

NOTA 919

ICW-nota 919
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR
juli 1976

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

CONSEQUENTIES VAN HET BEMALINGSPLAN 'ONBEMALEN LANDEN'
TEN AANZIEN VAN DE KWEL, CHLORIDEGEHALTE VAN HET POLDERWATER
EN DE WATERHUISHOUDING IN ENIGE AANGRENZENDE NATUURTERREINEN

ing. K.E. Wit

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	Blz.
I. INLEIDING	1
II. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN	1
III. SAMENVATTING	11
IV. LITERATUUR	11

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research center
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

I. INLEIDING

Op verzoek van de Dijkgraaf en Heemraden van de Zijpe en Hazepolder is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding een onderzoek uitgevoerd naar de consequenties van het bemalingsplan 'onbemalen landen', betrekking hebbende op een gebied van ± 700 ha gelegen in het noordwesten van de Zijpe en Hazepolder. Het bemalingsplan komt grotendeels neer op een legalisering van de huidige peilen, waarbij de talrijke onderbemalingen worden vervangen door een nieuwe stichten bemalingsinrichting. Naast een vereenvoudiging van het beheer biedt het plan betere perspectieven voor aanvoer van oppervlaktewater en derhalve voor kwaliteitsverbetering.

Samenvoeging van de bestaande onderbemalingen tot grotere eenheden zal voor gedeelten van het gebied peilverhoging geven en voor andere peilverlaging. In hoeverre dit zal leiden tot een verandering in de huidige water- en chloridebelasting in het gebied zelf alsmede tot gevolgen voor de waterhuishouding in de aangrenzende gebieden en wel voornamelijk het Zwanen Water en het Kooienbosch zal in deze nota worden besproken.

II. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN

Uit gegevens betreffende peilveranderingen is de verandering in de verticale stroming als volgt te berekenen:

$$v'_z = \frac{h''_o - h'_o}{c} \quad (1)$$

waarin: V'_z = verandering in de intensiteit van de verticale stroming
 in m/dag

h''_0 = verandering in de stijghoogte van het 'diepe' grondwater
 in m

h'_0 = peilverandering in m

c_1 = verticale weerstand van het afdekkend pakket in dagen

Wordt in eerste instantie verondersteld dat h''_0 constant blijft, hetgeen het geval is als de totale verandering in de verticale stroming gering is, dan kan (1) worden vereenvoudigd tot:

$$V'_z = \frac{-h'_0}{c_1} \quad (2)$$

Uitgaande van de bestaande situatie, die in fig. 1 is weergegeven en de toekomstige winter- en zomerpeilen, respectievelijk fig. 2 en 3 zijn de peilveranderingen vastgesteld. In fig. 4 en 5 zijn de verkregen peilveranderingen voor de toekomstige winter- en zomersituatie weergegeven.

Voor elk onderdeel van het gebied, waarvoor een peilverandering is aangegeven, is vervolgens de verandering in de verticale stroming berekend volgens:

$$Q_k = 10^4 F_k \frac{-h'_{o_k}}{c_1} \quad (3)$$

waarin: Q_k = verandering in de verticale stroming in onderdeel k
 in m³/dag

F_k = oppervlakte onderdeel k in ha

h'_{o_k} = peilverandering in onderdeel k in m

Door sommatie van Q_k voor de gehele polder, wordt de totale verandering in de verticale stroming gevonden en volgens:

$$\sum_{k=1}^n Q_k = \sum_{k=1}^n 10^4 \cdot F_k \cdot \frac{-h'_{o_k}}{c_1} \quad (4)$$

Voor de toekomstige wintersituatie zal de verticale stroming toenemen met $(\frac{536\ 000}{c_1}) m^3/dag$, hetgeen betekent dat de peilverlagingen overheersen. Voor de gehele polder komt dit neer op een verlaging van 0,08 m.

Ten aanzien van de toekomstige zomersituatie is een toename van de verticale stroming berekend van $(\frac{368\ 000}{c_1}) m^3/dag$, waaruit volgt dat hier eveneens de peilverlagingen overheersen. De verlaging voor de gehele polder bedraagt 0,06 m.

Uitvoering van het bemalingsplan betekent een peilverlaging van 0,06 tot 0,08 m. Voor het verkrijgen van een globale indruk omtrent de verandering van de huidige water- en chloridebelasting in het gebied zelf en een benadering voor de grondwaterstandsdeling in de aangrenzende gebieden is een waarde bepaald voor het verticaal drukverschil tussen het huidige gemiddeld polderpeil en de stijghoogte van het diepe grondwater en zijn voor de kD -waarde een aantal aannamen gedaan.

In fig. 6 is de ligging van de 'Onbemalen Landen' aangegeven; in deze figuur zijn tevens twee isohypsen getekend, overgenomen van een isohypsenkaart van de Dienst der Zuiderzeewerken van het jaar 1965. In de raai AB uit fig. 6 is in fig. 7 het verloop van de stijghoogte van het 'diepe' grondwater vanaf de kust landinwaarts getekend, gebaseerd op de twee isohypsen uit fig. 6 en de aanname dat de stijghoogte langs de kust gelijk NAP is. In de figuur zijn verder enkele polderpeilen aangegeven. De landinwaarts gerichte horizontale stroming kan worden berekend met:

$$\sum_{m=1}^n q_{i_m} = \sum_{m=1}^n k_m D_m \frac{dh_m}{dx} \quad (5)$$

waarin: q_{i_m} = horizontale stroming in de watervoerende laag m in m^2/dag

$k_m D_m$ = horizontaal doorlatend vermogen van de watervoerende laag m in m^2/dag

$\frac{dh_m}{dx}$ = gradiënt in de watervoerende laag m

Daar omtrent de geo-hydrologische gesteldheid ter plaatse geen gegevens beschikbaar zijn is (5) vereenvoudigd tot:

$$q_i = \sum kD \frac{dh_1}{dx} \quad (6)$$

waarin $\sum kD$ het doorlatend vermogen van het gehele watervoerend pakket voorstelt en $\frac{dh_1}{dx}$ de gradiënt in de bovenste watervoerende laag.

Daar $\frac{dh_1}{dx} > \frac{dh_2}{dx} > \dots > \frac{dh_m}{dx}$ zal de berekende waarde voor q_i bij een juiste waarde voor $\sum kD$ een te grote uitkomst opleveren.

Uit fig. 7 volgt voor $\frac{dh_1}{dx}$ ter plaatse van de kustlijn $2,4 \times 10^{-4}$, indien wordt verondersteld dat $q_u \approx 0$ is, dan kan de volgende vergelijking worden opgesteld:

$$c_1 = \frac{L}{2,4 \times 10^{-4} \cdot \sum kD} \times \bar{\Delta}h(\text{vert.}) \quad (7)$$

waarin: L = de breedte in m van de Polder Callantsoog en de Onbemalen Landen

$\bar{\Delta}h(\text{vert.})$ = het gemiddeld drukverschil tussen polderpeil van de Polder Callantsoog, de Onbemalen Landen en de stijghoogte van het diepe grondwater in m

Uit fig. 7 volgt voor L 4000 m en voor $\bar{\Delta}h(\text{vert.})$ 0,23 m, substitutie hiervan alsmede een aantal waarden voor $\sum kD$ geeft de volgende uitkomsten voor c_1 , zie tabel 1.

Tabel 1. Berekende c_1 -waarden bij verschillende aannamen voor $\sum kD$

$\sum kD$	c_1
500	7667
1000	3833
2000	1916
3000	1278
4000	958

De mogelijkheid van een grotere $\sum kD$ -waarde ter plaats van het onderzoeksgebied is niet uitgesloten. Aanwijzingen in deze richting zijn een aanmerkelijk diepere ligging van de hydrologische basis dan in Midden-West-Nederland, waar een $\sum kD$ -waarde van 4000 tot 5000 m^2/dag is gevonden en een getaxeerde kD -waarde van $\approx 16\ 000\ m^2/dag$ in de boring 19E/85 bij Scharwoude. Het effect van een hogere $\sum kD$ -waarde in tabel 1 is een evenredig lagere c -waarde.

Daar de in het voorgaande veronderstelling $q \approx 0$ niet juist is en $\frac{dh_1}{dx}$ ten aanzien van het gehele watervoerende pakket aan de hoge kant is, zijn de berekende c_1 -waarden te laag. Een ander aspect dat een grotere c_1 -waarde tot gevolg heeft is het feit dat de stijghoogte van het diepe grondwater bij de kust lager is dan de aangenomen NAP-waarde. De waarde van $\bar{\Delta}h(\text{vert.})$ zal hierbij weliswaar geringer worden, doch in mindere mate dan de waarde voor $\frac{dh_1}{dx}$.

Indien de c_1 -waarden uit tabel 1 in de verder uit te voeren berekeningen worden gebruikt, betekent dit dat de hierbij verkregen uitkomsten te ongunstig zullen uitvallen.

Voor berekening van de grondwaterstandsdingen in de aangrenzende gebieden is een dwarsdoorsnede door de Onbemalen Landen beschouwd, samenvallend met de raai AB, fig. 8.

Wanneer h''_0 de gemiddelde daling van het 'diepe' grondwater voorstelt voor het gebied $x < x_r$ is de verandering in de verticale stroming:

$$v'_z = \frac{\bar{h}''_0 - h'_0}{c_1} \quad (8)$$

Voor de grondwaterstroming in het watervoerend pakket geldt:

$$\frac{v'_z \times dx}{kD} = dh''_0 \quad (9)$$

Integreren geeft:

$$\frac{v'_z \times x^2}{2kD} + C = h''_0(x) \quad (10)$$

De waarde x_m , waarvoor $h''(x)$ de gemiddelde waarde \bar{h}''_0 heeft, kan worden gevonden uit de betrekking:

$$\int_{x=0}^{x_r} \left(\frac{V'_z x^2}{2kD} + C \right) dx = x_r \left(\frac{V'_z x_m^2}{2kD} + C \right) \quad (11)$$

De potentiaalverlaging voor $x = x_r$ kan worden berekend volgens:

$$h''_0(x_r) = q_0 \sqrt{\frac{c_1}{kD}} = V'_z x_r \sqrt{\frac{c_1}{kD}} \quad (12)$$

Uit (10) en (12) volgt:

$$\frac{V'_z x_r^2}{2kD} + C = V'_z x_r \sqrt{\frac{c_1}{kD}} \quad (13)$$

Voor $x > x_r$ geldt:

$$h''_0(x) = q_0 \sqrt{\frac{c_1}{kD}} e^{-\frac{x - x_r}{\lambda}} = V'_z x_r \sqrt{\frac{c_1}{kD}} e^{-\frac{x - x_r}{\lambda}} \quad (14)$$

Voor $x_r = 1000$ m volgt uit (11) voor x_m : 577 m. Substitutie van (8) in (13) geeft c uitgedrukt in \bar{h}''_0 , substitutie hiervan in (10) voor x_m levert een waarde op voor \bar{h}''_0 ; C is nu te berekenen. Bij een gemiddelde waarde van $-0,07$ m voor h'_0 is met (8), (10) en (14) $h''_0(x)$ en V'_z berekend, uitgaande van de gegeven combinaties van $\sum kD$ - en c_1 -waarden in tabel 1. In tabel 2 zijn de resultaten van de berekeningen samengevat.

Tabel 2. Berekende waarden voor $h''_0(x)$ en V''_z

kD (m ² /dag)	c ₁ (dagen)	\bar{h}''_0 (m)	V'' _z (mm/dag)	$h''_0(x_r)$ (m)	$h''_0(1500)$ (m)	V'' _z (mm/dag)	V'' _z (mm/dag)
500	7667	0,026	0,006	0,022	0,017	0,016	0,003
1 000	2833	0,026	0,011	0,022	0,017	0,031	0,007
2 000	1916	0,026	0,023	0,022	0,017	0,063	0,014
3 000	1278	0,026	0,034	0,022	0,017	0,094	0,020
4 000	958	0,026	0,046	0,022	0,017	0,125	0,027
16 000	240	0,026	0,183	0,022	0,017	0,500	0,108

Uit tabel 2 volgt dat onafhankelijk van de combinatie van $\{kD$ en c_1 de gemiddelde verlaging van de stijghoogte van het 'diepe' grondwater 0,026 m bedraagt. Voor $x = 1500$ m, waar het Kooienbosch begint, bedraagt de daling van het 'diepe' grondwater 0,017 m. Aangezien het Kooienbosch in de Polder Callantsog ligt, waar peilbeheersing mogelijk is, zal de verlaging van het freatisch vlak praktisch te verwaarlozen zijn.

Ten aanzien van het Zwanen Water mag worden verwacht dat, gezien de ligging van dit gebied ten opzichte van raai AB in fig. 6 en de 'Onbemalen Landen' de verlagingen van het 'diepe' grondwater geringer zullen zijn dan de berekende 0,017 m. Een bijzonder aspect van het Zwanen Water is dat geen peilbeheersing mogelijk is; de neerslag is de enige voeding. Dit betekent dat (8) tot en met (14) niet mogen worden toegepast indien tengevolge van de daling van het 'diepe' grondwater een aanzienlijke peilverlaging van open water optreedt.

Teneinde hieromtrent enige informatie te verkrijgen is uitgegaan van de bestaande situatie, waarin het gemiddeld jaarlijkse peil van het Zwanen Water 2,25 m + NAP en de gemiddelde stijghoogte van het 'diepe' grondwater 0,25 m-NAP bedraagt. Indien voor de jaarlijkse wegzijging gemiddeld 1 mm/dag wordt aangehouden (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969), wordt voor de c-waarde 2500 dagen berekend. Een verlaging van 0,017 m van het 'diepe' grondwater heeft een jaarlijkse

beïnvloeding van het peil van het Zwanen Water van globaal 2,5 mm, zodat de verkregen afwijkingen bij toepassing van (8) tot en met (14) kunnen worden verwaarloosd.

Daar in de 'Onbemalen Landen' zowel infiltratie als kwel voorkomt heeft de waarde V'_z in tabel 2 betrekking op het verschil tussen (afname van de infiltratie + toename van de kwel) en (toename van de infiltratie + afname kwel).

Wordt de infiltratie in de huidige situatie buiten beschouwing gelaten, dan wordt het verticaal drukverschil van de kwelgebieden, omgerekend voor de gehele polder, gemiddeld 0,12 m.

Toepassing van (1) voor $h''_o - h_o = 120$ mm en de c-waarden uit tabel 2 geeft de huidige gemiddelde kwel, aangegeven door V_z in tabel 2. De toename van V_z in de toekomstige situatie V''_z wordt gevonden door bij de gevolgde berekeningen voor V'_z de infiltratie buiten beschouwing te laten. In tabel (2) zijn de voor V''_z gevonden waarden weergegeven.

Voor het berekenen van de toename van het Cl-gehalte van het polderwater is de volgende procedure gevolgd. Voor de bestaande situatie is allereerst het Cl-gehalte van de kwel berekend volgens:

$$C_{V_z} = \frac{[R - E + I_p + 10 \times (V_z - V_z(i)) \times 365] \times C_{Ap} - Z}{10 \times V_z \times 365} \quad (15)$$

- waarin: R = neerslag in $m^3/ha.jaar$
 E = verdamping in $m^3/ha.jaar$
 I_p = polderinlaat in $m^3/ha.jaar$
 V_z = kwel in mm/dag
 $V_z(i)$ = infiltratie in mm/dag
 C_{Ap} = chloridegehalte polderafvoer in kg/m^3
 Z = verzilting tengevolge van neerslag, inlaat, bemesting, lozing afvalwater en bestrijding van gladheid in kg/m^3
 C_{V_z} = chloridegehalte kwel in kg/m^3

Uit een onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT (1969) volgt als waarde voor $R - E$: $3800 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$; omtrent de inlaat I_p zijn geen gegevens beschikbaar, deze is in eerste instantie derhalve buiten beschouwing gelaten. De waarde voor V_z heeft betrekking op de kwel met een gemiddeld drukverschil voor de gehele polder van $0,12 \text{ m}$ en $V_z(i)$ op infiltratie met een gemiddeld drukverschil van $0,03 \text{ m}$. De term $(V_z - V_z(i))$ in (15) kan worden vervangen door $0,75 V_z$. Het chloridegehalte van het polderwater was in de periode 75/76: 260 mg/l , voor Z is uit eerder uitgevoerde onderzoeken een waarde aangenomen van 270 kg/ha.jaar (WIT, 1975). Om een indruk te krijgen van de invloed van variaties in Z op het eindresultaat is Z ook gelijk nul gesteld. In tabel 3 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.

Tabel 3. Berekende chloridegehalten van het kwelwater

V_z mm/dag	$C_{V_z} (Z = 270)$ kg/m^3	$C_{V_z} (Z = 0)$ kg/m^3
0,016	12,5	17,11
0,031	6,54	8,93
0,063	3,32	4,49
0,094	2,29	3,07
0,125	1,77	2,36
0,500	0,588	0,736

De toename van het chloridegehalte van het polderwater in de toekomstige situatie kan na worden berekend volgens:

$$x = \frac{10 \times (V_z + V_z'') \times C_{V_z} + Z}{[R - E + I_p + 10(V_z + V_z'' - V_z'(i)) \times 365]} - C_{Ap} \quad (16)$$

waarin x = verandering chloridegehalte polderwater in kg/m^3
 V_z'' = toename van de kwel in mm/dag
 $V_z'(i)$ = toekomstige infiltratie in mm/dag

De kwel in de toekomstige situatie ($V_z + V_z''$) heeft betrekking op een gemiddeld drukverschil van 0,146 m voor de gehele polder; de toekomstige infiltratie heeft betrekking op een gemiddeld drukverschil van 0,012 m, zodat ($V_z + V_z'' - V_z'(i)$) kan worden vervangen door $0,92(V_z + V_z'')$. Substitutie van de berekende waarden in (16) geeft de in tabel 4 weergegeven resultaten.

Tabel 4. Berekening van de toename van het Cl-gehalte van het polderwater

		Z = 270		Z = 0	
V_z	V_z''	C_{V_z}	x	C_{V_z}	x
(mm/dag)	(mm/dag)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)	(kg/m^3)
0,016	0,003	12,5	0,034	17,11	0,047
0,031	0,037	6,54	0,040	8,93	0,056
0,063	0,014	3,32	0,036	4,49	0,051
0,094	0,020	2,29	0,032	3,07	0,045
0,125	0,027	1,77	0,031	2,36	0,044
0,500	0,108	0,588	0,010	0,736	0,020

Uit tabel 4 volgt, dat afhankelijk van Z de toename van het Cl-gehalte van het polderwater 10 tot 50 mgr/l bedraagt. Invoering van een waarde van 0 tot 100 mm/jaar voor I_p in (15) en (16) heeft een extra verhogend effect van de toename van enkele mgr/l.

III. SAMENVATTING

Voor de Onbemalen Landen zijn berekeningen uitgevoerd naar de invloed van een voor dit gebied opgemaakt bemalingsplan op de kwel, het chloridegehalte van het polderwater en de waterhuishouding in enkele in de naaste omgeving gelegen natuurterreinen. De resultaten, die gezien de beperktheid van de beschikbare gegevens in trajecten zijn weergegeven, zijn:

- toename van de kwel met 0 tot 0,1 mm/dag
- toename van het Cl-gehalte van het polderwater met 0 tot 50 mgr/l
- geen merkbare invloed op de grondwaterstand in het Kooienbosch
- daling van het peil van het Zwanen Water van enkele mm

IV. LITERATUUR

- COUWENHOVEN, T. en C.G. TOUSSAINT, 1969. Water- en zoutbelasting poldergebied 'Midden-West-Nederland'. Bronnen van verzilting. Nota ICW 530.
- WIT, K.E., 1975. De invloed van gedifferentieerde peilen in de Haarlemmermeer op de kwel en het Cl-gehalte van het polderwater.

Fig1 Bestoande winter-enzomerpeilen
90-: zomerpeil 190cm-NAP
100-: winterpeil 100cm-NAP

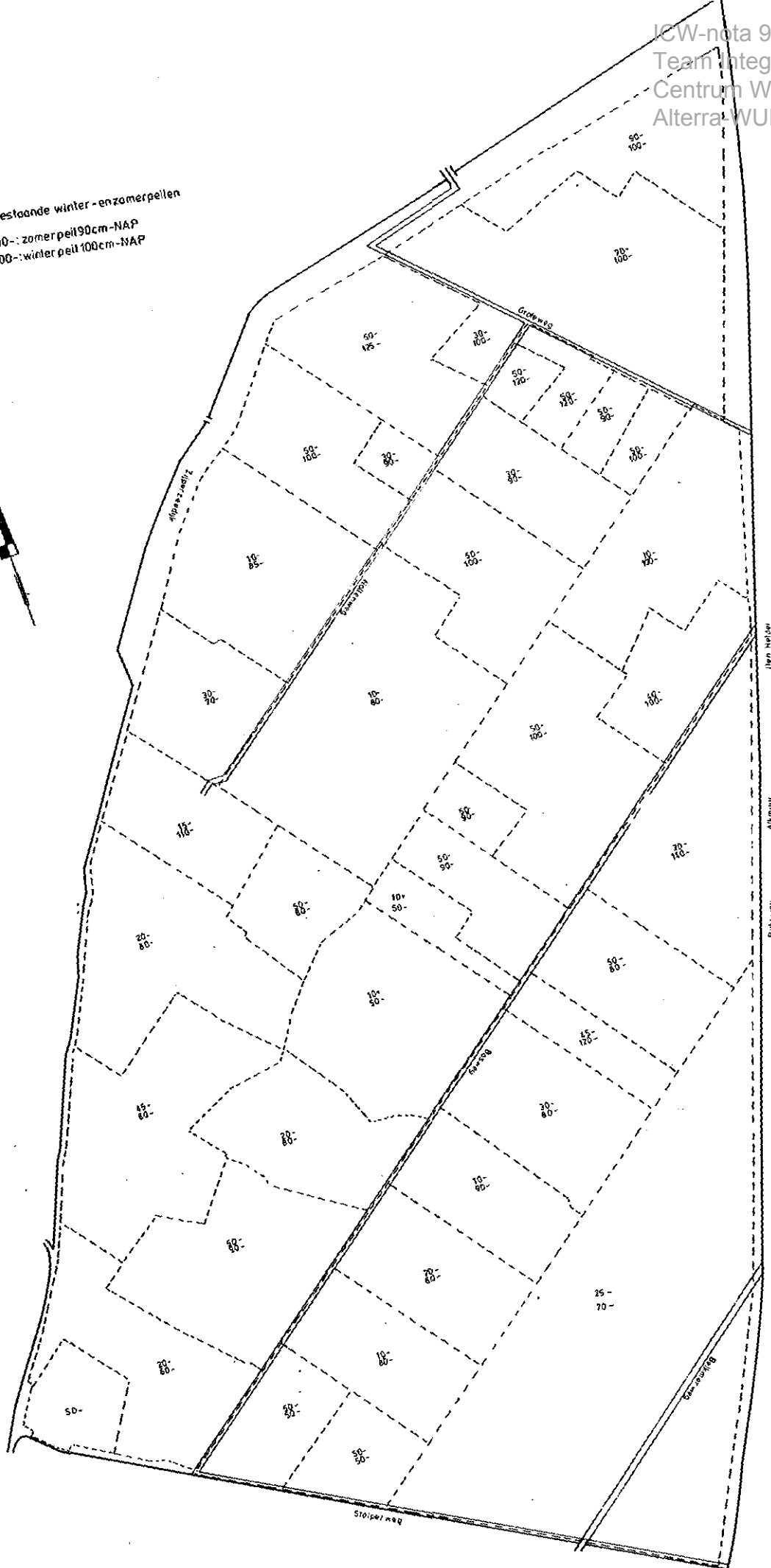
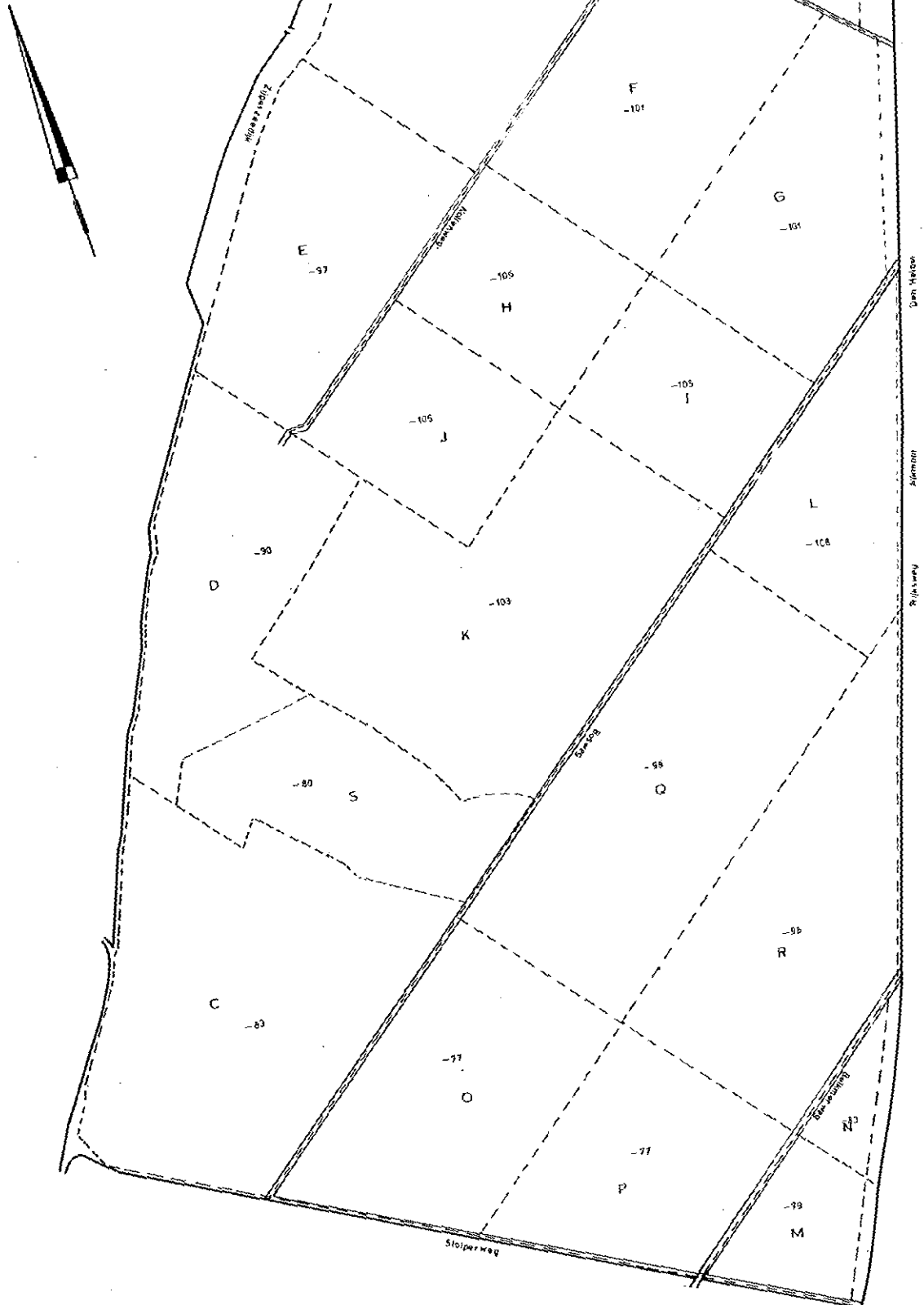
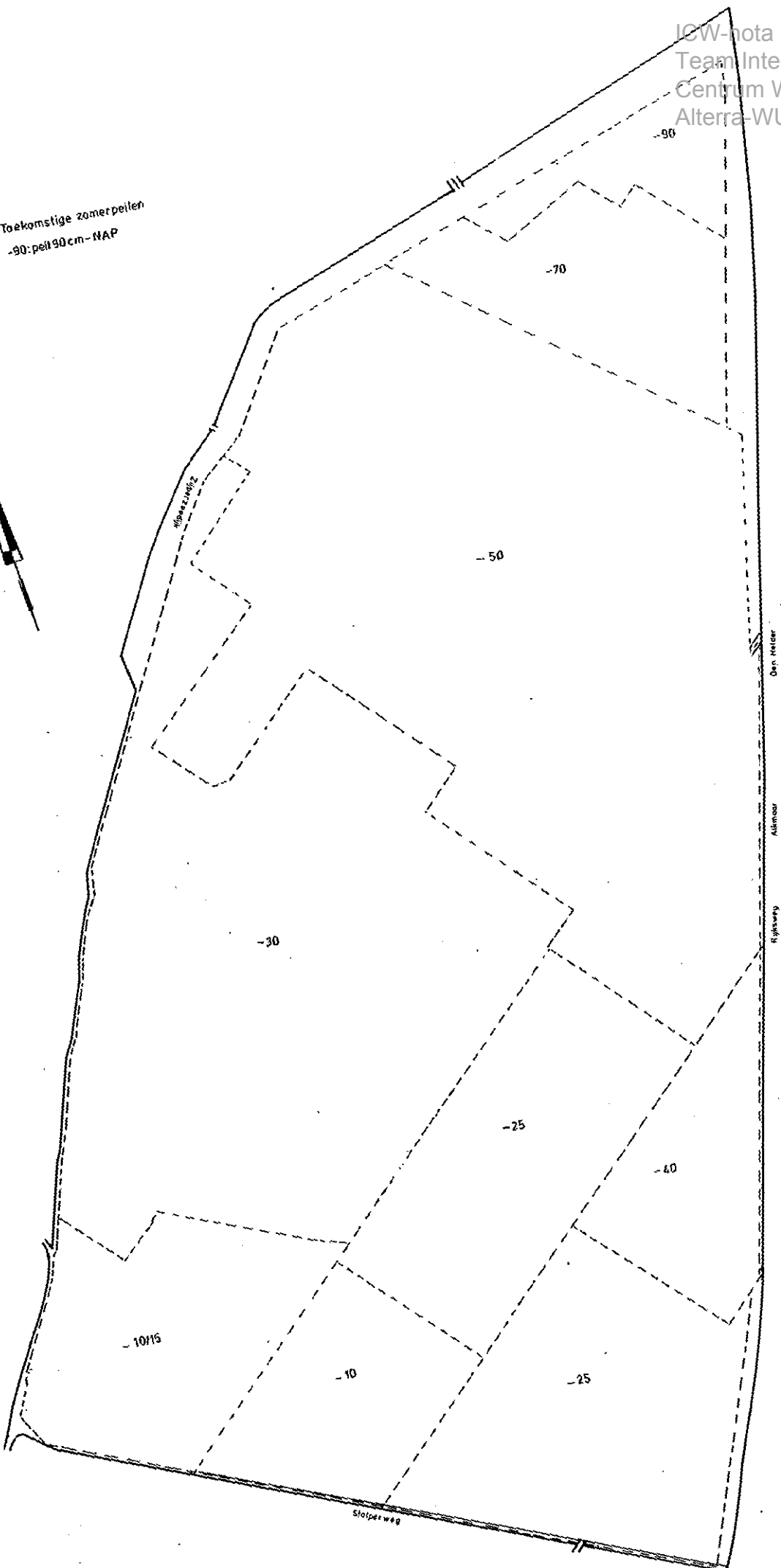


Fig2 Toekomstige winterpeilen
-98; peil 98cm-NAP



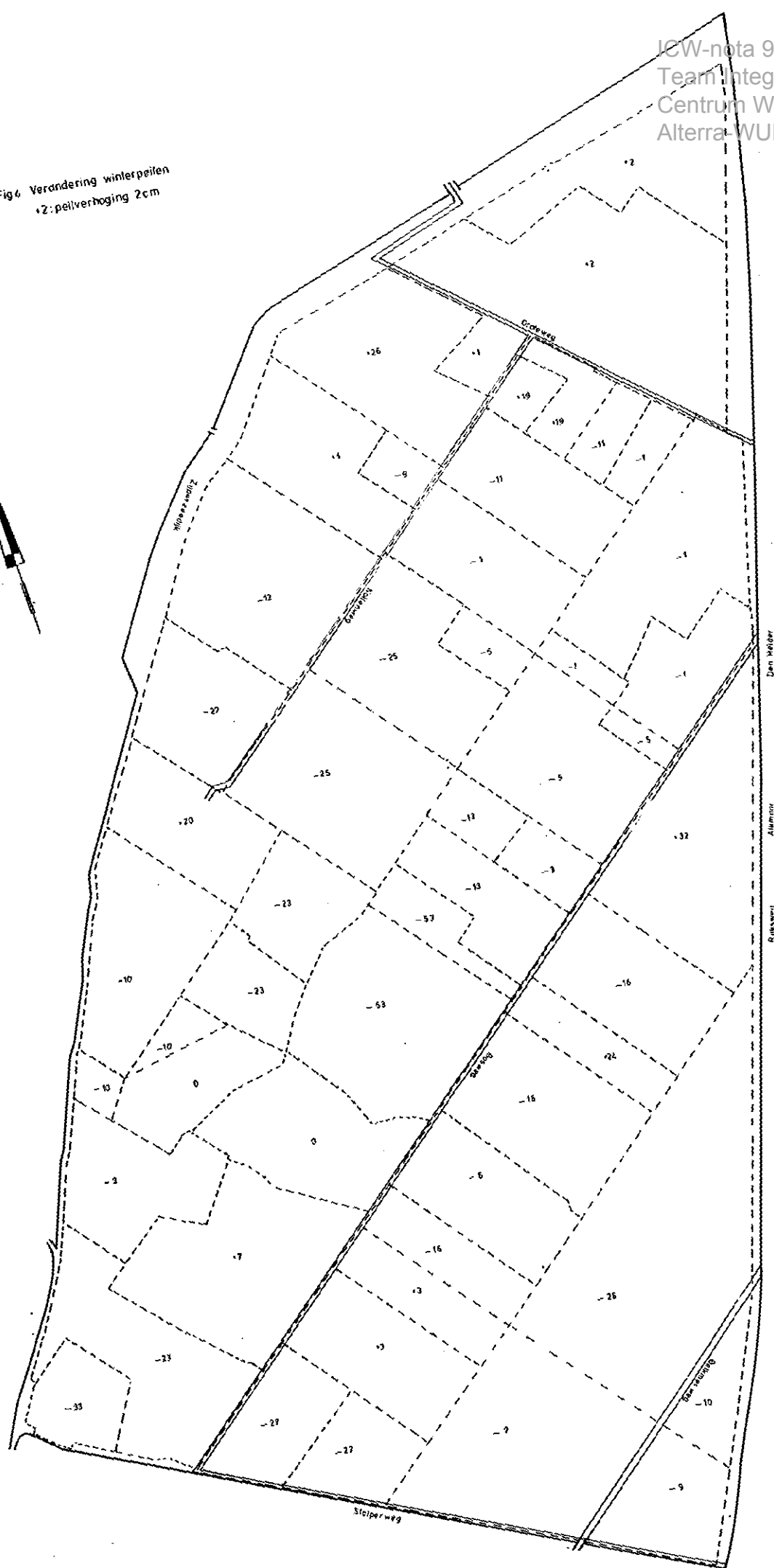
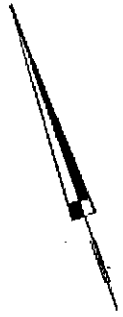
Schaal 1:5000

Fig 3 Toekomstige zomerpeilen
-90: peil 90 cm - NAP



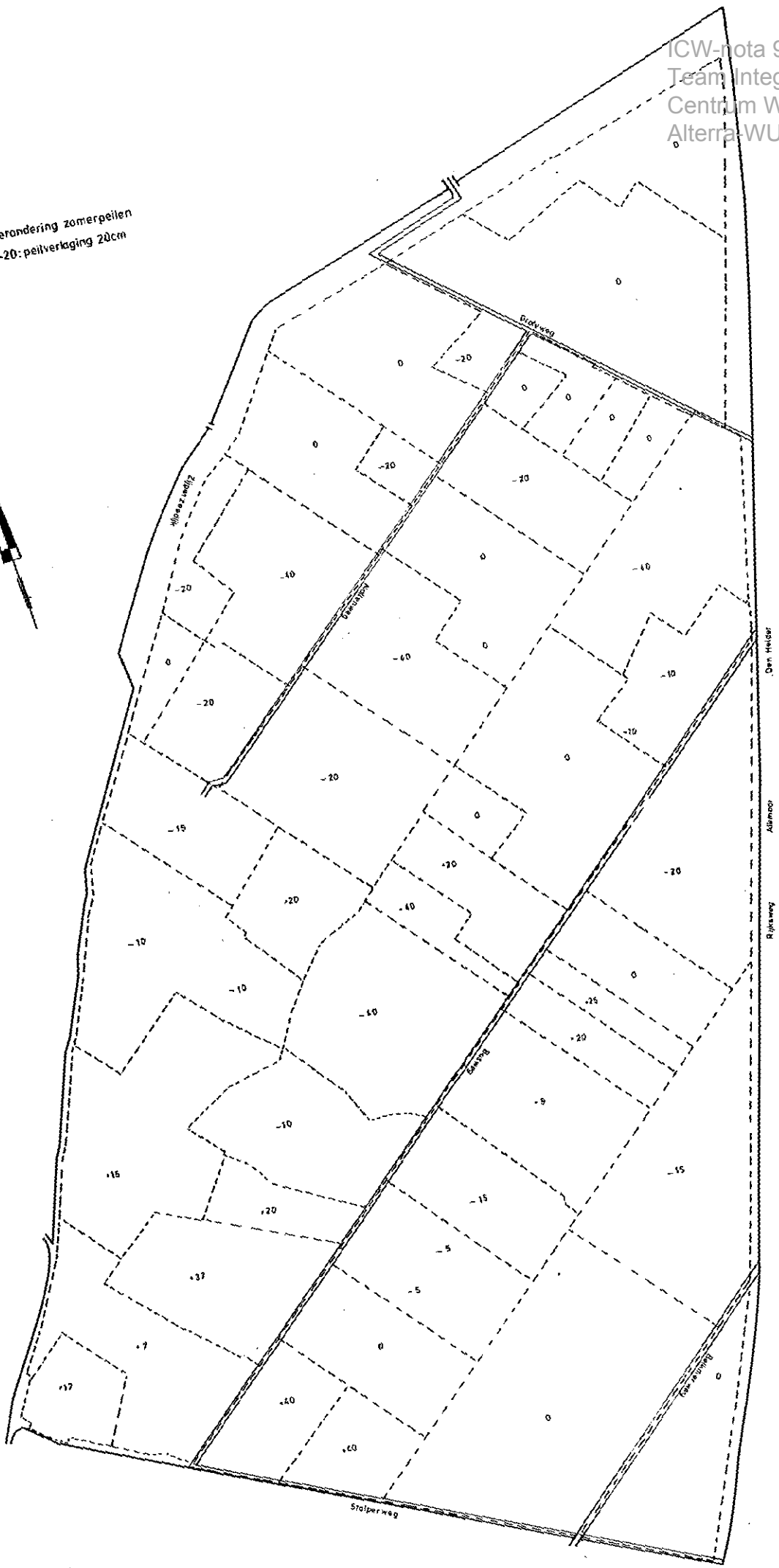
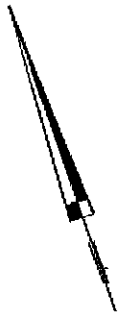
Schaal 1:5000

Fig 4 Verandering winterpeilen
+2: peilverhoging 2cm



School: 5000

Fig5 Verandering zomerpeilen
-20: peilverlaging 20cm



Schoonh. 5000

Fig 6 Lokatiekaart
schaal 1:50000

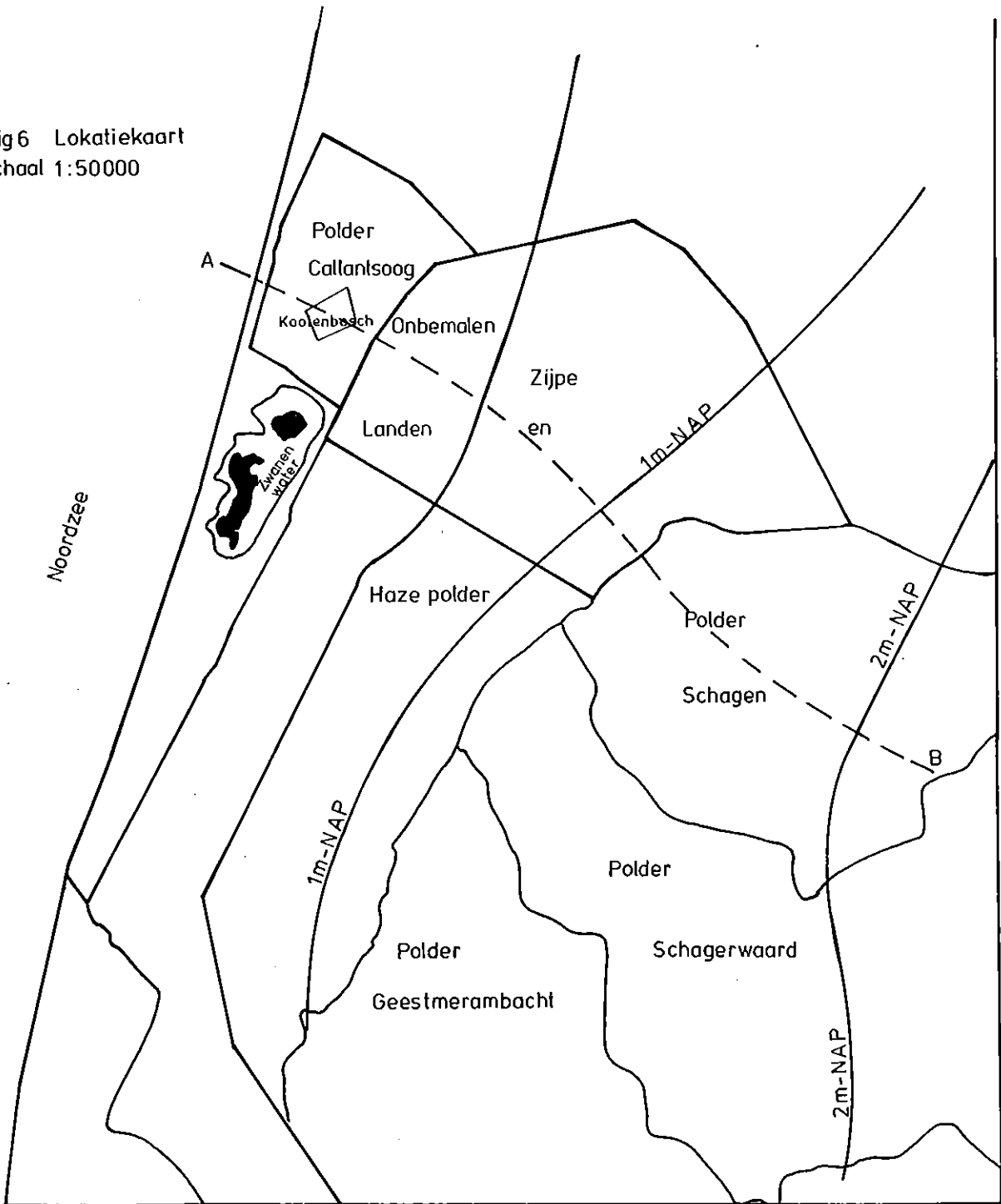


Fig7 Het verloop van het "diepe" grondwater landinwaarts

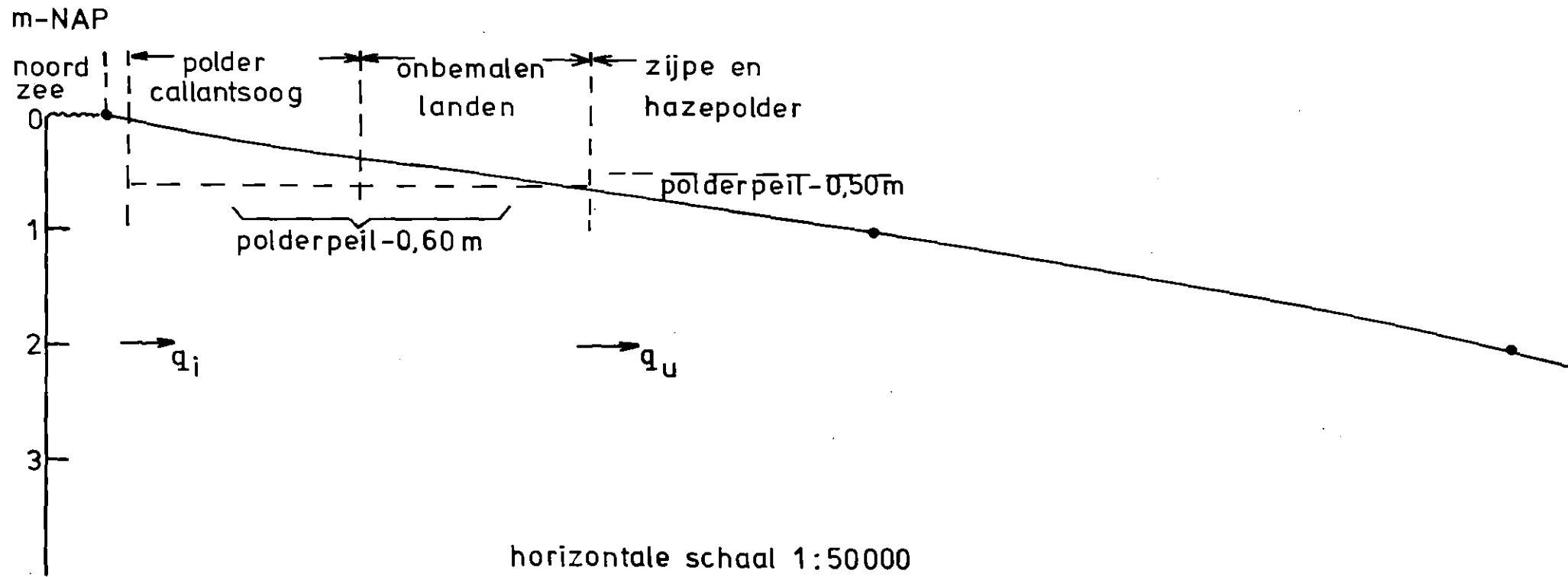


Fig8 Dwarsdoorsnede Onbemalen Landen

