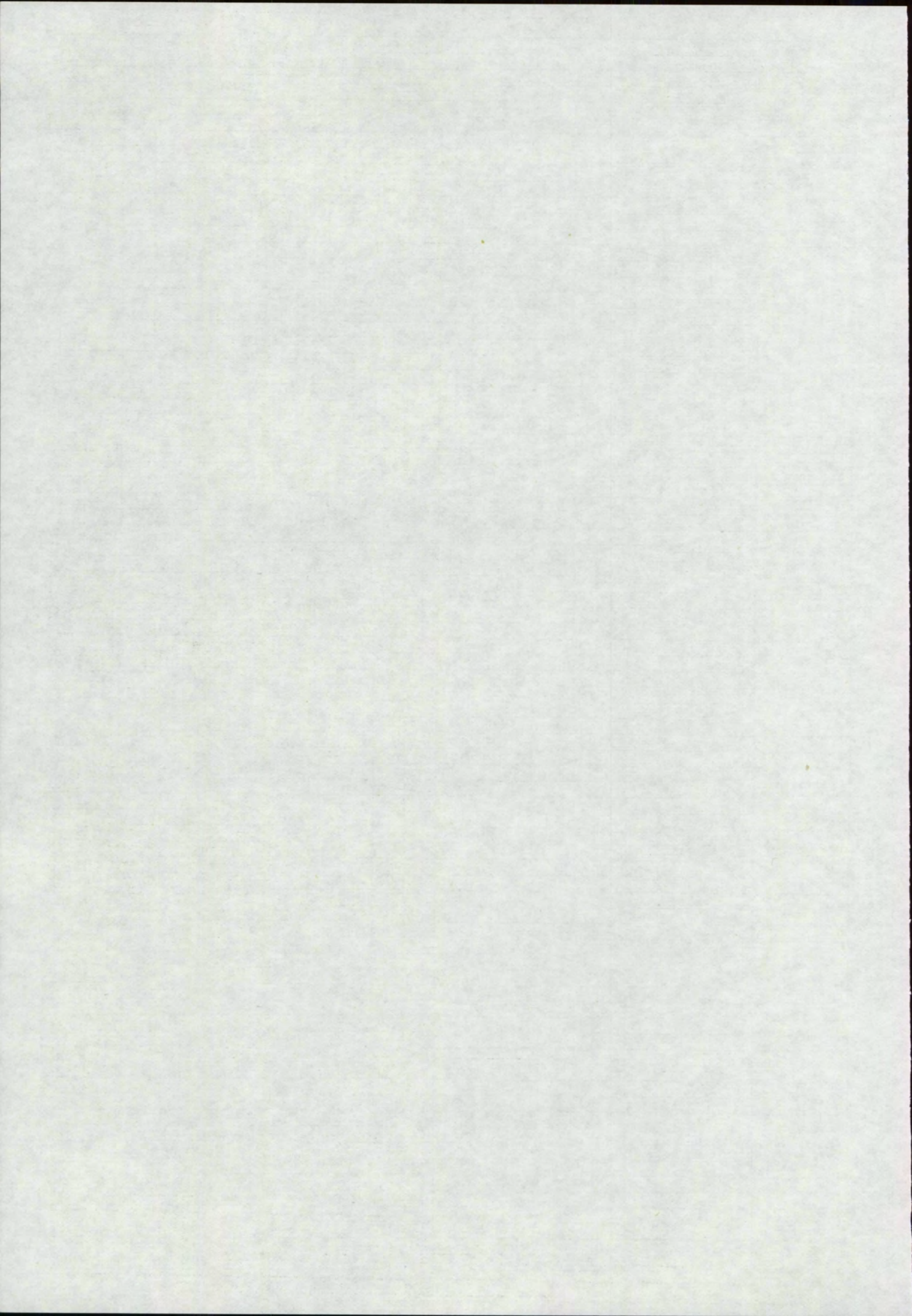










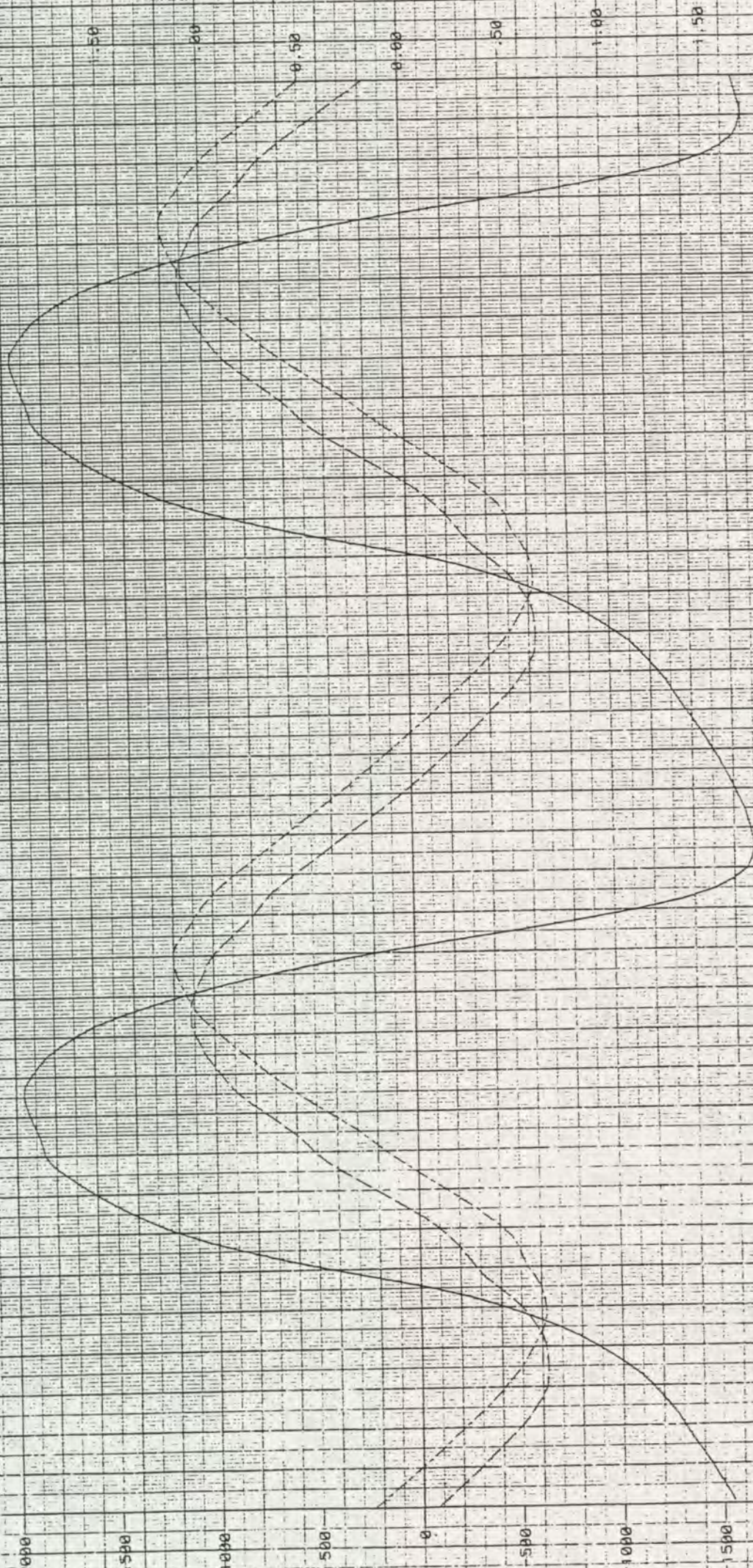


DPC
 V10 113 0 IN 13/SEC 5M
 V10 113 1 IN 11 5M
 V10 113 2 IN 11 5M
 0 2000
 1500
 1000
 500
 0
 -500
 -1000
 -1500
 -2000

MEETPOINT
 5.1
 7.2
 5.2

KNOORPUNT
 6
 5
 7

V10 113
 2.00
 1.50
 1.00
 0.50
 0.00
 -0.50
 -1.00
 -1.50
 -2.00



0 2
 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22
 58-0311 00/00
 58-0311 00/00

BIJLAGE IV

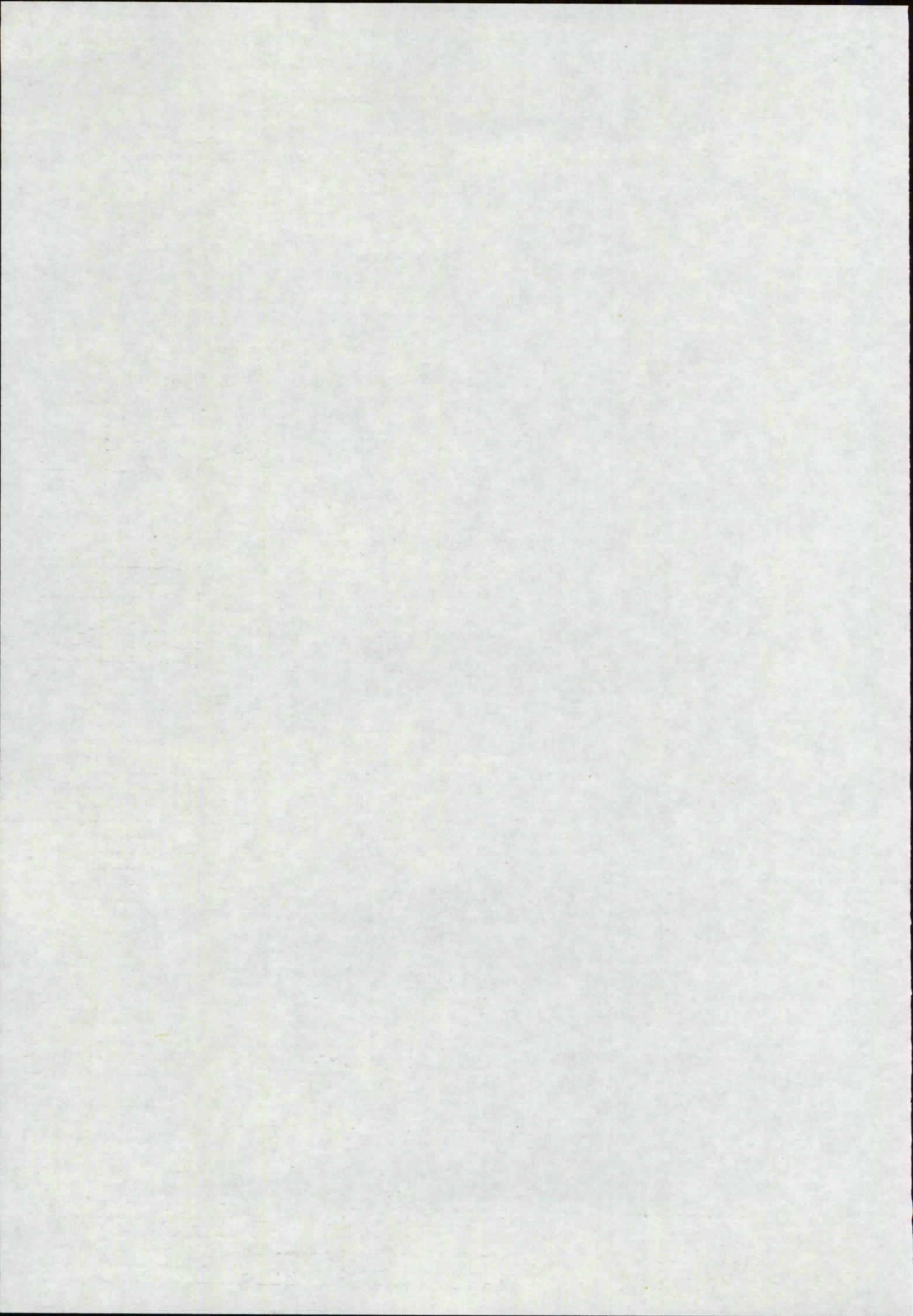
RESULTATEN BEREKENING V13

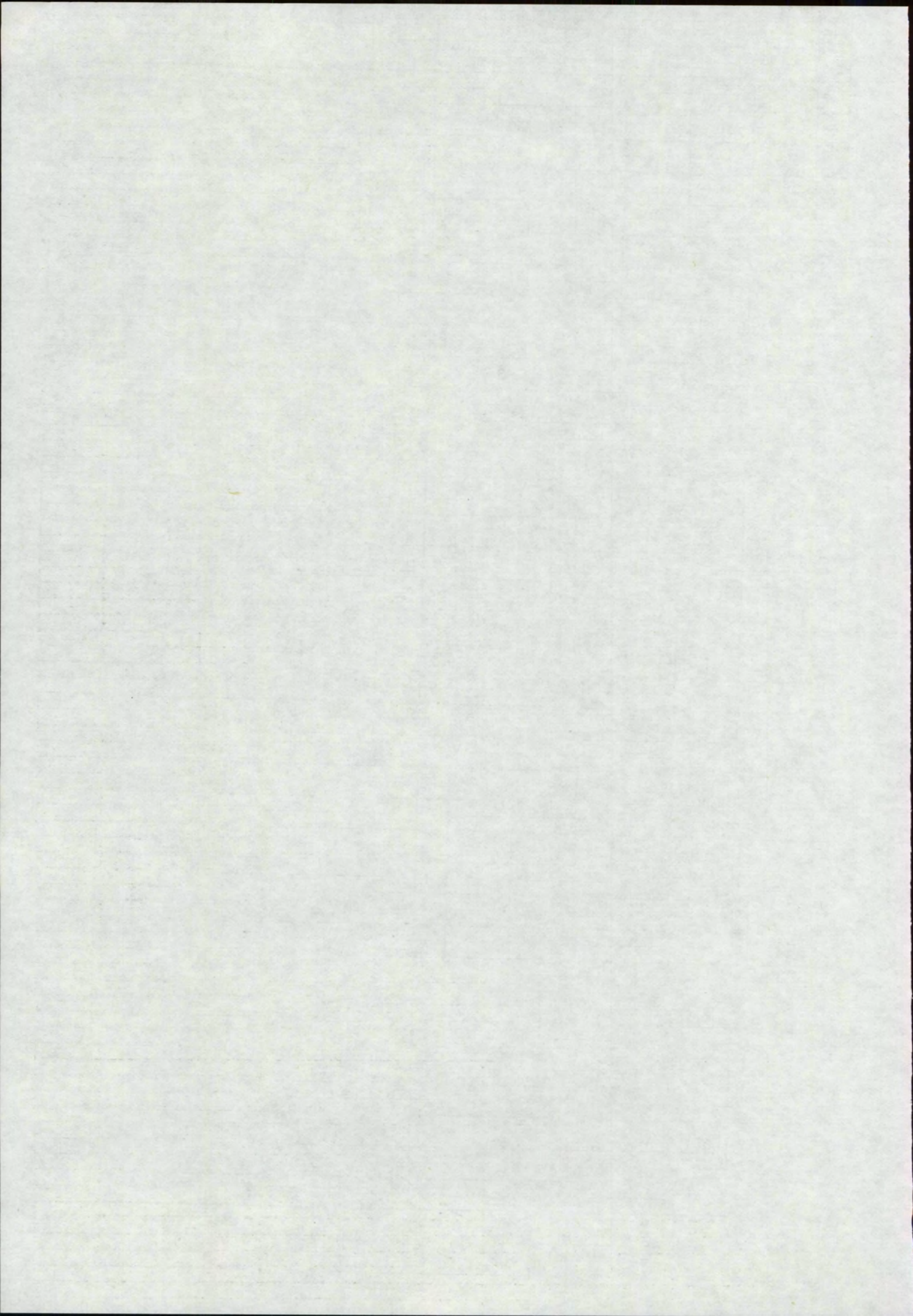
$$C_{eb} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s} \quad C_{vloed} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

BLAD IV.1 t/m IV.6

" IV.7

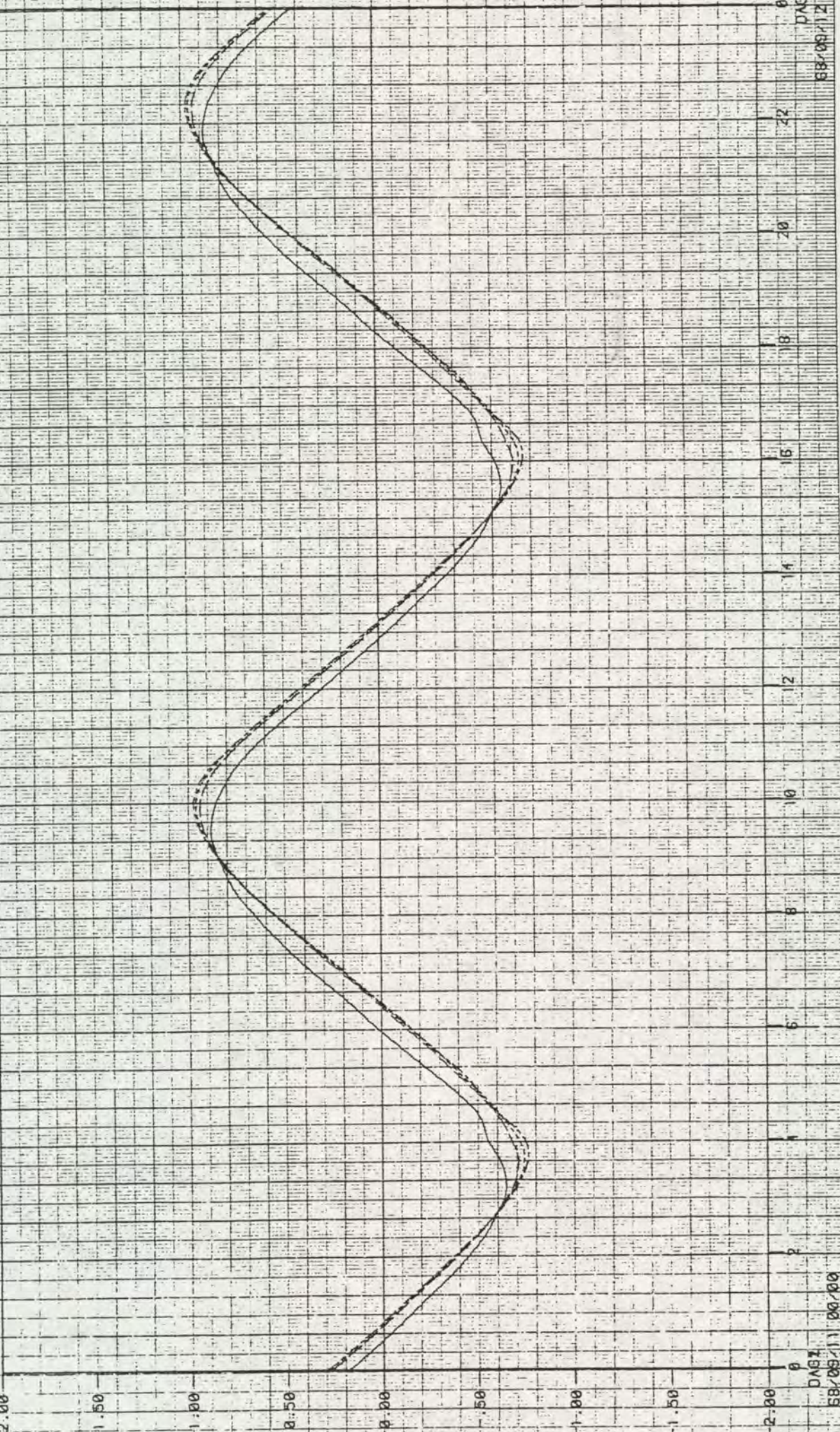
" IV.8, 9 en 10

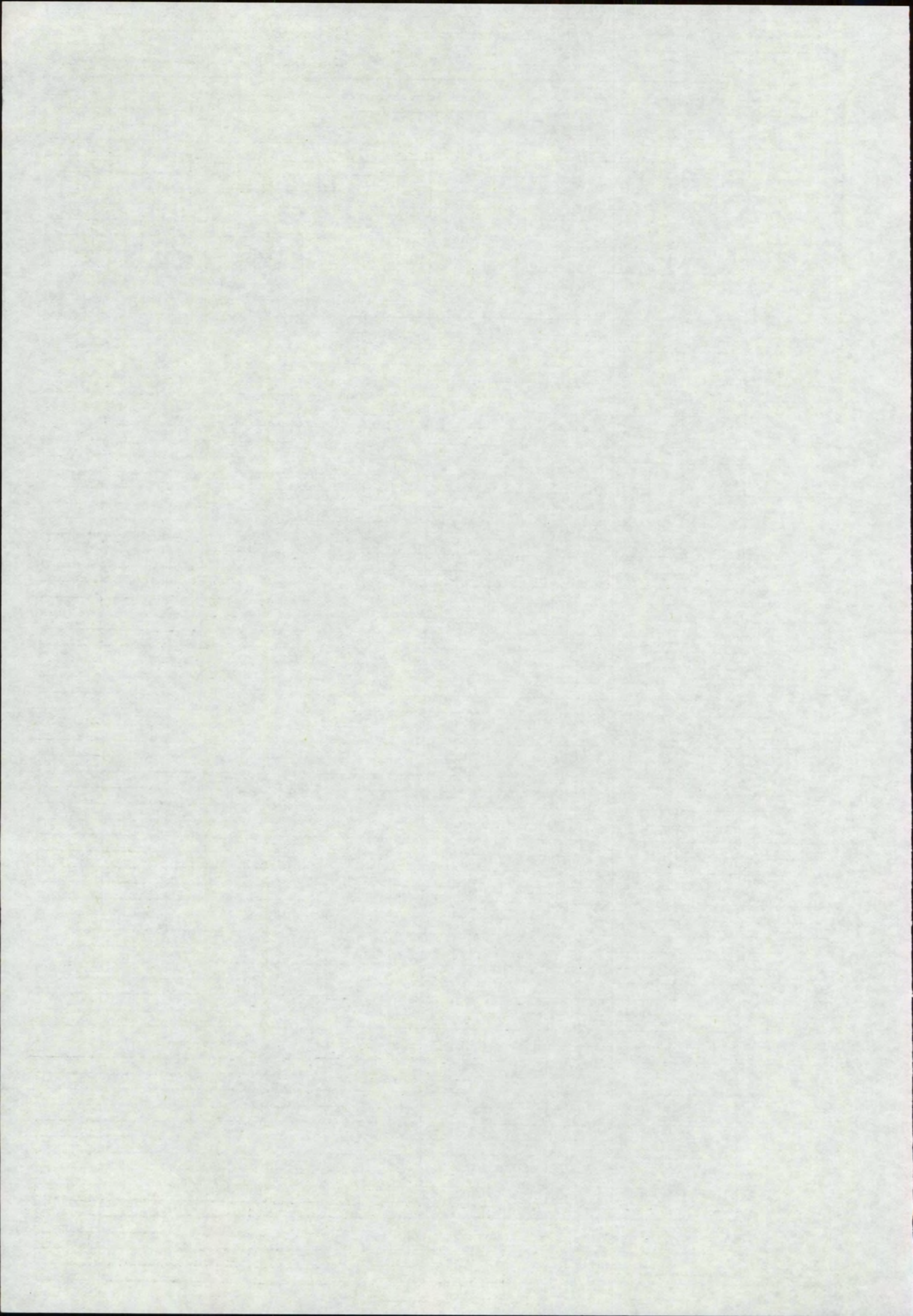


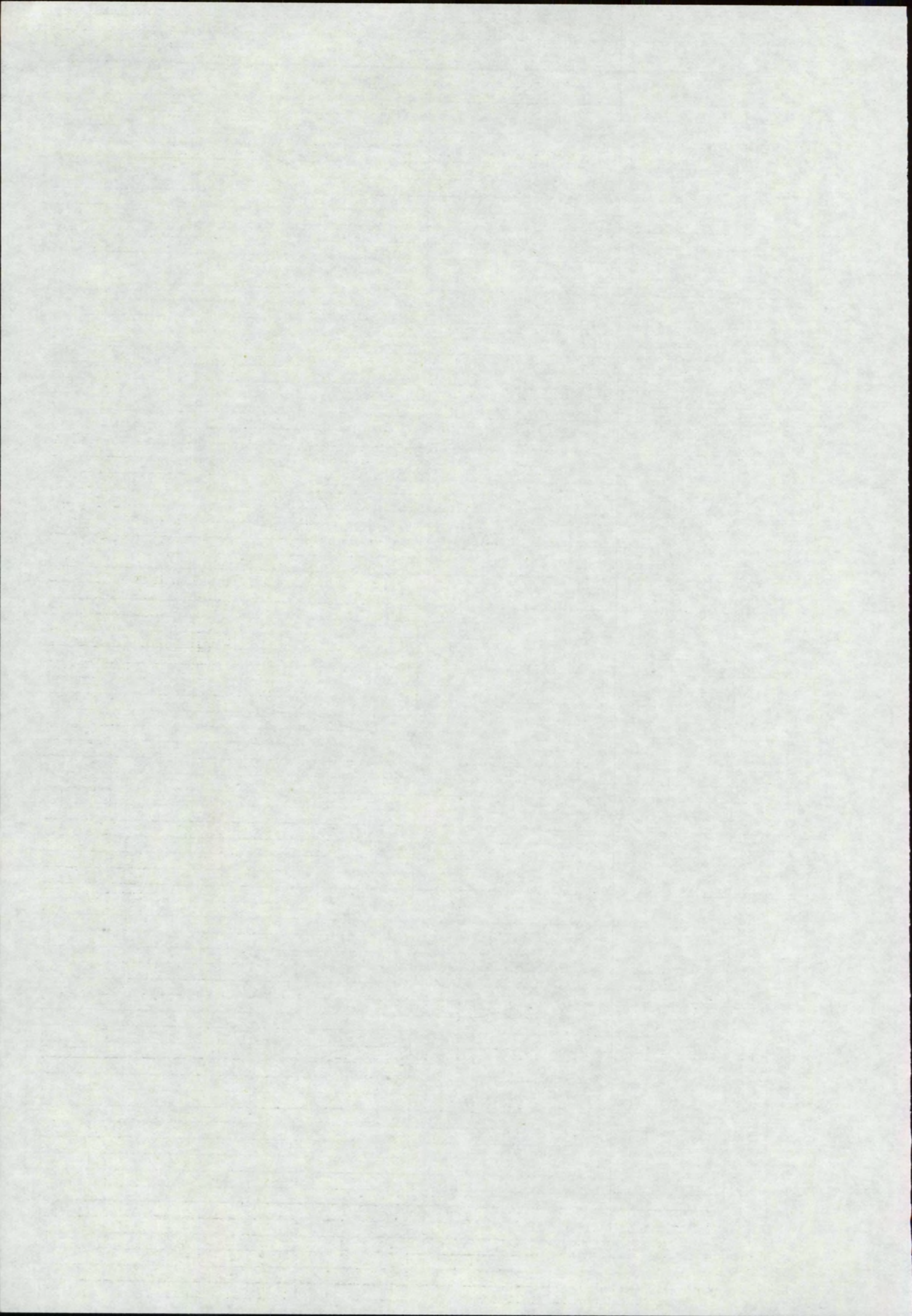


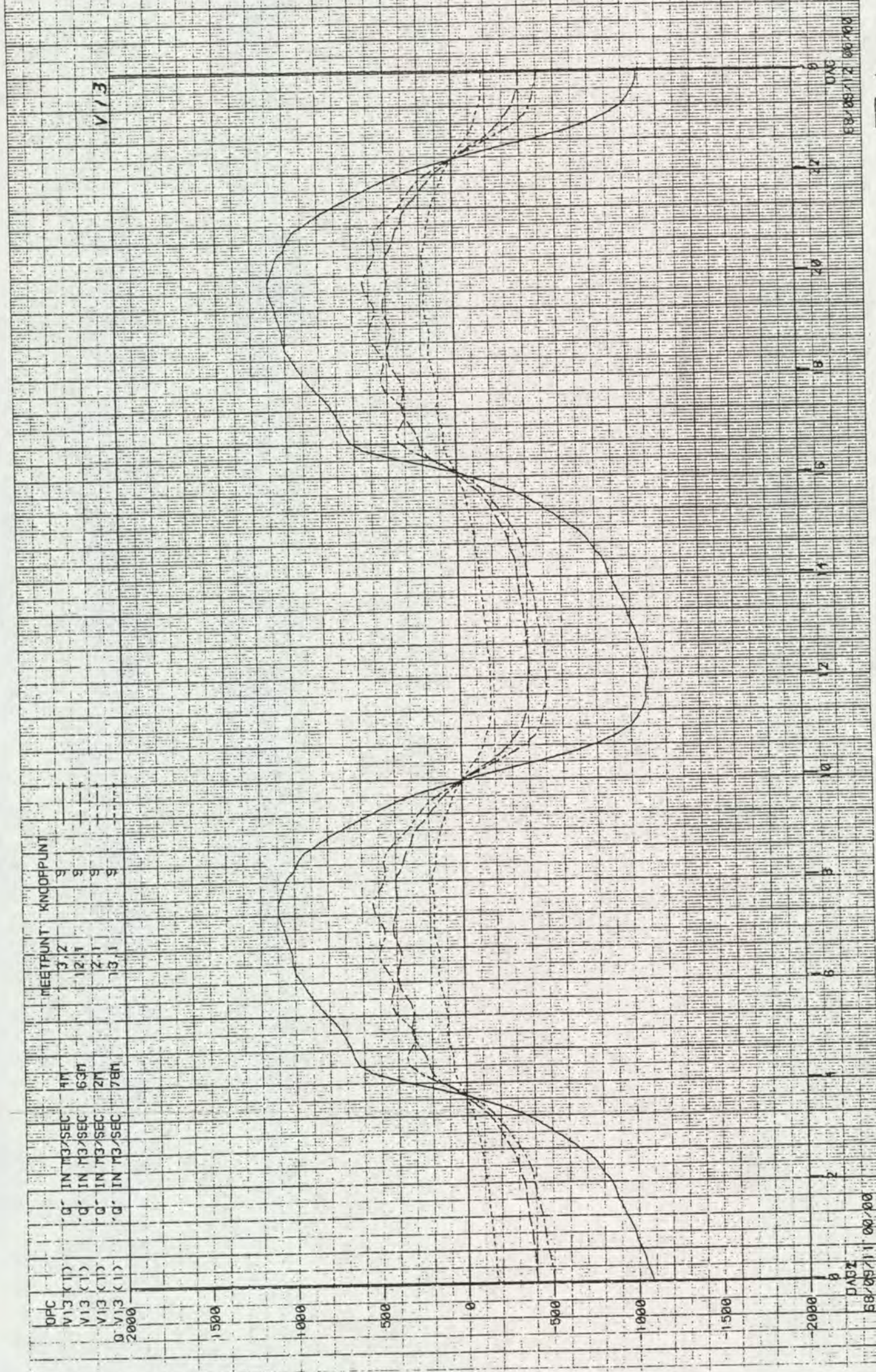
OPC	FEET/POINT	KNOCK/POINT
V13 (1)	5.2	7
V13 (1)	4.2	8
V13 (1)	1.2	11
H V13 (1)	11.2	13

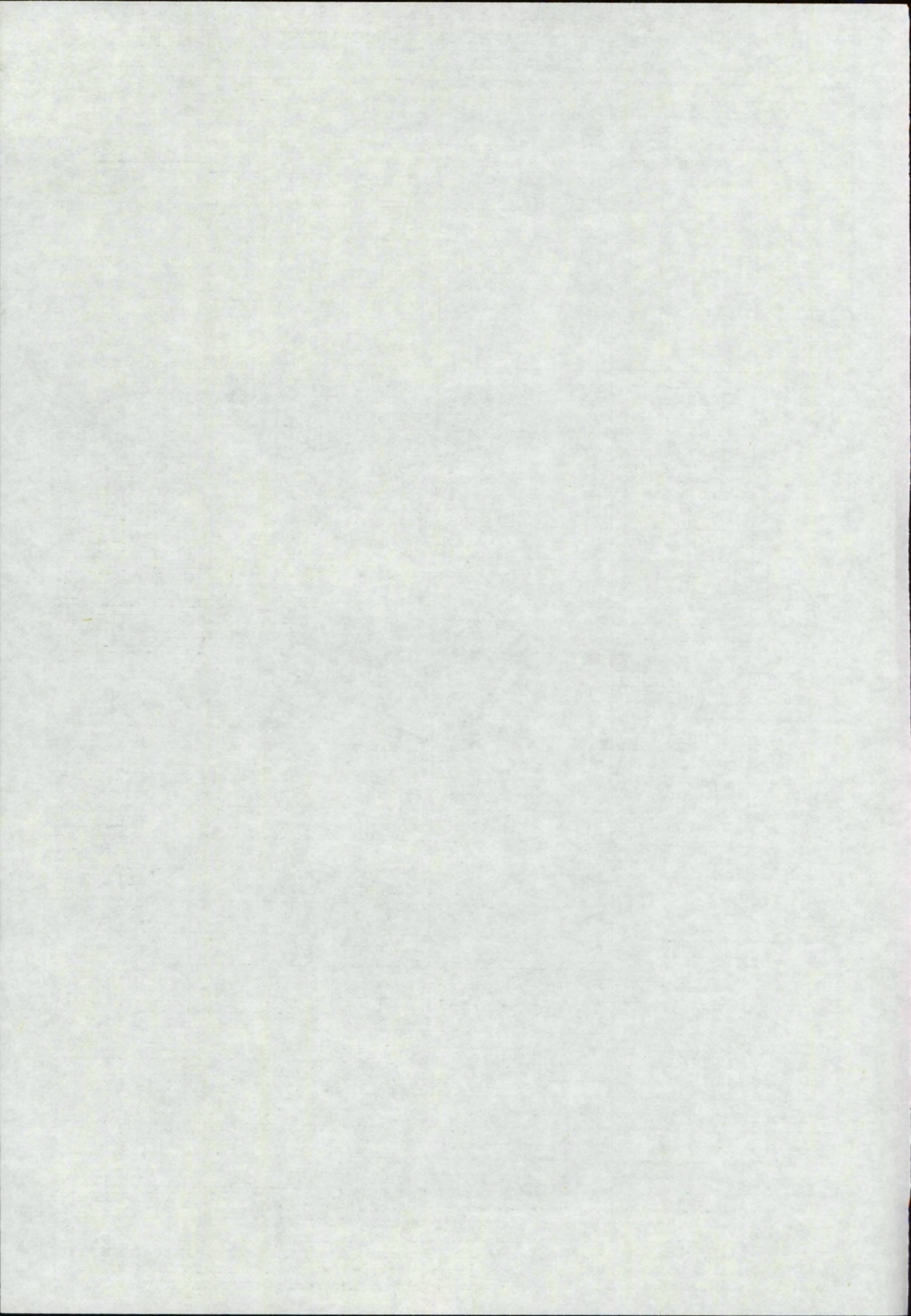
V13

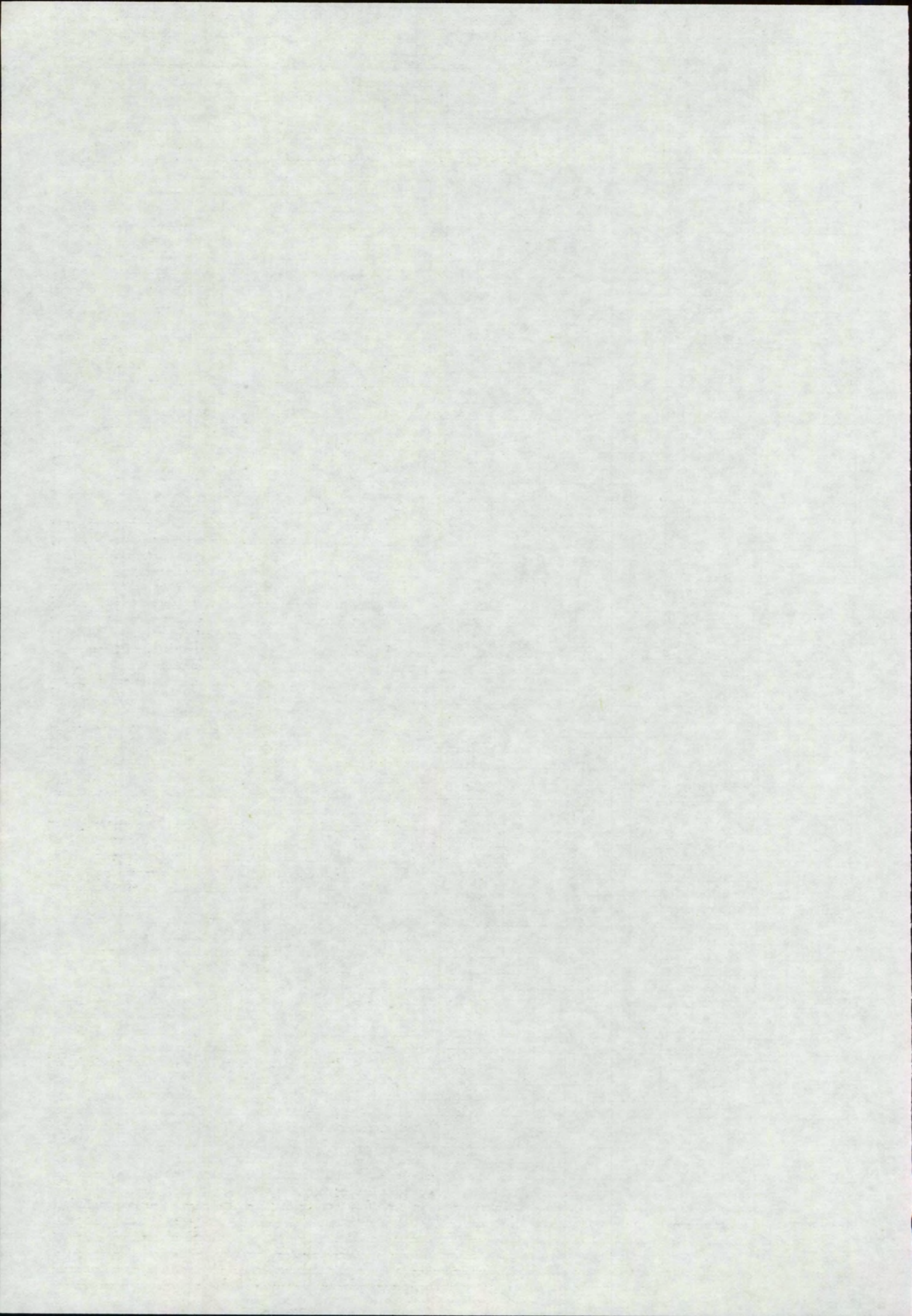


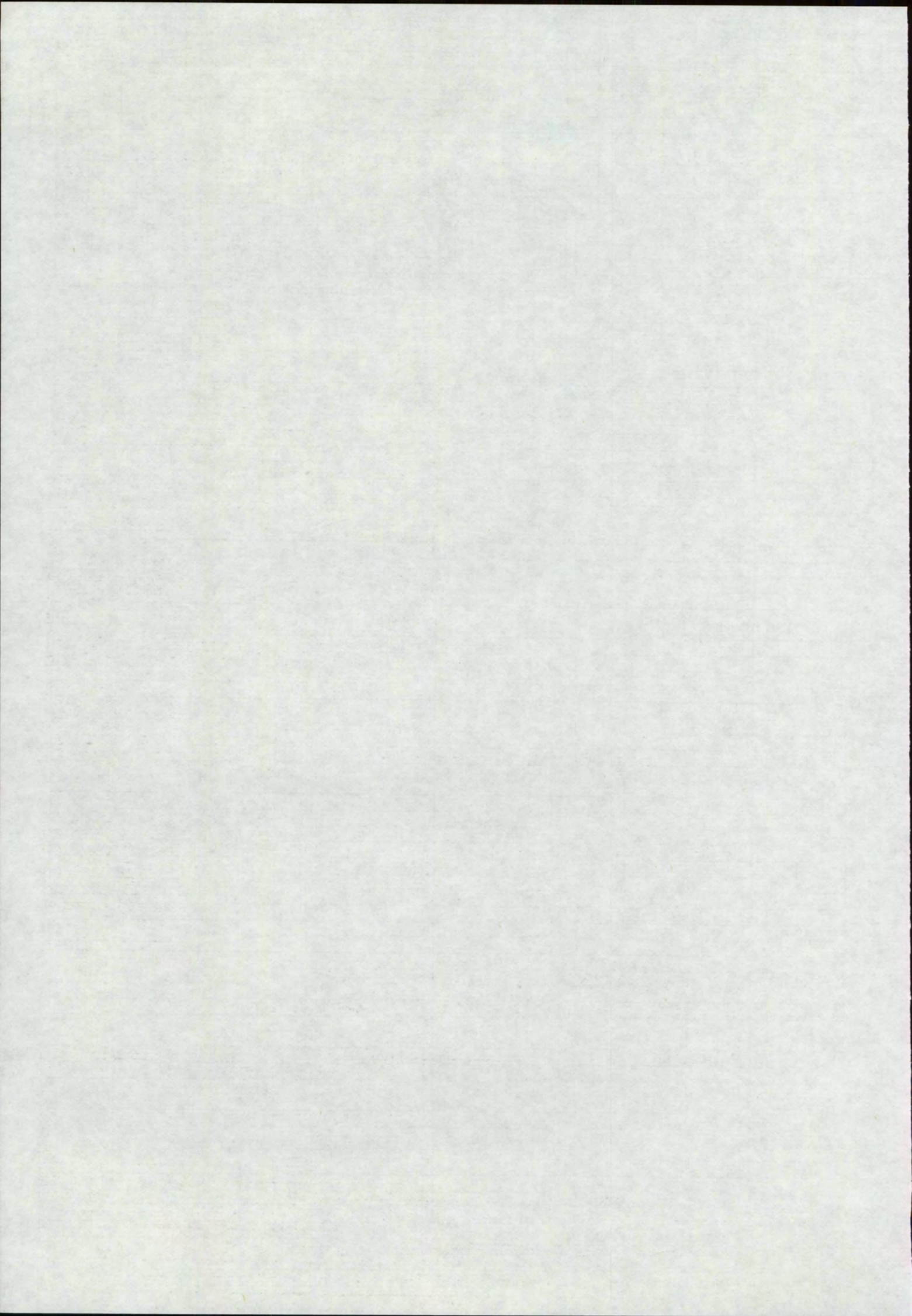


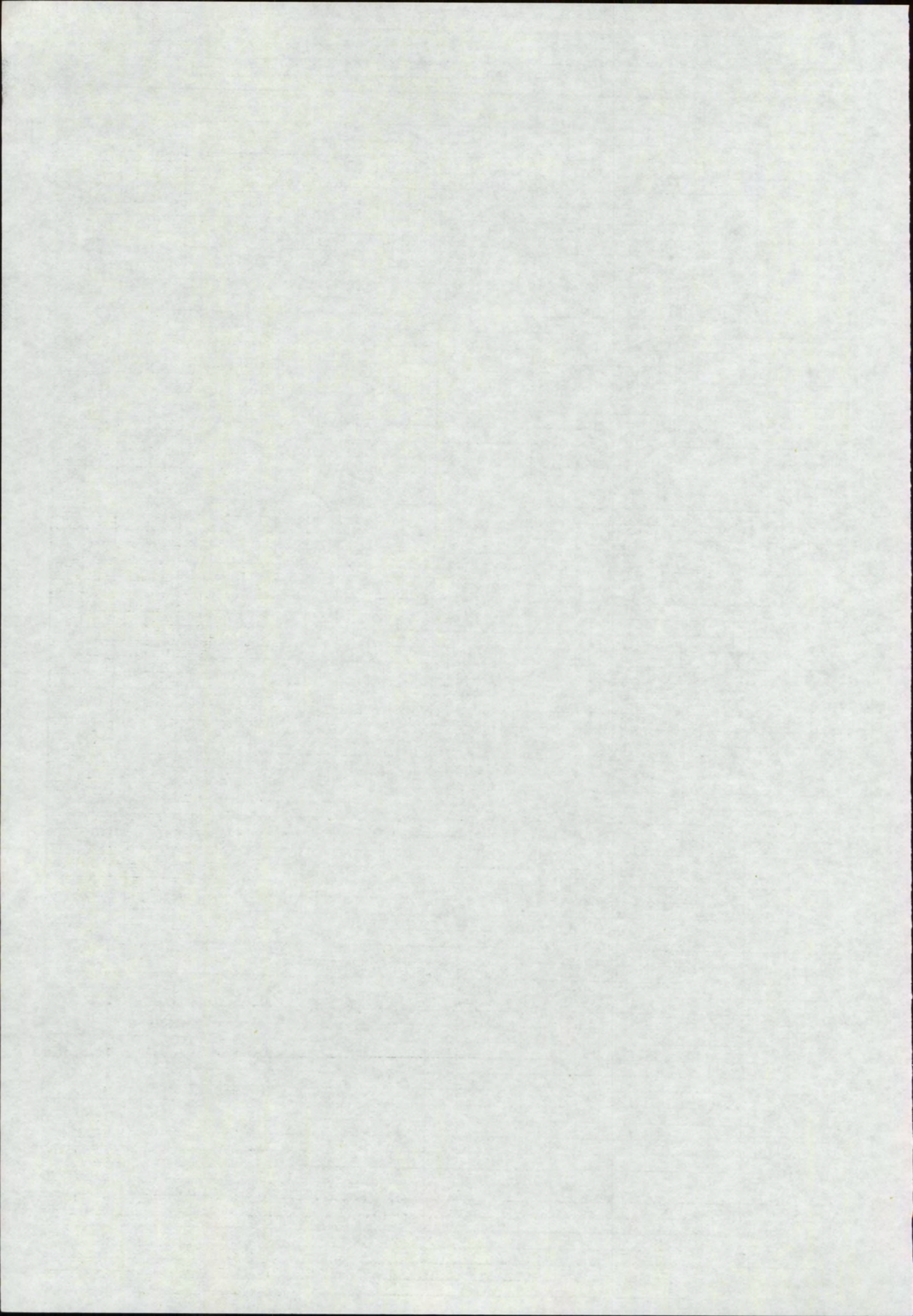












DPS	HT IN M	MEETPUNT	KNOOPPUNT	V13
V13 (1)	7M	5.1	5	V13
V01 (1)	7M	5.1	5	V01
V10 (1)	7M	5.1	5	V10

H 2.00

1.50

1.00

0.50

0.00

0.50

1.00

1.50

2.00

0.50

0.00

2

7

6

3

10

12

14

15

18

20

22

0

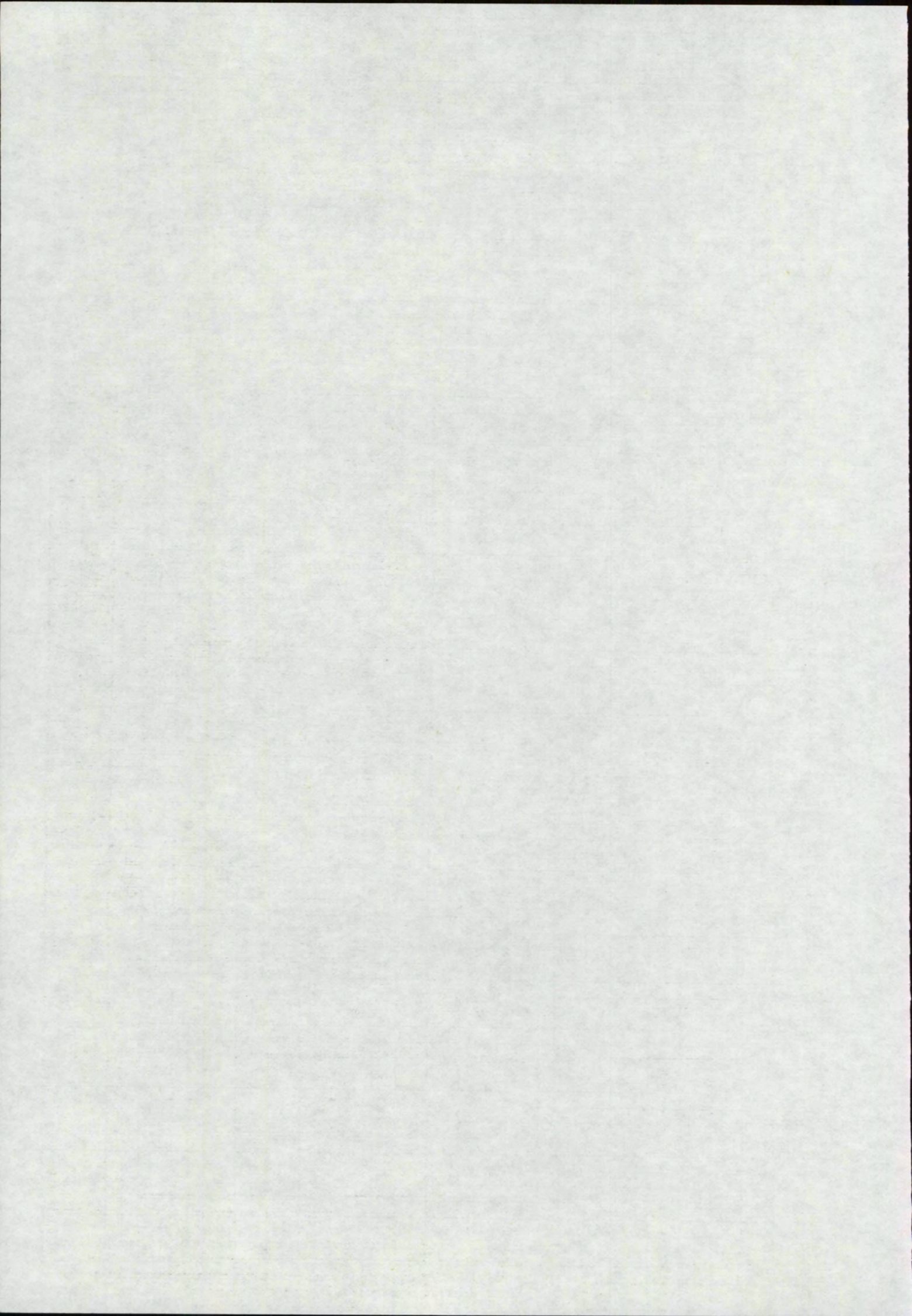
DAS

58/03/12 00:00

0.50

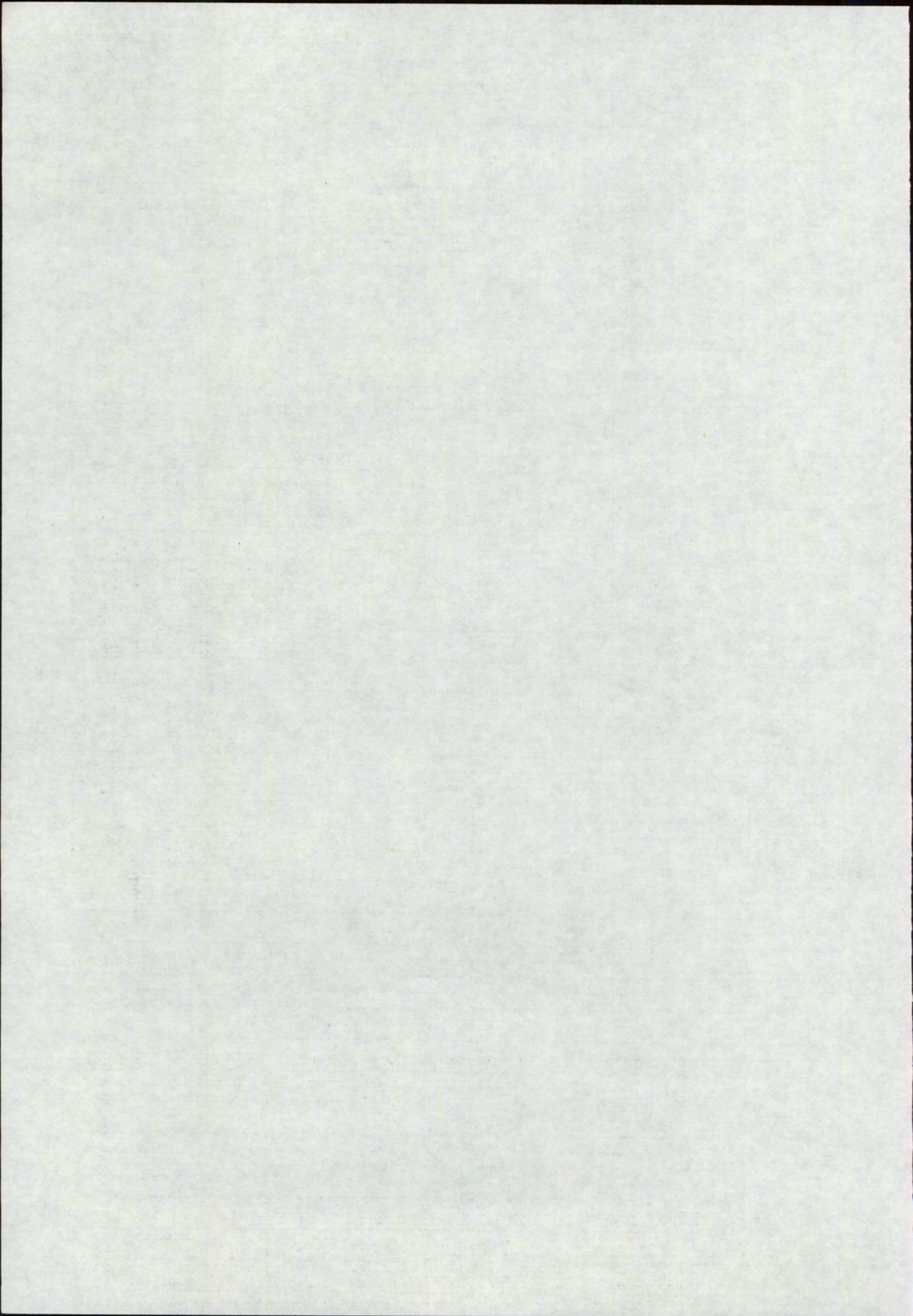
0.00

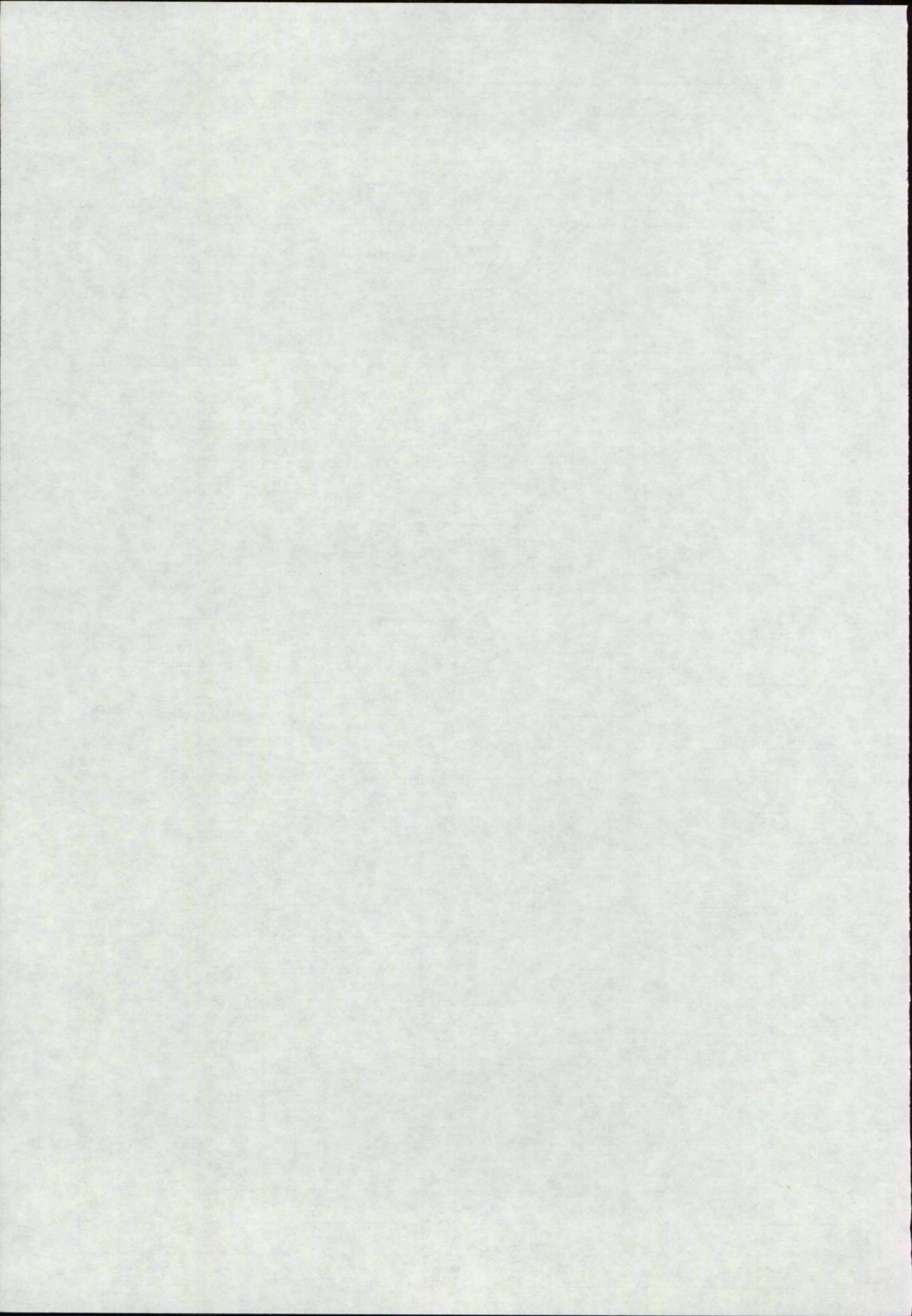
IV.8.





58/03/12 00:00
DAS





BIJLAGE V

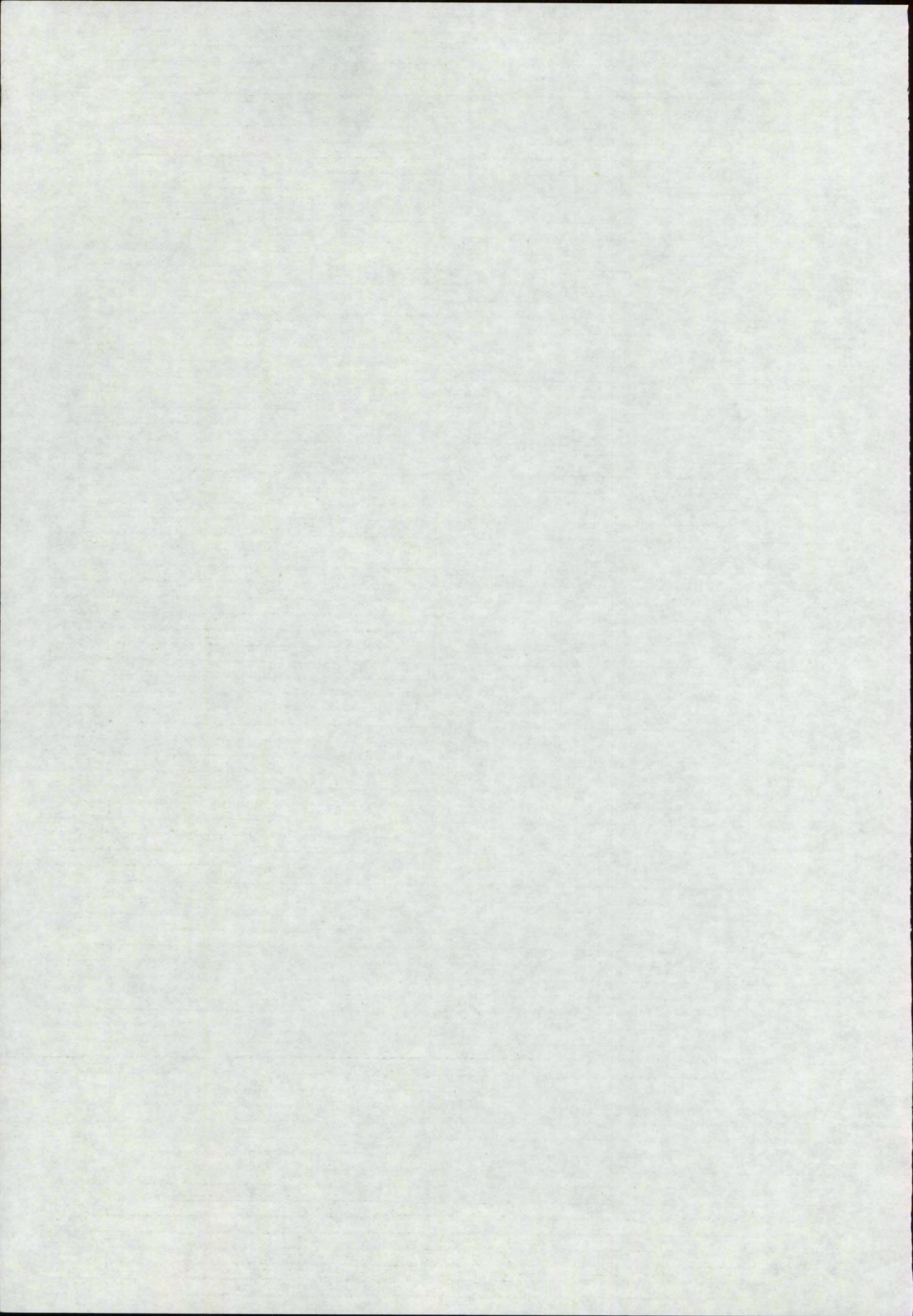
RESULTATEN BEREKENING V14

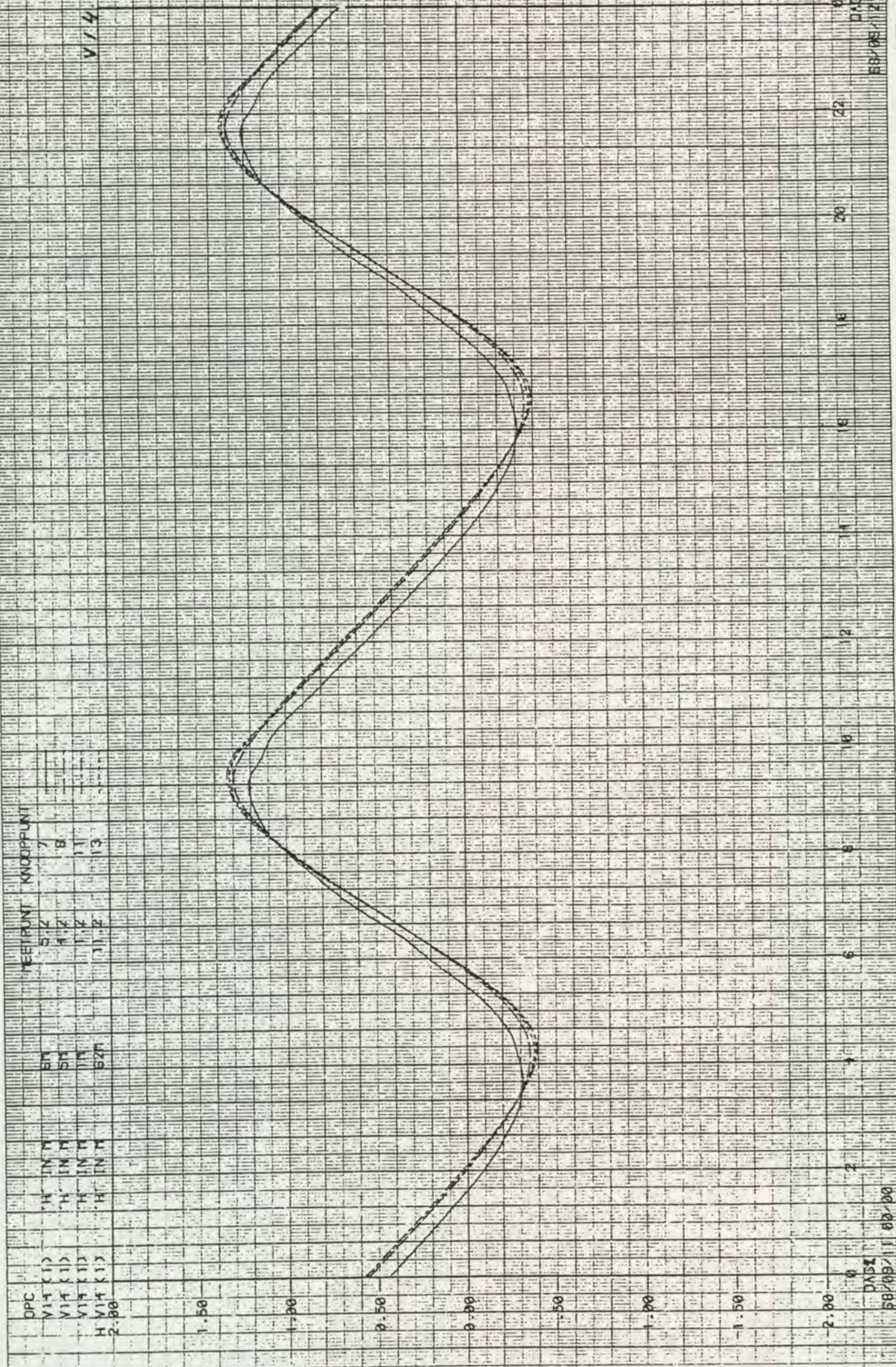
$$C_{eb} = 90 \text{ m}^{1/2}/\text{s} \quad C_{vloed} = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

BLAD V.1 t/m V.6

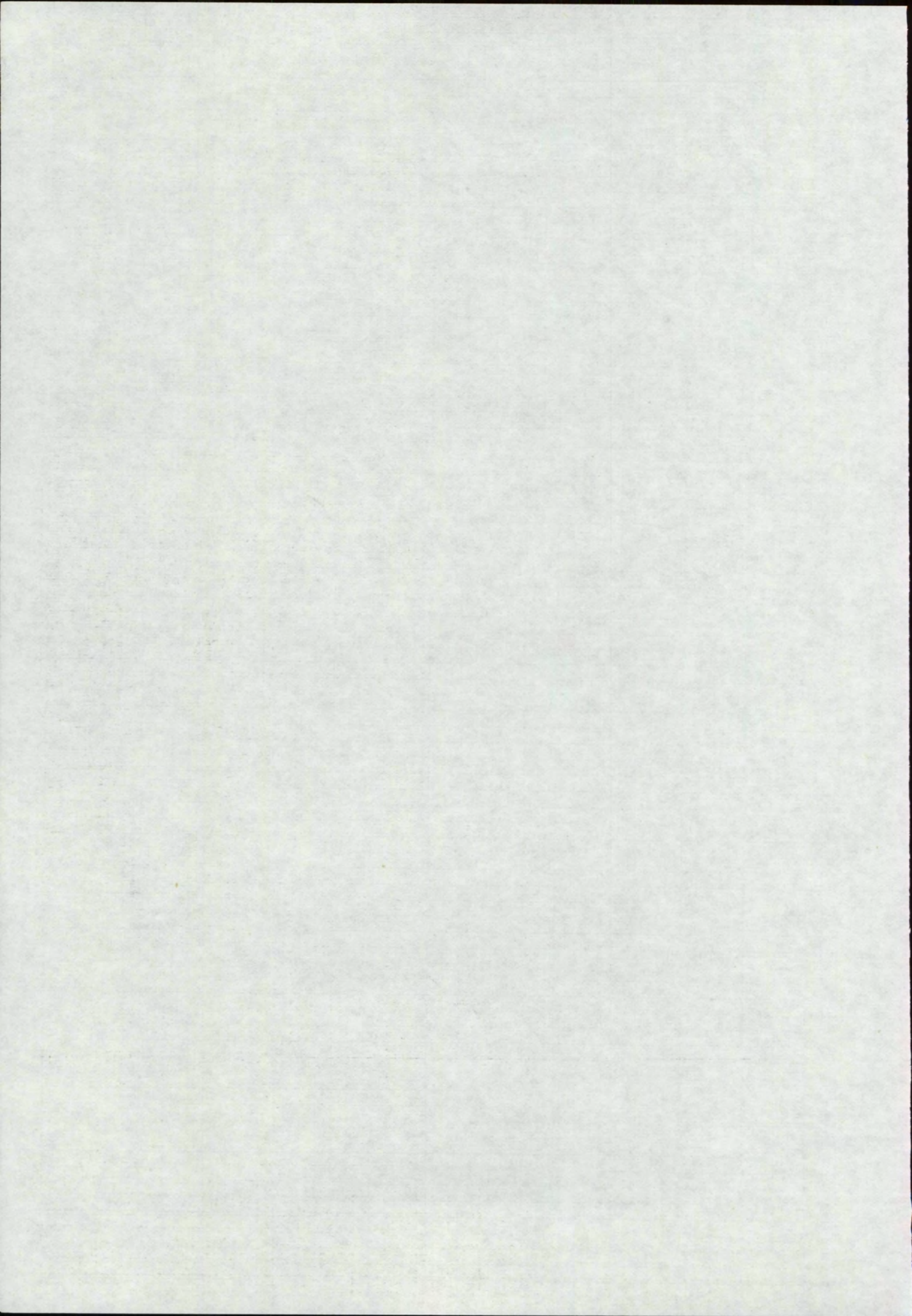
" V.7

" V.8, 9 en 10

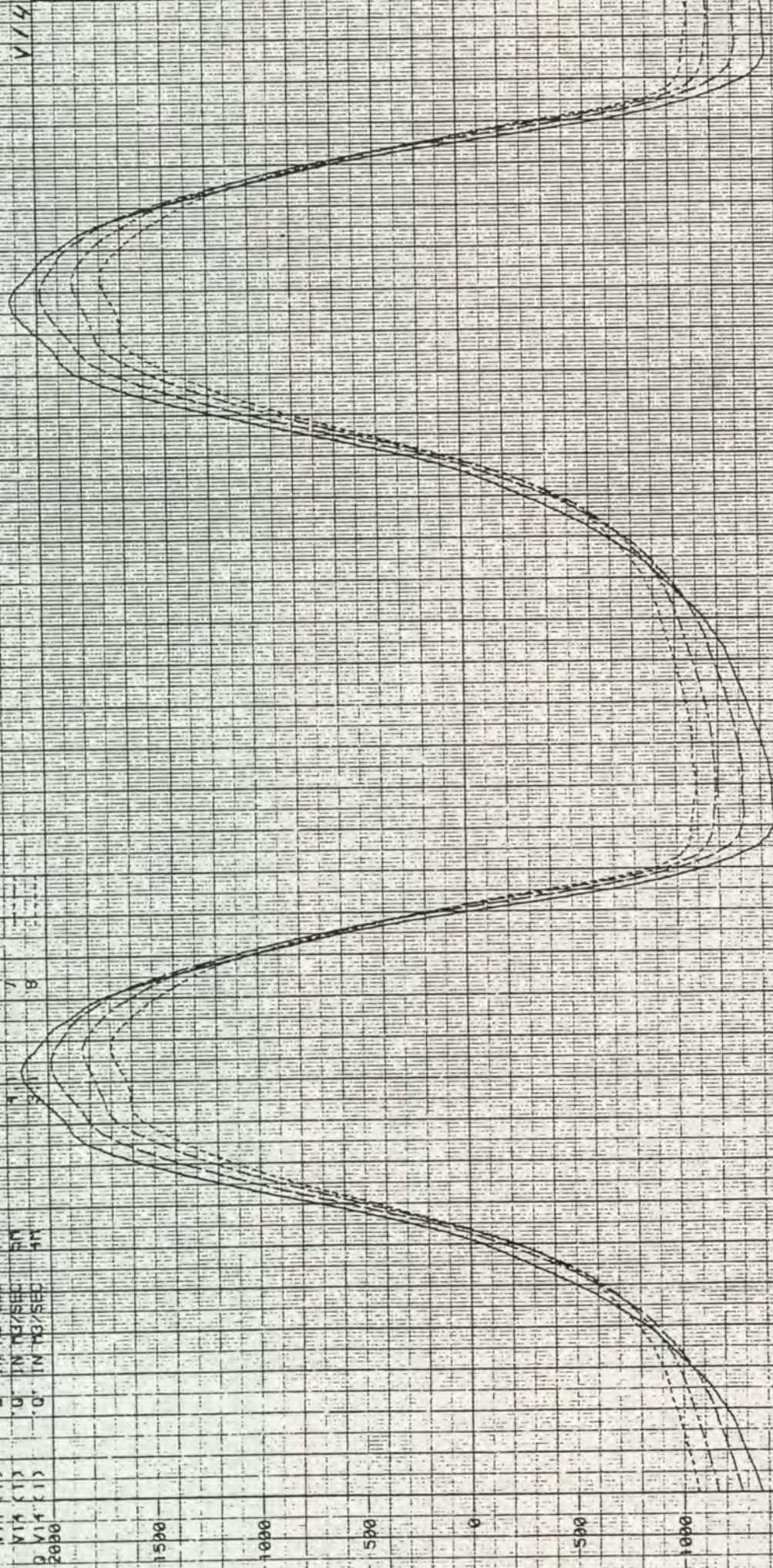




58/08/12 00:00

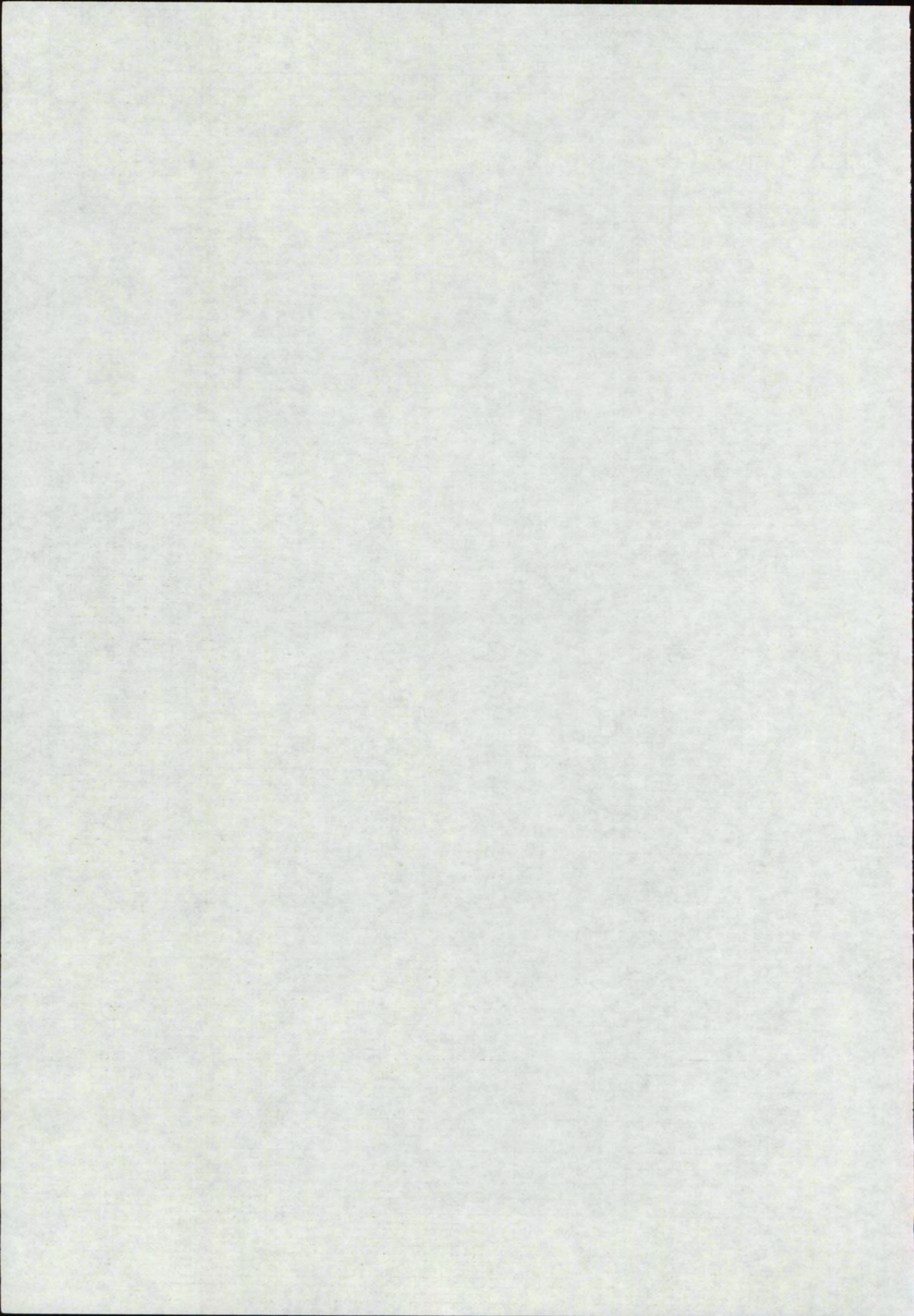


DPC	IN TB/SEC	SMZ	FEET/POINT	KNOTS/POINT
V14 (1)	0	IN TB/SEC	8.1	3
V14 (1)	0	IN TB/SEC	6.1	5
V14 (1)	0	IN TB/SEC	4.1	7
V14 (1)	0	IN TB/SEC	3.1	8



0.5%
58/05/11 00.00

0.5%
58/05/12 00.00

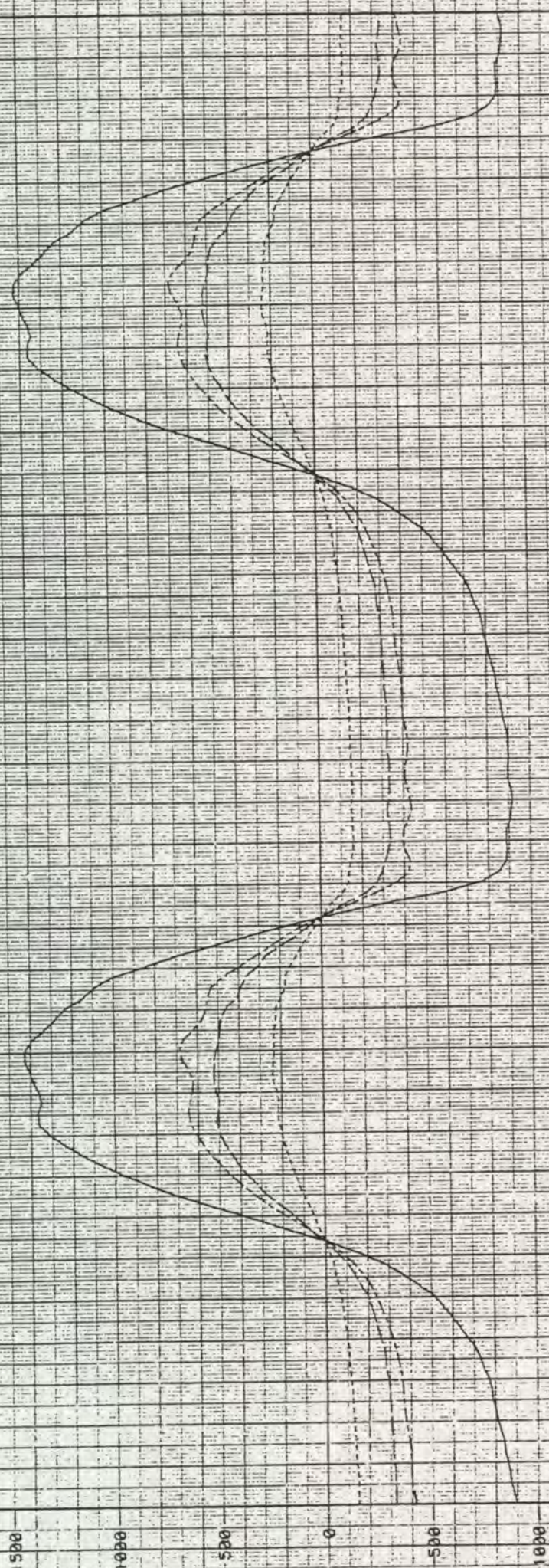


OPC
 V14 K1D
 V14 K1D
 V14 K1D
 V14 K1D
 0 V14 K1D
 2000

0 IN 13/SEC
 0 IN 13/SEC
 0 IN 13/SEC
 0 IN 13/SEC
 0 IN 13/SEC

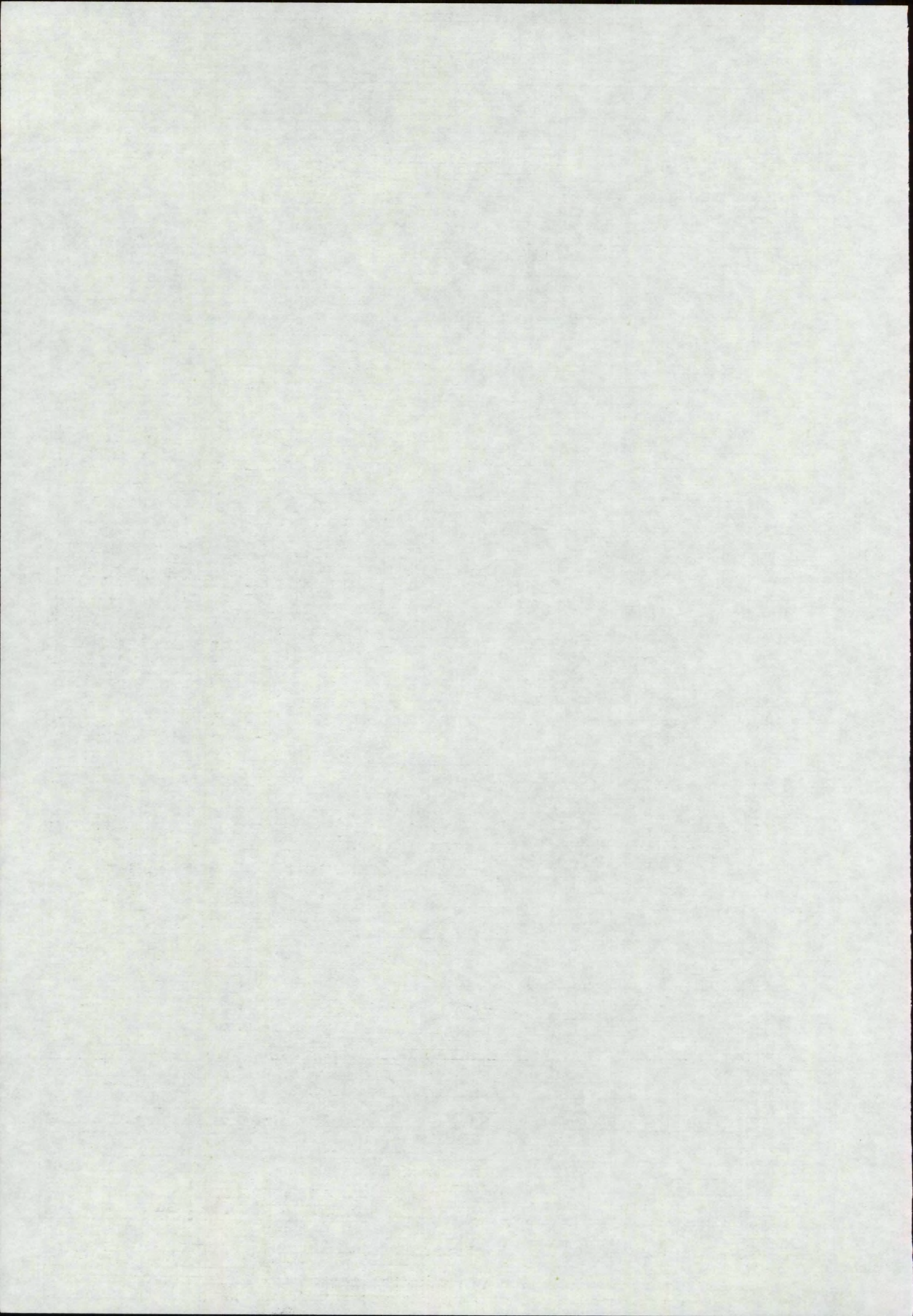
FEETPUNT INDOFPUNT
 9.2 9
 12.1 9
 2.1 9
 13.1 9

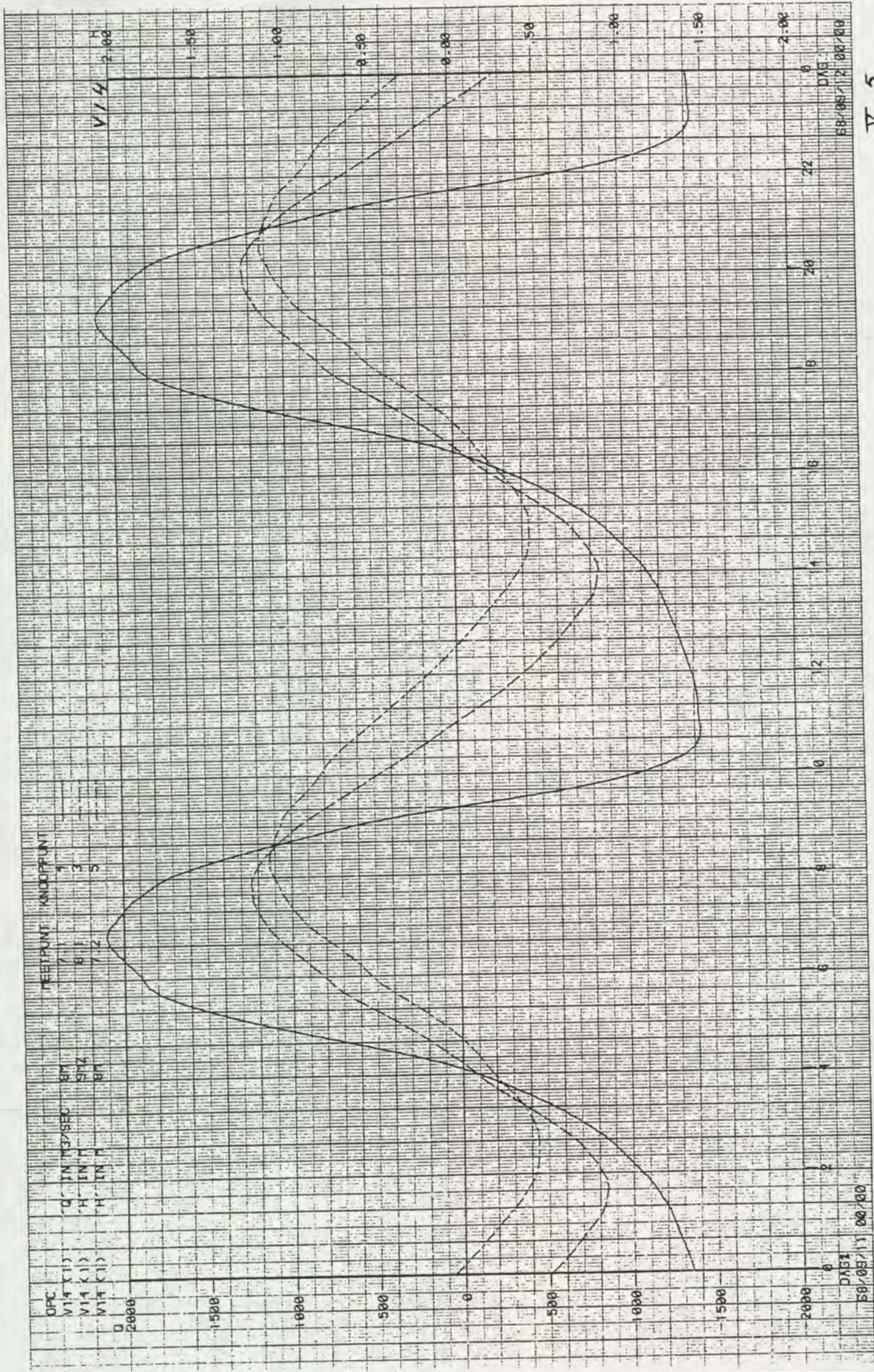
V14

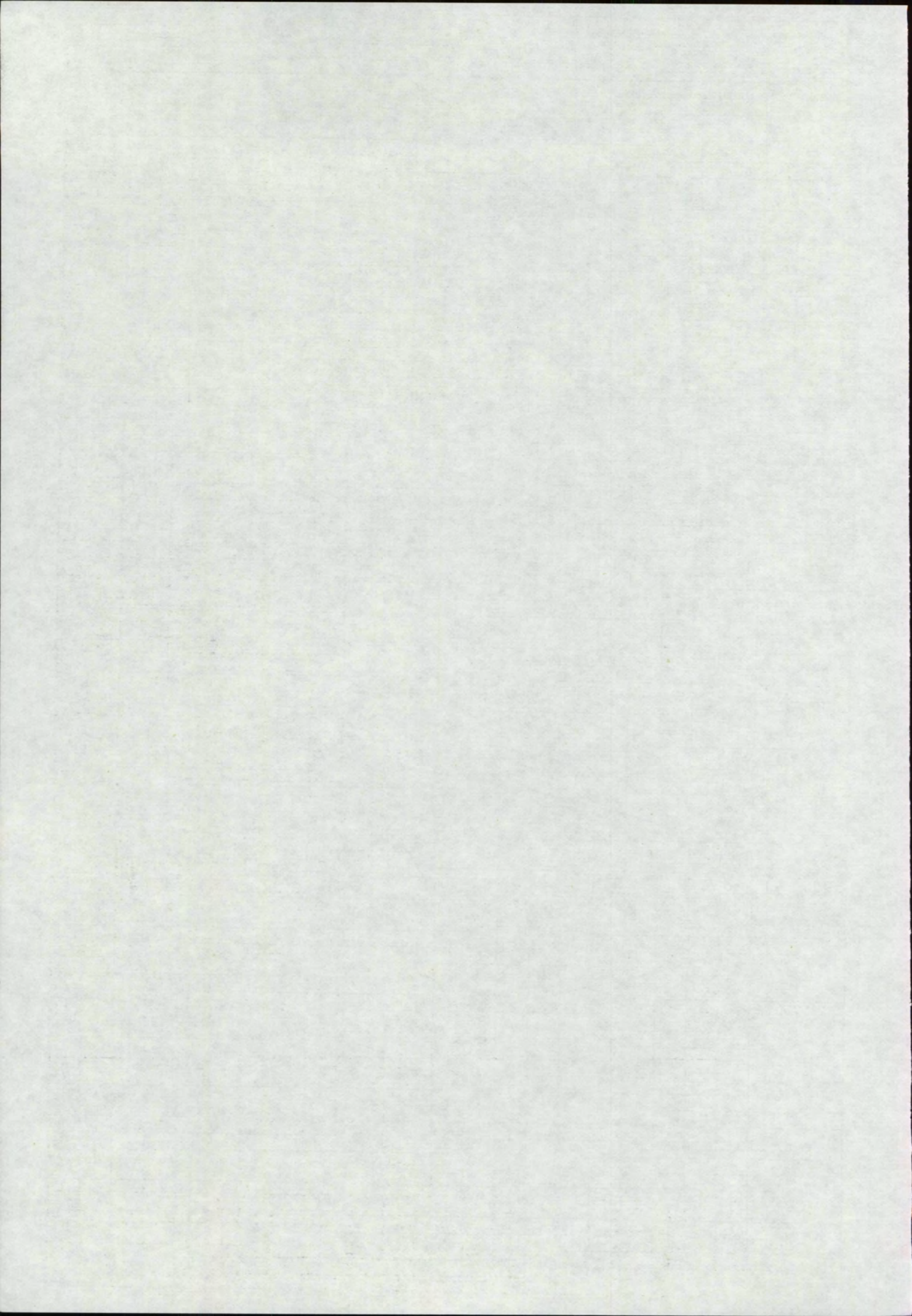


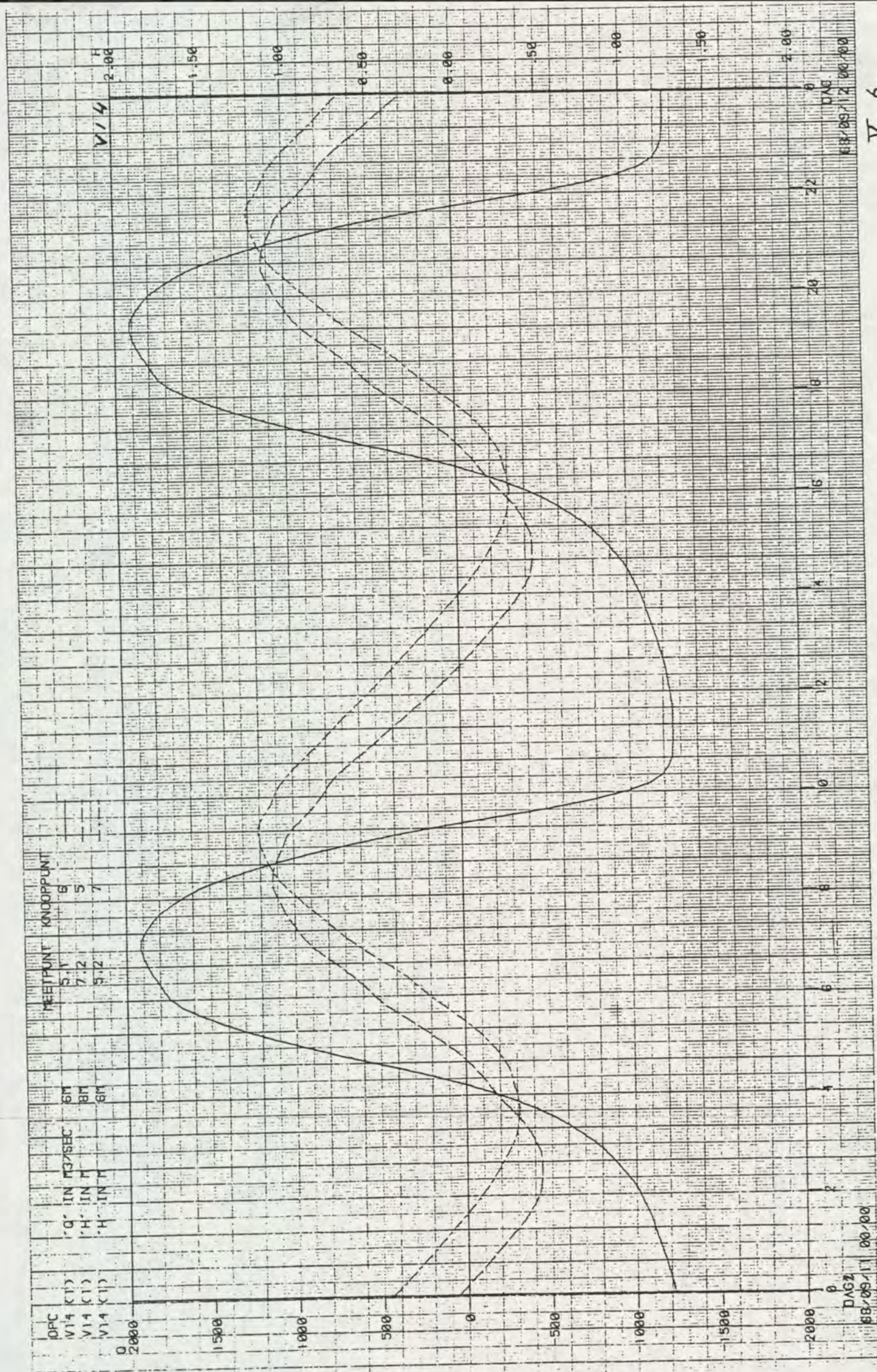
58/05/1 00/00
 0
 0

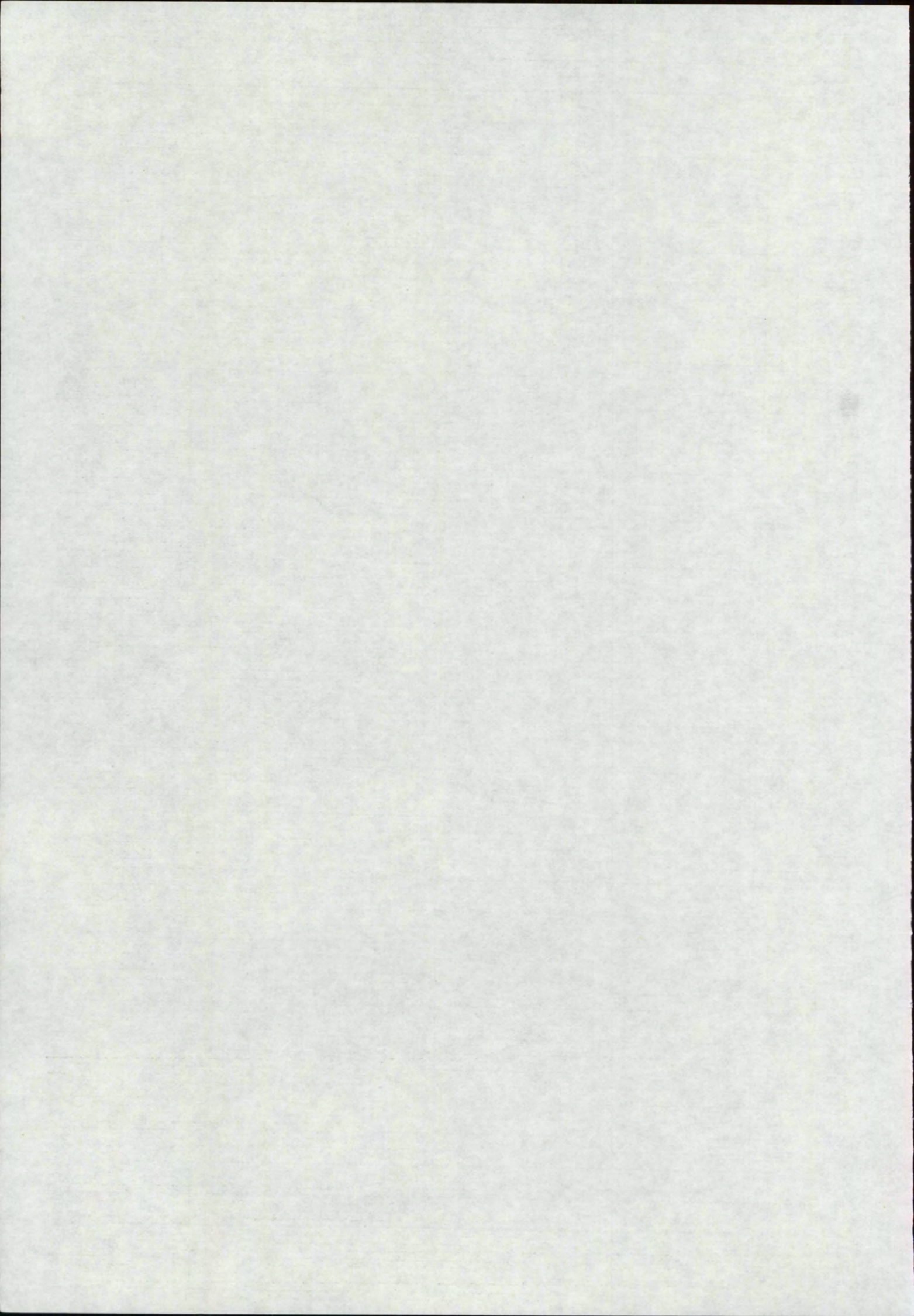
58/05/1 00/00
 0
 0











DPC	MEETPOINT	KNOOPPUNT
V14 (1)	8.1	3
V14 (1)	7.2	5
V14 (1)	6.2	6
V14 (1)	5.2	7

H 2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
-0.50
-1.00
-1.50
-2.00

IN M
IN M
IN M
IN M

8M
8M
7M
5M

20 ETMAAL

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

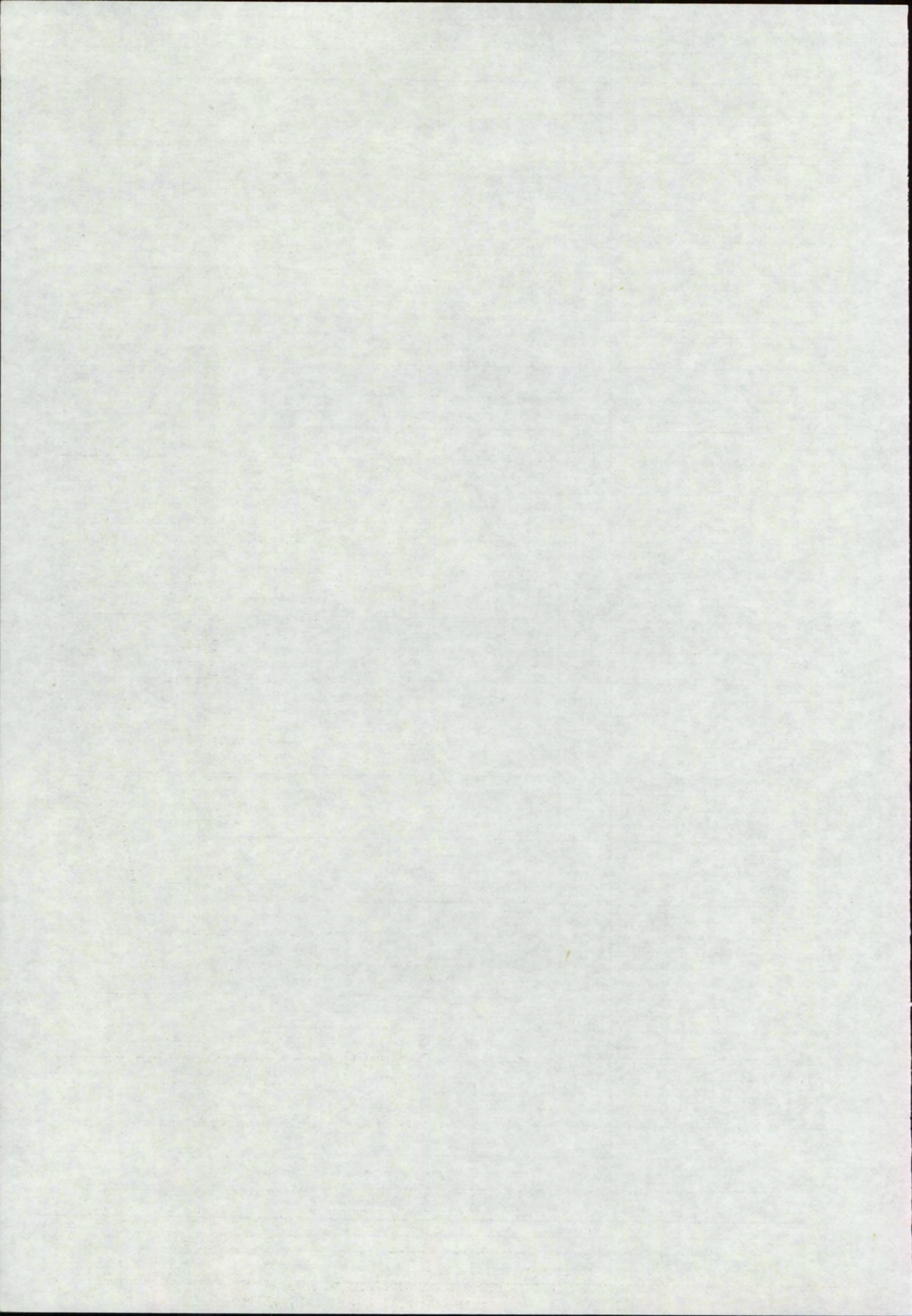
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24



DPC	HT IN M	MEETPUNT	KNOOPPUNT
V1A C15	7M	5,1	5
V01 C15	7M	5,1	5
V1B C15	7M	5,1	5

V14
V01
V10

