

GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK NAAR DE
INVLOED VAN HET AAKVLAAIPROJECT
OP DE WATERBEHEERSING IN DE
POLDER JANNEZAND

GRONIMIJ n.v.
Afd. : Geotechniek
Doc. : 0802F
ON : 85/6622

Zeist, april 1985

<u>INHOUD</u>	<u>PAGINA</u>
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Opzet van het onderzoek</u>	3
3. <u>Geohydrologische opbouw van de ondergrond</u>	5
3.1. Bodemopbouw	5
3.2. Geohydrologische schematisering	7
4. <u>Waterhuishouding</u>	10
4.1. Polderpeilen	10
4.2. Rivierstanden	10
4.3. Peilbuiswaarnemingen	11
5. <u>Numerieke modelberekeningen</u>	13
5.1. Huidige situatie: calibratie van het model	13
5.2. Situatie na realisatie van het Aakvlaaiproject	14
5.3. Drainerende invloed van de Oostkil	15
5.4. Beïnvloeding van de ondiepe grondwaterstanden	16
6. <u>Conclusies</u>	18

Literatuurlijst

<u>FIGUREN</u>	<u>PAGINA</u>
1. <u>Overzichtstekening</u>	2
2. <u>Boorprofielen</u>	4
3. <u>Diepte onderzijde slecht doorlatende deklaag</u>	6
4. <u>Geohydrologische bodemparameters</u>	9
5. <u>Resultaten modelberekeningen bij een gemiddelde rivierstand</u>	19
5.1. Isohypsen voor de huidige situatie	19
5.2. Isohypsen na realisatie van het Aakvlaaiproject	20
5.3. Kwelintensiteit voor en na de realisatie van het Aakvlaaiproject	21
6. <u>Resultaten modelberekeningen bij een gemiddeld hoogste rivierstand</u>	22
6.1. Isohypsen voor de huidige situatie	22
6.2. Isohypsen na realisatie van het Aakvlaaiproject	23
6.3. Kwelintensiteit voor en na de realisatie van het Aakvlaaiproject	24
7. <u>Knooppuntennetwerk van het numerieke model</u>	25

Appendix: Definitie van de drainageweerstand

1. INLEIDING

Bij de realisatie van het Aakvlaiproject, zal in de polders ten zuiden van de polder het Jannezand de oorspronkelijke toestand, met kreek die in directe verbinding staan met de Bergse Maas, worden hersteld. De waterkerende dijk wordt hiertoe verlegd tot langs de zuidzijde van de Oostkil (zie figuur 1).

Het is te verwachten dat bij hogere waterstanden aan de zuidzijde van de Oostkil een toename van de kwelstroming in de polder het Jannezand zal optreden.

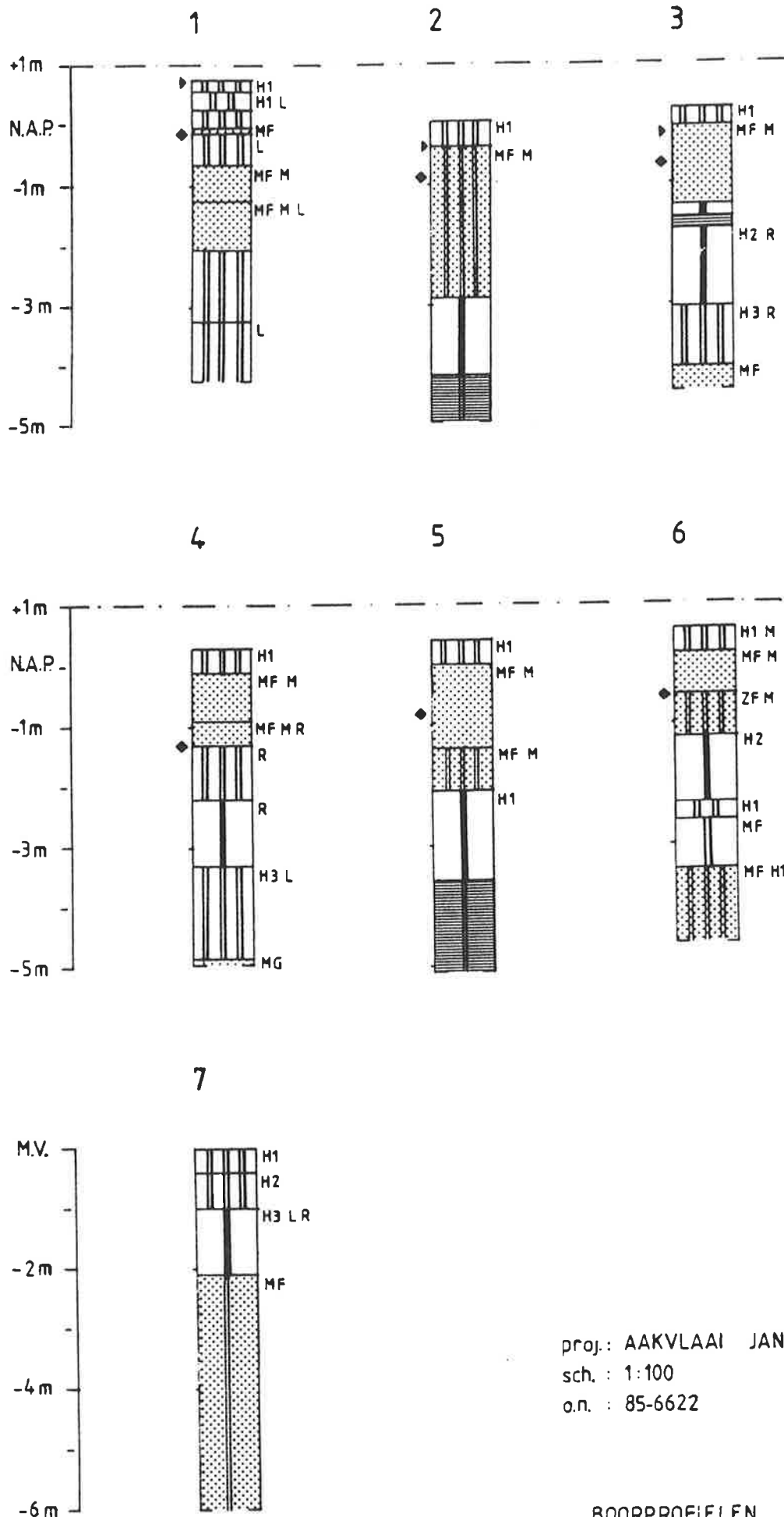
In verband hiermee is door Grontmij n.v. in opdracht van het Staatsbosbeheer in Noord-Brabant, een geohydrologisch onderzoek gedaan naar de mogelijke effecten van de uitvoering van het Aakvlaiproject op de waterbeheersing van de polder Jannezand.

2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Bij het onderzoek kon beschikt worden over de gegevens van verschillende, in verleden uitgevoerde studies (zie literatuurlijst). Voorts is voor een belangrijk deel gebruik gemaakt van de gegevens van het thans in uitvoering zijnde onderzoek voor de verbetering van de dijken langs de Oostwaard (lit. 4).

Voor een nadere verkenning van de bodemopbouw ter plaatse van de Oostkil en het zuidelijke deel van de polder het Jannezand zijn in het kader van dit onderzoek een 7-tal aanvullende boringen tot een maximale diepte van 6 m beneden maaiveld uitgevoerd (zie figuur 1 en 2).

Aan de hand van deze gegevens is een schematisatie van de geohydrologische opbouw van de ondergrond gemaakt. De van belang zijnde geohydrologische bodemparameters zijn hierbij vastgesteld aan de hand van de interpretatie van peilbuis- en veldwaarnemingen. Met behulp van modelberekeningen is vervolgens de grondwaterbeweging in het betreffende gebied, voor en na de uitvoering van het Aakvlaaiproject, bepaald. Hierbij zijn voor verschillende omstandigheden de te verwachten toename van de kwel en de verhoging van de grondwaterstanden in de polder het Jannezand nader vastgesteld.



proj.: AAKVLAAI JANNEZAND
 sch. : 1:100
 o.n. : 85-6622

BOORPROFIELEN FIGUUR 2

Voor verklaring der boorprofieltekens zie bijgaand verklaringsblad

VERKLARING DER BOORPROFIELTEKENS

A. OVERWEGEND MINERALE GRONDEN

I. Indeling naar kleigehalte (delen < 2 μm)

	zeer kleiarm zand	0 - 3 %
	matig kleiarm zand	3 - 5 %
	kleilig zand	5 - 8 %
	zeer lichte zavel	8 - 12 %
	matig lichte zavel	12 - 18 %
	zware zavel	18 - 25 %
	lichte klei	25 - 35 %
	matig zware klei	35 - 50 %
	zeer zware klei	> 50 %

II. Indeling naar leemgehalte (delen < 50 μm)

	zeer leemarm zand	0 - 5 %
	matig leemarm zand	5 - 10 %
	zwak lemig zand	10 - 18 %
	sterk lemig zand	18 - 33 %
	zeer sterk lemig zand	33 - 50 %
	zandige leem	50 - 85 %
	zandarme leem	> 85 %

N.B. Afhankelijk van het object wordt voor overwegend minerale gronden een keuze gedaan uit de indelingen I en II

III. Indeling van zand naar korrelgrootte

UF	uiterst fijn zand	M ₅₀ -cijfer	50 - 105
ZF	zeer fijn zand	"	105 - 150
MF	matig fijn zand	"	150 - 210
MG	matig grof zand	"	210 - 420
ZG	zeer grof zand	"	420 - 2000

B. VEENGRONDEN

	veen
	kleilig veen
	Z zandig veen

C. BIJZONDERE AANDUIDINGEN (gebruikt in combinatie met voorgaande indeling)

Organische stof aanduidingen

H 1	humusarm
H 2	matig humeus
H 3	humusrijk
V	venig

Afzettingen

LS	löss
KL	keileem
PZ	pro-glaciaal zand
PK	potklei

Toevoegingen

G	grindhoudend
P	puin
R	houtresten
M	schelpen
L	gelaagd
S	katteklei
F	ijzerkonkreties
C	kalkkonkreties

D. GRONDWATERSTAND EN HYDROMORFE KENMERKEN

	bovenkant gleyzone
	grondwaterstand met opnamedatum
	onderkant gleyzone

PLAATSAANDUIDINGEN VAN BORINGEN EN SONDERINGEN

1	○	plaats en nummer van boring
2	▼	plaats en nummer van middelzware sondering
3	▽	plaats en nummer van handsondering
4	⊙	plaats en nummer van boring en middelzware sondering
5	⊚	plaats en nummer van boring en handsondering



3. GEOHYDROLOGISCHE OPBOUW VAN DE ONDERGROND

3.1. Bodemopbouw

Op grond van de beschikbare gegevens, aangevuld met de gegevens van de in het kader van dit onderzoek uitgevoerde boringen (figuur 2) wordt een volgende bodemopbouw afgeleid:

- Afdekkend pakket

Nabij maaiveld worden de relatief slecht doorlatende holocene afzettingen aangetroffen, die voornamelijk zijn opgebouwd uit zware zavel tot lichte klei en veen. De diepteligging van de basis van dit slecht doorlatende afdekkend pakket varieert overwegend van circa NAP -4 m in het zuidoostelijke gebiedsdeel, tot circa NAP -10 m in het noordoostelijke deel van de polder Jannezand.

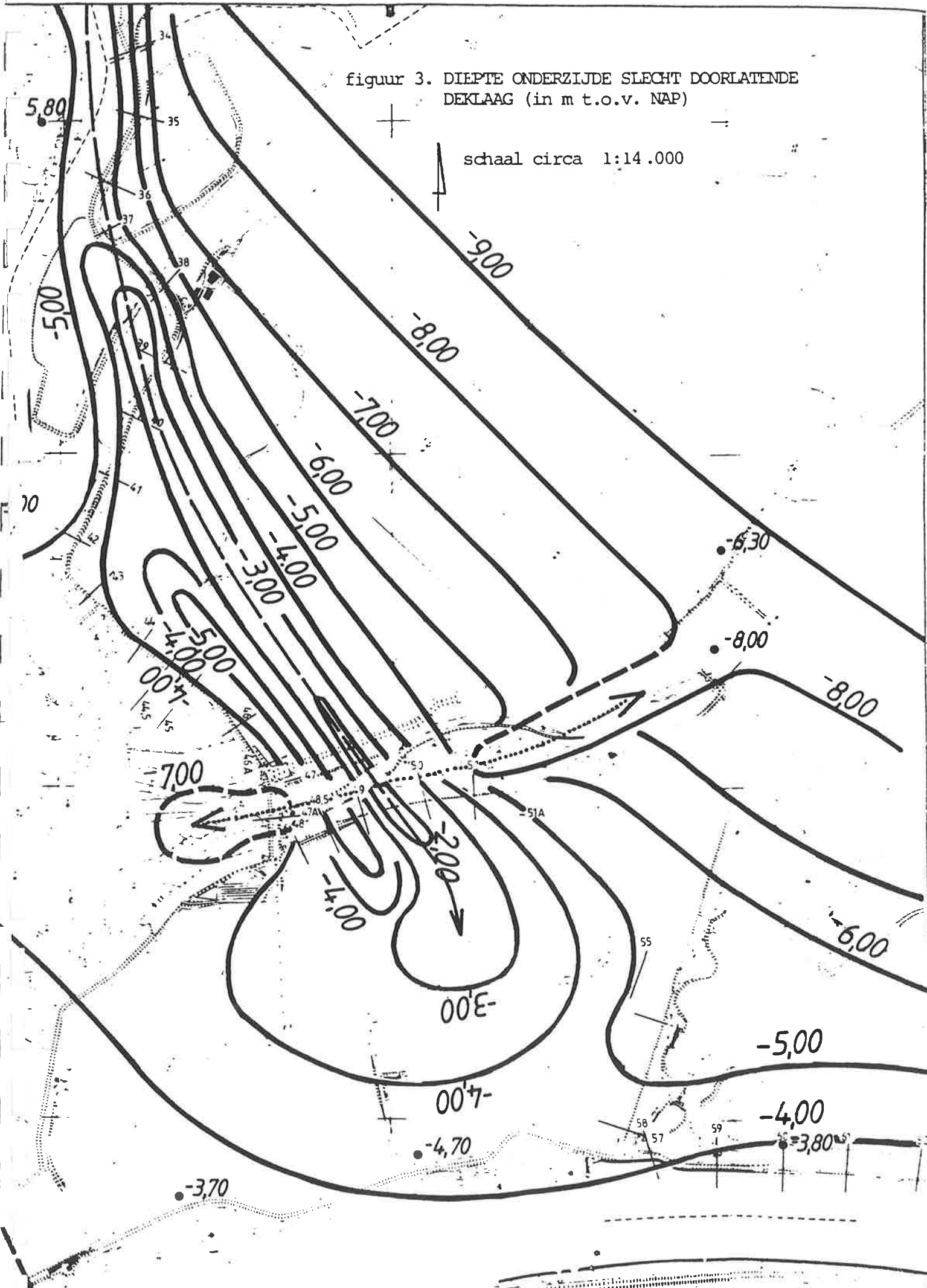
In de polder het Jannezand wordt in het klei- en veendek een uitgestrekte zandtussenlaag (plaatafzetting) aangetroffen. De dikte van deze zandtussenlaag varieert overwegend tussen 1 en 3 m.

Deze zandtussenlaag wordt voor het merendeel afgedekt door een 0,5 à 2,00 m dikke laag zavel tot lichte klei.

Langs de zuidoostzijde van de polder het Jannezand bevindt zich bovendien een zandige stroomrug c.q. oeverwal die zich in zuid- zuidoostelijke richting uitstrekt tot in de Grote Polder. De onderzijde van deze stroomrug rust op de grofzandige pleistocene ondergrond, waardoor op deze plaatsen een relatief dunne afdekkende klei-/veenlaag aanwezig is. Het hoogste gedeelte van deze stroomrug bevindt zich plaatselijk op een niveau van circa NAP -2,00 m (zie figuur 3). Langs de westzijde van deze stroomrug bevindt zich een smalle, met kleilig veen en klei opgevulde stroomgeul (boringen 2 en 5); op deze plaats bevindt de onderzijde van het afdekkend pakket zich beneden een niveau van circa NAP -5,00 m.

figuur 3. DIEPTE ONDERZIJDE SLECHT DOORLATENDE DEKLAAG (in m t.o.v. NAP)

schaal circa 1:14.000



Bij de Oostkil worden aan de beide zijden van de genoemde oeverwal dikke kleilagen aangetroffen die duiden op een vroegere doorbraak.

- Pleistocene zandondergrond

De pleistocene zandondergrond bestaat uit grove zandafzettingen behorende tot de Formaties van Kreftenheye, Vianen en Sterksel. De dikte van deze laag bedraagt circa 20 m. De onderzijde van deze laag wordt begrensd door een dik pakket slecht doorlatende kleilagen behorende tot de Formaties van Kedichem en Tegelen.

3.2. Geohydrologische schematisering

De grondwaterbeweging wordt sterk bepaald door de verticale hydraulische weerstand van de totale deklaag (C-waarde) en door het watervoerend vermogen (kD-waarde) van de pleistocene zandondergrond. De horizontale stroming door de zandtussenlaag is in verhouding klein en wordt daarom bij de vaststelling van de kwel in de polder het Jannezand verwaarloosd.

- Verticale hydraulische weerstand van de deklaag

De totale verticale hydraulische weerstand van de deklaag wordt bepaald door de som van de specifieke drainageweerstand en de weerstand van de onder het drainagesysteem aanwezige scheidende lagen.

Een nadere definitie van de genoemde specifieke drainageweerstand is weergegeven in de appendix. In de polder het Jannezand ligt de buizendrainage gedeeltelijk in de zandtussenlaag; de drainafstand bedraagt circa 20 m.

Op grond van de gegevens die zijn gebruikt bij het ontwerp van het drainagesysteem (lit. 6) wordt afgeleid dat de specifieke drainageweerstand in het betreffende gebied circa 50 etmaal bedraagt.

In de buitendijkse gebieden, waar het land voor het merendeel wordt overstroomd, is de drainageweerstand verwaarloosbaar klein.

De totale weerstand van het afdekkend pakket is enerzijds bepaald aan de hand van veldschattingen, maar kon plaatselijk nader worden vastgesteld met behulp van de analyse van peilbuiswaarnemingen en calibratie van het numerieke model (hoofdstuk 5).

De bij de berekeningen toegepaste waarden zijn weergegeven op figuur 4.

- Watervoerend vermogen

Uit een groot aantal studies in omliggende gebieden is bekend, dat de gemiddelde horizontale doorlaatfactor (k) van de grofzandige pleistocene afzettingen slechts weinig varieert en ongeveer 50 m/etmaal bedraagt. De totale effectieve dikte (D) van de grofzandige afzettingen in het watervoerende pakket bedraagt overwegend circa 20 m.

Het watervoerend vermogen (kD-waarde) van de pleistocene zand-
ondergrond is derhalve vastgesteld op circa 1.000 m²/etmaal.
Alleen voor het zuidoostelijke deel van het beschouwde gebied is op grond van de informatie van de grondwaterkaart (lit. 3) alsmede op grond van peilbuiswaarnemingen en afwijkend hogere kD-waarde van 1.500 m²/etmaal vastgesteld (zie figuur 4).

Copray

- Relatief gebied in Rivier. deel p. 10 van de brochure "De water-
stand van de rivier".

- Huidoplossing is gebaseerd op 1/3 man afvoer.

Van de huidoplossing nu al naar deze sand naam.

Er verwachten is een extra. behalve in 2. d.

Soel, waar huid op treden. Daar misschien

met aanpassing. Aanpassing is dan nodig $\pm 2/3$ ka

figuur 4. GEOHYDROLOGISCHE BODEMPARAMETERS

schaal circa 1:14.000

$C = 200 \text{ etm.}$

$C = 70 \text{ etm.}$

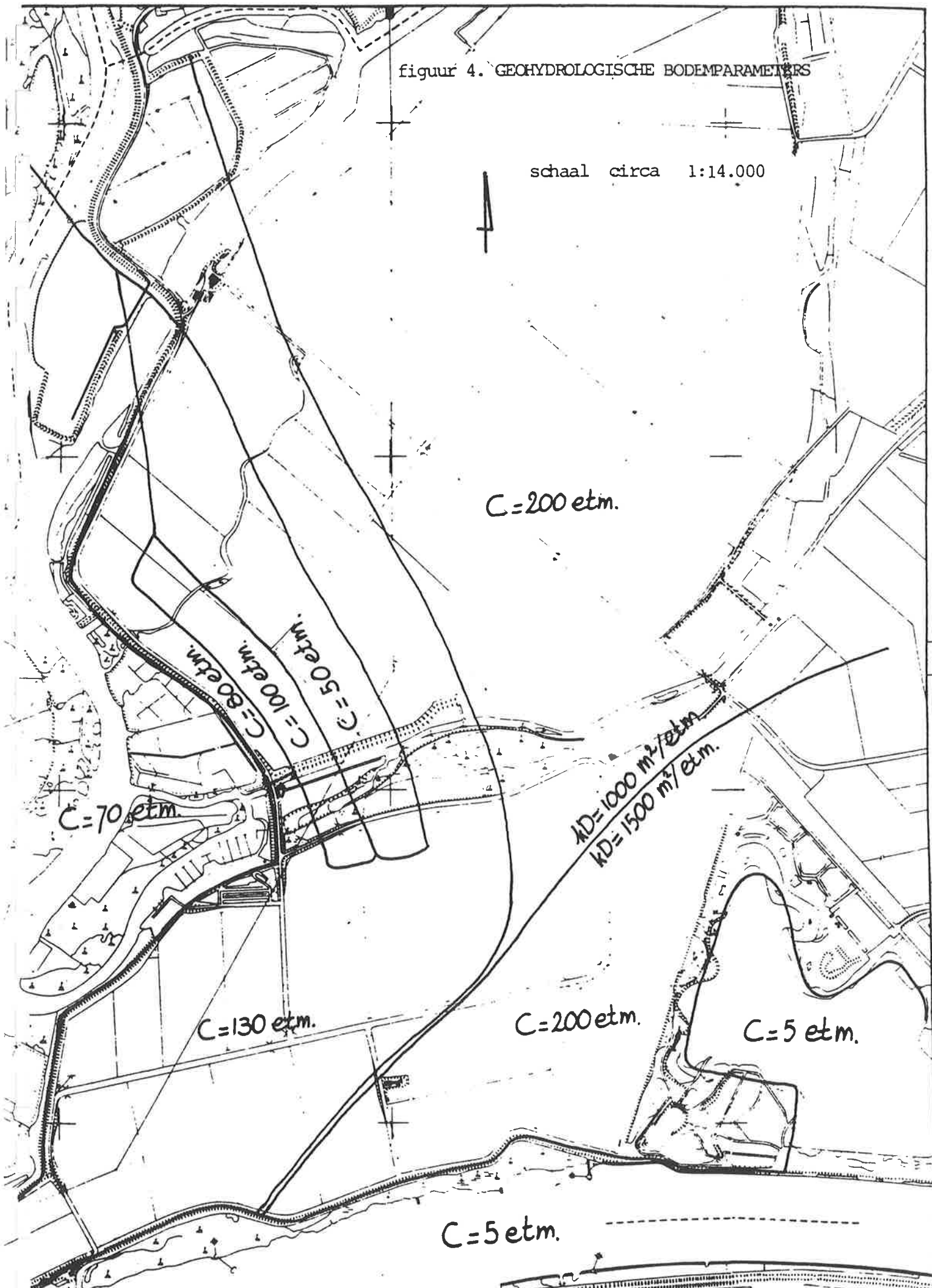
$C = 130 \text{ etm.}$

$C = 5 \text{ etm.}$

$KD = 1000 \text{ m}^2/\text{etm.}$
 $KD = 1500 \text{ m}^2/\text{etm.}$

$C = 200 \text{ etm.}$

$C = 5 \text{ etm.}$



4. WATERHUISHOUDING

4.1. Polderpeilen

De in de verschillende polders nagestreefde zomerpeilen zijn weergegeven op de overzichtstekening (figuur 1).

Bij de berekening van de grondwaterbeweging en het kwelbezwaar in de polder het Jannezand, is uitgegaan van een ontwateringsniveau gelijk aan de weergegeven zomerpeilen.

Op grond van de peilbuiswaarnemingen bij dwarsprofiel 59 (zie figuur 1) kan worden afgeleid dat de zandwinput in de Kurenpolder een gemiddeld waterpeil van circa NAP +0,35 m heeft.

4.2. Rivierstanden

De kwel in de polder het Jannezand is berekend bij een gemiddelde stand in de rivier, alsmede bij een gemiddeld hoogste stand.

De gemiddelde waterstand in de Bergse Maas en het Steurgat wordt geschat op circa NAP +0,50 m.

De gemiddeld hoogste stand wordt bij deze gedefinieerd als de gemiddelde dagwaarde die drie maal per jaar wordt overschreden en is vastgesteld op circa NAP +1,40 m.

Bij het dijkontwerp wordt uitgegaan van een extreem hoge rivierstand die gemiddeld 1 maal in 1.250 jaar wordt overschreden. De betreffende waarde bedraagt circa NAP +3,15 m. Deze hoge rivierstand is echter niet relevant voor de berekening van het kwelbezwaar in de polder het Jannezand.

4.3. Peilbuiswaarnemingen

In het kader van het onderzoek ten behoeve van de verbetering van de dijken langs de Oostwaard zijn langs het dijktracé regelmatig peilbuiswaarnemingen en waarnemingen van de waterstanden in de Bergse Maas en in het Steurgat gedaan. De locaties van de betreffende peilbuizen zijn weergegeven op de overzichtstekening (figuur 1).

Aan de hand van deze waarnemingen is de relatie tussen de grondwaterstanden en de rivierstanden nader vastgesteld.

Uit deze relatie kunnen een aantal geohydrologische gegevens worden vastgesteld zoals:

R = Reductie van de stijghoogte in het watervoerend pakket ten opzichte van de kerende hoogte (kerende hoogte = rivierstand-ontwateringsniveau).

P = Gemiddeld ontwateringsniveau (m +NAP).

X₁ = Theoretische instroomlengte van het watervoerend pakket, buitendijks (m).

X₃ = Theoretische uitstroomlengte van het watervoerend pakket, binnendijks (m).

$(X_3 = \lambda = \sqrt{kDC}$ = karakteristieke lengte van het watervoerend pakket).

De laatstgenoemde drie gegevens kunnen het meest nauwkeurig worden vastgesteld op plaatsen waar meerdere peilbuizen in een raai staan.

Hiertoe zijn peilbuizen geplaatst ter plaatse van de binnenteen van de dijk (D-boring) en op een afstand A, binnendijks (E-boring).

De betreffende gegevens zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 1.: Geohydrologische constanten bepaald uit peilbuiswaarnemingen.

Dwarsprofiel	R_D (-)	R_E (-)	P (m +NAP)	X1 (m)	X3 (m)	A (m)
39	0,58	0,29	-0,80	5	35	24
45	0,45	0,40	-0,50	310	210	20
54	0,40	-	-1,00	-	470	-
59	0,82	0,78	+0,35	92	390	20

5. NUMERIEKE MODELBEREKENINGEN

5.1. Huidige situatie; calibratie van het model

De berekening van de huidige situatie heeft enerzijds als doel de nadere vaststelling van de geohydrologische bodemparameters en geeft anderzijds inzicht in de huidige ontwateringstoestand in de polder het Jannezand.

Bij de calibratie van het model worden de geohydrologische bodemparameters en randvoorwaarden zodanig ingesteld dat een optimale overeenkomst bestaat tussen de berekeningsresultaten en de waarnemingen in het veld.

De calibratie is alleen uitgevoerd aan de hand van gemeten grondwaterstanden; over gegevens omtrent de hoeveelheden afgevoerd water kon niet worden beschikt.

Dit betekent dat de geohydrologische bodemparameters binnen zekere grenzen kunnen worden gevarieerd.

Aangezien het watervoerend vermogen van de pleistocene zandondergrond redelijk nauwkeurig kan worden geschat, is deze als bekende waarde in het model ingevoerd. Met behulp van calibratie is vervolgens de onbekende weerstand van het afdekkend pakket nader vastgesteld. De betreffende waarden zijn weergegeven op figuur 4.

Het model geeft op deze manier een goede weergave van het verloop van de grondwaterstanden; ten aanzien van de berekende kwelintensiteiten dient echter rekening gehouden te worden met een foutenmarge van naar schatting 50%.

De berekende kwelintensiteiten kunnen hierbij als maxima worden beschouwd, aangezien de ingevoerde C-waarden in verhouding slechts weinig hoger zijn dan de minimale drainageweerstand van het ontwateringsstelsel.

De numerieke modelberekeningen zijn uitgevoerd met het grondwaterstromingsmodel GROWA, een rekenmodel dat gebaseerd is op de eindige elementenmethode en is ontwikkeld door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.

Op de figuren 5.1 en 6.1 is het berekend verloop van de grondwaterstanden in de pleistocene zandondergrond weergegeven bij een gemiddelde en een gemiddeld hoogste rivierstand. De figuren 5.3 en 6.3 geven de berekende kwelintensiteit in de polder het Jannezand weer.

Uit deze berekeningen blijkt dat langs de westzijde van de polder het Jannezand een belangrijke kwelstroming vanuit het Steurgat optreedt.

Bij een gemiddelde rivierstand is de maximale kwelintensiteit langs de dijk berekend op 5 tot 10 mm per dag. Bij een gemiddeld hoogste rivierstand bedraagt de berekende kwel in de nabijheid van de dijk 9 tot 16 mm per dag.

5.2. Situatie na realisatie van het Aakvlaaiproject

Bij de realisatie van het Aakvlaaiproject wordt het oppervlak van de ten zuiden van de Oostkil gelegen polders voor het grootste deel doorsneden door krekens die in directe verbinding staan met de Bergse Maas. De bodem van deze krekens ligt overwegend op een niveau van circa NAP -1,00 m. Enkele krekens worden dieper uitgegraven tot circa NAP -2,00 m. De krekens zullen de slecht doorlatende deklaag derhalve niet in zijn geheel doorsnijden.

Door het grote wateroppervlak zal de drainageweerstand in het betreffende gebied verwaarloosbaar klein worden. Dit betekent dat de C-waarde van de deklaag in dit gebied af zal nemen met een waarde die ongeveer gelijk is aan de huidige drainageweerstand.

Bij de berekening van de situatie na de realisatie van het Aakvlaaiproject, zijn de C-waarden in het nieuwe buitendijkse gebied derhalve verminderd met een waarde van 50 etmaal.

De voor de nieuwe situatie berekende grondwaterstanden bij een gemiddelde en bij een gemiddeld hoge rivierstand zijn weergegeven op de figuren 5.2 en 6.2. De figuren 5.3 geven de berekende kwelintensiteiten weer, voor de huidige en voor de gewijzigde situatie.

Uit deze gegevens blijkt dat de kwel in het zuidelijke deel van de polder het Jannezand bij een gemiddelde rivierstand in verhouding slechts weinig toeneemt. Bij een gemiddeld hoge rivierstand vindt een maximale toename van de kwel plaats in de omgeving van de zandige oeverwal.

Op deze plaats in een toename van de kwel berekend van 5 mm/etmaal naar 11 mm/etmaal.

5.3. Drainerende invloed van de Oostkil

Uit de berekeningen blijkt dat de Oostkil een belangrijke drainerende invloed uitoefend, waardoor de kwel in de polder het Jannezand sterk wordt beperkt.

Om na te gaan in welke mate de kwel in de polder het Jannezand zal toenemen bij een minimale drainerende werking van de Oostkil, zijn aanvullende berekeningen gedaan; de weerstand van de deklaag ter plaatse van de Oostkil is hierbij verhoogd tot 200 etmaal.

De berekeningsresultaten geven aan, dat in dat geval de kwel in het zuidelijkste deel van de polder het Jannezand zal toenemen tot een maximale waarde van circa 13 mm/dag ter plaatse van de zandige oeverwal.

Uit dit gegeven blijkt dat ook bij een verminderde drainerende werking van de Oostkil, een gelijke of minder sterke kwel zal optreden dan thans reeds het geval is langs de westelijke rand van de polder.

5.4. Beïnvloeding van de ondiepe grondwaterstanden

De stijging van de grondwaterstanden tussen de drains wordt bepaald door de som van neerslag en kwel.

Bij het ontwerp van het drainagesysteem in de polder het Jannezand is uitgegaan van een normale afvoernorm van 7 mm/dag. Hierbij is geen rekening gehouden met extra kwel uit de ondergrond.

Derhalve kan verwacht worden dat de ondiepe grondwaterstanden langs de westelijke rand van de polder, in huidige situatie ongewenst hoog zullen stijgen, door kwel vanuit het Steurgat.

In de huidige situatie bedraagt de kwel langs de oostrand van de polder bij een gemiddelde rivierstand naar berekening gemiddeld 5 à 10 mm per dag. Bij de genoemde effectieve drainageweerstand van 50 etmaal betekent dit een extra verhoging van de grondwaterstand met 0,40 à 0,75 m. Bij een gemiddeld hoge rivierstand is de te verwachten verhoging nog groter.

Na de realisatie van het Aakvlaaiproject zullen de ondiepe grondwaterstanden in het zuidelijkste deel van de polder eveneens stijgen. De verhoging zal echter minder groot zijn dan de verhoging langs de westrand van de polder in verband met de geringere kwelintensiteit.

Een indruk van de te verwachten gevolgen van het Aakvlaaiproject op de grondwaterstanden in het zuidelijke deel van de polder, kan derhalve worden verkregen aan de hand van een beoordeling van de huidige ontwateringssituatie langs de westrand van de polder.

6. CONCLUSIES

Uit het onderzoek wordt geconcludeerd dat na de uitvoering van het Aakvlaaiproject, de kwel in het zuidelijke gedeelte van de polder het Jannezand, bij een gemiddelde rivierstand, zal toenemen van 3 à 5 mm/etm naar 5 à 8 mm/etm.

Bij een gemiddeld hoogste rivierstand neemt de kwelintensiteit naar berekening toe van 5 à 9 naar 11 à 13 mm/etm.

De maximale kwelintensiteit treedt op in de nabijheid van de zandige oeverwal en in de zuidwestelijke hoek van de polder.

De kwelintensiteit langs de westrand van de polder het Jannezand is in de huidige situatie reeds hoog en bedraagt bij een gemiddeld hoogste rivierstand naar berekening 9 à 16 mm per dag.

In de meest zuidwestelijke hoek van de polder, waar tijdens het veldwerk zeer hoge grondwaterstanden zijn geconstateerd, zal na de uitvoering van het Aakvlaaiproject de ontwateringssituatie nog verder verslechteren.

figuur 5.1. BEREKEND VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN
IN DE PLEISTOCENE ZANDONDERGROND

- in de huidige situatie
- bij een gemiddelde rivierstand

schaal circa 1:14.000

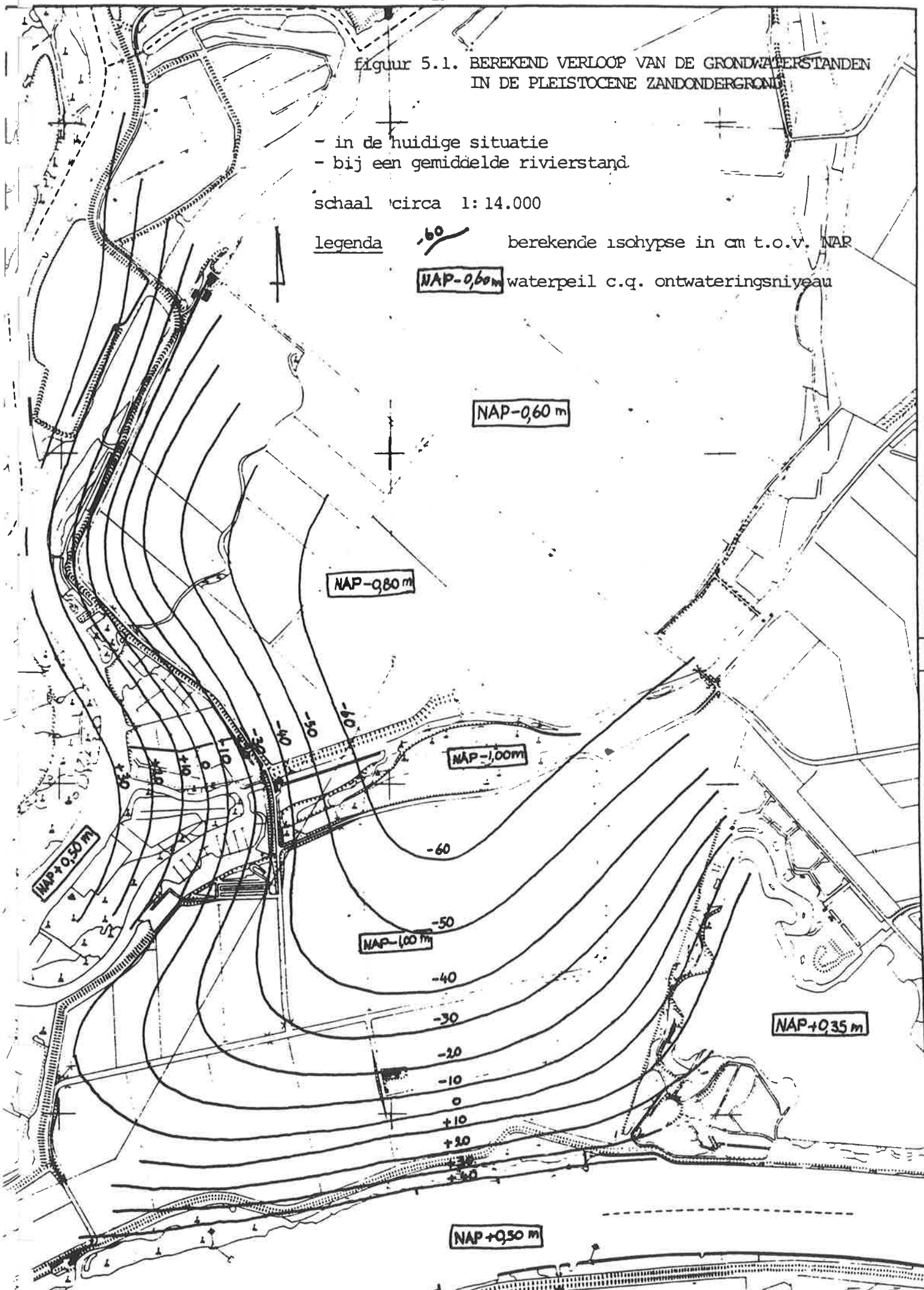
legenda



berekende isohypse in cm t.o.v. NAP




waterpeil c.q. ontwateringsniveau

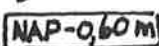


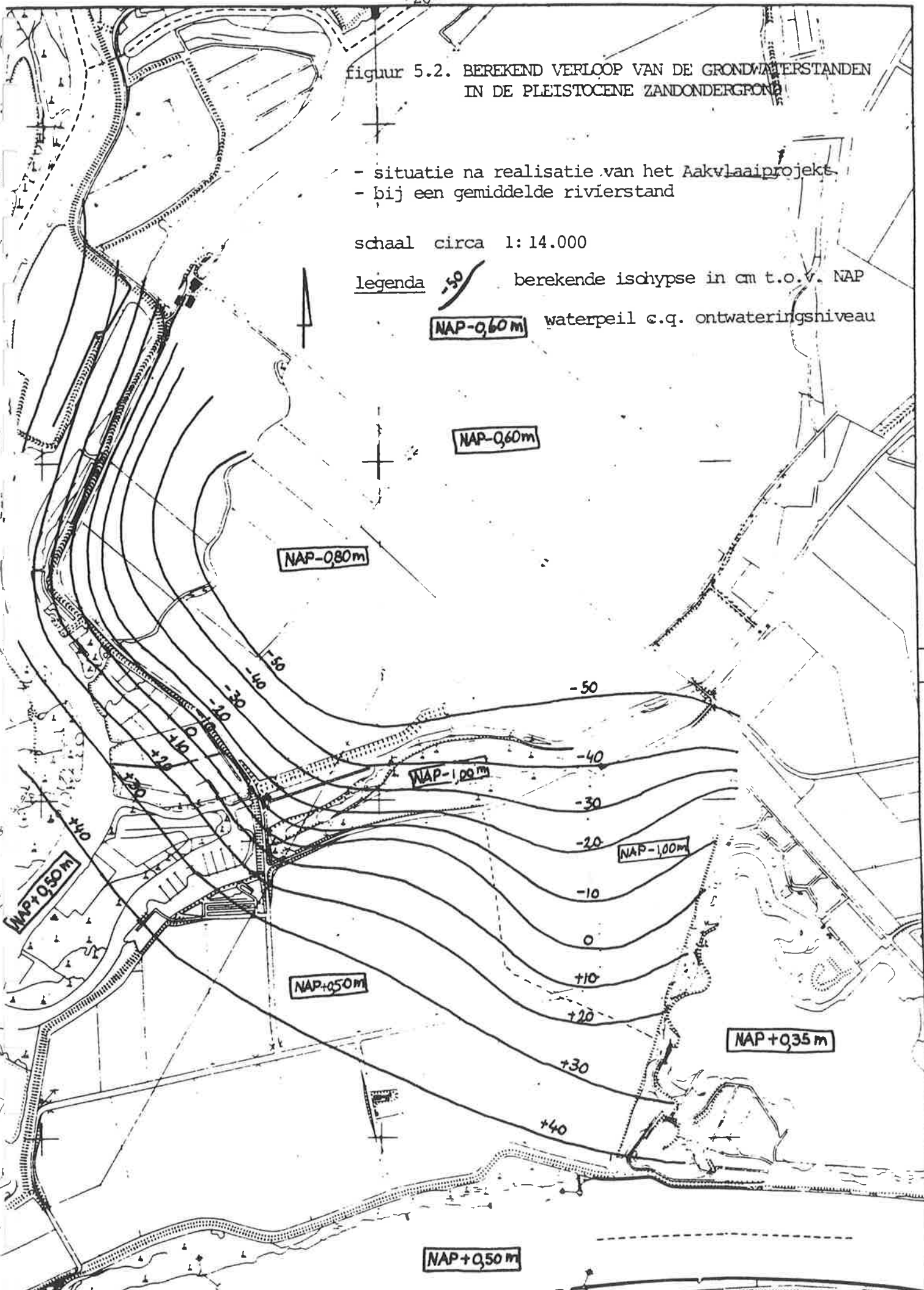
figuur 5.2. BEREKEND VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN IN DE PLEISTOCENE ZANDONDERGROND

- situatie na realisatie van het Aakvlaaiproject
- bij een gemiddelde rivierstand

schaal circa 1:14.000

legenda  berekende isohypse in cm t.o.v. NAP

 waterpeil c.q. ontwateringsniveau

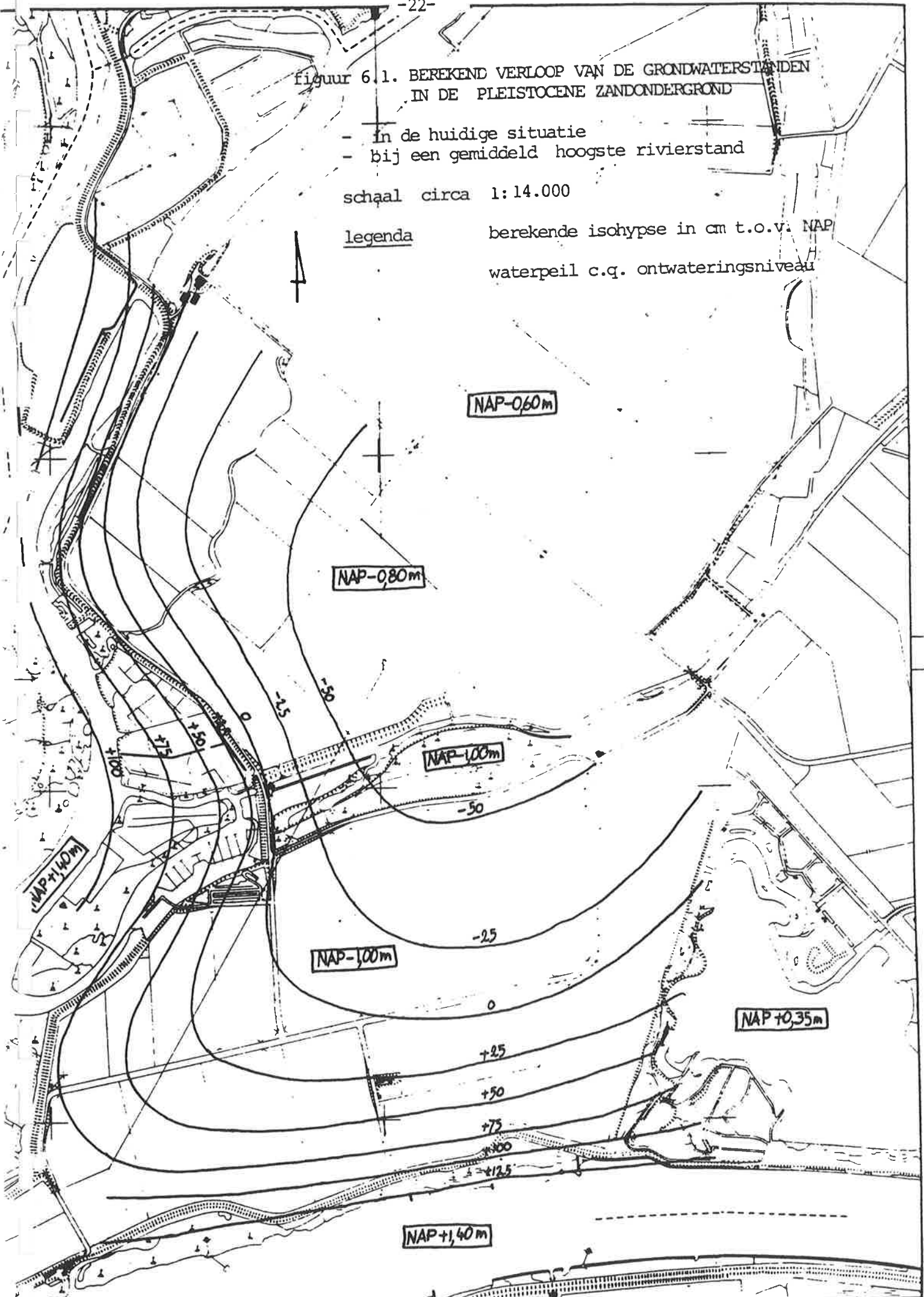


Figuur 6.1. BEREKEND VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN
IN DE PLEISTOCENE ZANDONDERGROND

- in de huidige situatie
- bij een gemiddeld hoogste rivierstand

schaal circa 1:14.000


legenda berekende isohypse in cm t.o.v. NAP
waterpeil c.q. ontwateringsniveau

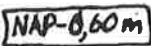


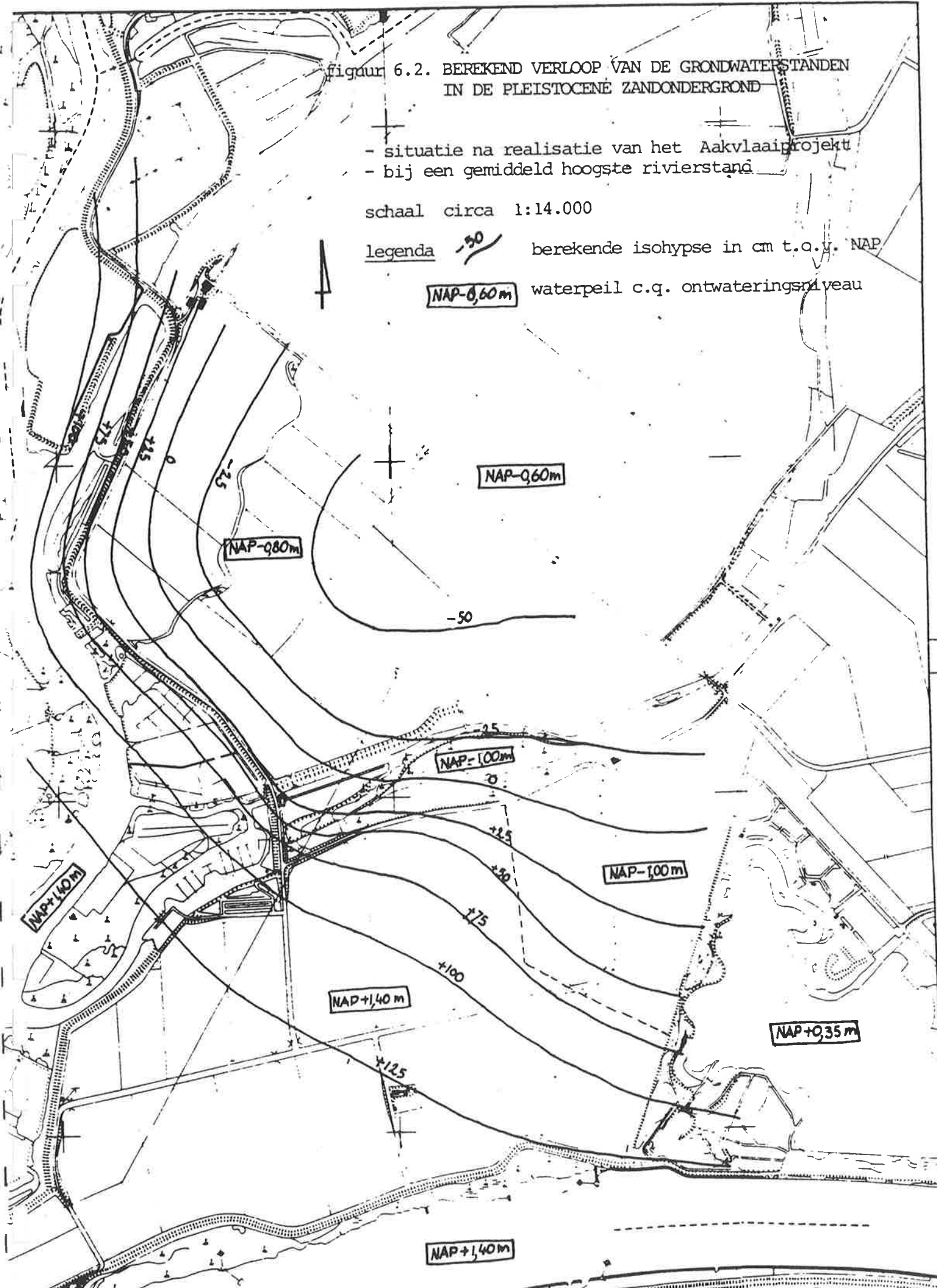
figuur 6.2. BEREKEND VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN
IN DE PLEISTOCENE ZANDONDERGROND

- situatie na realisatie van het Aakvlaai project
- bij een gemiddeld hoogste rivierstand

schaal circa 1:14.000

legenda  berekende isohypse in cm t.o.v. NAP



 waterpeil c.q. ontwateringsniveau

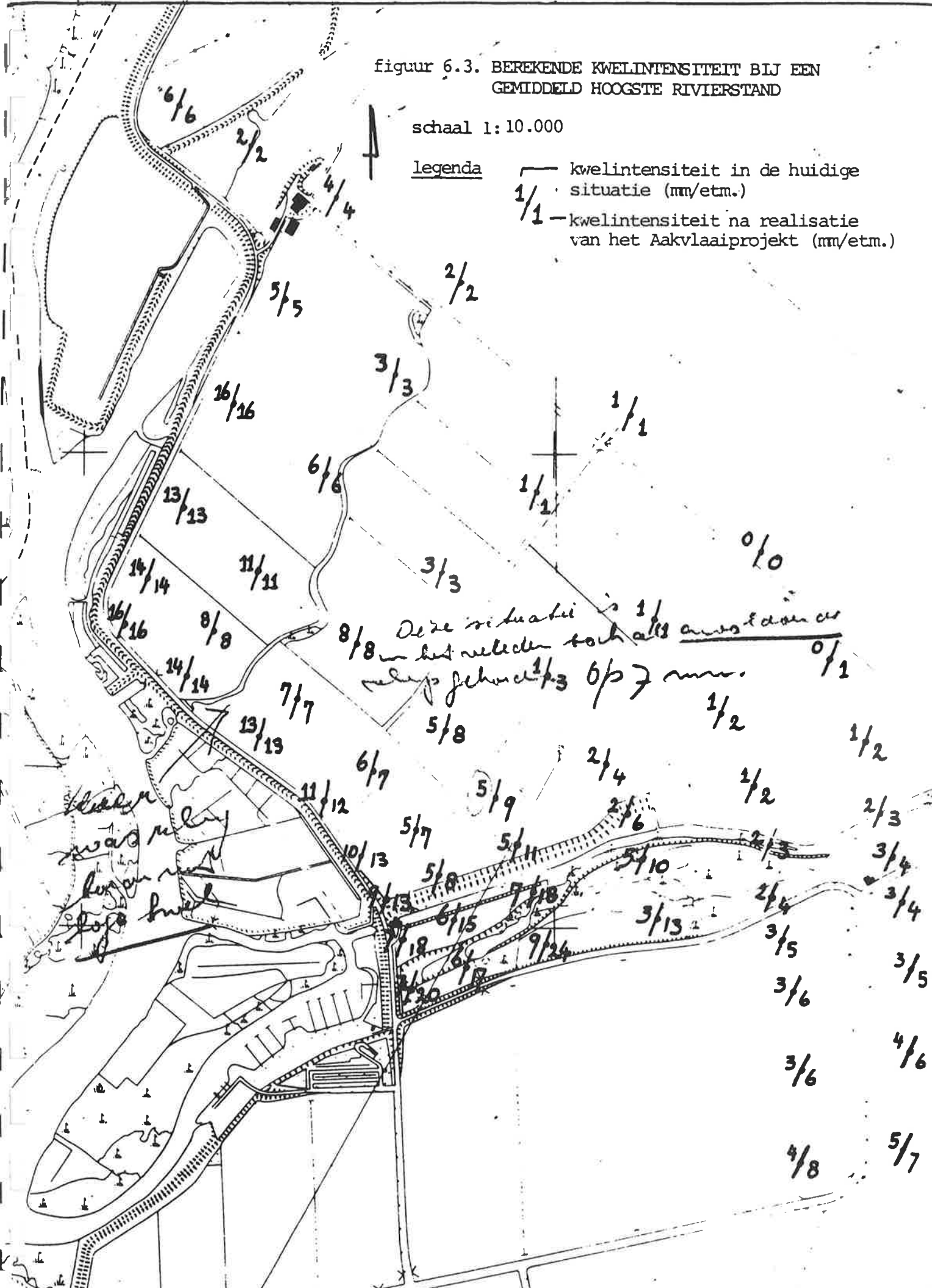


figuur 6.3. BEREKENDE KWELINTENSITEIT BIJ EEN GEMIDDELD HOOGSTE RIVIERSTAND

schaal 1:10.000

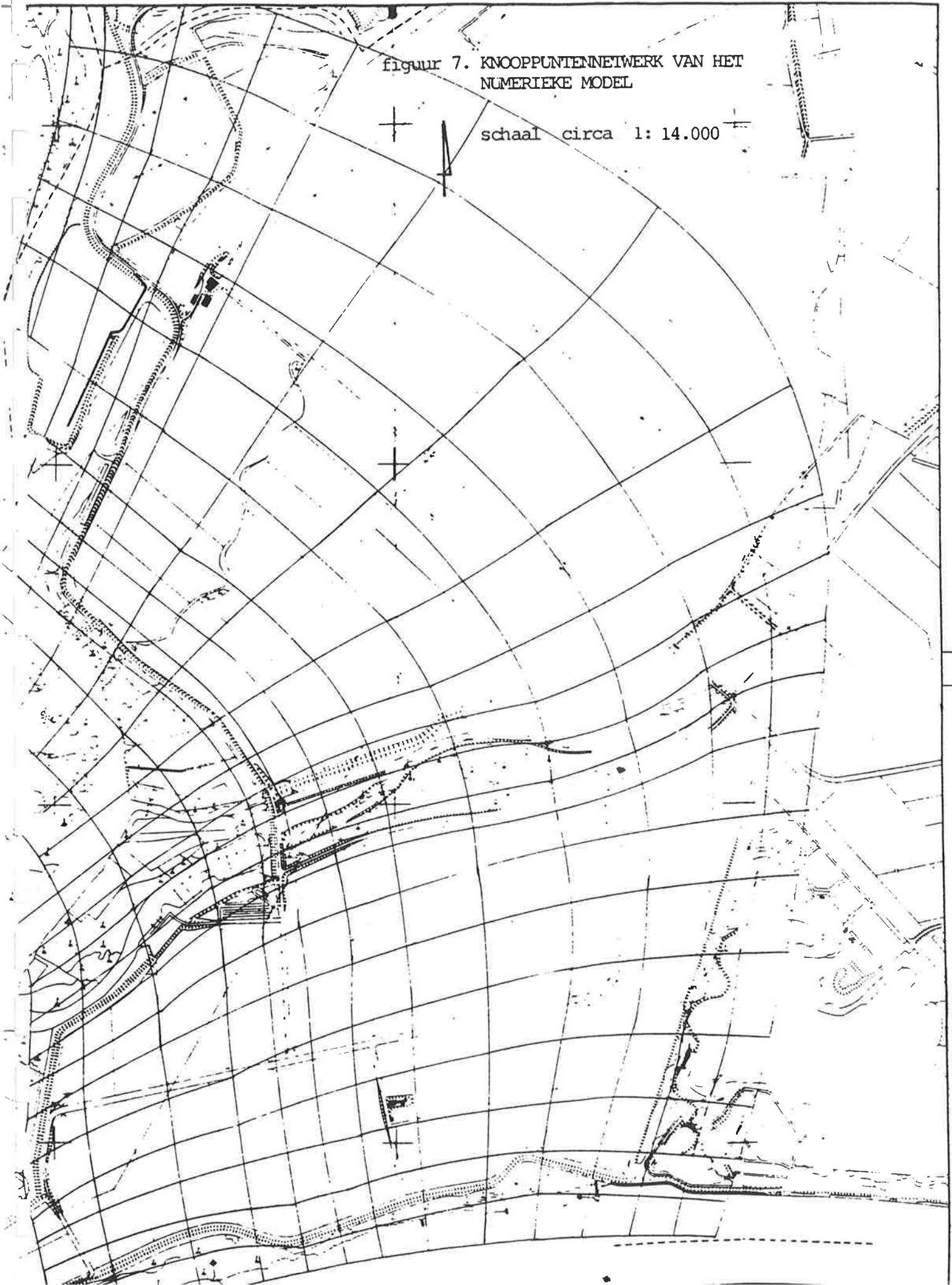
legenda

-  kwelintensiteit in de huidige situatie (mm/etm.)
-  kwelintensiteit na realisatie van het Aakvlaaiprojekt (mm/etm.)



figuur 7. KNOOPPUNTENNETWERK VAN HET
NUMERIEKE MODEL

schaal circa 1:14.000



Literatuurlijst:

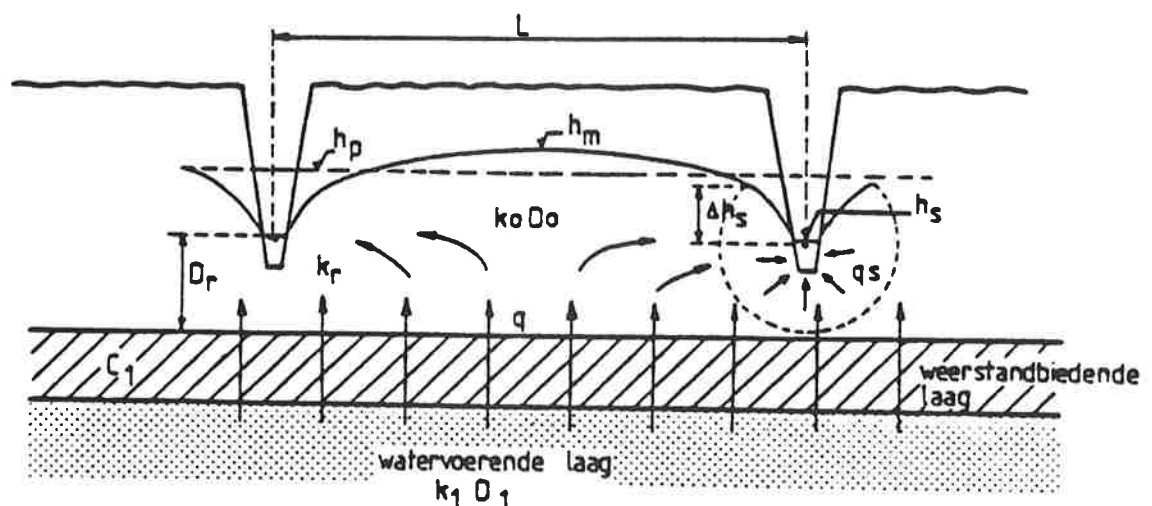
1. I.S. Zonneveld
De Brabantse Biesbosch, een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta, Stiboka, Wageningen 1960.
2. J. Csonka
Geo-electrisch onderzoek in het gebied der grote rivieren tussen Dordrecht en Zaltbommel, TNO, Delft 1971.
3. Grondwaterkaart van Nederland, inventarisatierapport kaartblad 44, TNO, Delft, uitgaven 1975 en 1983.
4. Interimrapport 'Verbetering Oostwaard' Grontmij n.v. Zeist, december 1984.
5. Deelplan Aakvlaai, Oranjewoud b.v., oktober 1984.
6. Drainage revisie ruilverkaveling 'Altena-West', Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij oktober 1972.
7. Recreatiegebied 'Aakvlaai' (boringen) Grontmij n.v. De Bilt, februari 1971.

Definitie van de drainageweerstand

De verschillende begrippen en definities bij de beschrijving van de hydrologische eigenschappen van een infiltratie- c.q. drainagesysteem middels sloten of een buizendrainage worden in de literatuur niet altijd even consequent gehanteerd.

Derhalve worden in het onderstaande de van belang zijnde begrippen en definities nader aangegeven.

Bij een grondwaterstroming van een slotenstelsel naar het watervoerende pakket of omgekeerd, zal het stijghoogteverschil tussen het slootpeil (h_p) en de stijghoogte in het watervoerende pakket (h_1) zich evenredig verdelen over de weerstand die de grondwaterstroming ondervindt in de onderliggende slecht doorlatende bodemlaag (c_1) en over de specifieke drainageweerstand (C_{dr}) die optreedt bij de stroming via de ondiepe matig watervoerende deklaag naar de aanwezige sloten of drains.



In formule:

$$\frac{h_p - h_s}{h_1 - h_s} = \frac{C_{dr}}{C_{dr} + c_1} \quad (1)$$

De som van deze weerstanden ($C = C_1 + C_{dr}$) vertegenwoordigt de totale weerstand van de deklaag die onder meer bij de pompproeven wordt bepaald.

Uit vergelijking 1 volgt voor de relatie tussen de verlaging van de stijghoogte in het watervoerende pakket Δh_1 en de gemiddelde verlaging van de freatische grondwaterstanden Δh_p bij een pompproef, uitgaande van een constant slootpeil h_s :

$$\frac{\Delta h_p}{\Delta h_1} = \frac{C_{dr}}{C_{dr} + C_1} \quad (2)$$

De specifieke drainageweerstand C_{dr} (etm) kan worden weergegeven door:

$$C_{dr} = \frac{h_p - h_s}{q} = (h_p - h_s) \cdot \frac{L}{q_s} \quad (3)$$

waarin:

q = gemiddelde verticale aanvoer vanuit het watervoerende pakket (m/etm)

q_s = afvoer per strekkende meter sloot (m^2 /etm)

h_p = gemiddelde hoogte van het freatisch oppervlak (m)

h_s = slootpeil (m)

h_1 = stijghoogte van het grondwater onder de weerstandbiedende laag (m)

L = ontwateringsbreedte c.q. slootafstand (m)

De totale afvoerweerstand W (etm/m) geeft de relatie weer tussen de freatische grondwaterstand midden tussen twee sloten h_m en de afvoer per strekkende meter sloot; in formule:

$$W = \frac{h_m - h_s}{q_s} \quad (4)$$

Het stijghoogteverschil $h_m - h_s$ kan worden onderverdeeld in een stijghoogteverschil Δh_{slib} die optreedt over de sliblaag op de slootbodem, een stijghoogteverschil Δh_{rad} over het gedeelte met een gekromde grondwaterstroming in de nabijheid van de sloten en het overige stijghoogteverschil Δh_{hor} dat wordt veroorzaakt door de horizontale watervoerende laag.

Hieruit volgt:

$$W = \frac{\Delta h_{slib}}{q_s} + \frac{\Delta h_{rad}}{q_s} + \frac{\Delta h_{hor}}{q_s} = W_{slib} + W_{rad} + W_{hor} \quad (5)$$

met:

W_{slib} = weerstand van de slibbodem

W_{rad} = radiale weerstand

W_{hor} = horizontale weerstand

Met de slootweerstand W_s (etm/m) wordt de totale weerstand aangegeven die in de nabijheid van de sloten optreedt:

$$W_s = \frac{\Delta h_s}{q_s} = \frac{\Delta h_{slib} + \Delta h_{rad}}{q_s} = W_{slib} + W_{rad} \quad (6)$$

Voor de berekening van de radiale weerstand W_{rad} en de horizontale weerstand W_{hor} kunnen volgens Ernst (1954) de volgende formules worden toegepast:

$$W_{rad} = \frac{\ln \left(\frac{a'Dr}{u} \right)}{\pi k_r} ; \quad W_{hor} = \frac{L}{8k_o D_o} \quad (7)$$

waarin:

- a' = geometriefactor
- u = natte omtrek van de drainsleuf of slootrand (m)
- D_r = laagdikte waarover de radiale weerstand wordt berekend (m)
- k_r = doorlaatfactor van de laag met radiale stroming (m/etm)
- k_{oD_o} = watervoerend vermogen van de ondiepe laag waarin de horizontale stroming plaatsvindt (m²/etm)

Voor de relatie tussen de gemiddelde grondwaterstand h_p en de grondwaterstand in het midden tussen de sloten h_m kan de volgende formule worden gehanteerd:

$$h_p = h_s + a (h_m - h_s) \quad (9)$$

Waarin a een reductiecoëfficiënt voorstelt die afhankelijk is van de vorm van de grondwaterspiegel.

In theorie gelden voor de verschillende vormen van de grondwaterstand de volgende vormfactoren a :

- $a = 2/3 = 0,66$ (parabool)
- $a = 2/\pi = 0,64$ (sinus)
- $a = r/4 = 0,79$ (ellips)

Uit (3), (4) en (9) volgt voor de relatie tussen C_{dr} en W :

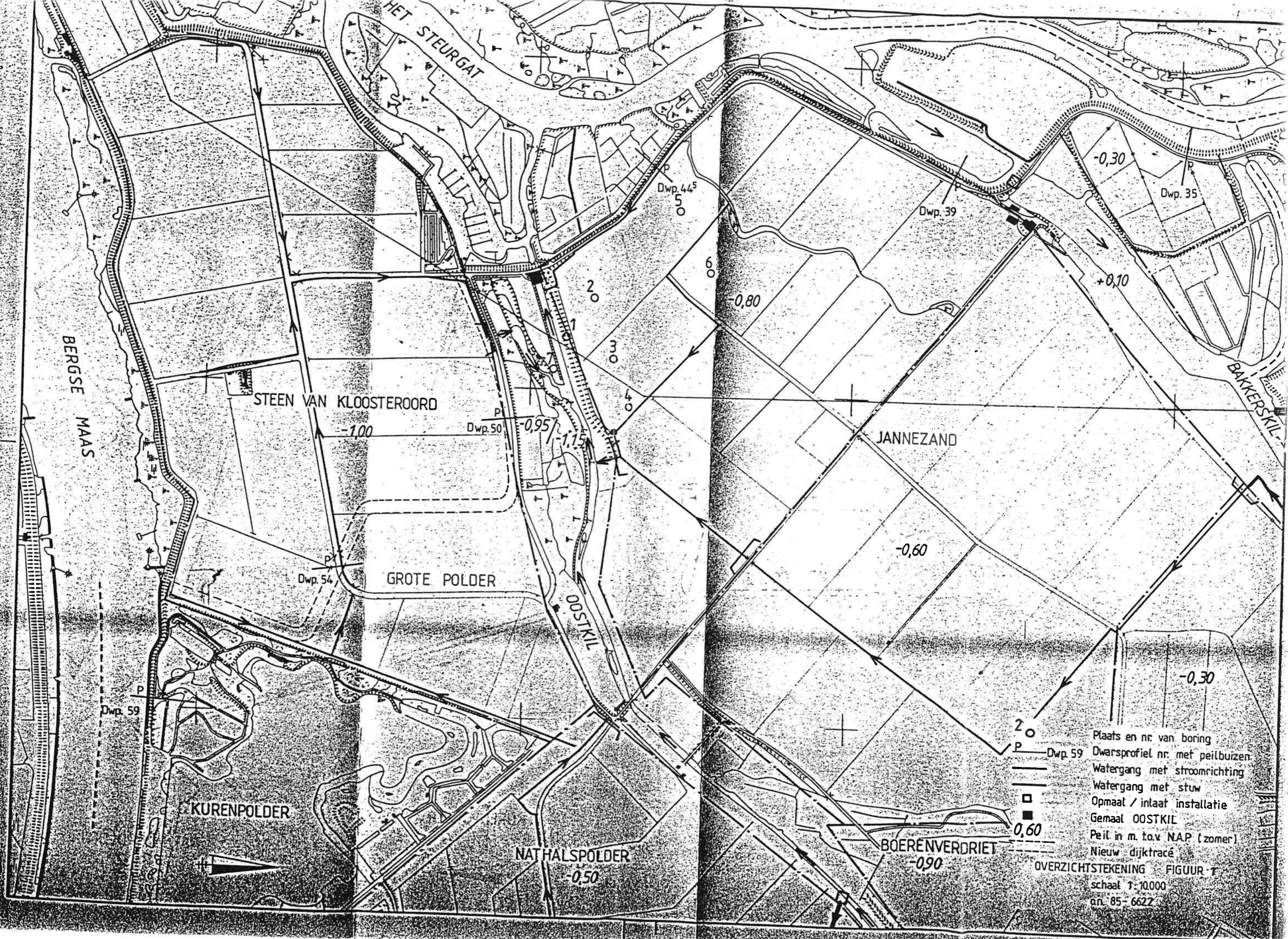
$$C_{dr} = a.L.W \quad (10)$$

De reservoircoëfficiënt j wordt gedefinieerd als de hoeveelheid geborgen water per eenheid van afvoer en wordt uitgedrukt in de dimensie van tijd.

Uit deze definitie volgt voor de relatie tussen de drainageweerstand C_{dr} en de reservoircoëfficiënt j :

$$j = \frac{M \cdot (h_p - h_s)}{q} = M \cdot C_{dr} \text{ [etm]} \quad (11)$$

waarin:



Plaats en nr. van boring
 Dwp. 59
 Dwarsprofiel nr. met peilbuizen
 Watergang met stroomrichting
 Watergang met stuw
 Opmaat / inlaat installatie
 Gemaal OOSTKIL
 Peil in m. to.v. NAP (zomer)
 Nieuw dijktracé
 OVERZICHTSTEKENING FIGUUR 1
 schaal 1:10000
 n. 85-6622