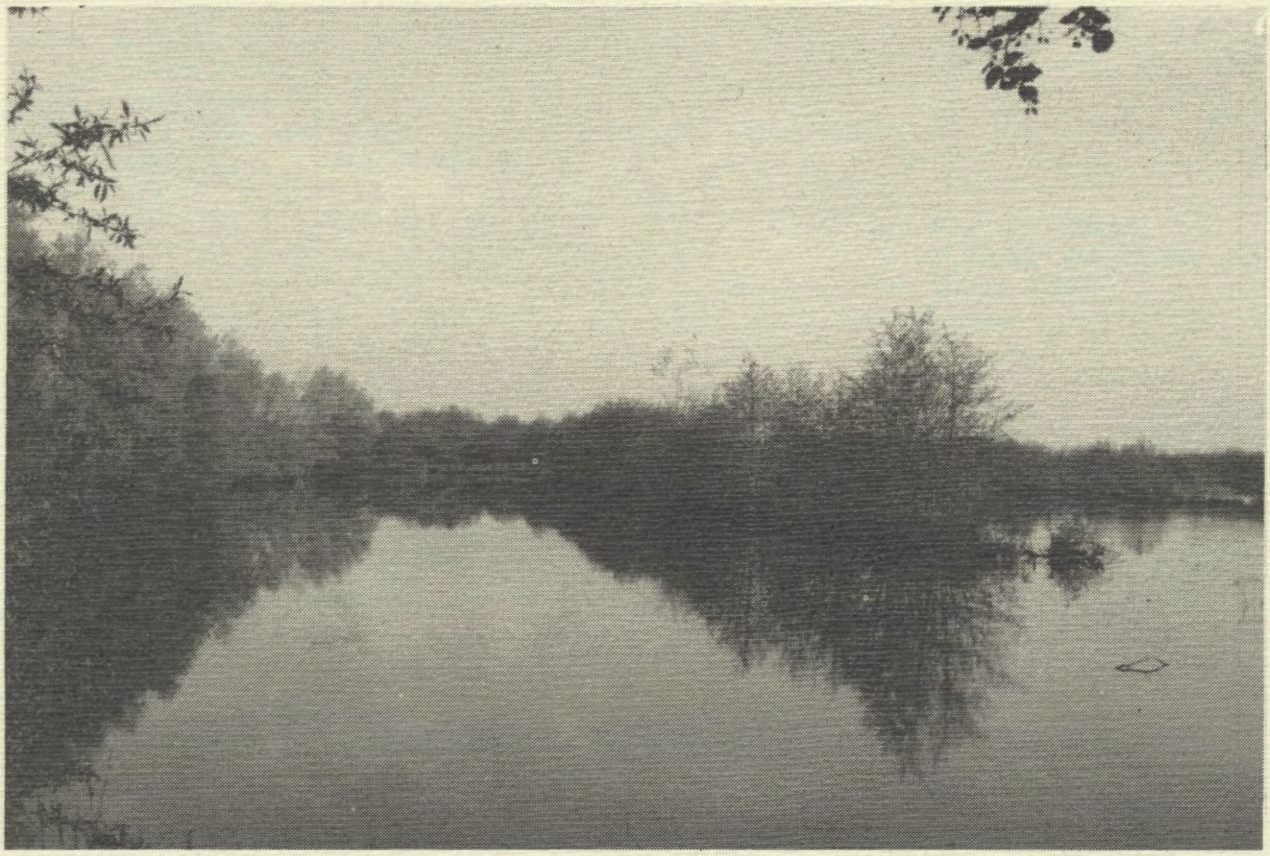
L'tink

landbouw en visserij

Ecohydrologisch Onderzoek Noorderpark

Effectvoorspelling van wijzigingen in de hydrologische situatie op de water- en oevervegetatie



M.J.R. Cals
J.G.M. Roelofs
juni 1989

190

ISSN: 0920-8992

Mededelingen Landinrichtingsdienst

ECOHYDROLOGISCH ONDERZOEK NOORDERPARK

Effectvoorspelling van wijzigingen in de hydrologische situatie op de water- en oevervegetatie

M.J.R. Cals
J.G.M. Roelofs
juni 1989

Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie
Katholieke Universiteit Nijmegen
Toernooiveld
6525 ED Nijmegen
In opdracht van de Landinrichtingsdienst
Ministerie van Landbouw en Visserij

© Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen zonder schriftelijke toestemming van de auteurs

ISSN: 0920-8992

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 1

Hoofdstuk 1
ACHTERGROND, DOELSTELLING EN WERKWIJZE

1.1 Inleiding 6
1.2 Doelstelling 7
1.3 Werkwijze 7
1.3.1 Waterkwaliteit en watersamenstelling; chemische typologie en absolute ionengehaltes 8
1.3.2 De indicatiewaarden van water- en oeverplanten ten aanzien van de water- en bodemkwaliteit 10
1.4 De beoordeling van de waterkwaliteit in het Noorderpark 11
1.4.1 Gebiedseigen water 12
1.4.2 Sloten met een sterke invloed van Vechtwater 13
1.4.3 Water uit de Bethunepolder 14

Hoofdstuk 2
STURENDE FACTOREN VOOR DE WATER- EN BODEMKWALITEIT EN DE VEGETATIESAMENSTELLING

2.1 Alkalinisering en interne eutrofiëring; gevolgen van bicarbonaat- en sulfaat-rijk inlaatwater 17
2.2 Kwelwater 20
2.3 Veranderingen in de vegetatie als gevolg van eutrofiëring 23

Hoofdstuk 3
EFFECTVOORSPELLING: DE WATER- EN OEVERVEGETATIE

3.1 Verspreiding van gebiedsvreemd water 27
3.2 Chemische samenstelling van het water in de verschillende polders 28
3.3 Polder Westbroek 30
3.4 Polder Huis te Hart 37
3.5 Polder Kerkeind 42
3.6 Polder Achtienhoven 44
3.7 Polder Het Zek 49
3.8 De Gagelpolder 53
3.9 De Molenpolder 54
3.10 De oostelijke binnenpolder van Tienhoven 59
3.11 De Bethunepolder 62

Hoofdstuk 4

DE EFFECTVOORSPELLING: AANVOER VAN ALTERNATIEVE TYPEN INLAATWATER

4.1 De inlaat van Vechtwater in de huidige situatie 65
4.2 Alternatieven voor Vechtwater 65
4.3 Wateraanvoer vanuit de Vecht 68
4.4 Wateraanvoer vanuit de Grote Maarsseveense Plas 68
4.5 Wateraanvoer vanuit het Tienhovens Kanaal dat gevoed wordt door de Breukeleveense Plas 69
4.6 Wateraanvoer vanuit de Bethunepolder 70
4.7 Aanbevelingen voor verder onderzoek 71

LITERATUUR 74

SAMENVATTING

In het kader van een herinrichting is in het Noorderpark - een veenweidegebied ten noorden van de stad Utrecht - een aantal maatregelen voorgesteld die ingrijpen in de hydrologische situatie in het gebied. Voordat tot planvorming kan worden overgegaan is het belangrijk zicht te hebben op de effecten van de voorgestelde maatregelen op de waterhuishouding en de vegetatie in het gebied. Voor aquatische systemen zijn vooral maatregelen die de waterkwaliteit direct beïnvloeden belangrijk. Het doel van deze studie is het voorspellen van de effecten van een aantal (voorgestelde) maatregelen op de onderwaterbodem, de waterkwaliteit en de water- en oeverplantenvegetaties in het Noorderpark. Centraal staat het aangeven van de effecten van gebiedsvreemd water en van maatregelen die zijn voorgesteld voor het inlaten van andere watertypen dan Vechtwater en/of het voeren van een ander waterbeheer. Interne aangelegenheden binnen de polders zoals de mate van bemesting, het grondgebruik etc., die zeker ook van invloed zijn op de waterkwaliteit, krijgen daarom minder aandacht. Het was niet mogelijk binnen de beschikbaar gestelde tijd van 6 maanden en het lag ook niet binnen de doelstelling van het onderzoek, om de verschillende beïnvloedende factoren (gebiedsvreemd water, bemesting van de landbouw etc.) te kwantificeren.

In hydrologische zin kan het Noorderpark beschreven worden als de overgangszone van de wegzijgingsgebieden van de Utrechtse Heuvelrug en het Gooi naar de kwelgebieden in het Vechtplassengebied. Naast deze regionale grondwaterstroom treedt ook een locaal patroon van wegzijging en kwel op tussen polders onderling met verschillende polderpeilen.
Het optreden van kwel verleent het gebiedseigen water in het Noorderpark karakteristieke eigenschappen waaraan ook de karakteristieke planten gebonden zijn. Het Noorderpark werd oorspronkelijk gevoed door kwelwater waarin de alkaliniteit (HCO_3^--concentratie) en de aciditeit (CO_2-concentratie) in een gebalanceerd evenwicht zijn, dat nauwelijks sulfaat bevat en (matig) voedselarm is.
Vechtwater is daarentegen is een sterk alkalisch water (met een zeer lage aciditeit) dat veel sulfaat bevat en zeer voedselrijk is. Indien Vechtwater in het Noorderpark wordt ingelaten betekent dat dientengevolge een sterke eutrofiëring van het water. De (externe) aanvoer van de hoge voedingsstoffenlast via Vechtwater heeft direct (negatieve) gevolgen voor de waterkwaliteit en de watervegetatie. Vooral in gebieden waar regelmatig kwantitatief grote hoeveelheden Vechtwater worden aangevoerd, leidt deze externe eutrofiëring tot een verschuiving in de vegetatiesamenstelling. Hoog productieve soorten gaan domineren terwijl veel langzame groeiers verdwijnen als gevolg van de competitie om licht. Op plaatsen waar Vechtwater af en toe komt, en in minder grote hoeveelheden, kan vooral een intern eutrofiëringsproces, als gevolg van veranderde fysisch-chemische omstandigheden op gang komen. Dit leidt in het algemeen tot een verschuiving en sterke nivellering in de vegetatiesamenstelling. Naast verschuivingen als gevolg van competitie, sterven veel soorten af.

Met name door de combinatie van een hoog sulfaat- en bicarbonaatgehalte kunnen processen op gang komen die het water in en net boven de bodem voedselrijk, zuurstof arm en rijk aan toxinen maken. Onder invloed van bicarbonaat en een hoge pH is de afbraaksnelheid van organisch materiaal hoger (Kok & Van de Laar, 1989) en komen voedingsstoffen uit de bodem versneld vrij (Stauffer, 1985; Schindler et al., 1986; Bloemendaal & Roelofs, 1988; Curtis, 1989). Het water eutrofieert dus doordat voedingsstoffen uit het systeem zelf vrijkomen. Dit wordt interne eutrofiëring genoemd (in tegenstelling tot externe eutrofiëring waarbij voedingsstoffen van elders worden aangevoerd).
Een ander gevolg van een hoog bicarbonaat- en sulfaat-gehalte en een verhoogde microbiële afbraak-activiteit is de daling van de redoxpotentiaal. Dit betekent dat het zuurstofgehalte in de grenszone tussen water en bodem daalt en reductie-processen gaan verlopen in plaats van oxydatie-processen. Drie-waardig ijzer wordt gereduceerd tot twee-waardig ijzer waarbij fosfaten in oplossing gaan (Mortimer, 1941 en 1942; Fillos & Swanson, 1975; Bostrom et al., 1982). Indien het (inlaat)water rijk is aan sulfaat, wordt sulfaat gereduceerd tot giftige sulfiden. Vooral in alkalische wateren is FeS vorming die gepaard gaat met P-mobilisatie, dan het gevolg (Stauffer, 1981). Bij dit proces kan bicarbonaat gevormd worden hetgeen op zijn beurt de alkalinisering, interne eutrofiëring, redoxpotentiaal-daling en toxinenvorming versterkt (Cook et al., 1986; Baker et al., 1986; Psenner, 1988; Bloemendaal & Roelofs, 1988; Schindler, 1988). Bij een verlaagde redoxpotentiaal wordt tevens de omzetting van ammonium in nitraat (nitrificatie) geremd waardoor de concentraties van nitriet-(tijdelijk) en ammonium toenemen. Bij een alkalische pH gaat ammonium over in het giftige ammoniak.

Inlaatwater dat een hoge pH heeft en rijk is aan bicarbonaat en sulfaat leidt via deze mechanismen tot alkalinisering, interne eutrofiëring en vorming van (natuurlijke) toxinen. Indien deze processen eenmaal op gang zijn gebracht, versterken ze zichzelf. Het gevolg voor de bodem is dat de toplaag een weke, gereduceerde sapropeliumlaag wordt die veel toxinen bevat, vooral sulfiden. Veel wortelende, ondergedoken waterplanten krijgen problemen met hun zuurstof- en koolstofhuishouding en veel plantenwortels sterven af als gevolg van wortelrot. Dit leidt tot het verdwijnen van veel wortelende waterplanten. Het voor laagveengebieden karakteristieke vegetatietype van krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) gaat in sloten over in het vegetatietype met krabbescheer en kroossoorten (*Stratiodes aloïdes en Lemnetea*) en bij verdergaande eutrofiëring gaan kroossoorten steeds meer domineren. Ook in kwelmilieu's zullen kroossoorten gaan domineren terwijl de kwelindicerende soorten afsterven bij alkalinisering en/of eutrofiëring.

In grotere wateren (plassen) zullen de ondergedoken waterplanten eerst grotendeels verdwijnen. In een later stadium zullen *Nymphaeïden* gaan domineren vaak in combinatie met vegetatietypen met gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum*

demersum). De laatstgenoemde, algemene soorten van (zeer) voedselrijk water gaan ook domineren in geëutrofieerde sloten met een minerale bodem.
Afstromend kwelwater en regelmatig schonen van sloten hebben veelal een positief effect op de waterkwaliteit.

In de huidige situatie wordt in droge perioden Vechtwater ingelaten. Globaal samenvattend kan gesteld worden dat daar waar relatief extensieve landbouw wordt bedreven en in de natuurreservaten een slechte waterkwaliteit hoofdzakelijk is aangetroffen op die plaatsen waar Vechtwater is ingelaten. Dit is het geval in grote delen van polder Westbroek, Achtienhoven, Gagelpolder, Molenpolder en de Oostelijke binnenpolder van Tienhoven. Indien geen gebiedsvreemd water meer zal worden ingelaten en de sapropeliumlaag verwijderd wordt, is op die plaatsen een verbetering te verwachten van de water- en bodemkwaliteit en de water- en oevervegetatie. In polders waar relatief veel intensieve landbouw wordt bedreven en dientengevolge veel af- en uitspoeling van meststoffen plaatsvindt valt (bij een gelijkblijvend grondgebruik en bemestingsniveau) geen duidelijke verbetering van de waterkwaliteit en -vegetatie te verwachten als geen gebiedsvreemd water meer wordt ingelaten. Dit is in het algemeen het geval in de polders Huis te Hart, Kerkeind en Het Zek. In de Bethunepolder is de waterkwaliteit in de huidige situatie vrij slecht. Dit is vooral het gevolg van de zeer hoge doorstroomsnelheid als gevolg van de intensieve bemaling, in combinatie met bemestingsinvloeden vanuit de landbouw. Een verlaging van de stroomsneldheid zou daar wellicht kunnen leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit en de ontwikkelingsmogelijkheden voor waterplanten. Het voeren van een ander peilbeheer (toestaan van grotere peilschommelingen en minder snel instellen zomerpeil) waarbij gebiedsvreemd water in het algemeen niet meer wordt ingelaten, verdient sterke aanbeveling voor het bereiken van een redelijke waterkwaliteit. Indien in extreem droge perioden de inlaat van gebiedsvreemd water toch noodzakelijk is, dient het inlaatwater fysisch-chemisch zoveel mogelijk overeen te komen met het gebiedseigen water. De fysisch-chemische eigenschappen van het inlaatwater beïnvloeden namelijk direct de waterkwaliteit in het Noorderpark.
Als alternatieven voor het inlaten van Vechtwater zijn voorgesteld:
- het inlaten van water uit het Tienhovens Kanaal, met nalevering van water uit de Breukelerveense Plassen, welke gevoed worden met gedefosfateerd water uit het Amsterdam-Rijnkanaal.
- het inlaten van kwelwater uit de Bethunepolder.
- het inlaten van water uit de Grote Maarsseveense Plas in de Molenpolder.

Voorop staat dat geen enkel inlaatwater de karakteristieke eigenschappen van kwelwater kan overnemen. Het voeren van een waterbeheer waarbij het inlaten van gebiedsvreemd water achterwege kan blijven, verdient dan ook verreweg de voorkeur boven het aanvoeren van welk water dan ook. Peilschommelingen en een zekere peildaling - langdurig droogvallen daargelaten - werken minder negatief uit op waterplantenvegetaties dan de fysisch-chemische veranderingen die het gevolg zijn van gebiedsvreemd water. Indien in extreem droge perioden toch water

ingelaten moet worden, kunnen de negatieve effecten worden beperkt door water in te laten dat zoveel mogelijk overeenkomsten heeft met het gebiedseigen water. In dat geval kan zich zowaar een verbetering voordoen van de bodem- en waterkwaliteit die momenteel op veel plaatsen sterk is verslechterd onder invloed van Vechtwater. Essentiële eigenschappen van het inlaatwater zijn in dat kader: een laag sulfaatgehalte, een circumneutrale tot zwak zure pH[1], een matig hoog bicarbonaatgehalte, en en een laag fosfaatgehalte.

Het valt te verwachten dat water uit het Tienhovens Kanaal, dat gevoed wordt vanuit de Breukeleveense Plassen in het Noorderpark een positief effect kan hebben op de water- en bodemkwaliteit en de ontwikkelingsmogelijkheden voor water- en oeverplanten. Water uit het Tienhovens kanaal voert kwelwater af uit het Gooi en heeft een redelijk goede kwaliteit. Indien grote hoeveelheden water aangevoerd dienen te worden, zal het watertekort echter aangevuld moeten worden met water uit de Loosdrechtse en Breukeleveense Plassen die gevoed worden met water uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Dat kan in het Loosdrechtse Plassen-gebied en/of het Tienhovens Kanaal leiden tot alkalinisering, interne eutrofiëring en toxificatie. Het is in principe dus mogelijk dat deze maatregel een verschuiving inhoudt van de problemen die zich nu voordoen in het Noorderparkgebied naar het Loosdrechtse Plassen-gebied en het Tienhovens Kanaal.

Water uit de Grote Maarsseveense Plas is redelijk geschikt voor waterinlaat (in de Molenpolder), zij het dat de bicarbonaat-alkaliniteit en de pH aan de hoge kant zijn. Mits de weke sapropeliumlaag wordt verwijderd, zal in vergelijking met de huidige situatie waarschijnlijk een verbetering van de water- en bodemkwaliteit optreden doordat 1) externe eutrofiëring niet meer plaatsvindt 2) sulfidenvorming nauwelijks zal optreden, en 3) alkalinisering en interne eutrofiëring beperkt zullen blijven in vergelijking met de huidige situatie. De bodemstructuur zal verbeteren en veel wortelende waterplanten zullen weer kunnen groeien.

Water uit de Bethunepolder is , net als het gebiedseigen water in de overige polders, kwelwater met een relatief lage pH (7,2 bij een HCO_3^--concentratie van 4,84 meq/l). In de de Bethunepolder komt overwegend water uit het diepe watervoerende pakket aan de oppervlakte. Daarnaast komt ook kwelwater vanuit de Loosdrechtse Plassen en het ondiepe watervoerend pakket aan de oppervlakte. Dientengevolge heeft kwelwater uit de Bethunepolder een veel hogere bicarbonaat-alkaliniteit, hetgeen verondersteld wordt te

---

[1]Er wordt uitgegaan van een pH-range van 6 - 7,5 terwijl het in feite gaat om de aciditeit (CO_2-gehalte) van het water: indien het water bij een alkaliniteit van 1,5-2 meq/l tevens CO_2 bevat (bijvoorbeeld in het geval van kwel), is de pH lager dan zonder CO_2. In verband met het veelal ontbreken van aciditeitsgegevens kan een "relatief lage pH" gelden als criterium waaraan inlaatwater dient te voldoen.

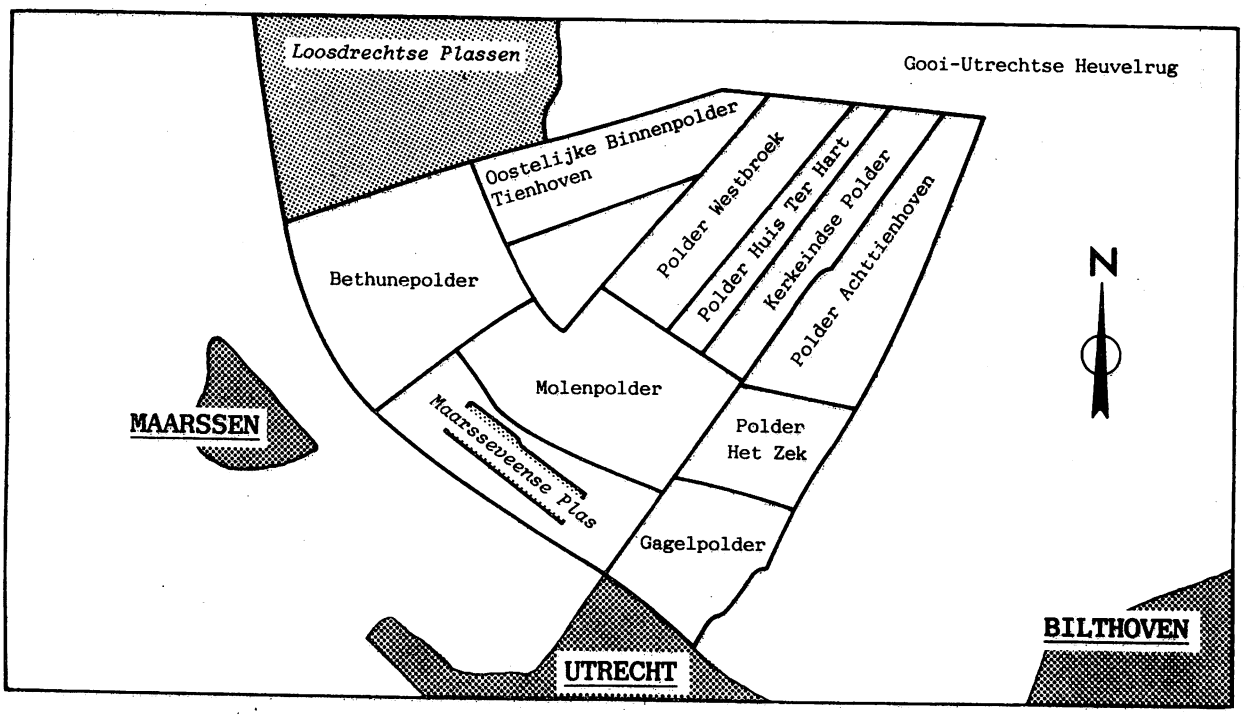
leiden tot heftige abraakreacties met de veenbodem. Het water bevat veel fosfaten (waarschijnlijk in de vorm van ijzer-fosfaat-complexen) die niet bezinken als gevolg van de hoge doorstroomsnelheid van het oppervlaktewater in de Bethunepolder. Indien de doorstroomsnelheid afneemt zal water uit de Bethunepolder waarschijnlijk een aantal overeenkomsten vertonen met het gebiedseigen water uit het Noorderpark. Door het lage sulfaatgehalte en de relatief hoge aciditeit is het mogelijk dat water uit de Bethunepolder - ondanks de hoge alkaliniteit - relatief gunstig uitwerkt op de water- en bodemkwaliteit in het Noorderpark. Het is niet mogelijk om de uiteindelijke effecten van water uit de Bethunepolder met redelijkerwijze te voorspellen, doordat de (relatief) hoge aciditeit en de hoge alkaliniteit naar verwachting tegengesteld zullen uitwerken. Nader experimenteel onderzoek is daarvoor gewenst.

Het is aan te bevelen om op kleine schaal te experimenteren met het inlaten van water uit de Bethunepolder en/of de Grote Maarsseveense Plas dat via chemische manipulatie is onthard. Indien door toevoeging van zoutzuur bicarbonaat-ionen worden vervangen door chloride-ionen, zullen water uit de Bethunepolder en de Grote Maarsseveense Plas een chemische samenstelling krijgen die wat betreft pH, alkaliniteit, aciditeit en sulfaatgehalte lijkt op die van het gebiedseigen water. Dit kan mogelijk leiden tot een snelle verbetering van de water- en bodem-kwaliteit en de ontwikkelingsmogelijkheden van de oorspronkelijke vegetatietypen. Hoewel een dergelijke kunstmatige aanpassing van de pH beschouwd dient te worden als een noodgreep, is dit wellicht toch te verkiezen boven het inlaten van een watertype dat niet kunstmatig is behandeld maar leidt tot een sterke achteruitgang van de water- en bodemkwaliteit en de water- en oevergegetatie in het Noorderpark.

Hoofdstuk 1
ACHTERGROND, DOELSTELLING EN WERKWIJZE

1.1 INLEIDING

Het Noorderpark is het veenweidegebied ten noorden van de stad Utrecht tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Vecht. In het gebied treedt een regionale grondwaterstroming op van de heuvelrug naar de laaggelegen poldergebieden langs de Vecht. Naast deze regionale grondwaterstroming bestaat er ook een locaal patroon van kwel en wegzijging tussen de polders met onderling verschillende polderpeilen.
De bodem bestaat uit een dik dekzandpakket dat in het Pleistoceen is afgezet met daarop een veenlaag. De dikte van de veenlaag, die in het westen van het Noorderpark ongeveer 2 meter dik is, neemt af van west naar oost. In het oostelijk deel van polder Achtienhoven is geen veenlaag aanwezig (Beltman et al., 1988).



Figuur 1: Overzichtskaart Noorderpark

In perioden met een wateroverschot vindt afwatering plaats naar de Vecht terwijl in droge zomerperioden met een watertekort inlaat van water plaatsvindt vanuit de Vecht. Dit inlaatwater heeft een chemische samenstelling die sterk afwijkt van het gebiedseigen water waardoor de oecologische waarden in het Noorderparkgebied worden aangetast.

1.2 DOELSTELLING

In het Noorderpark wordt een herinrichting voorbereid in het kader waarvan veranderingen in de waterhuishouding kunnen plaatsvinden. Een aantal maatregelen dat in dit verband is voorgesteld heeft betrekking op het type inlaatwater en beïnvloedt zo direct de waterkwaliteit. Bovendien beïnvloeden bepaalde maatregelen de kwelintensiteiten hetgeen indirect effect heeft op de waterkwaliteit doordat de hoeveelheden aan- en af- te voeren water veranderen.
Doel van dit onderzoek is het voorspellen van de effecten van een aantal (mogelijke) hydrologische ingrepen op de onderwaterbodem, de waterkwaliteit en de water- en oeverplantenvegetaties in het Noorderpark. Centraal staan daarin het aangeven van de effecten van gebiedsvreemd water en van maatregelen die zijn voorgesteld voor het inlaten van andere watertypen dan Vechtwater en/of het voeren van een ander waterbeheer. Interne aangelegenheden binnen de polders zoals de mate van bemesting, het grondgebruik etc., die zeker ook van invloed zijn op de waterkwaliteit, krijgen daarom minder aandacht. Het was niet mogelijk binnen de beschikbaar gestelde tijd van 6 maanden en het lag ook niet binnen de doelstelling van het onderzoek, om de verschillende beïnvloedende factoren (gebiedsvreemd water, bemesting van de landbouw etc.) te kwantificeren. Wel zijn ten behoeve van dit onderzoek in 1988 vegetatieopnamen van de water- en oevervegetatie in het Noorderpark gemaakt en is de watersamenstelling geanalyseerd. Er wordt gebruik gemaakt van de resultaten van dit veldwerk en van onderzoeksgegevens uit eerdere studies. Aan de hand van deze gegevens wordt een beeld geschetst van de actuele waterkwaliteit en de water- en oeverplantenvegetaties. Vervolgens komen de effecten van de voorgestelde maatregelen aan de orde.

1.3 WERKWIJZE

Om de te verwachten ontwikkeling van de vegetatie te kunnen voorspellen is het noodzakelijk inzicht te hebben in de sturende factoren voor de vegetatiesamenstelling in de sloten en plassen. De verschillen in de waterkwaliteit - tot uiting komend in de water- en oevervegetatie - worden in het Noorderpark hoofdzakelijk veroorzaakt door effecten van Vechtwater, bemesting vanuit de landbouw, bodemsamenstelling en schoningsregime. De invloed van deze factoren wordt beschreven in hoofdstuk 2.
De beschrijving van de waterkwaliteit en de water- en oevervegetatie in het Noorderpark geschiedt aan de hand van:
a) analysegegevens van watermonsters
de waterkwaliteit zal getypeerd worden aan de hand van classificatiesystemen en criteria die uiteengezet worden in paragraaf 1.3.1: "waterkwaliteit en watersamenstelling; chemische typologie en absolute ionengehaltes".

b) de water- en oevervegetaties
water- en oeverplanten fungeren als indicatoren voor de water- en bodemsamenstelling. De vegetatie-opnamen zijn ingedeeld in de vegetatietypen die zijn onderscheiden door van Katwijk & Roelofs (1988)[2]. De gevolgde methode wordt toegelicht in paragraaf 1.3.2: "indicatiewaarden van water- en oeverplanten ten aanzien van de waterkwaliteit". Water- en oeverplanten kunnen informatie geven over de waterkwaliteit indien meetgegevens ontbreken en over verschillen binnen polders die in gemiddelde waarden per polder niet naar voren komen. Daarnaast laat deze methode zien dat langdurige reeksen van waterkwaliteitsmetingen niet altijd een vereiste zijn om de waterkwaliteit redelijk in te kunnen schatten. Op basis van de vegetatiekarteringen die in het Noorderpark zijn gemaakt in 1985 en in 1988 kunnen de basiskwaliteit en de belangrijkste verschillen in waterkwaliteit binnen het Noorderpark redelijk worden ingeschat.
Vanuit deze invalshoeken wordt nagegaan wat de kwaliteit is van het gebiedseigen water in het Noorderpark, welke vegetatietypen daarin voorkomen, wat de invloed is van Vechtwater en/of de landbouw en tot welke vegetatietypen dat leidt. Op basis daarvan wordt voorspeld welke vegetatie-ontwikkeling te verwachten valt indien hetv type en de hoeveelheden aan te voeren water en de verspreiding ervan veranderen.

1.3.1 WATERKWALITEIT EN WATERSAMENSTELLING

CHEMISCHE TYPOLOGIE

Ten aanzien van de waterkwaliteit zijn zowel de absolute als de relatieve ionengehaltes van het water belangrijk. Op oecologische bases zijn zoete wateren in te delen in bicarbonaat-type, chloride-type en sulfaat-type wateren (Pietsch, 1972; de Lyon & Roelofs, 1986).
Met name van veel waterplanten is bekend dat ze een optimum hebben in wateren die door één (of twee) van de anionen Cl^-, HCO_3^- of SO_4^{2-} worden gedomineerd.
Op deze gronden worden wateren in het Noorderpark in de eerste plaats gekarakteriseerd op basis van de aniontypologie, dat wil zeggen dat er - afhankelijk van de betreffende relatieve anionengehaltes - een indeling wordt gemaakt in bicarbonaat-type, chloride-type en sulfaat-type wateren.

---

[2]Omwille van de leesbaarheid van het rapport zal niet telkens opnieuw worden verwezen naar Van Katwijk & Roelofs (1988), indien de vegetatiesamenstelling wordt beschreven aan de hand van de vegetatietypen die zijn onderscheiden door deze auteurs.

Een aantal wateranalyse-gegevens van het Noorderpark is door andere onderzoekers verwerkt en ingedeeld naar de volgende classificatiesystemen:

- hydrochemische classificatie volgens Stuyfzand, 1986.
  deze classificatie van watertypen kent de volgende vier niveau's: hoofdtypen op basis van de chloride concentratie met een onderverdeling op basis van de Ca+Mg-hardheid; subtypen op basis van dominante kat- of anionen die onderverdeeld worden in classen op basis van de som van natrium, magnesium en kalium (gecorrigeerd voor zeezout).
  Ook Stuyfzand heeft in 1988 de bicarbonaat-alkaliniteit aangegeven als oecologisch indelingscriterium van watertypen omdat de alkaliniteit sterke correlaties vertoont met de pH, het redoxniveau en het nutriëntengehalte van het water (Stuyfzand, 1988).
- Stiffdiagrammen volgens Freeze & Cherry, 1979.
  Stiffdiagrammen vormen een grafische weergave van het relatieve aandeel van de belangrijkste kationen en anionen in de totale som van kationen resp. anionen.

Naar deze classificatiesystemen zal eveneens worden verwezen in de tekst.

ABSOLUTE IONENGEHALTES

De waterkwaliteit is niet alleen gerelateerd aan de relatieve maar ook aan de absolute ionenconcentraties en het nutriëntenniveau van het water. De wateren worden wat ionengehaltes betreft ingedeeld met behulp van de volgende criteria (de Lyon & Roelofs, 1986):

- (biologische) hardheid en bicarbonaat-alkaliniteit
  $0,5 < HCO_3^- < 1,0$ meq/l : zacht water
  $1,0 < HCO_3^- < 2,0$ meq/l : zacht en matig hard water
  $2,0 < HCO_3^- < 4,0$ meq/l : hard water
  $HCO_3^- \geq 4,0$ meq/l : zeer hard water

- pH in de waterlaag
  $6,0 < pH < 7,3$: zwak zuur tot circumneutraal water
  $7,3 < pH < 8,5$: circumneutraal tot alkalisch water
  $pH \geq 8,5$: alkalisch water

- saliniteit / ionenconcentratie:
  $2,0 <$ som kat- + anionen $< 4,0$ mmol/l : ionenarm water
  $4,0 <$ som kat- + anionen $< 9,0$ mmol/l : matig ionenrijk
  $9,0 <$ som kat- + anionen < 15 mmol/l : ionenrijk water
  som kat- + anionen ≥ 15 mmol/l : zeer ionenrijk water

- fosfaat in de waterlaag
  $0,5 < O\text{-}PO_4 < 2,5$ µmol/l : matig fosfaatarm water
  $2,5 < O\text{-}PO_4 < 9,0$ µmol/l : fosfaatrijk water
  $O\text{-}PO_4 \geq 9,0$ µmol/l : zeer fosfaatrijk water

- trofie op basis van N en P:
  - indien mineraal N (NH_4^+ + NO_3^-) > 10 µmol/l -
    O-PO_4 < 0,5 µmol/l : voedselarm water
  0,5 < O-PO_4 < 1,0 µmol/l : matig voedselrijk water
  1,0 < O-PO_4 < 4,0 µmol/l : voedselrijk water
    O-PO_4 ≥ 4,0 µmol/l : zeer voedselrijk water

In het algemeen is er sprake van een slechte waterkwaliteit indien het water sterk geëutrofieerd is, sterk organisch belast is en/of weinig zuurstof bevat of veel gifstoffen zoals ammoniak en sulfiden. Een dergelijke situatie doet zich vaak voor indien een water sterk beïnvloed is door uitspoeling van meststoffen uit de landbouw, lozingen van industrieel en/of huishoudelijk afvalwater of door aanvoer van gebiedsvreemd water als gevolg waarvan verstorende processen optreden die het water troebel en voedselrijk maken.
Indien de samenstelling van het oppervlaktewater in het Noorderpark nadat water is ingelaten sterk afwijkt van die van het gebiedseigen water, dat wil zeggen de samenstelling van het water zonder (negatieve) externe invloeden, is er sprake van een ongewenste waterkwaliteit. In het Noorderpark komt een ongewenste waterkwaliteit in het algemeen neer op:
- zeer hard en sulfaatrijk water
- voedselrijk of zeer voedselrijk water (PO_4^{3-} > 2,5 µmol/l)
- water met een hoge ionenconcentratie (> 9 mmol/l) of een hoge geleidbaarheid (EGV > 400 µS/cm).

Hierop wordt nader ingegaan in 1.4: "Waterkwaliteit in het Noorderpark en samenstelling van het gebiedseigen water".

1.3.2 DE INDICATIEWAARDEN VAN WATER- EN OEVERPLANTEN TEN AANZIEN VAN DE WATER- EN BODEMKWALITEIT

Uit onderzoek is bekend dat er duidelijke correlaties bestaan tussen het voorkomen van water- en oeverplanten en de fysisch-chemische factoren van water en bodem (Hutchinson, 1975; Wiegleb, 1983; de Lyon & Roelofs, 1986; Claassen, 1987; van Katwijk & Roelofs, 1988; Jackson & Charles, 1988).
Door in 600 oppervlaktewateren in Nederland te onderzoeken of de wateren waarin een soort voorkomt significant hogere percentages van één van de drie dominante anionen bevatten dan wateren waarin de soort ontbreekt is vastgesteld dat veel water- en oeverplanten een duidelijke "voorkeur" bezitten voor een bicarbonaat-, chloride- of sulfaat-type water (de Lyon & Roelofs, 1986).
Tevens is de respons vastgesteld van waterplanten ten opzichte van de absolute concentraties van verschillende factoren, zoals het bicarbonaatgehalte, de pH en de saliniteit. Van de factoren is het gewogen gemiddelde bepaald waarbij waterplantesoorten in Nederland zijn aangetroffen. Deze gemiddelden worden beschouwd als de waarden waarvoor de betreffende soorten indicerend zijn. Ook de mate van indicatie (indicatiegewicht) is in ogenschouw genomen en dit wordt aangegeven door middel van sterren: * =

zwak, ** = matig, *** = sterk indicerend, geen ster = indifferent (de Lyon & Roelofs, 1986). Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar de Lyon & Roelofs (1986).
De Lyon & Roelofs (1986) en Van Katwijk & Roelofs (1988) toonden aan dat pH gerelateerde factoren zoals de alkaliniteit en ionenrijkdom (electrisch geleidingsvermogen) de belangrijkste variatie in soortensamenstelling verklaren. Claassen (1987) vond hetzelfde bij zijn onderzoek naar diverse watertypen in Friesland evenals Jackson & Charles (1988) bij hun onderzoek naar de aquatische vegetatie in verscheidene meren in de staat New York.
Naast de regulerende factoren voor het voorkomen van water- en oeverplanten is vastgesteld welke soorten gebonden zijn aan specifieke milieu-omstandigheden (sterk indicerend) en welke soorten een zeer brede oecologische amplitudo hebben (indifferent zijn).

De vastgestelde correlatieve verbanden kunnen op verschillende manieren in praktijksituaties worden toegepast. In deze studie gebeurt dat in de vorm van het inschatten van de waterkwaliteit aan de hand van de waterplantenvegetaties enerzijds[3] en het voorspellen van de te verwachten vegetatieontwikkeling ná het veranderen van de waterkwaliteit anderzijds. Het schatten van de watersamenstelling geschiedt het best:
a) ten aanzien van factoren waarvoor veel sterke indicaties gevonden zijn, en
b) met behulp van sterk indicerende soorten.

1.4 DE BEOORDELING VAN DE WATERKWALITEIT IN HET NOORDERPARK

Bij het beoordelen van de waterkwaliteit in het Noorderpark speelt de kwaliteit van het gebiedseigen water een belangrijke rol.
Indien de chemische samenstelling van het oppervlaktewater in de sloten afwijkt van die van het gebiedseigen water -en dan vooral in negatieve zin- dan is er sprake van een voor dit gebied slechte waterkwaliteit. Het is dus belangrijk de samenstelling van het gebiedseigen water in het Noorderpark te kunnen bepalen. Een probleem daarbij is echter dat het water in de huidige situatie eigenlijk continu extern beïnvloed wordt en de samenstelling zonder externe invloed dus moeilijk te meten is.
De invloed van inlaatwater op de samenstelling van het oppervlaktewater is in de droge zomerperioden het sterkst. In de winterperioden vindt de inlaat van gebiedsvreemd water weliswaar niet plaats, doch dat betekent niet dat het water in die perioden de natuurlijke samenstelling heeft. Vechtwater stimuleert de afbraakprocessen in de bodem (zie 2.1 "alkalinisering en interne

---

[3]Indien de water- en bodemkwaliteit wordt ingeschat op basis van de waterplanten wordt omwille van de leesbaarheid van het rapport niet telkens verwezen naar De Lyon & Roelofs (1986).

eutrofiëring") en in de winter werken die processen nog steeds door waardoor ook dan nog nutriënten worden nageleverd. Dit speelt vooral een rol in petgaten en plassen met een dikke sliblaag waarin veel reducerende processen verlopen. Ook al zijn de naweeën van het inlaten van Vechtwater nog geruime tijd merkbaar, toch zijn de (negatieve) externe invloeden in de winter het kleinst. De gebiedseigen waterkwaliteit wordt dan ook het best benaderd door de samenstelling in de winterperiode. Indien in dit rapport gesproken wordt van "gebiedseigen" water is dat de samenstelling volgens de gemiddelde waarden van meetgegevens die verzameld zijn gedurende een aantal jaren in de winterperioden waarbij men de hierboven besproken opmerkingen in het achterhoofd dient te houden. Ook de waterplantenvegetaties in (kwel)sloten waar vrijwel nooit Vechtwater komt, geven goede indicaties voor de natuurlijke of gebiedseigen watersamenstelling. Indien in dit rapport wordt gesproken van gebiedseigen water is dat de watersamenstelling die gebaseerd is op de gemeten concentraties én de indicatiewaarden van de waterplanten. Vanuit deze invalshoek worden de samenstelling van het gebiedseigen water in het Noorderpark, de kwaliteit van het water in sloten met een sterke invloed van Vechtwater en de Bethunepolder besproken. Aan de hand van deze drie watertypen worden de essentiële verschillen in waterkwaliteit in het Noorderpark duidelijk gemaakt en de processen die daaraan ten grondslag liggen besproken.

1.4.1 GEBIEDSEIGEN WATER

De samenstelling van gebiedseigen water in het Noorderpark wordt besproken aan de hand de (gemeten) waterkwaliteit én de vegetatiesamenstelling zoals die voorkomt in (venige) sloten in het noord-oosten van polder Westbroek. De kwelsloten in het noordoosten van polder Westbroek blijven zelfs in een 10% droog jaar gevrijwaard van Vechtwater (en bemestingsinvloeden vanuit de landbouw). De vegetatie bestaat in deze sloten uit het voor laagveengebieden karakteristieke type van krabbescheer en fonteinkruiden (*Stratiodes aloïdes met Potametea* -soorten) (van Katwijk & Roelofs, 1988). Dit vegetatietype geeft een goede indicatie voor de watersamenstelling die eigen is aan het Noorderpark.
De waterkwaliteit wordt geschat volgens de methode van de Lyon & Roelofs (1986) en van Katwijk & Roelofs (1988) dat wil zeggen 1) aan de hand van de indicatiewaarden van een aantal kenmerkende soorten en 2) aan de hand van de indicatiewaarden van het vegetatietype en 3) vergeleken met de gemiddelden van de gemeten waarden in de winterperioden (Botanische Oecologie, Rijksuniversiteit Utrecht).

Polder Westbroek, kwelsloot:

Polder Westbroek, kwelsloot:

waterplanten:	alk. (meq/l)	pH	Cl mmol/l	SO_4^{2-} mmol/l	O-PO_4[4] µmol/l
krabbescheer *(Stratiodes aloïdes)*	2,3 ***	7,6 *	1,83 *	0,46 *	1,8
kikkerbeet *(Hydrocharis morsus ranae)*	2,4 **	7,5 *	1,81 *	0,51	1,7
kranswier *(Nitella flexilis)*	1,1 ***	6,9 **	1,28***	0,36 **	1,8
plat fonteinkruid *(Potamogeton compressus)*	1,6 ***	7,4 **	1,01 **	0,19***	1,7
1) geschat:	1,8	7,3	1,40	0,29	1,8
2) geschat op vegetatietype:	1,0-2,0	7,0-7,5	0,6-1,0	0,1-0,3	2,0-4,0
3) gemeten:	1,8	7,2	0,60	0,14	1

In een kwelsloot waar geen of nauwelijks invloed van Vechtwater optreedt komen sterk indicerende soorten en een duidelijk indicerend vegetatietype voor. Volgens de geschatte en gemeten waarden, die goed met elkaar overeen komen, is het gebiedseigen water van het Noorderpark een bicarbonaattype water dat circumneutraal, matig hard, matig voedselrijk tot voedselrijk en sulfaatarm is.

1.4.2 SLOTEN MET EEN STERKE INVLOED VAN VECHTWATER

In een sloot in het zuid-westen van polder Westbroek die onder sterke invloed van Vechtwater staat komen waterplanten voor die niet behoren tot één duidelijk vegetatietype. De soortensamenstelling houdt het midden tussen het vegetatietype met bultkroos en veelwortelig kroos *(Lemna gibba en Spirodela polyrhiza)* en dat met gele plomp en gedoornd hoornblad *(Nuphar lutea en Cerathophyllum demersum)* (resp. vegtype-I en vegtype-II in de tabel).
De geschatte en gemeten waarden zijn als volgt:

[4] Dit betreft het mediaan O-PO_4 niveau van de waterlaag waarin het mineraal-N niet limiterend is (>10 µmol/l) en de anorganisch koolstof concentraties niet extreem laag zijn (>100 µmol/l). Dit zijn i.t.t. de overige waarden dus geen gewogen gemiddelden met een indicatiegewicht.

Westbroek, sloot met veel Vechtwaterinlaat:

waterplanten:	alk.	pH	Cl	SO_4^{2-}	$O\text{-}PO_4^{3-}$
	meq/l		mmol/l	mmol/l	µmol/l
gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)*	3,4 **	7,8 *	3,99 *	0,90 *	5,3
smalle waterpest *(Elodea nuttallii)*	2,8 *	7,6 *	2,73 *	0,84	1,7
grote kroosvaren *(Azolla filiculoides)*	3,5 **	7,3 *	4,59 **	1,24 **	15,9
glanzig fonteinkruid *(Potamogeton lucens)*	3,0 ***	7,7 **	1,96 **	0,50 *	2,4
veelwortelig kroos *(Spirodela polyrhiza)*	3,0 **	7,6 **	2,34 **	0,71	5,3
tenger fonteinkruid *(Potamogeton pusillus)*	3,0 **	8,0 **	3,27	0,97 *	2,9
1) geschat:	3,1	7,7	3,10	0,97	5,6
2) geschat vegtype-I:	3,0-4,0	7,0-7,5	1,5-2,0	0,7-1,0	8-16
geschat vegtype-II:	2,0-3,0	7,0-7,5	2,0-3,0	0,7-1,0	32-64
Vechtwater (gemeten):	2,7	7,3	4,20	1,26	128

De waterkwaliteit in sloten waar veel Vechtwater komt verschilt duidelijk van die in sloten zonder Vechtwater (gebiedseigen water):
- het water is harder en voedselrijker
- het chloride- en sulfaat gehalte is duidelijk verhoogd

Deze veranderingen vormen een sterke achteruitgang van de waterkwaliteit. Het oppervlaktewater in de sloten gaat lijken op Vechtwater. Bovendien valt op dat de waterplanten die in deze sloot voorkomen minder sterk indicerend zijn dan die in sloten met gebiedseigen water en dat ze niet onder één vegetatietype te rangschikken zijn. Dit zijn aanwijzingen voor een verandering of verstoring van het milieu aangezien in dergelijke sloot in het Noorderpark het vegetatietype met krabbescheer en/of soorten van minder voedselrijk verwacht zou worden. Het (gebiedseigen) bicarbonaattype water verschuift onder invloed van Vechtwater in de richting van een mix-type water. Een hoger chloride-gehalte heeft in bicarbonaathoudend water relatief weinig effect op de soortensamenstelling. Bij een hoger sulfaatgehalte verdwijnen veel wortelende soorten als gevolg van sulfiden-vorming (zie 2.1).

1.4.3 WATER UIT DE BETHUNEPOLDER

De Bethunepolder is de enige polder in het Noorderpark waar naast water uit het eerste watervoerend pakket ook in grote hoeveelheden kwelwater uit het diepe watervoerende pakket aan de oppervlakte komt. Daardoor heeft het water een andere chemische samenstelling dan het kwelwater in de overige polders.
De combinatie van waterplanten die in de Bethunepolder is aangetroffen is van dien aard dat ze niet onder één of twee vegetatietypen te rangschikken is. De schatting gebeurt daarom aan de hand van individuele soorten.
De geschatte en gemeten watersamenstelling is als volgt:

Water uit de Bethunepolder:

waterplanten:	alk.	pH	Cl	SO_4^{2-}	$O\text{-}PO_4^{3-}$
	meq/l		mmol/l	mmol/l	µmol/l
stomphoekig sterrekroos *(Callitriche obtusangula)*	4,5 **	8,0 **	4,43 **	1,52	1,0
dichtbladig fonteinkruid *(Potamogeton densus)*	4,2 **	7,7 **	1,79 **	0,73 **	0,3
gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)*	3,4 **	7,8 *	3,99 *	0,90 *	5,3
schedefonteinkruid *(Potamogeton pectinatus)*	4,3 **	8,3 **	6,60 *	1,20 **	4,3
tenger fonteinkruid *(Potamogeton pusillus)*	3,0 **	8,0 **	3,27	0,97	2,9
geschat:	4,0	8,0	3,8	0,95	2,8
gemeten:	4,8	7,2	1,3	0,21	3

Het valt op dat de geschatte en gemeten waarden verschillen vooral wat betreft pH, chloride- en sulfaat-gehalte en dat geen van de waterplanten het hoogste indicatiegewicht heeft.
De verschillen treden op doordat de hier genoemde waterplantesoorten in het verspreidingsonderzoek op basis waarvan de indicatie-waarden en -gewichten zijn vastgesteld, vaak zijn aangetroffen in rivierachtig oppervlaktewater. De bepalende variabele is de alkaliniteit. Een dermate hoge alkaliniteit gaat in rivierachtig oppervlaktewater meestal gepaard met hoge een pH, en hoge chloride-, sulfaat- en nutriëntenconcentraties (de Lyon & Roelofs, 1986).
Doordat deze waterplantesoorten ook in kwelwater met hoge bicarbonaat- en lage chloride- en sulfaatconcentraties zijn aangetroffen (zoals bijvoorbeeld de Bethunepolder) hebben de soorten een laag indicatiegewicht gekregen, vooral voor de chloride- en sulfaatconcentraties. Zoals in 1.3 is aangegeven verloopt de schatting van de waterkwaliteit goed voor die factoren waarvoor sterke indicaties zijn gevonden en/of sterk indicerende soorten. In de Bethunepolder ontbreken die, hetgeen impliceert dat de waarden voor de pH, Cl en SO_4 geen betrouwbare schatting opleveren. Op basis van het feit dat er lage indicatiewaarden en geen duidelijk indicerende soorten groeien, kan men wel concluderen dat er geen uitgebalanceerd, "typisch gebiedseigen" milieu-omstandigheden heersen in de Bethunepolder. Net als in overige delen binnen het Noorderpark, zou men ook in de Bethunepolder, wel degelijk karakteristieke, indicerende soorten verwachten. Hoewel voor de betreffende factoren dus geen goede schatting gemaakt kan worden, duidt het ontbreken van indicerende soorten er wel op dat de "natuurlijke" omstandigheden verstoord zijn. Uit de schattingswaarden kan men afleiden dat kwelwater uit de Bethunepolder zowel een hoge alkaliniteit (hoog bicarbonaat- en calcium-gehalte) als een (relatief) hoge aciditeit (hoog CO_2-gehalte en circumneutrale pH) heeft. Oppervlaktewater uit de Bethunepolder is zeer hard, circumneutraal en voedselrijk. Het nutriëntengehalte is hoger dan in een met kwelwater gevoed systeem verwacht wordt. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het zeer harde karakter van het water en de snelle doorstroming van het water in de Bethunepolder. Door het hoge bicarbonaatgehalte is in het venig substraat een permanente buffering aanwezig. Dit leidt tot een hoge mineralisatiesnelheid en het vrijkomen van veel nutriënten

(vooral O-PO_4) uit de voedselrijke veenbodem. In een kwelsituatie worden gewoonlijk de vrijgekomen fosfaten (en carbonaten) weer aan de waterlaag onttrokken doordat kwelwater rijk is aan ijzer, calcium, en CO_2 (zie 2.2). Waarschijnlijk is de doorstroomsnelheid van het oppervlaktewater in de Bethunepolder zo hoog dat het laatste proces van nutriënten-onttrekking aan het water niet of nauwelijks plaatsvindt. Het complex van ijzer en fosfaten bezinkt waarschijnlijk niet en blijft in de waterlaag. Het alkalische water reageert heftig met de veenbodem waarbij ammonium wordt gevormd. Als gevolg van de hoge doorstroomsnelheid treedt de nitrificatie van het ammonium tot nitraat onvoldoende op. De bruine kleur, de troebelheid, de relatief lage pH en het hoge trofie-niveau van het water bevestigen de veronderstelling dat de milieu-omstandigheden in de Bethunepolder zodanig zijn dat een uitgebalanceerde evenwichtssituatie niet ontstaat. Het gevolg van dit alles is een slechte waterkwaliteit in de Bethunepolder met weinig waterplanten. De soorten die er groeien duiden op een zeer algemeen, en in dit geval verstoord milieu.

Kort samengevat zijn de belangrijkste conclusies: het gebiedseigen water in het Noorderpark waar oorspronkelijk veel kwel optreedt is matig hard, circumneutraal, matig voedselrijk bicarbonaattype water. Bij een verminderde kwelstroom en een sterke invloed van Vechtwater treedt verharding, verzouting en eutrofiëring op waardoor de planten die bij de oorspronkelijke waterkwaliteit horen verdwijnen. De planten die er voor in de plaats komen zijn minder sterk indicerend hetgeen hier wijst op een zeer algemeen en verstoord milieu.
Bovendien blijkt dat de kwaliteit van water uit de Bethunepolder en de waterplanten die daar voorkomen, afwijken van die van het gebiedseigen water in de overige polders. Oppervlaktewater uit de Bethunepolder is zeer hard, circumneutraal en voedselrijk.

Hoofdstuk 2
STURENDE FACTOREN VOOR DE WATER- EN BODEMKWALITEIT EN DE VEGETATIESAMENSTELLING

2.1 ALKALINISERING EN INTERNE EUTROFIERING; GEVOLGEN VAN BICARBONAAT- EN SULFAAT-RIJK INLAATWATER

Voor de achteruitgang van oecologische waarden in het Noorderpark is niet alleen de externe toevoer van verontreiningen en plantevoedingsstoffen (via Vechtwater en de landbouw) verantwoordelijk. De eutrofiëring en verslechtering van de waterkwaliteit kan mede een gevolg zijn van veranderde fysisch-chemische omstandigheden in de bodem onder invloed van inlaatwater met een hoog sulfaat- en bicarbonaatgehalte.

De verhoogde trofiegraad in sulfaat- en bicarbonaatrijk water kan het gevolg zijn van zowel chemische als biologische processen waarin veranderingen in resp. de bindingscapaciteit van bodemcomplexen, vaak gereguleerd door de redoxpotentiaal, en de microbiële activiteit een belangrijke rol spelen. Vooral de combinatie van een hoog gehalte aan bicarbonaat en sulfaat - dat gereduceerd wordt tot sulfide - blijkt te leiden tot eutrofiëring. Hoewel onderzoek naar de achterliggende mechanismen nog in volle gang is, lijken de resultaten van een aantal onderzoeken aan te geven dat bicarbonaat in feite de verantwoordelijke factor is , en sulfaat de eutrofiëring versterkt. Experimenteel is vastgesteld dat de reductie van sulfaat in zuur milieu geen invloed heeft op het vrijkomen van P uit het sediment, maar dat P versneld vrijkomt uit het sediment als gevolg van de alkalinisering van het water (Curtis, 1989). Door meerdere onderzoekers is vastgesteld dat alkalinisatie alleen, of in combinatie met hoge sulfide-concentraties als gevolg van sulfaatreductie, leidt tot het versneld vrijkomen van P uit het sediment en een verhoogde trofiegraad van het water (Canfield, 1983; Stauffer, 1985; Bloemendaal & Roelofs, 1988; Curtis, 1989). Een ondersteuning van deze theorie wordt gevonden in het onderzoek van Van Katwijk & Roelofs (1988) waarbij de samenhang is onderzocht van fysisch-chemische eigenschappen van 600 oppervlaktewateren in Nederland. Zij stelden vast dat het fosfaatgehalte en de alkaliniteit in water en bodem in ordinatiediagrammen sterk in dezelfde richting veranderen, hetgeen betekent dat een hoge alkaliniteit in het algemeen samengaat met hoge O-PO_4-concentraties.

Reeds geruime tijd is bekend dat de afbraak van organisch materiaal in zure wateren geremd is vergeleken met alkaliene wateren (Traaen, 1980; Mckinley & Vestal, 1982; Hoeniger, 1985). De hypothese van Brock et al. (1985) dat bicarbonaat afbraakremmende zuren neutraliseert waardoor de decompositie in alkalisch milieu niet wordt geremd, is nader onderzocht door Kok & Van de Laar (1989). Zij toonden aan dat de afbraaksnelheid van organisch materiaal sterk gecorreleerd is met de interne pH van

het detritus. De interne pH en de afbraaksnelheid blijken veel meer af te hangen van de buffercapaciteit van het water dan van de pH. In bicarbonaat-gebufferde media blijft de interne pH in het optimale traject voor afbraak, hetgeen leidt tot een hogere afbraaksnelheid dan in media met een zeer lage of geen buffercapaciteit.
Bicarbonaat versnelt dus de decompositie en dit lijkt te berusten op de neutralisatie van zuren waardoor verhinderd wordt dat er zure microniches ontstaan in het detritus waar de afbraak geremd is. De versnelde afbraak onder invloed van bicarbonaat leidt tot een hoger trofieniveau van het water en doordat de micro-organismen zuurstof verbruiken daalt de redoxpotentiaal. De redoxpotentiaal is - naast de pH en de temperatuur - een van de belangrijkste regulerende factoren in de de mobilisatie van P en N van het sediment naar de waterlaag (Mortimer, 1941, 1942; Fillos & Swanson, 1975; Holdren et al., 1980; Bostrom et al., 1982; Hosomi et al., 1982). Onder anaerobe condities (lage redoxpotentiaal) wordt driewaardig ijzer gereduceerd waarbij fosfaten in oplossing gaan. Naast het vrijkomen van voedingsstoffen door een versnelde afbraak onder invloed van bicarbonaat, worden dus ook fosfaten gemobiliseerd uit het sediment doordat de redoxpotentiaal daalt. Indien het water naast een hoog bicarbonaatgehalte ook een hoog sulfaatgehalte heeft, wordt dit proces versterkt. Dit gebeurt op de eerste plaats doordat sulfaat bij een lage redoxpotentiaal wordt gereduceerd tot sulfide dat met gereduceerd ijzer neerslaat. Door de onttrekking van gereduceerd ijzer aan het (bodem)water verschuift het evenwicht in de redoxreactie van Fe(III) naar Fe(II) waarbij fosfaat in oplossing komt. FeS vorming, gepaard gaande met P-mobilisatie, treedt vooral op in alkaliene gebufferde wateren die worden blootgesteld aan een hogere sulfaat-flux (Stauffer, 1981). Op de tweede plaats gaat de reductie van sulfaat gepaard met bicarbonaat-vorming (Schindler et al., 1986; Cook et al., 1986; Baker et al., 1986; Psenner, 1988; Bloemendaal & Roelofs, 1988):

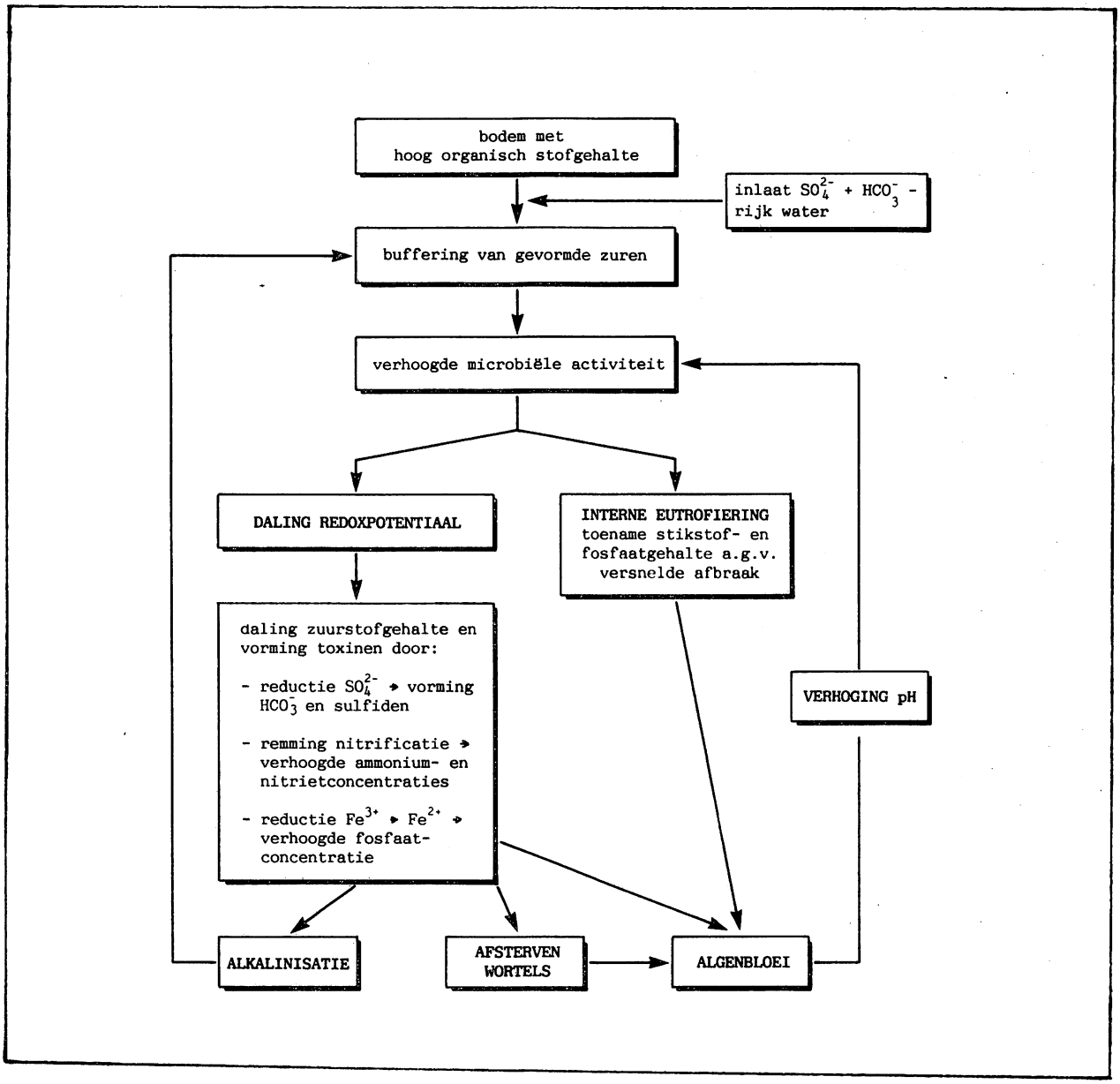
bijvoorbeeld
$$2\ CH_2O + SO_4^{2-} \longrightarrow 2\ H_2O + S^{2-} + 2\ CO_2$$
$$CO_2 + 2\ H_2O \longrightarrow HCO_3^- + H_3O^+$$
$$S^{2-} + H_3O^+ \longrightarrow HS^- + H_2O$$

De gevormde bicarbonaat-alkaliniteit geeft een positieve feedback op de eutrofiërende processen.
Volgens Schindler (1988) treedt interne alkalinisering voornamelijk op door biologische reductie van sulfaat en nitraat (Schindler, 1986; Schindler et al., 1986; Rudd et al., 1986; Cook et al., 1986; Baker et al., 1986) terwijl de uitwisseling van kationen (Carignan, 1985; Schiff & Anderson, 1986, 1987) en redoxreacties (Cook & Schindler, 1983; Schiff & Anderson, 1987) van wisselende importantie zijn . Psenner (1988) noemt dezelfde processen verantwoordelijk maar schrijft een hogere bijdrage toe aan de uitwisseling van Ca^{2+} en Mg^{2+} (in oplossing gaan van de carbonaat-buffers). In wateren met een pH > 6,3 is dit het gevolg van de decompositie van organisch materiaal, de accumulatie van NH_4^+ en CO_2 en de verlaging van de redoxpotentiaal (Sholkovitz, 1985).

Interne alkalinisering en eutrofiëring kunnen plaatsvinden en

blijven doorgaan terwijl de externe eutrofiëring is gestopt (Stauffer, 1985; Schindler et al., 1986; Bloemendaal & Roelofs, 1988; Curtis, 1989).
Niet alleen het sulfaat-, maar ook het nitraat-gehalte beïnvloedt de interne alkalinisering en eutrofiëring. Andersen (1982) toonde aan dat nitraat efficiënter dan zuurstof in staat is de redoxpotentiaal van het sediment hoog te houden waardoor het in oplossing gaan van fosfaat wordt voorkomen. Bij een zeer lage nitraatconcentratie of een hoge ammonium/nitraat-ratio daarentegen komt P vrij uit het sediment. De resultaten van Van Katwijk & Roelofs (1988) wijzen in dezelfe richting: zij stelden vast dat wateren met een hoog fosfaat- en bicarbonaat-gehalte in het algemeen juist een laag nitraat-gehalte hebben. Bij een geremde nitrificatie (de omzetting van ammonium via nitriet in nitraat) gaat fosfaat in oplossing. Een dalende redoxpotentiaal en een toenemende mineralisatie via denitrificatie leiden aldus tot fosfaatmobilisatie en (tijdelijk) verhoogde nitriet- en ammonium-gehalten (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Bij een hoge pH gaat NH_4^+ over in NH_3. Ammoniak is reeds in zeer lage concentraties giftig en vooral schadelijk voor wortels van waterplanten. Een geoxideerde toplaag van het sediment vormt een barrière voor gereduceerde verbindingen die in de diepere, anaerobe sedimentlagen in hoge concentraties voorkomen. De dikte van de geoxideerde toplaag, die mede bepalend is voor de diffusiesnelheid van gereduceerde verbindingen en fosfaten, wordt in belangrijke mate bepaald door processen die hierboven beschreven zijn. De gereduceerde, veelal giftige stoffen kunnen, indien ook de toplaag anaeroob en reducerend is geworden, gemakkelijker diffunderen naar de waterlaag. Dit is bijvoorbeeld vaak het geval in sterk belaste wateren met een afsluitend kroosdek.
Hoewel de exacte mechanismen van alkalinisering en eutrofiëring nog onderwerp van onderzoek zijn, is tot nu toe wel vastgesteld dat alkalinisering kan leiden tot een verhoogde decompositiesnelheid, fosfaat-mobilisatie vanuit het sediment naar de waterlaag en dit gepaard gaat met de vorming van toxinen zoals sulfiden, nitriet en ammoniak. De (interne) alkaliniteit neemt toe naarmate de sulfaat-concentratie in het water hoger is en de redoxpotentiaal lager (Cook & Schindler, 1983; Schindler, 1985; Bloemendaal en Roelofs, 1988).

Het beïnvloedingsproces van bicarbonaat- en sulfaatrijk (inlaat)water op de water- en bodemkwaliteit is schematisch weergegeven in figuur 2. Hieruit blijkt dat een eenmaal op gang gebrachte verharding en eutrofiëring leidt tot processen die moeilijk te stoppen zijn.

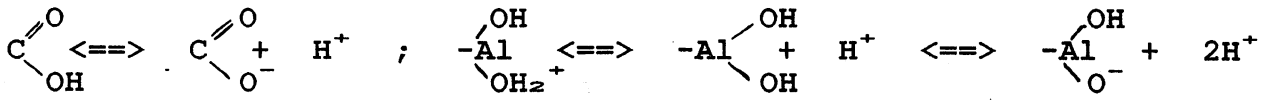


Figuur 2: Effecten van alkalisch bicarbonaat- en sulfaat-rijk inlaatwater op de water- en bodemkwaliteit in veengebieden.

2.2 KWELWATER

Water dat op een hoger gelegen plek de bodem inzijgt kan op een lager gelegen plek als kwelwater weer aan de oppervlakte komen. Via uitwisselingsprocessen geeft het water op zijn route door de ondergrond bepaalde stoffen af en neemt weer andere (vooral anorganisch koolstof en calcium) op.
In de bodem hebben met name oxyden en hydroxyden, organische stof en kleimineralen het vermogen om kationen of anionen uit te

wisselen. Bij organische stof is in dit verband de reactie van -COOH en -OH groepen, veelal van humuszuren het belangrijkst. Bij kleimineralen dissociëren vaak Si-OH en Al-OH groepen:



Bij een pH tussen 4 en 7 gaan (oxy)hydroxyden in oplossing waarbij H^+-ionen vrijkomen en kationen adsorberen. Bij een pH tussen 6,5 en 8,5 worden de H^+-ionen geneutraliseerd door de carbonaatbuffer (Ulrich,1981; Breeuwsma & de Vries, 1983):

$$HCO_3^- + H^+ \Longleftrightarrow H_2CO_3 \Longleftrightarrow H_2O + CO_2$$

Het relatieve aandeel van de vorm waarin anorganisch koolstof voorkomt, dat wil zeggen de verhouding tussen CO_2, HCO_3^- en CO_3^{2-} is essentieel in chemisch en oecologisch opzicht (Moss, 1973).
Indien (bicarbonaathoudend) grondwater veenlagen met een hoog organisch stofgehalte passeert, worden dus kationen uitgewisseld tegen H^+-ionen en wordt vervolgens bicarbonaat omgezet in CO_2. Dit CO_2 kan ondergronds niet ontwijken. Het water in kwelmilieu's wordt dientengevolge vaak gekenmerkt door zowel een vrij hoog bicarbonaat-gehalte als een vrij hoog kooldioxide-gehalte. Talling (1985) heeft aangetoond dat er een gradiënt kan bestaan in het CO_2 - HCO_3^- - evenwicht - en daardoor ook in pH - vanaf het sediment naar het wateroppervlak en dat dit van belang is voor chemische en biologische systemen. In een kwelsituatie is de waterlaag net boven de bodem en het interstitiële bodemwater oververzadigd aan CO_2 waardoor de carbonaatconcentratie toeneemt op basis van de evenwichtsreacties van CO_2- HCO_3^-- CO_3^{2-}. De carbonaten worden via neerslagreacties met Ca^{2+} en Mg^{2+} onttrokken aan de waterlaag (Pentecost, 1985). Indien ijzerhoudend kwelwater de aerobe overgangszone van sediment naar waterlaag passeert, wordt Fe^{2+} geoxydeerd tot Fe^{3+}. De in de waterlaag aanwezige fosfaten en sulfaten worden aan de waterlaag onttrokken doordat ze onoplosbare verbindingen vormen met driewaardig ijzer. Fosfaten en -sulfaten slaan ook neer met Ca^{2+}, zij het bij een wat hogere pH dan met Fe^{3+} en bij hogere concentraties (Golterman, 1975). De aerobe zone vormt bovendien een barrière voor gereduceerde verbindingen uit de diepere bodemlagen om (in gereduceerde vorm) naar de waterlaag te diffunderen. Het gehalte aan giftige, gereduceerde verbindingen in het water is dientengevolge laag.
Bovenstaande mechanismen spelen een belangrijke rol voor de trofiegraad van het water; in kwelmilieu's worden voedingsstoffen aan het water onttrokken en is het water in het algemeen relatief voedselarm. Echter, kwelwater is vaak ook matig rijk tot rijk aan bicarbonaat. In een kwelsituatie waarin een continue doorstroming plaatsvindt van water waarin de aciditeit en de alkaliniteit in een zeker evenwicht zijn, en dat nauwelijks sulfaten bevat, blijken eutrofiërende en toxificerende processen onder invloed van bicarbonaat zoals beschreven in 2.1, niet of zeer beperkt op gang te komen. Dit is mogelijk een gevolg van de CO_2-concentratie, die vooral in de overgangszone van sediment naar

water hoog is. Doordat CO_2 een zuurvormend oxide is ($CO_2 + H_2O \Longleftrightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$), heeft het water een relatief hoge aciditeit. De combinatie van een matig hoge aciditeit én een matig hoge alkaliniteit komt in de oppervlakkige waterlaag (of inlaatwater) niet of nauwelijks voor. In de bovenste waterlaag is de CO_2-concentratie van het water in evenwicht met die in de lucht (Talling, 1985). De zuur neutraliserende werking van bicarbonaat die leidt tot interne eutrofiëring, wordt wellicht gecompenseerd door de zuurvormende werking van kooldioxide waardoor de microbiële activiteit in het detritus niet wordt verhoogd. De hypothesen omtrent de effecten van de alkaliniteit en aciditeit op de zuurgraad en het trofieniveau van kwelwater dienen nader onderzocht te worden.

CO_2 speelt niet alleen een belangrijke rol in chemische evenwichtsreacties maar is tevens een belangrijke factor in de koolstofhuishouding van (water)planten. De fotosynthese van ondergedoken planten en algen verloopt relatief moeilijk doordat atmosferisch CO_2 zich langzaam verplaatst in de waterlaag. Veel planten en algen kunnen naast CO_2 ook bicarbonaat efficiënt als koolstofbron gebruiken maar een aantal is aangewezen op CO_2. In dat opzicht is de CO_2-gradiënt in de waterlaag van belang. Spence & Maberly (1985) toonden aan dat een aantal CO_2-gebruikende waterplanten konden overleven in water dat in de bovenste waterlaag alkalisch was. Dit was mogelijk doordat in de diepere waterlaag wel voldoende CO_2 voorhanden was dat vrijkwam uit het sediment. Kwelindicerende soorten zijn veelal CO_2-gebruikers. Waterviolier (*Hottonia palustris*) is bijvoorbeeld een soort die uitsluitend kooldioxide als C-bron benut. Ze komt dan ook bijna uitsluitend voor op plaatsen met CO_2-houdend kwelwater en is een goede kwelindicator (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Naast waterviolier zijn veel planten welke van nature voorkomen in wateren met een hoge aciditeit (veel CO_2) gebonden aan kwel of (ongestoorde) veenmilieu's zoals kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*), vele smalbladige fonteinkruidsoorten en ook krabbescheer (*Stratiodes aloïdes*).
Op de plek waar het water opwelt is de bodem vaak opvallend "schoon" mineraal, terwijl op andere plaatsen wel een sliblaagje aanwezig kan zijn. Kwelplaatsen worden dientengevolge vaak gekenmerkt door een direct in het oog vallend mozaiekpatroon in de vegetatie.
Indien de kwelstroom wegvalt zullen de voor het oorspronkelijke milieu kenmerkende soorten verdwijnen. Bij het inlaten van water waarin het bicarbonaatgehalte even hoog is als in kwelwater zal het water alkaliniseren. In het Noorderpark heeft water in die gebieden waar veel kwel optreedt bijvoorbeeld een pH van ongeveer 7 hetgeen absoluut gezien uiteraard geen lage pH is. In relatie tot het bicarbonaatgehalte echter (1,5 - 2 meq/l), kan dit een relatief lage pH genoemd worden aangezien oppervlaktewater met een evenhoog bicarbonaatgehalte een alkalische pH (pH > 7) heeft. De - toch al relatief lage - pH is de gemiddelde waarde van metingen op verschillende diepten waarbij waarschijnlijk geen rekening is gehouden met een eventuele CO_2- en pH-gradiënt in de waterlaag. Het is dus niet ondenkbaar dat de pH van het interstitiële bodemwater en de diepste waterlaag nog lager is. In (ongestoorde) laagveenplassen in de Weerribben bijvoorbeeld bleek

de pH van het bodemwater 1 tot 2 eenheden lager te zijn dan in de (oppervlakkige) waterlaag. Inlaat van gebiedsvreemd water leidde ook wel tot een alkalinisering van het water, maar vooral tot een toename van de alkaliniteit van het water in het sediment (Roelofs & Torenbeek, 1989). De pH in het bodemwater van ongestoorde plassen varieerde gedurende het seizoen tussen 5 en 6, en was in gestoorde plassen (met inlaat) gemiddeld ongeveer 1 pH-eenheid hoger. De pH in de waterlaag was resp. 1 en 2 eenheden hoger dan in het bodemwater (Horssen & Henskens, 1983).

Indien de kwelstroom afneemt en vervangen wordt door inlaatwater met een evenhoog bicarbonaatgehalte maar een zeer laag CO_2-gehalte betekent dat dus een verhoging van de pH oftewel alkalinisering met alle gevolgen vandien (zie 2.1). Daar komt nog bij dat bicarbonaatgebruik door planten gepaard gaat met OH^- afgifte waardoor de pH nog verder stijgt.

Kort samengevat zijn de negatieve gevolgen van een verminderde of verdwenen kwelstroom in het Noorderpark:
- het oppervlaktewater alkaliniseert hetgeen leidt tot (interne) eutrofiëring en vorming van giftige gereduceerde verbindingen
- de meest karakteristieke planten verdwijnen doordat ze problemen krijgen met hun koolstofhuishouding (fotosynthese) en/of zuurstofvoorziening.

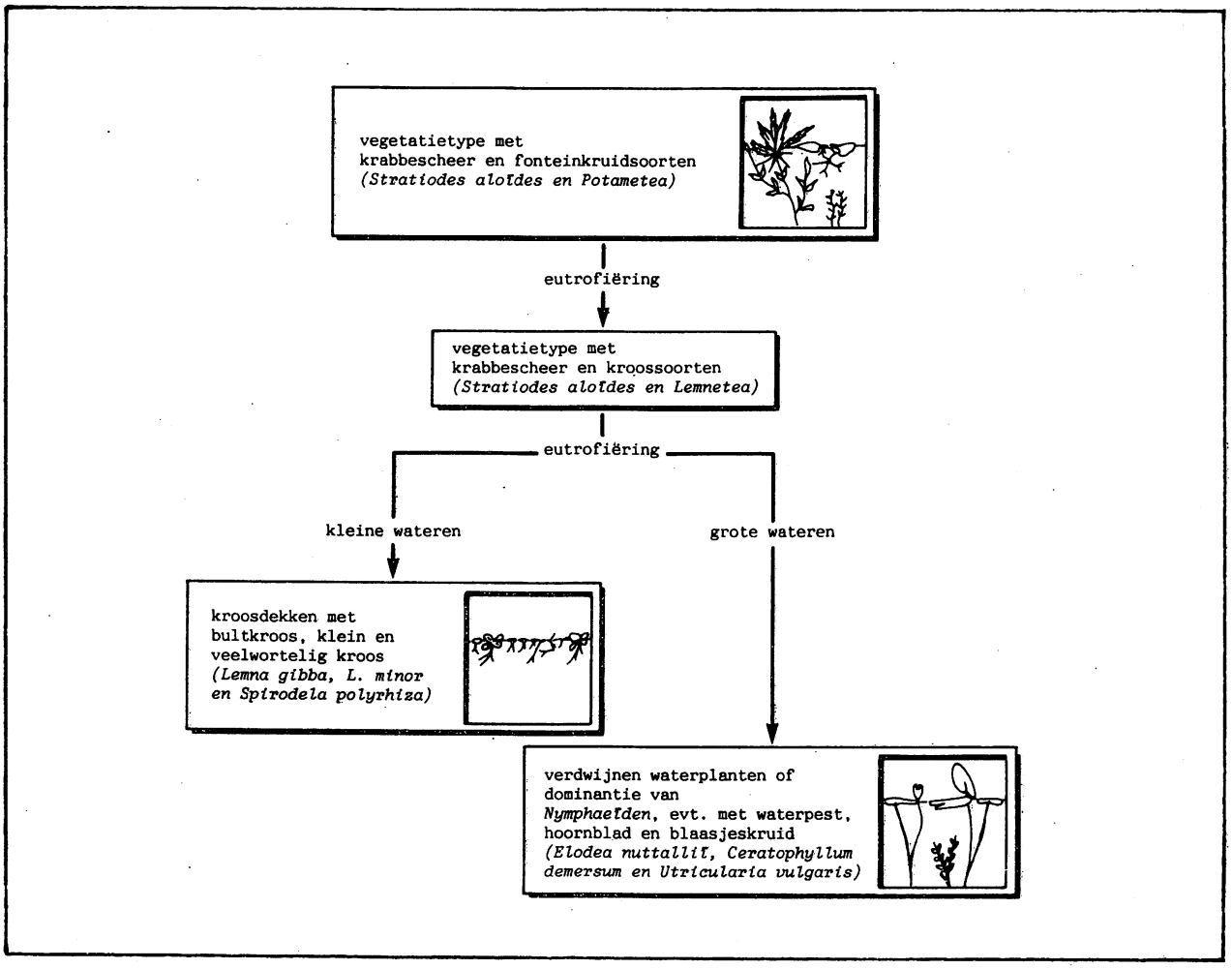
2.3 VERANDERINGEN IN VEGETATIE ALS GEVOLG VAN EUTROFIERING

De waterkwaliteit in het Noorderpark kan in negatieve zin beïnvloed worden door de externe toevoer van nutriënten via Vechtwater en de landbouw en het intern vrijkomen van nutriënten en toxinen uit de bodem als gevolg van de inlaat van Vechtwater. Dit leidt tot veranderingen in de vegetatiesamenstelling. Kenmerkend voor eutrofiëring en de vaak daarmee gepaard gaande toxificatie, is dat veel waterplanten verdwijnen en de diversiteit aan soorten dan wel vegetatietypen nivelleert. In het algemeen sterven wortelende, volledig ondergedoken waterplanten af, en in het bijzonder die soorten waarvoor een minerale bodem en/of matig voedselrijk (kwel)water een bestaansvoorwaarde is. Drijvende waterplanten of waterplanten die anderszins zijn aangepast aan zuurstof- of licht-gelimiteerde omstandigheden, gaan domineren. In het algemeen treedt een verschuiving op van waterplanten met een verticale naar planten met een horizontale groeistrategie (Bloemendaal & Roelofs, 1988; van Katwijk & Roelofs, 1988).
De veranderingen die zich in de vegetatie zullen voordoen indien het water eutrofieert, hangen nauw samen met het uitgangsmilieu. De aquatische systemen in het Noorderpark kunnen in dat kader als volgt worden ingedeeld:

1) wateren met een venige bodem
2) wateren met een minerale bodem (vooral sloten die geschoond

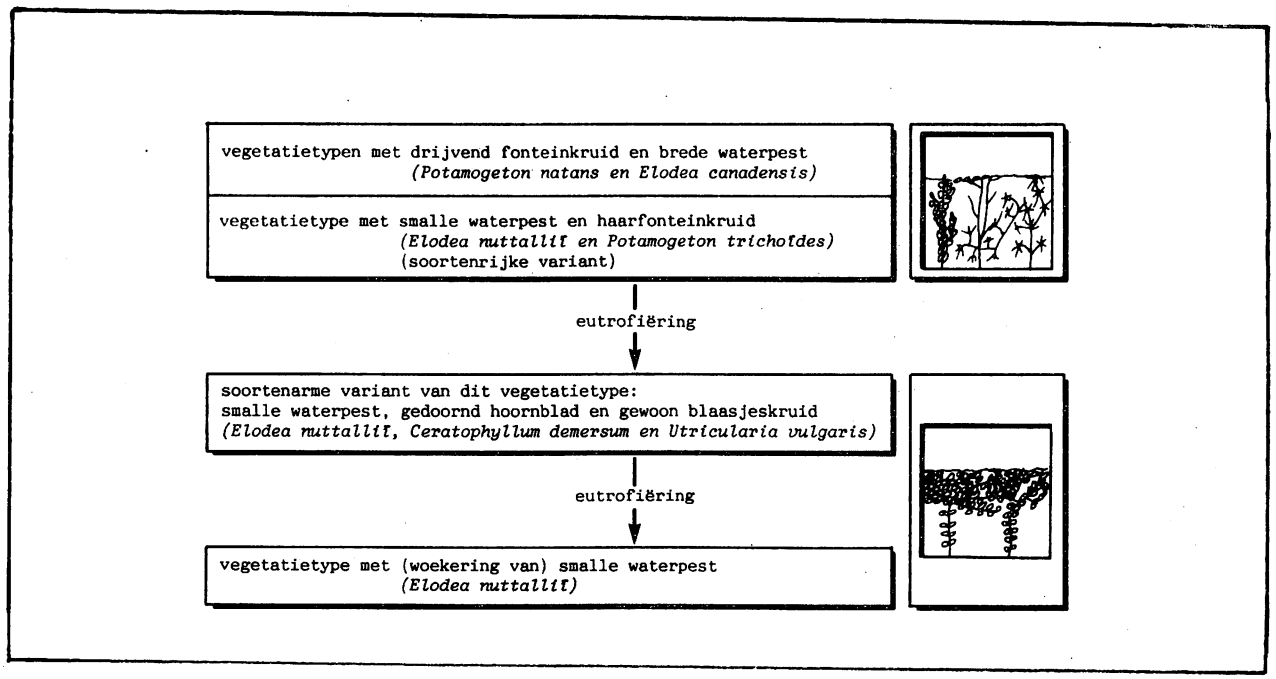
worden tot op het minerale zand), en
3) kwelmilieu's.

ad 1):
Het voor veensloten kenmerkende vegetatietype van krabbescheer met fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes met Potametea*) gaat bij eutrofiëring over in het vegetatietype van krabbescheer met kroossoorten (*Stratiodes aloïdes met Lemnetea*) (van Katwijk & Roelofs, 1988). Bij verdergaande eutrofiëring gaan kroossoorten steeds meer domineren. Dit kan in het uiterste geval leiden tot sloten met dichte kroosdekken waarin geen ondergedoken soorten meer kunnen leven. In grotere wateren, waarin windwerking en golfslag in het algemeen sterker zijn, gaan vaak *Nymphaeïden* domineren, soms begeleid door smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*). Nymphaeïde waterplanten zijn in staat met hun wortels in een anaeroob, reductief milieu te groeien doordat ze met hun worteltopjes de bodem kunnen aereren (Dacey, 1981; Dacey & Klug, 1982). Via hun drijfbladeren kunnen ze CO_2 en O_2 opnemen uit de lucht.



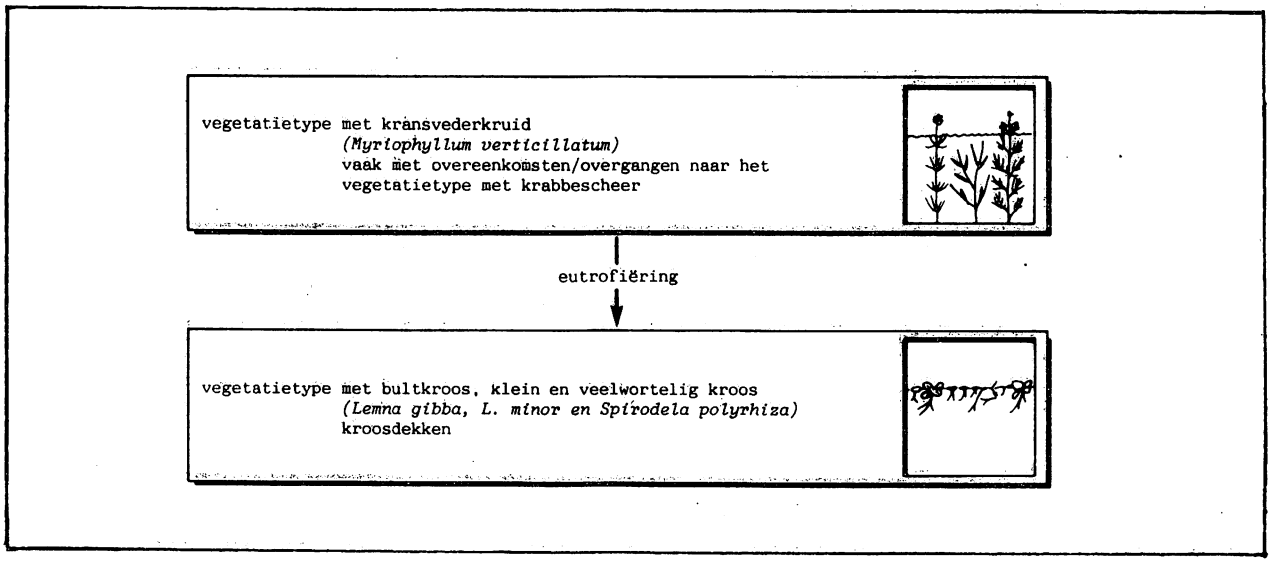
Figuur 3: veranderingen van waterplantenvegetaties in laagveengebieden als gevolg van eutrofiëring.

ad 2):
In sloten met een minerale bodem en voedselarm tot matig voedselrijk water groeit in het Noorderpark het vegetatietype met drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) (soortenrijke variant) en het type met brede waterpest (*Elodea canadensis*) (van Katwijk & Roelofs, 1988).
Het eerstgenoemde vegetatietype met drijvend fonteinkruid zal doorgaans domineren als de sloot oppervlakkig geschoond wordt terwijl brede waterpest meer op de voorgrond treedt bij dieper schonen . Deze vegetatietypen vertonen grote overeenkomst en komen beide voor in sloten en beken met helder, kleurloos, matig voedsel- en ionen-rijk water en minerale bodems (van Katwijk & Roelofs, 1988) . In sloten waarin het water iets voedselrijker is, komt de soortenrijke variant van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes*) voor. Dit is een soortenrijk, rijk gestructureerd vegetatietype waarin zowel brede als smalle waterpest (*Elodea canadensis en E. nuttallii*) voorkomen, fonteinkruidsoorten, stijve waterranonkel (*Ranunculus circinatus*) en gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) (van Katwijk & Roelofs, 1988).
Eutrofiëring leidt in deze sloten in eerste instantie tot dominantie van smalle waterpest (*Elodea nuttallii*), gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) en gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*). Nog verdergaande eutrofiëring leidt tot woekering van smalle waterpest, die van een verticale groeistrategie overgaat in een horizontale groeistrategie.



Figuur 4: Veranderingen in watervegetaties in wateren met een minerale bodem als gevolg van eutrofiëring.

ad 3:
In kwelmilieu's komt het vegetatietype met kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*) (van Katwijk & Roelofs, 1988) voor, waarin kwelindicatoren zoals kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*) en waterviolier (*Hottonia palustris*) voorkomen. De smalbladige fonteinkruidsoorten (*Potametea*) komen hierin frequent voor en dit vegetatietype vertoont vaak overeenkomsten of overgangen naar het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) (van Katwijk & Roelofs, 1988).
Naarmate het water eutrofieert gaan kroossoorten steeds meer domineren terwijl de kritische kwelindicatoren afsterven. Doorstromend kwelwater heeft een gunstige invloed op geëutrofieerd water. Volledig afsluitende en verstikkende kroosdekken ontstaan vooral in geëutrofieerd, stagnant water.



Figuur 5: Veranderingen in watervegetaties in kwelmilieu's als gevolg van eutrofiëring.

Naast de mate van eutrofiëring (via Vechtwater en/of de landbouw), de bodemsamenstelling en de mate van doorstroming, is ook het schoningsregime een sturende factor voor de vegetatiesamenstelling. In het algemeen zijn langzame groeiers, die vaak vroeg in het voorjaar opkomen (bijvoorbeeld Ranunculussoorten) in het nadeel indien geschoond wordt terwijl soorten die zich snel kunnen ontwikkelen in het voordeel zijn. Daarnaast hebben de diepte (ad 2 al even genoemd) en het tijdstip van schonen invloed op de soortensamenstelling. Schonen in het vroege voorjaar leidt in het algemeen tot veel smalbladige fonteinkruidsoorten terwijl waterpest (*Elodea*) vegetaties opkomen indien laat in het seizoen wordt geschoond. Ook indien drijvende vegetaties in het voorjaar worden verwijderd, treedt vaak een toename op van waterpest, hoornblad en draadwieren.

Hoofdstuk 3
EFFECTVOORSPELLING: DE WATER- EN OEVERVEGETATIE

3.1. VERSPREIDING VAN GEBIEDSVREEMD WATER

In het kader van een herinrichting is een aantal maatregelen voorgesteld dat betrekking heeft op de waterkwantiteit en/of -kwaliteit. De gevolgen hiervan voor de water- en oevervegetaties hangen nauw samen met de chemische samenstelling van gebiedseigen en gebiedsvreemd water en de verspreiding van beide. De grootste veranderingen in de vegetatiesamenstelling zijn te verwachten in die gebieden waar in de huidige situatie geen inlaatwater komt en dat wel zal gaan gebeuren bij bepaalde maatregelen, én in de omgekeerde situatie: daar waar de huidige, sterke invloed van gebiedsvreemd water in de toekomst mogelijk achterwege zal blijven. Voor het voorspellen van de te verwachten water- en oevervegetatie is derhalve de verspreiding van het gebiedsvreemde water, en de verschillen daarin bij verscheidene scenario's, van groot belang.

De Landinrichtingsdienst heeft in samenwerking met Provinciale Waterstaat de wateraanvoerbehoeften voor de verschillende polders berekend met behulp van het programma HYMUST. Vervolgens heeft de Landinrichtingsdienst bepaald in welke mate deelgebieden onder invloed staan van gebiedsvreemd water. De methode geeft een indicatie welke gebieden onder invloed kunnen komen van gebiedsvreemd water zonder dat een scherpe grens wordt aangegeven tot waar gebiedsvreemd water komt.
De verspreiding van gebiedsvreemd water is berekend voor de huidige situatie in een normaal en in een 10% droog jaar en voor de te verwachten situatie bij een maximaal positief en een maximaal negatief effect van voorgestelde maatregelen in een normaal en een 10% droog jaar. Tevens zijn de balansen over het zomerhalfjaar (hoeveelheden wateraanvoer en -afvoer in m^3*1000) bij maximaal positief en maximaal negatief effect in een gemiddeld jaar en een 10% droog jaar bepaald (Landinrichtingsdienst, 1988).

Het begrip positief en negatief effect is voor iedere polder gebaseerd op een combinatie van verschillende ingrepen. Peilverlaging in een bepaalde polder leidt tot een vermindering van de wateraanvoerbehoefte en een toename van de kwel, terwijl in de naburige polders de wateraanvoerbehoefte groter wordt en de kwel afneemt. Indien bijvoorbeeld in polder Westbroek een lager peil wordt ingesteld en minder water wordt aangevoerd zal in Westbroek de hoeveelheid kwel toenemen. Dit zal echter leiden tot een grotere aanvoerbehoefte in polder Huis ter Hart doordat water daar wordt weggezogen. De kaarten die de situatie bij maximaal positief en maximaal negatief effect weergeven kunnen daarom niet als één geheel, doch slechts per polder worden bezien (Landinrichtingsdienst, 1988).
Volgens berekeningen van de Landinrichtingsdienst zou de wateraanvoerbehoefte flink kunnen verminderen indien de

waterbeheerder grotere peilschommelingen zou toestaan. Voor een aantal polders zou in een gemiddeld jaar in de huidige toestand geen wateraanvoer meer nodig zijn. Bij een maximaal positief effect in een gemiddeld jaar zou zelfs alleen nog wateraanvoer in de Gagelpolder nodig zijn.
Een dergelijk beheer zou zeker ten goede komen aan de waterkwaliteit en de water- en oeverplantenvegetaties in het Noorderpark en de voorkeur verdienen boven een alternatief type inlaatwater. De toename in peilfluctuaties en de daling van het waterpeil in het voorjaar die hier het gevolg van zijn hebben voor de aquatische systemen geen catastrofale gevolgen en zijn te prefereren boven het inlaten van gebiedsvreemd water. Wellicht zijn trilvenen en moeras-vegetaties daar wel gevoelig voor.

De bovengenoemde mogelijkheid volgens welke het inlaten van gebiedsvreemd water niet meer nodig zal zijn doordat grotere peilschommelingen worden toegestaan, wordt beschouwd als het meest gunstige scenario en dient derhalve als uitgangspunt voor de effectvoorspelling bij een zogenaamd "maximaal positief effect" van maatregelen.
Voor de effectvoorspelling bij het "maximaal negatief effect" van maatregelen (het meest ongunstige scenario) dient als uitgangspunt: de verspreiding en mate van invloed van gebiedsvreemd water in een 10% droog jaar, bij maximaal negatief effect volgens de bepalingen van de Landinrichtingsdienst (1988).
Daarbij wordt ervan uitgegaan dat een bepaald type gebiedsvreemd water wordt ingelaten dat leidt tot een zekere mate van eutrofiëring. De gevolgen van de voorgestelde, alternatieve, in te laten wateren in plaats van Vechtwater komen aan de orde in hoofdstuk 4.

Per polder wordt eerst een beschrijving gegeven van de waterkwaliteit en de vegetatiesamenstelling in de huidige situatie. Vervolgens wordt de te verwachten vegetatieontwikkeling besproken bij maximaal positief en maximaal negatief effect van maatregelen.

3.2 DE CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN HET WATER IN DE VERSCHILLENDE POLDERS

De gemiddelde waarden van de watersamenstelling in de verschillende polders en van Vechtwater, die door de Vakgroep Botanische Oecologie van de Rijksuniversiteit Utrecht zijn verzameld gedurende een aantal jaren in de winterperioden, staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1: Zuurgraad, geleidingsvermogen (EGV), ionenratio (IR) en chemische samenstelling van het water in de verschillende polders in het Noorderpark en de Vecht (Botanische Oecologie, RUU). Het EGV is uitgedrukt in µS/cm, de concentraties bicarbonaat, sulfaat, chloride, calcium, magnesium, natrium en kalium in meq/l; de overige concentraties in µmol/l.

	West-broek	Huis te Hart	Kerk-eind	Achtien-hoven	Gagel-polder	Molen-polder	Tien-hoven	Bethune-polder	Vecht water
pH	7.7	7.7	7.4	7.3	6.9	8.3	7.8	7.2	7.3
EGV	288	328	314	384	394	408	270	552	964
$IR_{Ca,Mg}$	0.78	0.75	0.78	0.68	0.49	0.66	0.76	0.77	0.53
Bicarbonaat	1.84	1.44	1.71	1.53	2.48	1.72	1.69	4.84	2.67
Sulfaat	0.14	0.34	0.19	0.38	0.80	0.37	0.18	0.21	1.26
Chloride	0.60	0.81	0.74	1.22	1.83	1.37	0.62	1.32	4.20
Calcium	0.87	0.95	1.01	1.04	1.73	1.03	0.81	3.97	3.80
Magnesium	0.16	0.23	0.18	0.20	-	0.26	0.18	0.47	0.88
Natrium	0.53	0.70	0.59	1.21	1.05	0.96	0.52	0.95	3.76
Kalium	0.04	0.16	0.05	0.08	0.47	0.15	0.07	0.09	0.19
O-Fosfaat	1	4	2	3	3	8	1	3	128
Nitraat	14	65	52	35	35	31	19	30	285
Ammonium	29	28	37	38	144	52	30	366	240
IJzer	4	4	13	5	-	1	3	-	-
Aluminium	1	2	1	2	-	1	1	-	-

Zoals in 1.4 is besproken wordt de gebiedseigen waterkwaliteit het best benaderd door de samenstelling in de winter en het vroege voorjaar. Het grotere aandeel van regenwater in de winter ten opzichte van de zomer leidt in het algemeen niet tot een ander watertype of een afwijkende samenstelling. De winter- en voorjaar-metingen geven een juist beter en ook betrouwbaarder beeld van de basiskwaliteit dan de zomer-metingen; niet alleen omdat dan de invloed van gebiedsvreemd water klein is, maar ook vanwege de grote schommelingen die gedurende een zomerdag vaak optreden. In de zomer leidt het tijdstip van de dag waarop gemeten wordt, tot verschillen in bepaalde waarden. Zo kan de pH gedurende een zonnige warme dag oplopen van 6 à 7 tot 11.

3.3 POLDER WESTBROEK

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN POLDER WESTBROEK

De meetgegevens van het "gebiedseigen" water in polder Westbroek zijn verzameld in de jaren 1982, 1983, 1984, 1985 en 1986 (Botanische Oecologie, RUU). De gemiddelde concentraties (meq./l) zijn vermeld in tabel 1. Het "gebiedseigen" water is een bicarbonaattype water hetgeen betekent dat het relatieve aandeel van bicarbonaat hoog is. Toch is het water niet bicarbonaatrijk; op basis van de (absolute) bicarbonaat-concentratie valt het gebiedseigen water in de categorie zacht en matig hard water (de Lyon & Roelofs, 1986). Dit impliceert dat zowel het relatieve aandeel als de absolute concentraties van sulfaat en chloride laag zijn. Tevens is het water matig voedselrijk (ortho-fosfaat = 1,0 umol/l; nitraat = 14,0 umol/l). Matig hard en matig voedselrijk water met daaraan gerelateerde waterplantenvegetaties worden vooral in het oostelijke en het centrale deel van polder Westbroek aangetroffen. De watersamenstelling van de verschillende jaren wijst op het optreden van kwel in een aantal sloten, met name in het oostelijk deel. In het zuid-westen van de polder is het water voedselrijker, harder en heeft het een hogere ionenrijkdom. Dit deel staat onder sterke invloed van Vechtwater. De verschillen in watersamenstelling tussen een periode zonder (juli 1985) en een periode met veel waterinlaat (juli 1986) zijn in dat deel dat onder sterke invloed staat van Vechtwater duidelijk waarneembaar: de saliniteit en het nitraatgehalte is bij de meeste punten in juli 1986 aanzienlijk toegenomen ten opzichte van juli 1985.
De gemiddelde alkaliniteit binnen polder Westbroek verschilt niet significant tussen juli 1985 (2,20 $\pm$ 0,53 meq/l) en juli 1986 (2,34 $\pm$ 0,70 meq/l). De meetpunten die binnen het verspreidingsgebied van het inlaatwater liggen laten daarentegen wel een duidelijke verhoging van de alkaliniteit zien (gegevens verzameld door de Landinrichtingsdienst, provincie Utrecht):

meet-punt	alkaliniteit juli 1985	alkaliniteit juli 1986	verschil
1.1	1,83	3,03	1,20
1.2	.	2,13	.
2.3	2,22	3,03	0,81
2.2	.	2,90	.
3.3	1,90	3,28	1,38
3.2	1,85	3,28	1,43

De inlaat van Vechtwater betekent dus de toevoer van een ander type water met (macro-)ionenconcentraties op een veel hoger niveau. Dit verschil in waterkwaliteit komt duidelijk tot uiting in veranderingen in de water- en oeverplantenvegetaties.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER WESTBROEK

In het oostelijk deel van polder Westbroek duiden de water- en de vegetatie-samenstelling op het optreden van kwel (Heidemij, 1985; gegevens Botanische Oecologie RUU, opnamegegevens KUN, 1988).
In het algemeen duiden de slootvegetaties op een redelijk goede water- en bodemkwaliteit. Er komen soorten voor die matig voedselrijk tot voedselrijk water indiceren waarin ijzer- en CO_2-houdende kwel optreedt.
In het oosten van de polder Westbroek komt in veel sloten een tussenvorm voor van het vegetatietype met kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*) en het type met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*). In deze sloten komen kwelindicatoren voor zoals waterviolier (*Hottonia palustris*) en kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*). Daarnaast groeien er smalbladige fonteinkruidsoorten zoals stompbladig, spitsbladig en haarfonteinkruid (*Potamogeton obtusifolius, P. acutifolius en P. trichoïdes*) en (met een lage bedekkingsgraad) krabbescheer (*Stratiodes aloïdes*). Oeverplanten van de voedselrijkere, moerassige veenbodems zoals waterscheerling (*Cicuta virosa*), slangewortel (*Calla palustris*), kalmoes (*Acorus calamus*), grote egelskop (*Sparganium erectum*), zwanebloem (*Butomus umbellatus*) en gele lis (*Iris pseudacorus*) komen hier vrij algemeen voor in combinatie met soorten die indicerend zijn voor kwel zoals waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*) en holpijp (*Equisetum fluviatile*).
In het oosten van polder Westbroek zijn plaatselijk de volgende oeverplanten aangetroffen: watermunt (*Mentha aquatica*), snavelzegge (*Carex rostrata*), hoge cyperzegge (*Carex pseudocyperus*), zomprus (*Juncus articulatus*), zomp-vergeet-mij-nietje (*Myosotis laxa*) en moerasvaren (*Telypteris palustris*).
In de zuidoost-hoek komt in de ene sloot het vegetatietype met drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) voor, en in een aangrenzende sloot het vegetatietype met brede waterpest (*Elodea canadensis*). Beide typen duiden op (matig) voedselarm carbonaat-type-water boven een minerale bodem. Het dominant voorkomen van brede waterpest *(Elodea canadensis)* in vergelijking tot de aangrenzende sloot is waarschijnlijk het gevolg van dieper schonen en/of later in het seizoen. Drijvend fonteinkruid *(Potamogeton natans)* is daar gevoeliger voor dan brede waterpest (van Katwijk & Roelofs, 1988). Brede waterpest *(Elodea canadensis)* heeft in tegenstelling tot smalle waterpest *(Elodea nuttallii)* altijd een verticale groeistrategie, waardoor ze in eutrofe wateren veel minder concurrentiekracht heeft. De plant is bovendien veel gevoeliger voor giftige stoffen zoals ammoniak en detergentia (de Lyon & Roelofs, 1986).

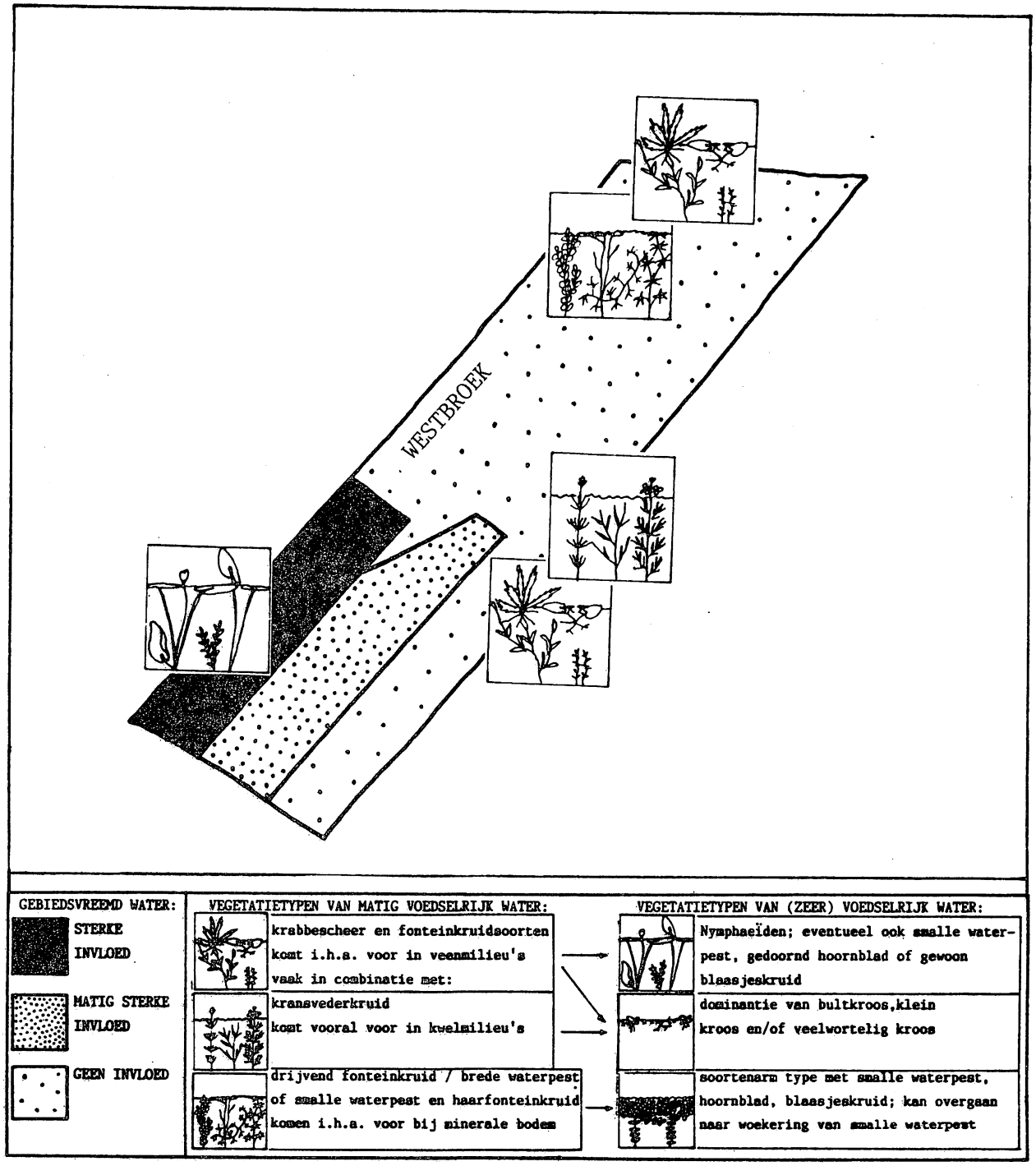
In het noord-oosten van polder Westbroek duidt de vegetatie op een overgang van matig voedselrijke (kwel-)milieu's naar meer eutrofe sloten, waarin vrijwel geen kwelindicatoren groeien. De eutrofiëring is waarschijnlijk afkomstig van de landbouw. In het algemeen komt de soortenarme variant voor van het vegetatietype

met smalle waterpest en haarfonteinkruid *(Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes)*. Naast deze twee soorten die in een aantal sloten neigen naar woekering, komen drijvend fonteinkruid *(Potamogeton natans)*, tenger fonteinkruid *(Potamogeton pusillus)*, en gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)* voor. Ook de oeverbegroeiïng is weinig soortenrijk en bestaat voornamelijk uit de vrij algemene soorten van (laag)veenbodems zoals liesgras (*Glyceria maxima*), mannagras (*Glyceria fluitans*), pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*), grote egelskop (*Sparganium erectum*) en holpijp (*Equisetum fluviatile*). In de noordoost-hoek van polder Westbroek is een aantal sloten zelfs bedekt met dichte kroosdekken (opname 1988 en (Heidemij, 1985). De daarvoor verantwoordelijke eutrofiëring is waarschijnlijk afkomstig van belendende kavels die in gebruik zijn als (intensiever bemeste) huiskavels en veldkavels dicht bij huis (Landinrichtingsdienst, 1988). De overige percelen zijn extensiever gebruikte en bemeste veldkavels waarop in het algemeen jong vee en melkvee grazen.

In het noordwesten en midden van polder Westbroek komt het vegetatietype voor van krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) en de soortenrijke variant van het type met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trochoïdes*). In veel sloten komen mengvormen van deze typen voor. Bemestingsinvloeden vanuit de landbouw en verschillen in schoningsregime en bodemsamenstelling leiden in veel sloten tot overgangsstadia naar soortenarmere varianten van deze typen: in sloten met het krabbescheer-vegetatietype (vooral meer naar het zuiden) komt veel kroos voor en in sommige andere sloten (vooral meer naar het noorden) gaat smalle waterpest steeds meer domineren . Er groeien in het algemeen oeverplanten met een groot aanpassingsvermogen aan verschillende standplaatsen zoals mannagras (*Glyceria fluitans*), fioringras (*Agrostis stolonifera*), pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) en grote en kleine egelskop (*Sparganium emersum en erectum*). Plaatselijk komen watertorkruid (*Oenanthe aquatica*), holpijp en lidrus (*Equisetum fluviatile en E. palustre*) en scherpe zegge (*Carex acuta*) voor.
Zowel de water- als de oever-planten in het midden en noordwesten van polder Westbroek duiden op overgangsstadia van matig voedselrijke naar (zeer) voedselrijke milieu's.
De zuid-west hoek van polder Westbroek staat onder sterke invloed van Vechtwater (Landinrichtingsdienst, 1988). Het vegetatietype van krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) dat men hier zou verwachten, komt er niet voor. Er komen bijna helemaal geen wortelende waterplanten voor. Er ligt een dikke sliblaag (ca. 40 cm) op de bodem en het water is lichtgeel gekleurd en troebel. De vegetatie bestaat uit *Nymphaeïden* , die in het merendeel der sloten een bedekkingsgraad van 30% halen maar in bredere plassen het water volledig bedekken. De eutrofiëring van het water en het ontbreken van submerse waterplanten is zeer waarschijnlijk het gevolg van de sterke invloed van Vechtwater.
In een slootdeel dat uitgebaggerd wordt groeien plaatselijk watergentiaan *(Nymphoïdes peltata)* en stijve waterranonkel *(Ranunculus circinatus)*. Dankzij het verwijderen van de eutrofiërende en reducerende sliblaag kunnen deze hardwater-

soorten overleven.
De oevervegetatie is soortenarm en bestaat vrijwel uitsluitend uit liesgras (*Glyceria maxima*) met plaatselijk pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) en zwanebloem (*Butomus umbellatus*). De liesgras-begroeiïng indiceert een sterk gereduceerde bodem met een dikke weke sapropeliumlaag.
De vegetatiekartering die in 1985 door de Heidemij is gemaakt laat hetzelfde beeld in polder Westbroek zien als de opnamen die in 1988 zijn gemaakt. Toen kwamen dezelfde vegetatietypen voor, hoewel enkele verschillen zijn waar te nemen in de verspreiding van de verscheidene typen over de polder. Met name een aantal fonteinkruiden *(Potametea)* kwamen in 1985 verder zuid-westelijk voor dan in 1988. Het voorkomen van *Nymphaeïden* daarentegen bleef in 1985 beperkt tot een klein areaal in het zuid-westen van de polder.

Kort samengevat komt het er op neer dat in polder Westbroek de waterkwaliteit in het algemeen redelijk tot goed is. Er komen vegetaties voor met kwel- en voedselarm-water indicerende soorten die hier en daar overgaan naar vegetatietypen die voedselrijke(re) omstandigheden indiceren. Deze zijn waarschijnlijk te wijten aan de afspoeling van meststoffen, verschillen in schoningsregime en bodemsamenstelling. Alleen in de zuidwest-hoek van polder Westbroek is de invloed van Vechtwater sterk, hetgeen duidelijk tot uiting komt in een slechte water- en bodem-kwaliteit en soortenarme vegetaties van waterplanten met een horizontale groeistrategie.



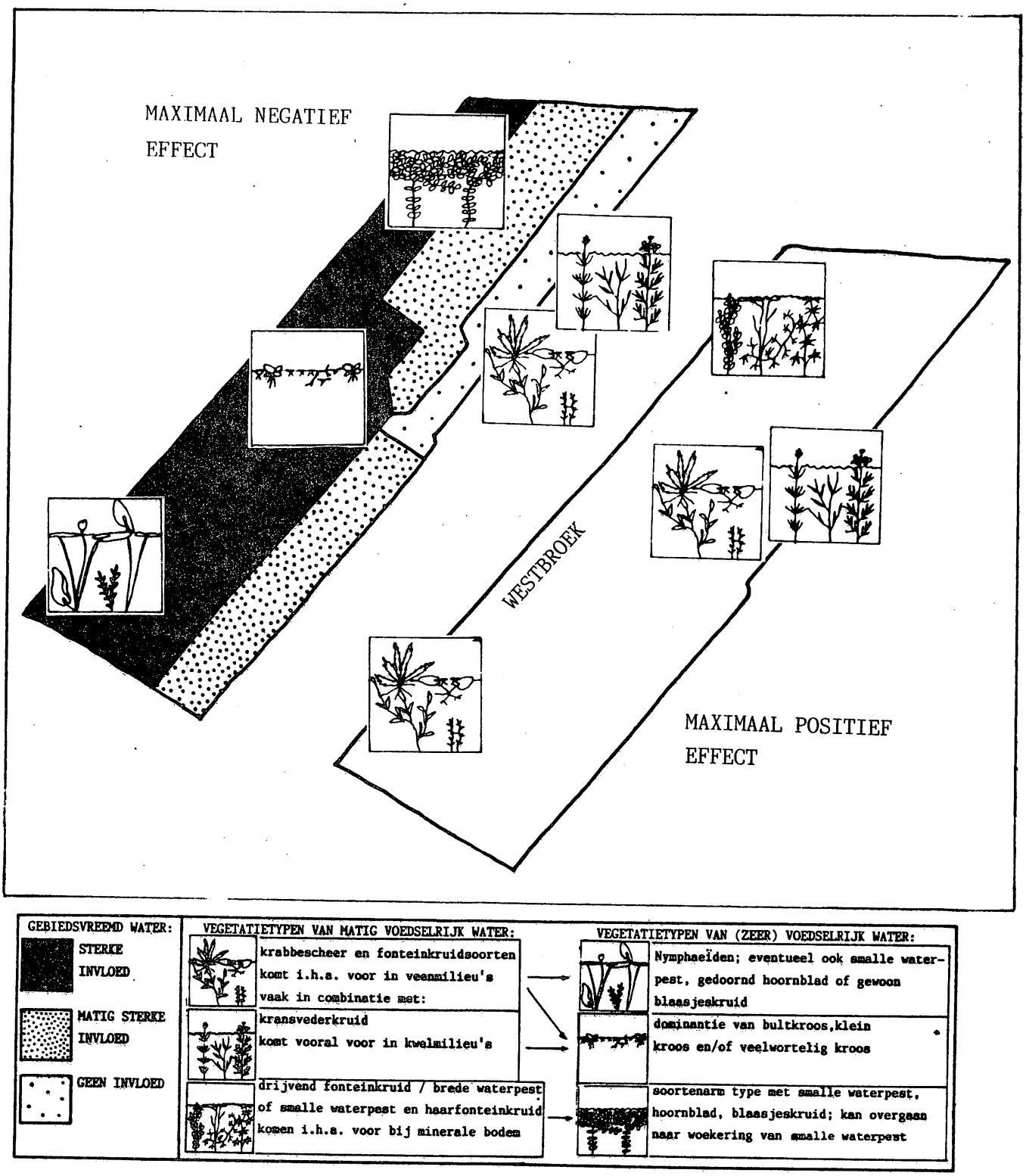
Figuur 6: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Westbroek.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Indien geen gebiedsvreemd water meer wordt ingelaten zal dit in polder Westbroek leiden tot een verandering in de zuidwest-hoek. In de huidige situatie is Vechtwater alleen daar de doorslaggevende factor voor de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling. Na verwijdering van de gereduceerde sliblaag in de sloten en plassen kunnen zich goede ontwikkelingskansen voordoen voor het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*).
In de overige delen van polder Westbroek zijn de sturende factoren voor de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling vooral de mate van kwel, bodemsamenstelling, schoningsregime en bemesting vanuit de landbouw.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Bij een maximaal negatief effect van maatregelen zal ook het midden en noord-westen onder sterke invloed van inlaatwater komen te staan. De te verwachten eutrofiëring kan -vooral in het midden van de polder waar zich venige milieu's bevinden - leiden tot een steeds grotere dominantie van kroossoorten, en -vooral in het noord-westen waar meer sloten met een minerale bodem liggen - leiden tot de soortenarme variant van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogetom trichoïdes*). Bij sterke eutrofiëring kan er zelfs een horizontaal in het water drijvende mat ontstaan van smalle waterpest, die is gaan woekeren.
In het zuid-oosten zal de invloed van inlaatwater matig sterk worden (Landinrichtingsdienst, 1988). Kwelindicatoren zoals kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*) en waterviolier (*Hottonia palustris*) zullen dan waarschijnlijk het loodje leggen evenals krabbescheer (*Stratiodes aloïdes*) en smalbladige fonteinkruidsoorten. Het valt te verwachten dat fonteinkruidsoorten die in voedselrijkere milieu's groeien zoals drijvend en glanzig fonteinkruid (*Potamogeton natans en P. lucens*) zich wel kunnen handhaven terwijl er meer kroos in de sloten zal gaan groeien. In het noorden zal bij een matig sterke invloed van gebiedsvreemd water de soortenrijke variant van het vegeatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes*) waarschijnlijk overgaan naar de soortenarme variant als gevolg van een zekere mate van eutrofiëring.



Figuur 7: Te verwachten vegetatieontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Westbroek.

3.4 POLDER HUIS TE HART

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN POLDER HUIS TE HART

De chemische samenstelling van het "gebiedseigen" water in polder Huis te Hart zoals die gedurende een aantal jaren in de wintermaanden en het vroege voorjaar is gemeten (Botanische Oecologie, RUU), staat vermeld in tabel 1.
Volgens de indeling van de Lyon & Roelofs (1986) is het "gebiedseigen" water een bicarbonaattype water dat matig hard (HCO_3^- = 1,4 meq/l), matig ionenrijk (som kationen + anionen = 6 mmol/l) en voedselrijk is (orthofosfaat = 3,8 µmol/l en nitraat = 65 µmol/l).
De waterplanten in polder Huis te Hart indiceren een andere, een slechtere waterkwaliteit dan de (winter)metingen van het "gebiedseigen water". Vooral in het zuidelijk deel is de waterkwaliteit verslechterd doordat daar in droge perioden Vechtwater wordt ingelaten en er op de omringende percelen landbouw wordt bedreven.
Volgens de classificatie van Stuyfzand (1986) behoort het gebiedseigen water tot het F1-CaHCO3 type. Het meetpunt dat in de inlaatzone ligt gaat bij inlaat van Vechtwater over in het F2-CaCl type en daar treedt een verhoging van de alkaliniteit, de saliniteit en het fosfaatgehalte op (zie tabel 2).

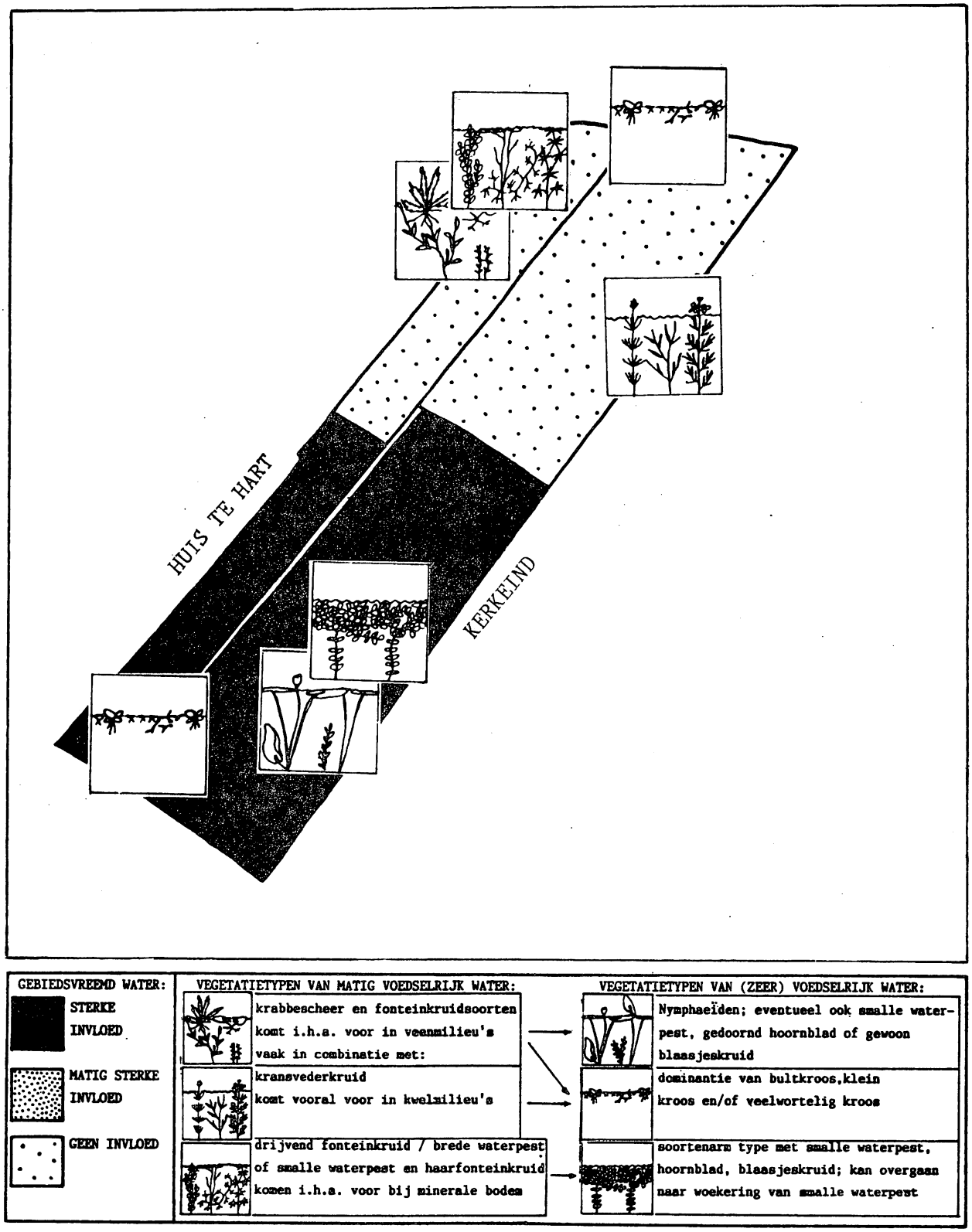
Tabel 2: De alkaliniteit, saliniteit (beiden in meq/l) en het fosfaat- en nitraatgehalte (µmol/l) in polder Huis te Hart in perioden zonder inlaat (juli 1985) en perioden met inlaat (juli 1986) (Landinrichtingsdienst, 1988).

monsterpunt	alkaliniteit		saliniteit		fosfaat		nitraat	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
7.1 (kwel)	-	2,38	-	4,4	-	<1,6	-	12
7.2	2,58	-	5,2	-	<1,6	-	<3,6	-
7.3 (inlaat	2,70	3,11	5,2	11	<1,6	3,9	100	14

De alkalinisering en eutrofiëring van het water bij inlaat werkt ook nog door in perioden waarin geen inlaat plaatsvindt. Vooral in het zuidelijk deel eutrofieert het water als gevolg van de landbouw. De combinatie van een sterke invloed van de landbouw en Vechtwater leidt ertoe dat het oppervlakte-water harder, voedsel- en ionenrijker is dan het gebiedseigen water oorspronkelijk is.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER HUIS TE HART

In het noordelijk deel van polder Huis te Hart komt het vegetatietype van smalle waterpest en haarfonteinkruid *(Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes)* (van Katwijk & Roelofs, 1988) voor, dat ook in het noorden van polder Westbroek is aangetroffen. In dit rijk gestructureerde vegetatietype is ook een aantal elementen van het vegetatietype met krabbescheer *(Stratiodes aloïdes)* aanwezig.
In het zuidelijk deel van polder Huis te Hart, waar het water geëutrofieerd is, is het vegetatietype met grote kroosvaren en bultkroos *(Azolla filiculoïdes en Lemna gibba)* aangetroffen. De vegetatie bestaat vrijwel uitsluitend uit op het water drijvende soorten die voedselrijk tot zeer voedselrijk en hard tot zeer hard water indiceren. Het water is -hoewel helder- van een slechte kwaliteit. Door het volledig afsluitende kroosdek is de waterlaag zuurstofarm en rijk aan sulfiden en ammoniak. Het watertype waarin grote kroosvaren (*Azolla filiculoïdes*) dominant voorkomt, onderscheidt zich van het type met bultkroos en veelwortelig kroos (*Lemna gibba en Spirodela polyrhiza*) door het hoger chloridegehalte. Het verhoogde chloride-gehalte, dat hier ook gemeten is, is duidelijk een Vechtwater-effect.
Ondanks de slechte waterkwaliteit is er zowel in 1985 als in 1988 een redelijk soortenrijke helofyten-vegetatie aangetroffen. Helofyten zoals liesgras (*Glyceria maxima*), mannagras (*Glyceria fluitans*), fioringras (*Agrostis stolonifera*)), veenwortel (*Polygonum amphibium*), grote egelskop (*Sparganium erectum*)) en kalmoes (*Acorus calamus*) zijn algemeen. Daarnaast komen een aantal kwelindicerende en minder algemene soorten voor zoals slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*) en kleine watereppe (*Berula erecta*).



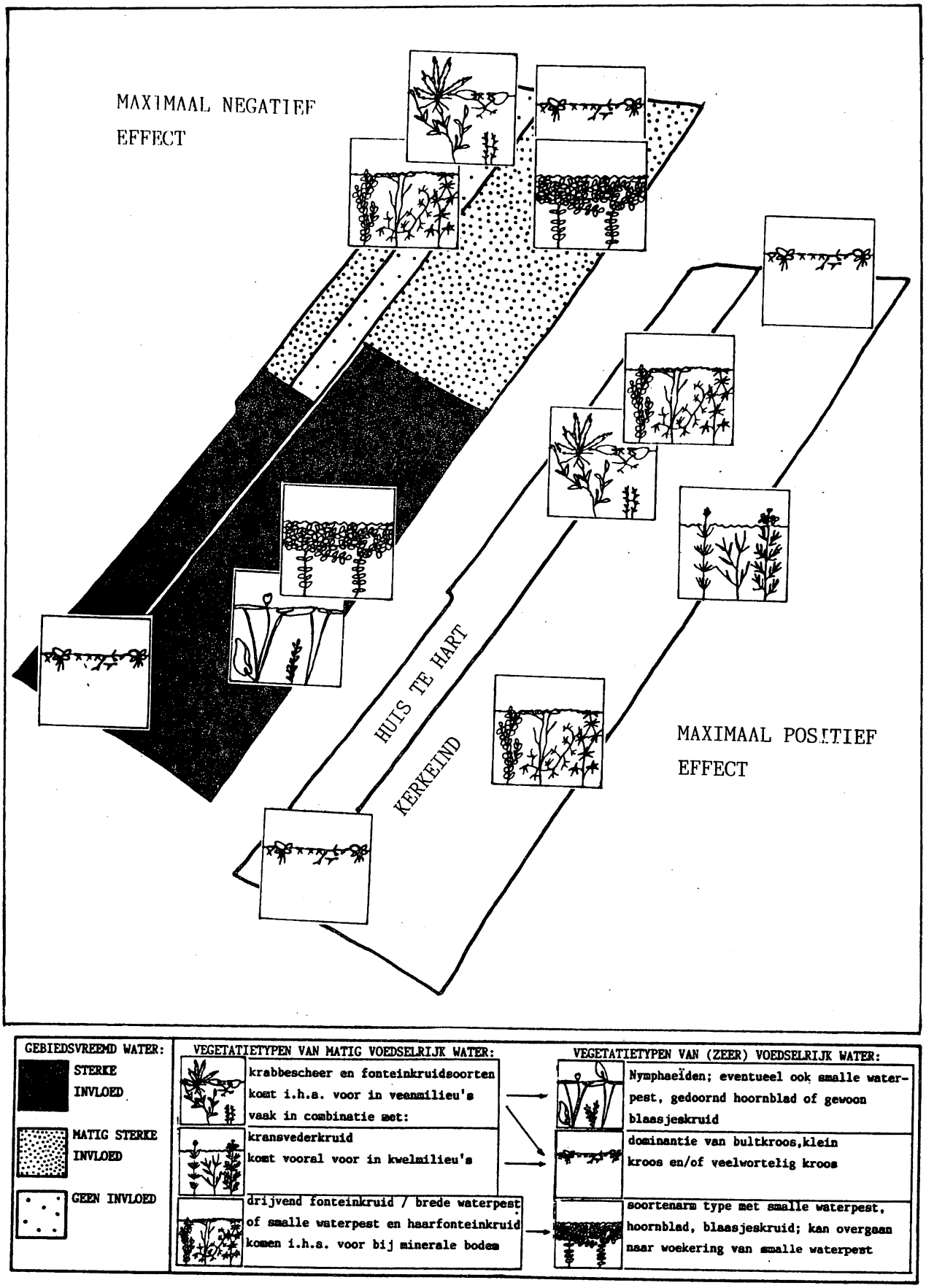
Figuur 8: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Huis ter Hart en polder Kerkeind.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Indien géén gebiedsvreemd water meer zal worden ingelaten zullen de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling in polder Huis ter Hart waarschijnlijk niet sterk verbeteren. Het deel dat in de huidige situatie onder sterke invloed staat van Vechtwater (zuidelijke helft) wordt tevens sterk belast door bemesting vanuit de landbouw. Vanwege de laatstgenoemde eutrofiëringsbron valt te verwachten dat de kroosdekken in deze sloten ook zullen blijven bestaan indien gebiedsvreemd water niet meer wordt aangevoerd. Eventueel kan het aandeel van grote kroosvaren (*Azolla filiculoïdes*) afnemen waardoor het vegetatietype met bultkroos en veelwortelig kroos (*Lemna gibba en Spirodela polyrhiza*) zal domineren.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Ook bij maximaal negatief effect zullen naar verwachting geen grote veranderingen optreden. De verspreiding van gebiedsvreemd water zal in het westen iets verder noordwaarts reiken. Dat zal daar kunnen leiden tot overgangen van de soortenrijke naar de soortenarme variant van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes*) waarbij krabbescheer (*Stratiodes aloïdes*), die nu nog in lage bedekkingen voorkomt, waarschijnlijk zal afsterven.
Voor de rest verandert de verspreiding van gebiedsvreemd water volgens de berekeningen niet en vallen - bij gelijkblijvend beheer - ook geen veranderingen in de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling te verwachten.



Figuur 9: Te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Huis ter Hart en polder Kerkeind.

3.5 POLDER KERKEIND

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN POLDER KERKEIND

De chemische samenstelling van het "gebiedseigen" water in polder Kerkeind zoals die gedurende een aantal jaren in de wintermaanden en het vroege voorjaar is gemeten (Botanische Oecologie, RUU), staat vermeld in tabel 1.
Het "gebiedseigen" water is een bicarbonaattype water dat matig hard is (HCO_3^- conc. = 1,7 meq/l). Het water is matig ionenrijk (som kat- en anionen = 5,9 mmol/l) en voedselrijk; het bevat een hoog gehalte aan nitraat (51,8 µmol/l) en mineraal N (89 µmol/l) en is matig fosfaatarm (ortho-fosfaat = 1,6 µmol/l).
In het noord-oostelijk deel treedt kwel op.
Vrijwel de hele polder staat onder sterke dan wel zwakke invloed van inlaatwater (Landinrichtingsdienst, 1988). De waterkwaliteit in perioden met inlaat verschilt van die zonder inlaat. In een periode zonder waterinlaat behoort het merendeel der monsterpunten volgens de classificatie van Stuyfzand (1986) tot het F1-$CaHCO_3$-type. Bij inlaat treedt een verschuiving op naar meer F1-Ca-mix- en Ca-Cl-typen en behoren enkele punten tot het F2-type (hard water). Dit betekent dat in het algemeen een verharding, verrijking (met name hogere nitraatgehalten) en verzilting (hogere chloridegehalten) van het oppervlaktewater wordt geconstateerd in tijden van waterinlaat.
De (verschillen in) waterkwaliteit worden bepaald door een combinatie van factoren. De landbouwkundige bedrijvigheid in de polder speelt daarin een zeer belangrijke rol. Vooral in het zuiden en noordwesten van de polder is het water zeer eutroof, hetgeen waarschijnlijk te wijten is aan de afspoeling van meststoffen van de omringende gronden.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER KERKEIND

In het zuidoosten van polder Kerkeind is zowel in 1985 als in 1988 het vegetatietype met gele plomp en smalle waterpest *(Nuphar lutea & Elodea nuttallii)* aangetroffen met nog enkele kenmerken van het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten *(Stratiodes aloides en Potametea)* zoals platfonteinkruid *(Potamogeton compressus)*, glanzig *(P. lucens)*, drijvend *(P. natans)*, gekroesd *(P. crispus)* en haarfonteinkruid *(P. trichoïdes)*. De karakteristieke soorten van de kikkerbeet-krabbescheer-associatie *(Hydrocharito-Stratiotetum)* komen in de sloten wel nog voor maar worden verdrongen door soorten die duiden op een eutrofiëring van het water zoals smalle waterpest *(Elodea nuttallii)*, en kroossoorten. De sloten liggen tussen hoger gelegen kavels vanwaaruit waarschijnlijk afspoeling van meststoffen plaatsvindt naar ondiep grondwater.

In de meest oostelijk gelegen (kwel)sloten, tegen polder Achtienhoven aan, zijn door de Heidemij in 1985 soorten aangetroffen die een betere waterkwaliteit indiceren. Hier komt het vegetatietype met kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*) voor, dat kenmerkend is voor kwelmilieu's. In de oostelijk gelegen sloten groeien ook veel soorten oeverplanten. Er komen veel moeras- en laagveensoorten voor: zomp- en moeras-vergeet-mij-nietje (*Myosotis laxa en M. palustris*), pijptorkruid en watertorkruid (*Oenanthe fistulosa en O. aquatica*), pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) en zwanebloem (*Butomus umbellatus*). Bovendien groeien er enkele soorten die meestal voorkomen op kwelplaatsen: kleine watereppe (*Berula erecta*), slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*) en holpijp (*Equisetum fluviatile*).
In de noord-west hoek van polder Kerkeind daarentegen bevinden zich voedselrijke kroossloten als gevolg van het landbouwkundig gebruik van de omringende gronden. Naast bultkroos *(Lemna gibba)* en veelwortelig kroos *(Spirodela polyrhiza)* bereiken gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)*, smalle waterpest *(Elodea nuttallii)* en stijve waterranonkel *(Ranunculus circinatus)* een hoge bedekkingsgraad (Heidemij, 1985). De vegetatiesamenstelling hier duidt op een voedselrijke waterlaag . De sterke vertegenwoordiging van gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)* duidt erop dat er waarschijnlijk ook sprake is van de (onderwater-)gemeenschap *Ceratophyllum demersi* , die gelijktijdig met maar onafhankelijk van de *Lemnetea* -gemeenschap voorkomt. Een sterk gelijkend vegetatietype wordt beschreven door Wiegleb (1983): "*Lemna gibba - Spirodela polyrhiza - Ceratophyllum demersum* - community " (van Katwijk & Roelofs, 1988).
Het vegetatietype met bultkroos en veelwortelig kroos *(Lemna gibba en Spirodela polyrhiza)* is in Nederland reeds zeer algemeen en door de voortschrijdende eutrofiëring en alkalinisering breidt het zich sterk uit (van Katwijk & Roelofs, 1988). Bij toenemende dominantie van de kroossoorten zal de waterlaag steeds minder zuurstof en steeds meer sulfiden en ammoniak bevatten waardoor op den duur weinig onderwaterleven meer mogelijk is. In dit deel van de polder is de oevervegetatie zeer soortenarm. Fioringras (*Agrostis stolonifera*), veenwortel (*Polygonum amphibium*) en grote egelskop (*Sparganium erectum*) zijn de enige aangetroffen soorten. In het algemeen duidt de waterplantenvegetatie in polder Kerkeind op een vrij slechte waterkwaliteit. In het zuiden en in het noordwesten is de kwaliteit het slechtst als gevolg van eutrofiëring door de landbouw en negatieve invloeden van Vechtwater. In het midden en aan de oostgrens is de water-kwaliteit iets beter als gevolg van kwel.
De vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Kerkeind is weergegeven in figuur 8.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Het achterwege blijven van gebiedsvreemd water leidt misschien tot een verbetering van de waterkwaliteit in het zuid-oosten van

polder Kerkeind, hoewel ook de landbouw daar voor eutrofiëring zorgt. Een voorwaarde daarbij is bovendien dat de sloten geschoond worden. Indien gebiedsvreemd water geen invloed uitoefent kan wellicht de wat soortenrijkere variant van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttaliii en Potamogeton trichoïdes*) tot ontwikkeling komen.
In de noordelijke helft van de polder is in de huidige situatie geen invloed van Vechtwater merkbaar en zullen dus - bij gelijkblijvende overige omstandigheden - geen veranderingen optreden.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Bij een maximaal negatief effect van maatregelen breidt de invloed van gebiedsvreemd water zich uit tot aan de noordgrens van polder Kerkeind. Als gevolg van de dan optredende eutrofiëring zullen in het zuidelijk deel de nu nog aanwezige elementen van het vegegtatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) grotendeels verdwijnen terwijl vooral kroossoorten zullen gaan domineren en een aantal zeer algemene soorten van voedselrijk water zoals smalle waterpest (*Elodea nuttallii*), gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) en gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*). In het noord-oosten zullen typische kwelsoorten hoogstwaarschijnlijk verdwijnen terwijl kroos en en de soortenarme variant van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes*) kunnen toenemen.

De te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Kerkeind is weergegeven in figuur 9.

3.6 POLDER ACHTIENHOVEN

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN POLDER ACHTIENHOVEN

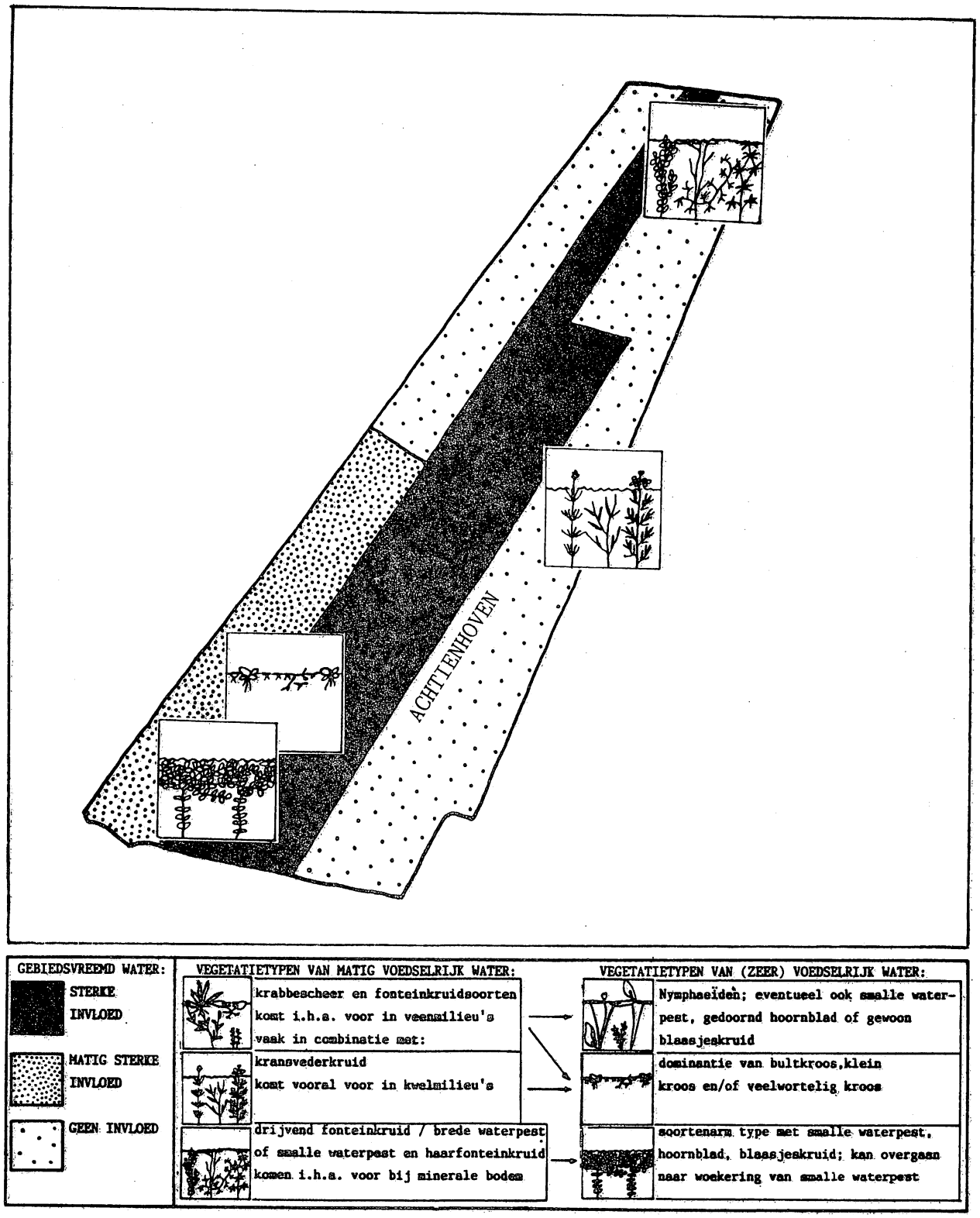
De chemische samenstelling van het "gebiedseigen water" in polder Achtienhoven (Botanische Oecologie, RUU) staat vermeld in tabel 1. Het "gebiedseigen" water is zacht tot matig hard (HCO_3^- conc. = 1,5 meq/l) en matig ionenrijk (som kat- en anionen = 7,2 mmol/l). In deze polder is naast bicarbonaat ook chloride een dominant anion. Het water is matig rijk aan ortho-fosfaat (2,5 µmol/l), bevat veel nitraat (34,6 µmol/l) en is dus voedselrijk. In juli 1985 toen geen Vechtwater werd ingelaten behoorden vrijwel alle watermonsters in polder Achtienhoven tot het F0- of F1-$CaHCO_3$ type. In juli 1986 waren vrijwel alle monsters van het

F0-, F1- of F2-Camix en CaCl-type (Landinrichtingsdienst,1988). Dit betekent dat het relatieve chloridegehalte hoger en het water harder (Ca+Mg-hardheid) was. De gemiddelde saliniteit was in juli 1986 (7,9 mmol/l) dan ook hoger dan in 1985 (5,7 mmol/l). Het gemiddelde bicarbonaatgehalte verschilde niet significant in die perioden. Ook het fosfaatgehalte verschilde niet significant, terwijl het nitraatgehalte in de tijd van inlaat beduidend hoger was dan in juli 1985.
De watersamenstelling in het oostelijk deel van polder Achtienhoven wijst op het optreden van kwel.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER ACHTIENHOVEN

In de niet-kwelsloten komen overwegend kroosdekken voor van bultkroos en veelwortelig kroos *(Lemna gibba en Spirodela polyrhiza)* en flab (opname 1988 en Heidemij, 1985) als gevolg van de intensieve landbouw in deze polder. Het kroos gaat hier en daar gepaard met enkele onderwatersoorten zoals stijve waterranonkel *(Ranunculus circinatus)* en smalle waterpest *(Elodea nuttallii)*. Bij verdergaande eutrofiëring zullen de ondergedoken waterplanten op den duur verdwijnen door lichtgebrek als gevolg van de competitie met epifyten, drijvende waterplanten en vergiftiging. Deze problemen doen zich vooral voor in het zuid-westen van de polder. Daar duiden ook de helofyten op een geëutrofieerd milieu. Er zijn hoofdzakelijk liesgras-begroeiingen (*Glyceria maxima*) aangetroffen die duiden op een dikke, sterk gereduceerde sapropeliumlaag. Plaatselijk komen tevens mannagras (*Glyceria fluitans*), kalmoes (*Acorus calamus*), zomp-vergeet-mij-nietje (*Myosotis laxa*) en echte waterkers (*Nasturtium officinale*) voor.
In de kwelsloten komen kranswier *(Chara globularis)* en waterviolier *(Hottonia palustris)* voor (Heidemij, 1985), meer naar het noorden met een hogere bedekkingsgraad. Deze soorten die resp. matig hard, voedselarm water en kwelwater indiceren komen echter plaatselijk voor in combinatie met soorten die indicatief zijn voor voedselrijk water zoals aarvederkruid *(Myriophyllum spicatum)* en smalle waterpest *(Elodea nuttallii)* . Dit geeft aan dat ook in kwelsloten storende invloeden vanuit de landbouw merkbaar zijn.
In het oosten is de oevervegetatie soortenrijk, vooral in het noordoosten. Naast de soorten die in de overige delen van de polder voorkomen, groeien in het noord-oosten typische moeras- en kwelindicerende soorten die in het Noorderpark vrij zeldzaam zijn: slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*), lidrus (*Equisetum palustre*), egelboterbloem (*Ranunculus flamula*), moerasrolklaver (*Lotus uliginosus*), kleine watereppe (*Berula erecta*), en zeegroene muur (*Stellaria palustris*). Dit is waarschijnlijk te danken aan de enigszins afwijkende bodemsamenstelling. De veenlaag, die in het Noorderpark van west naar oost steeds dunner wordt, ontbreekt geheel in het oosten van polder Achtienhoven (Beltman et al., 1988). In de noordoost-hoek komt de soortenrijke variant voor van het vegetatietype met

smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii* en *Potamogeton trichoïdes*), kenmerkend voor (matig) voedselrijke sloten met een minerale bodem.



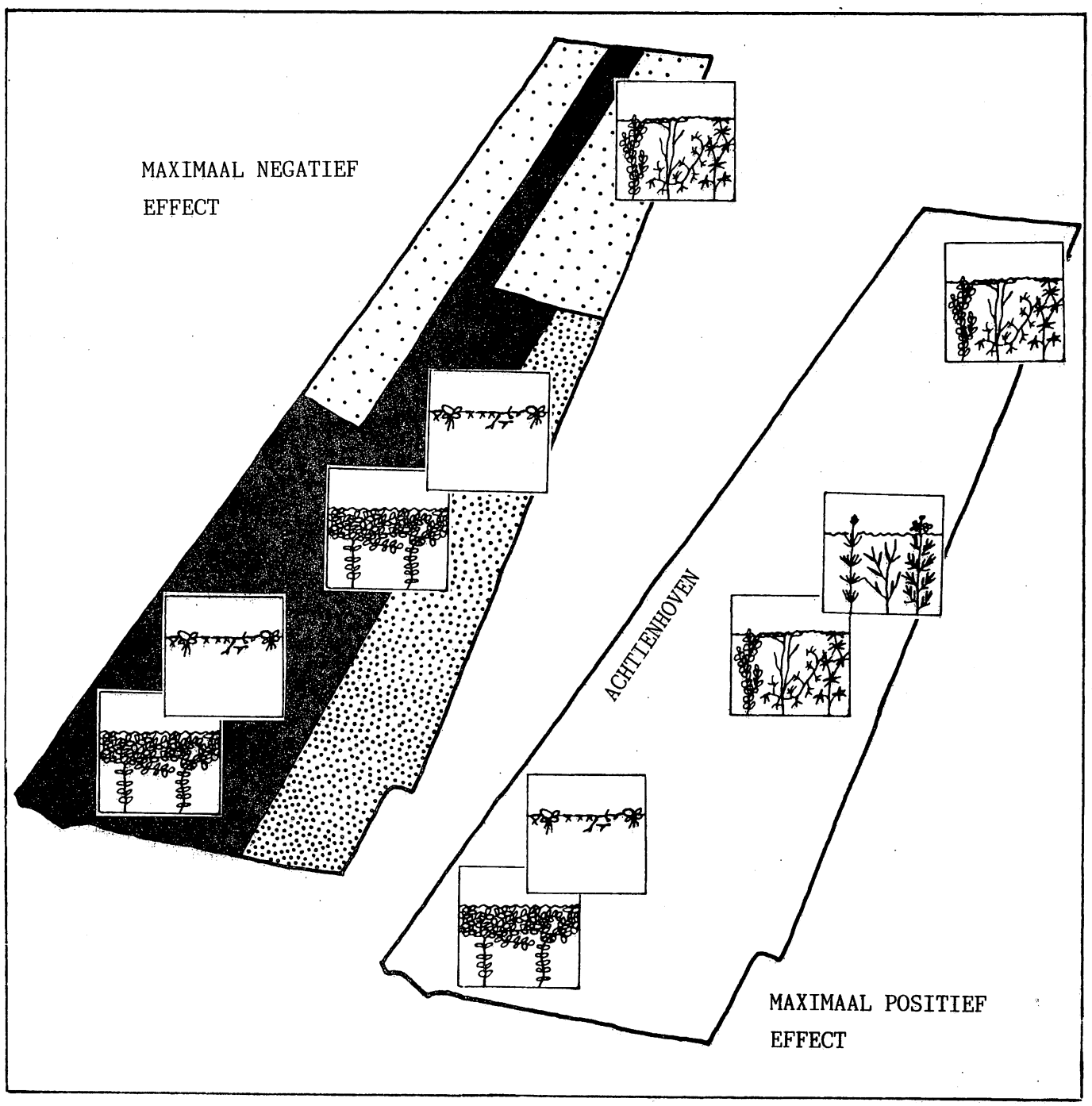
Figuur 10: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Achtienhoven.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Indien geen gebiedsvreemd water meer wordt ingelaten is de kans reëel dat in het midden van polder Achtienhoven wat soortenrijkere varianten van het vegetatietype met smalle waterpest en haarfonteinkruid (*Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes*) zullen voorkomen. Bij een gelijkblijvend bemestingsniveau op de omringende percelen zal de dominantie van kroos- en smalle waterpest in het zuidwesten hoogstwaarschijnlijk wel blijven bestaan, ook al valt de negatieve invloed van gebiedsvreemd water weg. In het oosten en noorden van de polder is ook in de huidige situatie geen invloed van Vechtwater merkbaar, en zijn dus ook geen veranderingen in de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling te verwachten.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Vergeleken met de huidige situatie breidt de invloed van gebiedsvreemd water zich bij een maximaal negatief effect van maatregelen vooral uit naar het oosten van polder Achtienhoven. De soorten die kwel en/of relatief voedselarm water indiceren, zullen hoogstwaarschijnlijk verdwijnen terwijl een toename van kroossoorten (*Lemnetea*) eventueel in combinatie met smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en gedoornd hoornblad (*Ceratophyllum demersum*), in de lijn der verwachtingen ligt. De -in de huidige situatie - rijk gestructureerde en soortenrijke sloten zullen waarschijnlijk soortenarmer worden en overgaan tot een meer horizontale groeistrategie.



GEBIEDSVREEMD WATER:	VEGETATIETYPEN VAN MATIG VOEDSELRIJK WATER:		VEGETATIETYPEN VAN (ZEER) VOEDSELRIJK WATER:
STERKE INVLOED	krabbescheer en fonteinkruidsoorten komt i.h.a. voor in veenmilieu's vaak in combinatie met:	→	Nymphaeïden; eventueel ook smalle waterpest, gedoornd hoornblad of gewoon blaasjeskruid
MATIG STERKE INVLOED	kranswederkruid komt vooral voor in kwelmilieu's	→	dominantie van bultkroos, klein kroos en/of veelwortelig kroos
GEEN INVLOED	drijvend fonteinkruid / brede waterpest of smalle waterpest en haarfonteinkruid komen i.h.a. voor bij minerale bodem	→	soortenarm type met smalle waterpest, hoornblad, blaasjeskruid; kan overgaan naar woekering van smalle waterpest

Figuur 11: Te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Achtienhoven.

3.7 POLDER HET ZEK

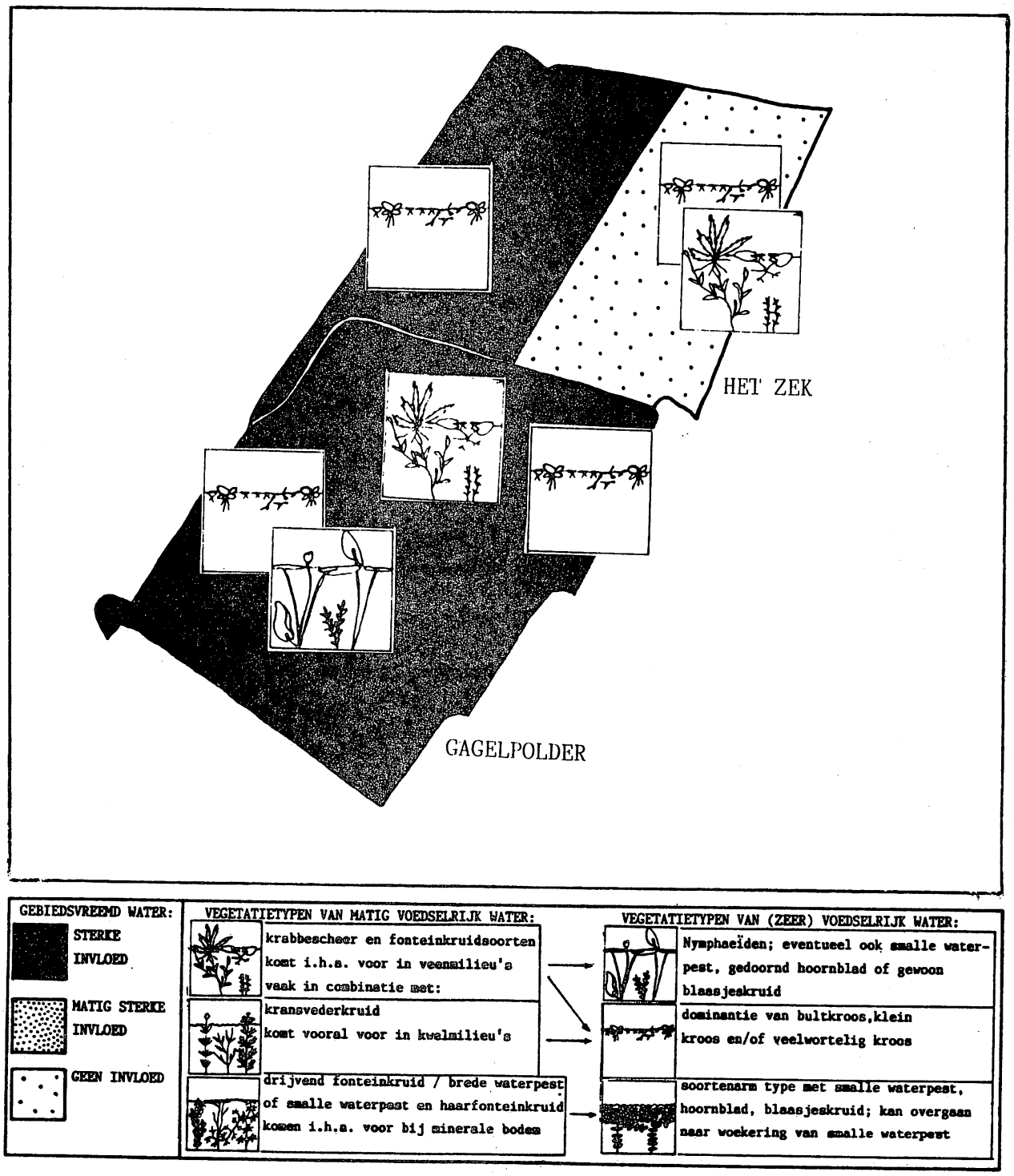
DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN POLDER HET ZEK

Van polder Het Zek zijn weinig waterkwaliteitsgegevens voorhanden. Maar aangezien Het Zek een "landbouw-polder" is en de westelijke helft van de polder zelfs in een gemiddeld jaar onder sterke invloed van Vechtwater staat, kan men er zonder veel analysegegevens van uit gaan dat de waterkwaliteit vrij slecht is. De gegevens die bekend zijn bevestigen de vooronderstelling dat de waterkwaliteit vrij slecht is, zelfs in een periode zonder inlaat. Het water is hard (HCO_3^- conc.=2,7 meq/l) en rijk aan chloride (2,4 mmol/l), heeft een zeer hoog ionengehalte (conductiviteit = 500 S/cm) en is zeer fosfaatrijk (orthofosfaatgehalte = 10,9 µmol/l).
Het oostelijk deel van polder Het Zek is de waterkwaliteit iets beter doordat dit een kwelgebied is en dit deel in een normaal jaar niet onder invloed staat van Vechtwater. Echter ook daar is de invloed van de landbouw op de waterkwaliteit en daaraan gerelateerde waterplantenvegetaties evident.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER HET ZEK

De waterplantenvegetaties in Het Zek zijn van geringe diversiteit en duiden op een slechte waterkwaliteit. Het merendeel der sloten is bedekt met een dicht kroosdek. In het westelijk deel groeit het vegetatietype met bultkroos en veelwortelig kroos *(Lemna gibba en Spirodela polyrhiza)* (van Katwijk & Roelofs, 1988)). Veel voorkomende soorten zijn verder klein kroos *(Lemna minor)*, puntkroos *(L. trisulca)* gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)*, smalle waterpest *(Elodea nuttallii)* en draadwier spec. (opname 1988 en Heidemij 1985). Dit vegetatietype is karakteristiek voor gebieden die onder invloed staan van water uit de grote rivieren en die verder sterk beïnvloed zijn door de landbouw (uitspoeling meststoffen) of lozing van P-rijk water (van Katwijk & Roelofs, 1988). Ook de oevervegetatie is in dit deel van de polder zeer soortenarm. De soorten die er voorkomen zijn: fioringras (*Agrostis stolonifera*), lies- en mannagras (*Glyceria maxima en G. fluitans*), grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*) en pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*). Het betreft soorten van eutrofe wateren en voedselrijke bodems met in het algemeen een groot aanpassingsvermogen aan verschillende standplaatsen. In het oostelijk deel van de polder komen naast deze algemene soorten ook enkele exemplaren voor van moerasvergeet-mij-nietje (*Myosotis palustris*), slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*), kleine watereppe (*Berula erecta*) en waterpeper (*Polygonum hydropiper*). De waterplanten-vegetatie in het oostelijk deel van polder Het Zek bestaat uit de

kroossoorten *(Lemnetea)* -variant van het type met krabbescheer *(Stratiodes aloïdes)* (van Katwijk & Roelofs, 1988)). Ook in deze gemeenschap is het kroos- *(Lemnetea-)* element zeer sterk aanwezig. Deze variant vormt een overgang van van de kikkerbeet-krabbescheer-associatie *(Hydrocharito-Stratiotetum)* (Van Langen-



Figuur 12: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Het Zek en de Gagelpolder.

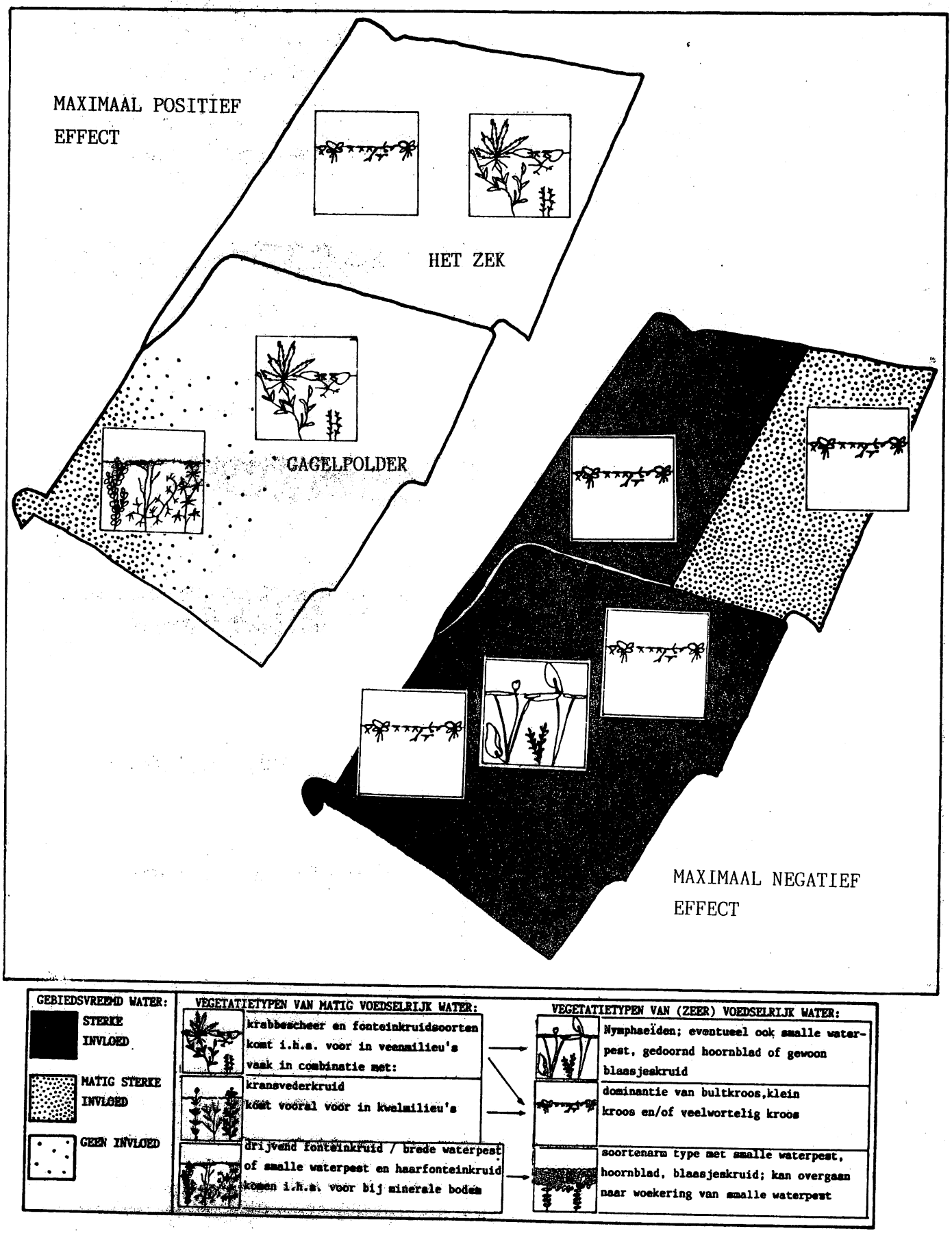
donck, 1935 en Westhoff, 1942 en 1946) naar de kroossoorten *(Lemnetea)* die in het westen van de polder reeds domineren. Soorten die in het oostelijk deel van polder Het Zek voorkomen zijn: krabbescheer *(Stratiodes aloïdes)*, veelwortelig kroos *(Spirodela polyrhiza)*, klein kroos *(Lemna minor)*, puntkroos *(Lemna trisulca)*, smalle waterpest *(Elodea nuttalliï)*, drijvend, glanzig en haarfonteinkruid *(Potamogeton natans, P. lucens en P. trichoïdes)* en stijve waterranonkel (*Ranunculus cirsinatus)* (Heidemij, 1985).

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

In het westelijk deel van polder Het Zek wordt de bemesting vanuit de landbouw beschouwd als de sturende factor voor het hoge trofieniveau van het water. Indien deze factor niet verandert, zullen de kroosdekken in de sloten hoogstwaarschijnlijk blijven bestaan, ook indien er geen gebiedsvreemd water meer wordt ingelaten. In het oostelijk deel bestaat de kans dat het vegetatietype met krabbescheer en kroossoorten (*Stratiodes aloïdes en Lemnetea*) minder kroos zal gaan bevatten.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Bij een maximaal negatief effect van maatregelen zal ook het oostelijk deel van Het Zek invloed van gebiedsvreemd water ondervinden. Dat zal er waarschijnlijk toe leiden dat kroossoorten, die nu reeds sterk aanwezig zijn in de sloten in het oostelijk deel, nog meer zullen gaan domineren. In het uiterste geval ontstaan afsluitende kroosdekken, zoals die in het westelijk deel reeds plaatselijk voorkomen.



Figuur 13: Te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Het Zek en de Gagelpolder.

3.8 DE GAGELPOLDER

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN DE GAGELPOLDER

De chemische samenstelling van het "gebiedseigen" water in de Gagelpolder (Botanische Oecologie, RUU) is vermeld in tabel 1. Het zijn de gemiddelde concentraties van de meetgegevens uit 1981, 1982 en 1983. De zomermetingen en de waterplanten in de Gagelpolder indiceren een slechtere waterkwaliteit dan de gemiddelde winterwaarden. Dit is vooral een gevolg van een sterke invloed van Vechtwater.
Het "gebiedseigen" water is hard (HCO_3^- conc.=2,5 meq/l) en behoort tot het chloride-bicarbonaat-type water; dit impliceert dat het water niet alleen hoge bicarbonaat maar ook hoge chlorideconcentraties bevat. Bovendien is het water zeer voedselrijk (mineraal N=180 µmol/l ! en $O\text{-}PO_4^{3-}$= 3 µmol/l) en bevat het relatief veel sulfaat (0,8 mmol/l).
Vooral in de zomerperiode zijn hoge $O\text{-}PO_4$, nitraat- en ammonium-concentraties gemeten.Waarschijnlijk is de water- en bodemkwaliteit zo slecht door interne eutrofiëring als gevolg van de combinatie van het hoge bicarbonaat- en sulfaatgehalte en de moerige bodem.

VEGETATIESAMENSTELLING IN DE GAGELPOLDER

De slechte waterkwaliteit in de Gagelpolder uit zich in een soortenarme vegetatie van hoofdzakelijk kroosdekken.
De sloten die in het oosten van de Gagelpolder liggen, daar waar Vechtwater een sterke invloed heeft, worden bedekt door bultkroos *(Lemna gibba)* (maximale bedekking 100%), veelwortelig kroos *(Spirodela polyrhiza)* (maximale bedekking 20%) en een enkel exemplaar van puntkroos *(Lemna trisulca)*. De helofyten-begroeiing bestond in 1988 uit een enkele meters lange strook van louter liesgras (*Glyceria maxima*). In 1985 zijn op geen enkele opnameplaats helofyten gekarteerd, noch in het westen, noch in het midden van de polder (Heidemij, 1985).
In sloten in het centrum van de Gagelpolder komt de variant met kroossoorten *(Lemnetea)* van het vegetatietype met krabbescheer *(Stratiodes aloïdes)* (van Katwijk & Roelofs, 1988) voor. Gedeelten met een grotere wateroppervlakte worden gedomineerd door gele plomp *(Nuphar lutea)* en witte waterlelie *(Nymphaea alba)* zonder ondergedoken waterplanten, een zeer bekend beeld bij geëutrofieerde, grotere wateren in laagveengebieden. De slechte water- en bodem-kwaliteit is in de Gagelpolder, die voor een groot deel natuurreservaat is, zeer waarschijnlijk het gevolg van het inlaten van Vechtwater.
De vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in de Gagelpolder is weergegeven in figuur 12.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Indien de gereduceerde sliblaag verwijderd wordt, kunnen de ontwikkelingsmogelijkheden toenemen voor het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) en/of de typen met drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*) en/of brede waterpest (*Elodea canadensis*). Vooral in het reservaat kan mogelijk zijn dat fonteinkruidsoorten en krabbescheer gaan toenemen, terwijl kroossoorten afnemen.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Aangezien in de huidige situatie reeds de hele Gagelpolder onder invloed van gebiedsvreemd water staat, zal een maximaal nagetief effect van maatregelen niet leiden tot een grotere verspreiding, maar wel tot grotere hoeveelheden aan te voeren gebiedsvreemd water. De kans bestaat dat - op de grotere plassen na waar *Nymphaeïden* groeien - kroossoorten nog meer gaan domineren en op den duur in de Gagelpolder hoofdzakelijk eentonige kroosdekken zullen voorkomen.

De te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in de Gagelpolder is weergegeven in figuur 13.

3.9 DE MOLENPOLDER

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN DE MOLENPOLDER

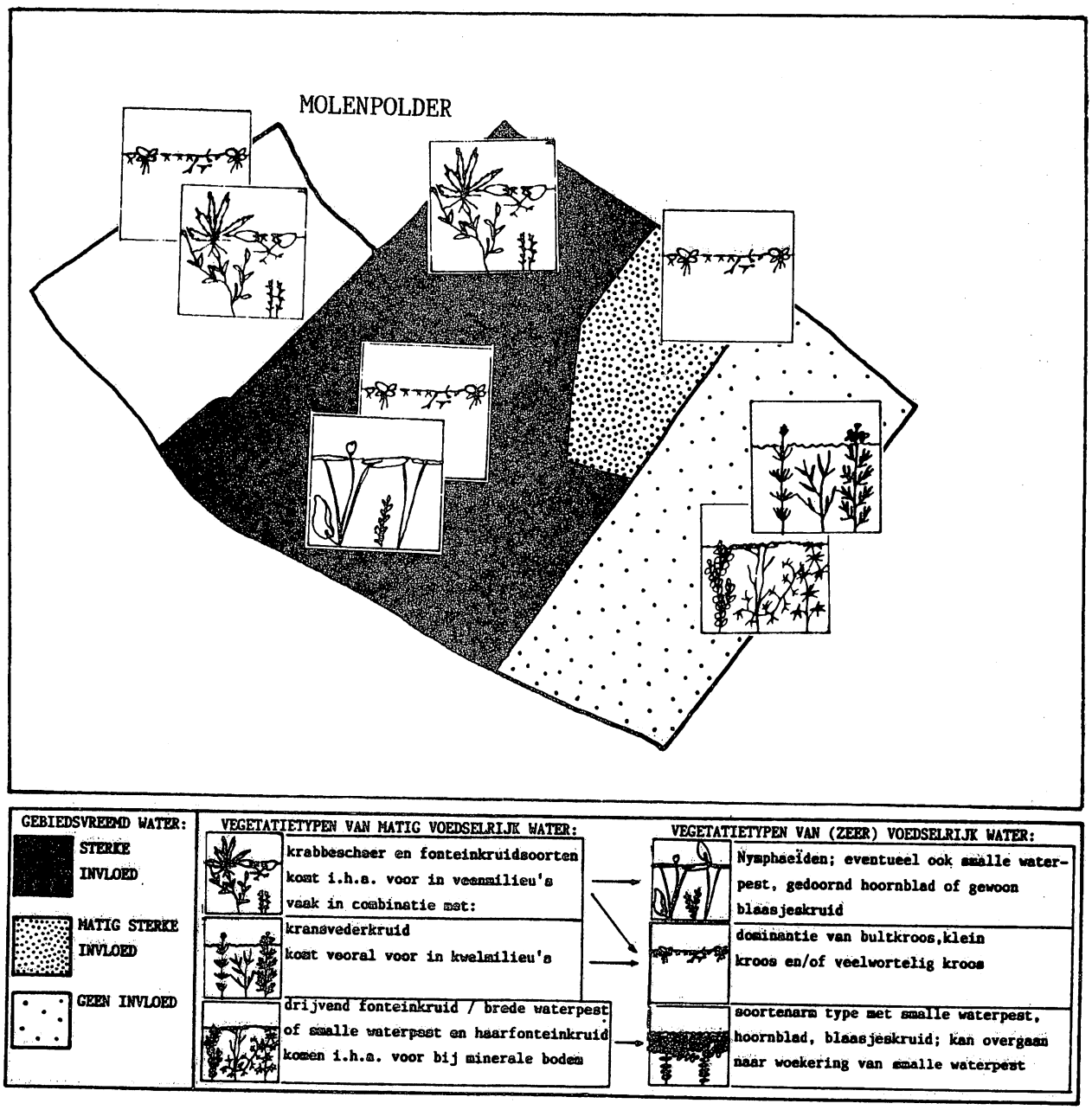
De kwaliteit van het "gebiedseigen" water in de Molenpolder is gebaseerd op 6 meetpunten in open watergangen in het reservaatsgebied (Botanische Oecologie, RUU). De meetgegevens zijn verzameld in 1983, 1984 en 1985. De gemiddelde waarden zijn vermeld in tabel 1.
Het "gebiedseigen" water in de Molenpolder is matig hard (HCO_3^- = 1,7 meq/l) en is een bicarbonaat-chloride type water. Het water is zeer rijk aan nitraat (38 µmol/l), ammonium (52 µmol/l) en fosfaat (8 µmol/l). Bovendien vindt veel sulfide-vorming plaats.
De slechte waterkwaliteit is hoogstwaarschijnlijk ontstaan als gevolg van inlaat van gebiedsvreemd water (water vanuit de Vecht en polder Huis te Hart) en aanvoer van meststoffen vanuit landbouwgebieden.
De gehele polder staat onder sterke invloed van Vechtwater,

behalve de noord-oosthoek (het enige kwelgebied binnen de Molenpolder).
In 1988 is hoofdzakelijk het reservaat in de Molenpolder geïnventariseerd waar de waterplantenvegetaties op een slechte waterkwaliteit duiden. In 1985 is door de Heidemij ook buiten het reservaat geïnventariseerd. Ook die gegevens indiceren in het algemeen voedselrijk, hard water en een waterkwaliteit die afwijkt van de basiskwaliteit. Op enkele opnames na, bijvoorbeeld in kwelsloten, is de waterkwaliteit slecht tot zeer slecht.

VEGETATIESAMENSTELLING IN DE MOLENPOLDER

In de plassen en (bredere) sloten in het reservaat komen vrijwel geen ondergedoken, wortelende waterplanten meer voor als gevolg van de slechte waterkwaliteit in het algemeen en de sulfide- en ammonium-vorming in het bijzonder. Het water is troebel en op de bodem bevindt zich een dikke, reducerende sliblaag, die ruim 0,5 meter dik is. Op het water drijven flab (draadwieren), met een vrij hoge bedekkingsgraad, kroossoorten *(Lemnetea)* en *Nymphaeïden* , met een vrij lage bedekkingsgraad. De slechte waterkwaliteit is hoofdzakelijk te wijten aan de inlaat van Vechtwater gedurende een aantal jaren terwijl al die tijd de sliblaag niet verwijderd is.
Ten noorden van het reservaat komt in sloten het vegetatietype van krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*) in optima forma voor. In deze regelmatig geschoonde sloten is het water helder en kleurloos en de sliblaag op de bodem slechts enkele (2 à 3) centimeters dik. Het schonen van de sloten heeft een duidelijk positief effect op de waterkwaliteit. Ook de oevervegetatie is redelijk soortenrijk en het optreden van waterscheerling (*Cicuta virosa*), scherpe zegge (*Carex acuta*), zomprus (*Juncus articulatus*), holpijp (*Equisetum fluviatile*) en kleine watereppe (*Berula erecta*) bevestigen de redelijke water- en bodemkwaliteit. Meer oostwaarts komt water uit polder Huis ter Hart de Molenpolder binnen. Dat water is vaak verrijkt met meststoffen die van percelen zijn afgespoeld hetgeen leidt tot verhoogde concentraties fosfaat en ammonium (Meuleman, 1989). In deze sloten, die waarschijnlijk ook minder worden geschoond, komt hoofdzakelijk het vegetatietype met bultkroos en veelwortelig kroos *(Lemna gibba en Spirodela polyrhiza)* in combinatie met draadwieren voor terwijl de helofytenvegetaties soortenarm zijn (Heidemij, 1985).
In het oosten van de Molenpolder komt een mengvorm voor van het vegetatietype met smalle waterpest en/of haarfonteinkruid *(Elodea nuttallii en Potamogeton trichoïdes)* en het type met kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*). De vegetatie bevat kenmerken van vegetatietypen die karakteristiek zijn voor uiteenlopende milieutypen. Deze heterogeniteit hangt samen met het optreden van kwel in combinatie met de eutrofiërende invloed van de landbouw en gebiedsvreemd rivierwater: door de inlaat van

Vechtwater zijn de oorspronkelijke variaties in het milieu uitgevlakt en komen in de hele polder dezelfde, zeer algemene soorten van voedselrijk water voor. Echter door het optreden van kwel komen plaatselijk nog enkele soorten voor van de oorspronkelijke vegetatie. Ook aan de westzijde van de Nedereindse vaart, een gebied dat als mogelijk kwelgebied beschreven is (Heidemij, 1985), komen soorten voor die duiden op een combinatie van verscheidene milieuomstandigheden. Naast kroos- en draadwier-velden komt het vegetatietype met krabbescheer en kroossoorten *(Stratiodes aloïdes en Lemnetea)* plaatselijk voor, kenmerkend voor eutrofiëring van kleinere wateren in laagveengebieden.



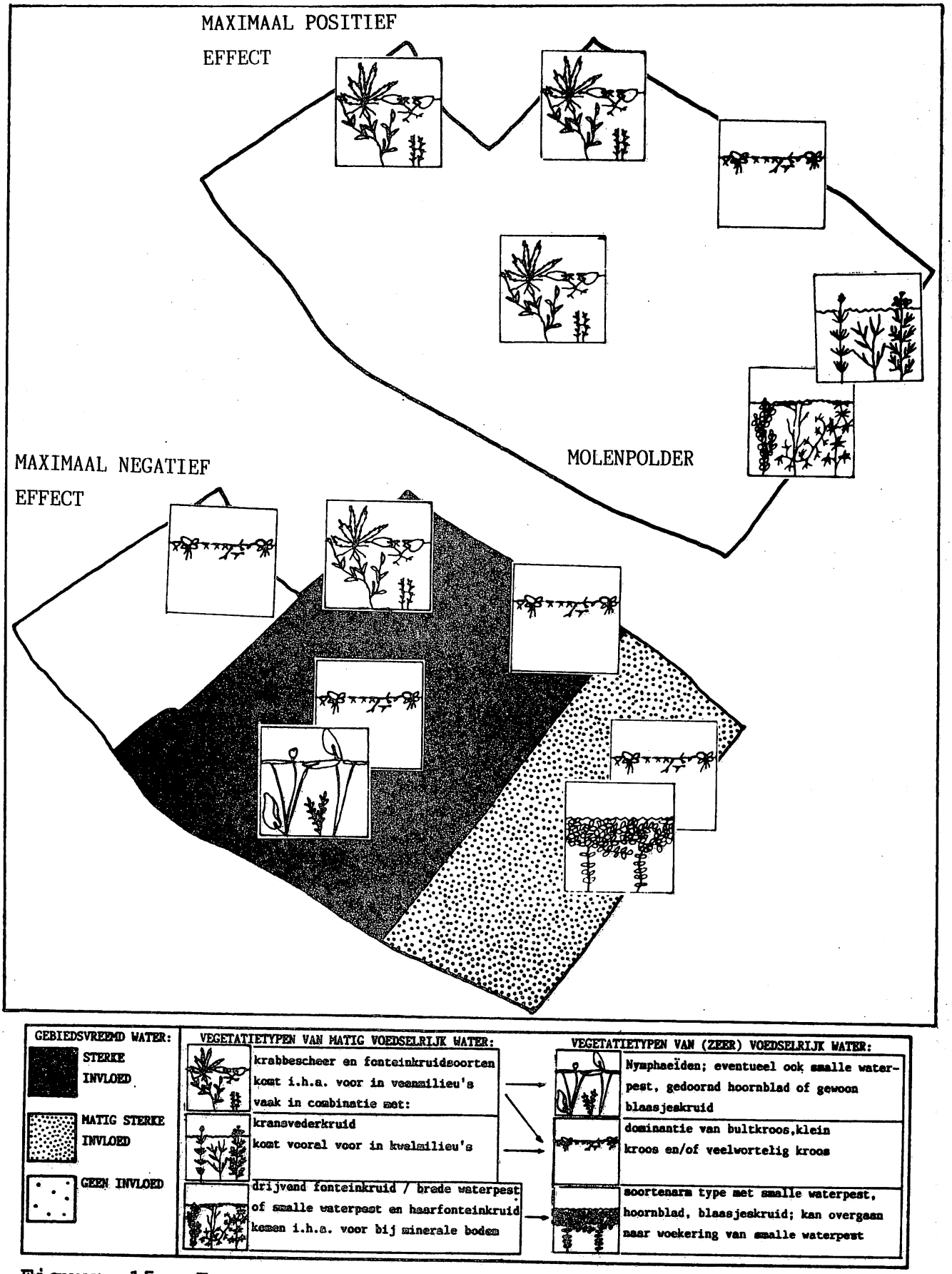
Figuur 14: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in de Molenpolder.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT

Indien in het reservaat het achterstallig onderhoud wordt uitgevoerd en de dikke gereduceerde sapropeliumlaag wordt verwijderd, zijn daar in beginsel goede ontwikkelingsmogelijkheden voor het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten (*Stratiodes aloïdes en Potametea*). Wellicht dat dit vegetatietype ook in het westen van de Molenpolder beter tot ontwikkeling kan komen dan in de huidige situatie het geval is. Buiten het reservaat is gebiedsvreemd water in de huidige situatie geen factor van doorslaggevend belag voor de waterkwaliteit en vegetatiesamenstelling, en vallen dus geen grote veranderingen in dat kader te verwachten indien geen gebiedsvreemd water meer wordt ingelaten.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Bij een maximaal negatief effect van maatregelen doet het verschil in verspreiding van gebiedsvreemd water ten opzichte van de huidige situatie, zich vooral voor in het oosten van de polder. Dit zal vooral leiden tot een achteruitgang van de water- en bodemkwaliteit en de vegetatiesamenstelling in de (kwel)sloten in dat deel van de polder. De eutrofiëring die het gevolg zal zijn, zal er waarschijnlijk toe leiden dat kroossoorten en enkele andere algemene soorten van voedselrijk water de kwelindicerende soorten en krabbescheer gaan verdringen. Wellicht verdwijnt ook in het deel ten westen van de Nedereindse Vaart het krabbescheer-element uit de sloten. Soortenarmere vegetatietypen met in het algemeen een meer horizontale groeistrategie zijn bij maximaal negatief effect ook buiten het reservaat te verwachten.



Figuur 15: Te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief in de Molenpolder.

3.10 OOSTELIJKE BINNENPOLDER VAN TIENHOVEN

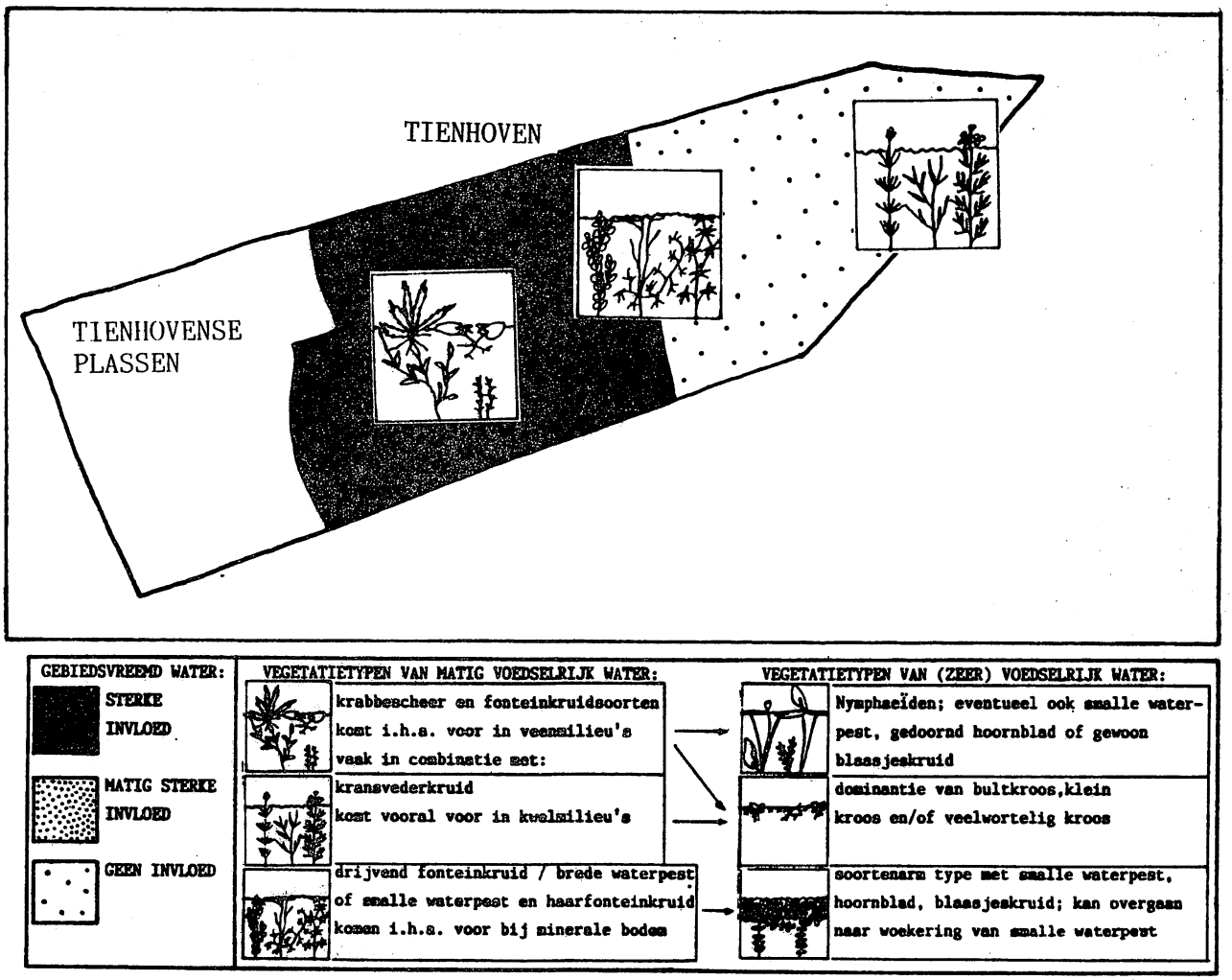
DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN DE OOSTELIJKE BINNENPOLDER VAN TIENHOVEN

De samenstelling van het "gebiedseigen" water (Botanische Oecologie, RUU) in de oostelijke binnenpolder van Tienhoven ("polder Tienhoven") is vermeld in tabel 1. In tegenstelling tot de waterverspreidings-berekeningen van de Landinrichtingsdienst (1988) is in deze polder nauwelijks invloed van gebiedsvreemd water waarneembaar. Er vindt nauwelijks inlaat van gebiedsvreemd water plaats. Alleen in droge zomers ontstaat een watertekort dat aangevuld wordt met water uit de Tienhovense plassen. De Tienhovense plassen worden indirect gevoed door het Amsterdam-Rijnkanaal. Het water in polder Tienhoven is matig hard (HCO_3^- =1,7 meq/l), matig ionenrijk (som kat- + anionen =5,2 mmol/l) en matig voedselrijk tot voedselrijk (ortho-fosfaat=1,3 µmol/l; mineraal N (NO_3^- + NH_4^+) =48 µmol/l). Het betreft een bicarbonaattype water, waarin het sulfaat- en chloride gehalte laag is.
Het noordelijk deel van de polder is een kwelgebied terwijl in het zuidelijk deel water weggezogen wordt als gevolg van de sterke wateronttrekking in de Bethunepolder.
In polder Tienhoven is een ander peilbeheer gevoerd dan in de meeste andere polders. Het toestaan van iets grotere peilschommelingen en het minder strikt instellen van de zomer- en winterpeilen bleek het inlaten van gebiedsvreemd water grotendeels overbodig te maken. Doordat de laatste jaren geen Vechtwater meer is ingelaten, is de waterkwaliteit vrij goed en zelfs iets verbeterd. In 1980 was het water in polder Tienhoven harder, ionen- en voedselrijker (niet gepubliceerde gegevens Bloemendaal & Schuurkens, 1980)) dan in 1988.

VEGETATIESAMENSTELLING IN POLDER TIENHOVEN

In polder Tienhoven groeien in hoofdzaak de vegetatietypen die karakteristiek zijn voor matig voedselrijke sloten zoals die van oorsprong in het Noorderpark voorkomen. Het vegetatietype met krabbescheer en fonteinkruidsoorten *(Stratiodes aloïdes en Potametea)* komt algemeen voor. Dit vegetatie-type is in het algemeen goed ontwikkeld met plaatselijke nuanceverschillen. In de ene sloot hebben - naast de kensoorten van het vegetatietype- bijvoorbeeld watergentiaan *(Nymphoïdes peltata)* en glanzig fonteinkruid *(Potamogeton lucens)* een redelijk hoge bedekkingsgraad terwijl in een andere sloot kransvederkruid *(Myriophyllum verticillatum)*, waterviolier *(Hottonia palustris)* en stompbladig fonteinkruid *(Potamogeton obtusifolius)* groeien. Ook de vegetatietypen met drijvend fonteinkruid (*Potamogeton*

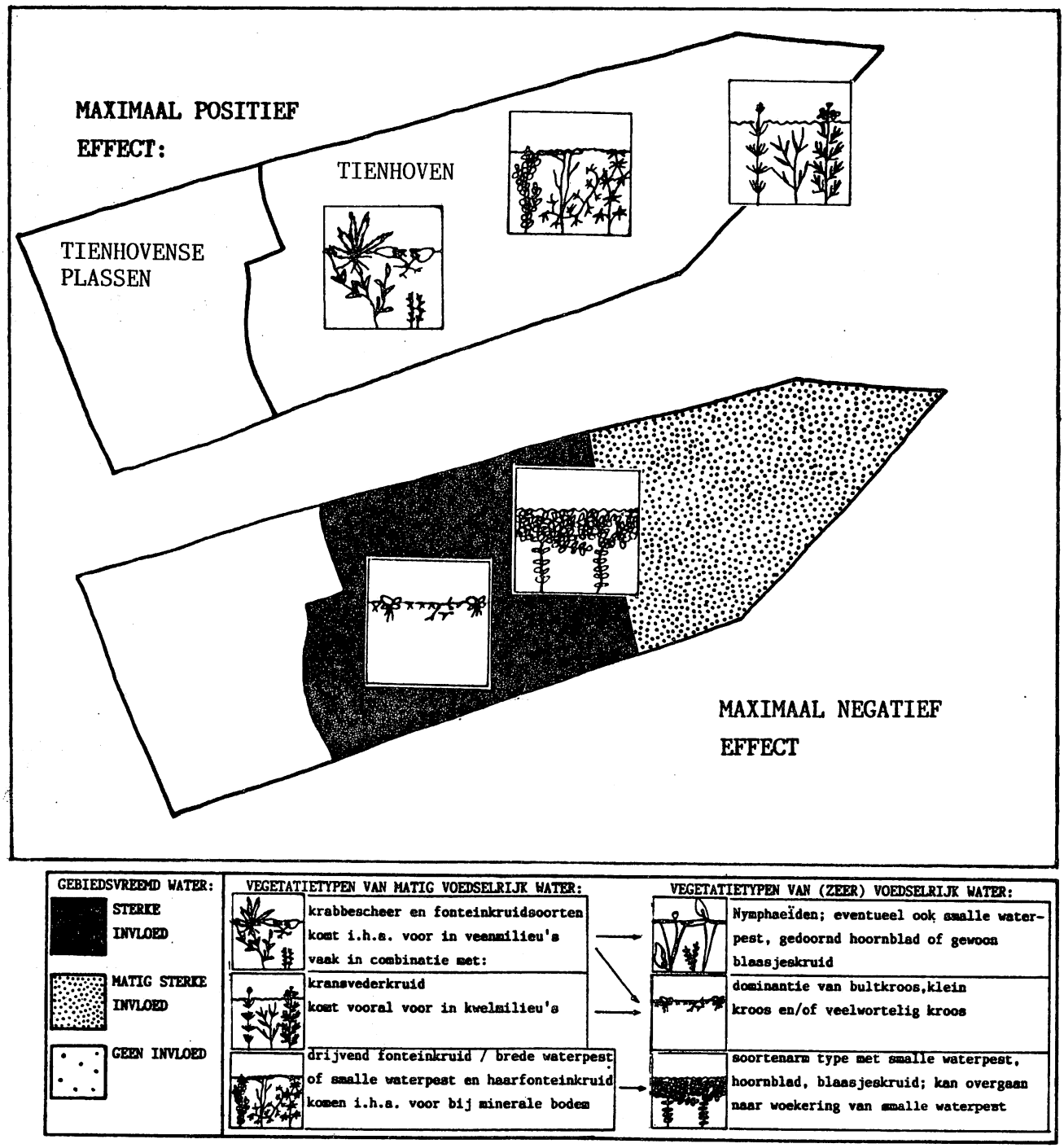
natans) en/of brede waterpest (*Elodea canadensis*) komen voor in een aantal sloten. In het noorden van de polder treedt veel kwel op en groeit het vegetatietype met kransvederkruid (*Myriophyllum verticillatum*). Daar zijn kwelindicerende soorten aangetroffen zoals waterviolier (*Hottonia palustris*), holpijp (*Equisetum fluviatile*), waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) en grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) (Beltman et al.,1988). Zwanebloem (*Butomus umbellatus*), grote en kleine egelskop (*Sparganium erectum en S. emersum*), en pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) zijn vrij algemeen. Kalmoes (*Acorus calamus*), grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*) en veenwortel (*Polygonum amphibium*) komen weinig algemeen voor (Heidemij,1985).
In het algemeen komen in polder Tienhoven dus waterplanten voor die een voorkeur hebben voor (matig) hard, (matig) voedselrijk, circumneutraal, bicarbonaattype water. Nuanceverschillen in vegetatietypen worden vooral veroorzaakt door een plaatselijke differentiatie in de mate van kwel en ook wel door verschillen in bodemsamenstelling, schoningsregime en het bemestingsniveau van de omringende gronden.



Figuur 16: Vegetatiesamenstelling in de huidige situatie in polder Tienhoven.

MAXIMAAL POSITIEF EFFECT:

Aangezien de laatste jaren geen gebiedsvreemd water meer is ingelaten in polder Tienhoven, is het beeld van de te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief effect gelijk aan dat wat de huidige situatie weergeeft (figuur 16).



Figuur 17: Te verwachten vegetatie-ontwikkeling bij maximaal positief en maximaal negatief effect in polder Tienhoven.

MAXIMAAL NEGATIEF EFFECT:

Uitgaande van de berekeningen voor de te verwachten verspreiding van gebiedsvreemd water (Landinrichtingsdienst, 1988), staat bij maximaal negatief effect van maatregelen de hele polder onder invloed van gebiedsvreemd water. Alhoewel de berekeningen voor de huidige situatie niet geheel overeenkomen met de praktijksituatie wordt voor de effectvoorspelling er van uitgegaan dat bij maximaal negatief effect in een groot deel van de polder gebiedvreemd water aangevoerd dient te worden.
Indien in polder Tienhoven gebiedsvreemd water wordt ingelaten zal waarschijnlijk een nivellering in de vegetatiesamenstelling optreden; de smalbladige fonteinkruidsoorten, krabbescheer en kwelindicatoren die gevoelig zijn voor eutrofiëring en/of een week, sterk gereduceerd sapropelium kunnen mogelijk verdrongen worden door meer algemene soorten van voedselrijk(er) water (kroos, smalle waterpest, gedoornd hoornblad en gewoon blaasjeskruid).

3.11 DE BETHUNEPOLDER

DE (GEMETEN) WATERKWALITEIT IN DE BETHUNEPOLDER

De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in de Bethunepolder (Botanische Oecologie, RUU) is vermeld in tabel 1.
Het water in de Bethunepolder heeft een zeer hoge alkaliniteit (HCO_3^-= 5 meq/l) en een vrij hoge aciditeit doordat hier diep grondwater aan de oppervlakte komt. Het betreft een bicarbonaattype water dat zeer arm is aan sulfaat (0,2 mmol/l) en matig arm aan chloride (1,3 mmol/l). Door het landbouwkundig gebruik van de grond, de extreme hardheid en de snelle doorstroomsnelheid van het oppervlaktewater door de polder, is het water in vrijwel de hele polder van ongeveer gelijke samenstelling cq. kwaliteit. Het water bevat bijzonder hoge ammonium-concentraties (366 µmol/l). Daarnaast duiden de bruine kleur en de troebelheid van het water op veel gesuspendeerd organisch materiaal en hoge concentraties (ijzer-)fosfaten die in het snel uitstromende water nauwelijks neerslaan.
Voor een meer uitvoerige beschrijving van de waterkwaliteit wordt verwezen naar 1.4.3.

VEGETATIESAMENSTELLING IN DE BETHUNEPOLDER

De water- en oeverplantenvegetaties in de Bethunepolder zijn zeer arm, zowel wat betreft soortendiversiteit als abundanties.
In de hele Bethunepolder groeien vrijwel geen helofyten en slechts enkele waterplanten (opname 1988). In het noordoosten groeien enkele exemplaren van stomphoekig sterrekroos *(Callitriche obtusangula)* en haarfonteinkruid *(Potamogeton trichoïdes)* en in het zuid-westen haarfonteinkruid, gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)* en gewoon blaasjeskruid *(Utricularia vulgaris)*. Deze soorten zijn indicerend voor voedselrijk en zeer voedselrijk water.
In 1985 is een grotere soortenrijkdom in de Bethunepolder gekarteerd (Heidemij, 1985). Ook toen werd in de verschillende sloten in de polder min of meer eenzelfde vegetatietype aangetroffen; er bestonden geen grote verschillen in waterkwaliteit in verscheidene deelgebieden.
De sloten werden in het algemeen gedomineerd door kroossoorten *(Lemniden)* en andere voedselrijk water indicerende soorten zoals smalle waterpest *(Elodea nuttallii)*, gedoornd hoornblad *(Ceratophyllum demersum)*, schedefonteinkruid *(Potamogeton pectinatus)*, drijvend fonteinkruid *(P. natans)* en gewoon blaasjeskruid *(Utricularia vulgaris)*.
In veel sloten bestaat de helofyten-vegetatie uit liesgras (*Glyceria maxima*) hier en daar in combinatie met één of twee andere soorten, bijvoorbeeld mannagras (*Glyceria fluitans*), fioringras (*Agrostis stolonifera*) of veenwortel (*Polygonum amphibium*) en incidenteel met waterpeper (*Polygonum hydropiper*) of beekpunge (*Veronica beccabunga*).
Hoewel in de Bethunepolder een zeer sterke kwelstroom optreedt, groeien er geen kwelindicerende waterplante- soorten. Dit hangt waarschijnlijk samen met het type kwelwater en de hoge doorstroomsnelheid van het oppervlaktewater. In de Bethunepolder komt naast kwelwater uit het ondiepe ook water uit het diepe watervoerend pakket aan de oppervlakte dat vanwege de lange verblijftijd in de bodem een extreem hoge alkaliniteit en vrij hoge aciditeit (pH=7,2) heeft. Doordat het water zeer snel afgevoerd wordt kan het aan de oppervlakte tredend kwelwater zich nauwelijks als zodanig manifesteren en door de snelle afvoer van het water kan er geen uitgebalanceerd evenwicht ontstaan. De combinatie van deze omstandigheden en de bemesting vanuit de landbouw vormen een belemmering voor het voorkomen van veel waterplanten.

Voor de Bethunepolder zijn bepaling van de verspreiding en mate van invloed van gebiedsvreemd water bij gunstige of ongunstige scenario's niet van toepassing, omdat daar niet de inlaat maar juist de snelle afvoer van water tot problemen leidt. Een effectvoorspelling, analoog aan die van de overige polders is dus weinig zinvol. Wel kan vermeld worden dat een verbetering van de waterkwaliteit vooral verwacht kan worden indien de intensieve bemaling afneemt. Als de stroomsnelheid van het water minder hoog is, dan is het mogelijk dat water in de Bethunepolder meer dan in de huidige situatie, kenmerken van kwelwater heeft. Te verwachten

valt dat het water, weliswaar zeer hard, maar toch relatief weinig voedselrijk zal zijn. In een dergelijke situatie kunnen "hardwatersoorten" zoals waterranonkels (bijv. *Ranunculus circinatus*), aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), fonteinkruidsoorten zoals dichtbladig en schedefonteinkruid (*Potamogeton densus en P. pectinatus*), brede waterpest (*Elodea canadensis*) en *Chara vulgaris* , een kranswier, weer kansen krijgen in de Bethunepolder.

Hoofdstuk 4

EFFECTVOORSPELLING: AANVOER VAN ALTERNATIEVE TYPEN INLAATWATER

4.1 DE INLAAT VAN VECHTWATER IN DE HUIDIGE SITUATIE

In de huidige situatie vindt in droge perioden waterinlaat plaats vanuit de Vecht.
Vechtwater verschilt aanzienlijk van het gebiedseigen water in polder Westbroek. Dit laatste betreft een bicarbonaattype water terwijl Vechtwater een chloride type water is (Bloemendaal & Roelofs, 1988). De (absolute) concentraties van zowel chloride als sulfaat en bicarbonaat zijn hoger in Vechtwater dan in het gebiedseigen water.
Bovendien is Vechtwater voedselrijker. Het bevat beduidend hogere concentraties aan nitraat, ammonium en fosfaat dan "gebiedseigen" water. Volgens de classificatie van Stuyfzand en de stiffdiagrammen behoren in een periode met veel waterinlaat (juli 1986) de meeste monsters tot het calcium-mix- en het calcium-chloride-type (68%) terwijl in een periode met weinig waterinlaat (juli 1985) de meeste monsters behoren tot het calcium-bicarbonaat-type (85%) (Landinrichtingsdienst, 1988).

4.2 ALTERNATIEVEN VOOR VECHTWATER

In het kader van een herinrichting van het Noorderpark is een aantal maatregelen voorgesteld die betrekking hebben op de waterkwantiteit en/of de waterkwaliteit. De gevolgen van deze maatregelen voor de onderwaterbodem, waterkwaliteit en de ontwikkeling van de water- en oeverplantenvegetaties hangen samen met de chemische samenstelling van gebiedseigen en gebiedsvreemd (inlaat)water en de verspreiding van beide. De vervanging van inlaatwater uit de Vecht door een water van andere herkomst beïnvloedt direct de waterkwaliteit. In dat kader zijn de volgende maatregelen voorgesteld:
- de inlaat van Vechtwater vervangen door wateraanvoer uit het Tienhovens Kanaal, met nalevering van water uit de Loosdrechtse Plassen, welke gevoed worden door gedefosfateerd water uit het Amsterdam-Rijnkanaal;
- de inlaat van Vechtwater vervangen door kwelwater uit de Bethunepolder;
- de Molenpolder voorzien van water uit de Grote Maarsseveense Plas.

Een zwaarwegend, principieel bezwaar dat aan het inlaten van gebiedsvreemd water kleeft, is dat de meest karakteristieke planten in het Noorderpark zich niet kunnen handhaven zonder kwel. Wat de kwaliteit van het in te laten water ook moge zijn,

het karakter van ter plekke opwellend, CO_2-houdend kwelwater dat een voorwaarde is voor veel karakteristieke soorten van het Noorderparkgebied, wordt door geen enkel inlaatwater overgenomen of gecompenseerd. In feite is de nivellering van de oecologische waarden dan ook niet tegen te houden zonder dat de kweldruk terugkomt of in stand gehouden wordt. De schade kan echter wel degelijk beperkt worden door water in te laten dat zoveel mogelijk lijkt op het gebiedseigen water en de hoeveelheden aan te voeren water en de verspreiding ervan te minimaliseren.

De oecologisch belangrijke eigenschappen van het gebiedseigen water in het Noorderpark zijn:
- een matig hoge alkaliniteit ($1,5 < HCO_3^- < 2,0$ meq/l)
- een redelijk hoge aciditeit ($6,5 < pH < 7,5$)
- een laag sulfaatgehalte (< 0,5 mmol/l)
- een laag P-gehalte (O-PO_4 en totaal-P[1])

Een inlaatwater dat deze eigenschappen bezit zal de water- en bodemkwaliteit in het Noorderpark relatief weinig ten ongunste beïnvloeden en de ontwikkelingmogelijkheden voor de oorspronkelijke waterplantenvegetaties verbeteren.
De gemiddelde waarden van ionenconcentraties in het water van de Breukelerveense Plassen, de Bethunepolder, de Grote Maarsseveense Plas en de Vecht zijn vermeld in tabel 2.

---

[1]Het totaal-P-gehalte van wateren is meestal niet bekend. Bij de effectvoorspelling vormt het O-PO_4-gehalte dientengevolge het citerium voor de P-belasting van het water.

Tabel 2: Zuurgraad, geleidingsvermogen (EGV), ionenratio (IR) en chemische samenstelling van het water uit het Tienhovens Kanaal, de Breuleveense Plassen, de Grote Maarsseveense Plas, de Bethunepolder en de Vecht. Het EGV is uitgedrukt in µS/cm, de concentraties ortho-fosfaat, nitraat en ammonium in µmol/l en de overige ionenconcentraties in mmol/l.

	Tienhovens Kanaal	Breukele-veense Pl	Maarsse-veense Pl	Bethune polder	Vecht water
pH	7.5	8.9	8.2	7.2	7.3
EGV	242	386	546	552	964
$IR_{Ca/Mg}$		0.68		0.77	0.53
Bicarbonaat	1.05	2.11	2.9	4.82	2.67
Sulfaat	0.29	0.61	0.13	0.21	1.26
Chloride	0.68	1.15	0.96	1.32	4.20
Calcium	0.67	2.08		3.97	3.80
Magnesium	0.13	0.38		0.47	0.88
Natrium	0.55	2.45		0.95	3.76
Kalium	0.09	0.12		0.09	0.19
O-Fosfaat	2	1	0.2	3	128
Nitraat	47	0	9.2	30	285
Ammonium	32	10	5.9	366	240

De gegevens van het Tienhovens Kanaal, Breukeleveense Plas, Bethunepolder en de Vecht zijn verzameld door de Vakgroep Botanische Oecologie, Rijksuniversiteit Utrecht.
De gegevns van de Grote Maarsseveense Plas zijn verkregen van Provincie Utrecht, Dienst Water & Milieu, Afdeling Oppervlaktewaterkwaliteit en de Sectie Aquatische Oecologie van de Universiteit van Amsterdam.

4.3 WATERAANVOER VANUIT DE VECHT

Vechtwater vertoont geen van de gewenste eigenschappen: Vechtwater heeft een hoge alkaliniteit, een lage aciditeit, een zeer hoog sulfaatgehalte en een gigantisch hoog fosfaat-gehalte. De waterkwaliteit, bodemgesteldheid en de oëcologische waarden in het Noorderpark zijn onder invloed van Vechtwater sterk aangetast. De invloed van Vechtwater heeft zich op veel plaatsen gemanifesteerd in een sterk extern en intern geëutrofieerd water en een sterk gereduceerde, dikke weke sapropeliumlaag op de bodem. Als gevolg daarvan komen hoge concentraties gereduceerde verbindingen voor tot op toxische niveau's in de diepe waterlaag en de bovenste laag van het sediment. Dit heeft ertoe geleid dat veel wortelende waterplanten zijn verdwenen. Een uitgebreide beschrijving van de effecten per polder is gegeven in hoofdstuk 3.

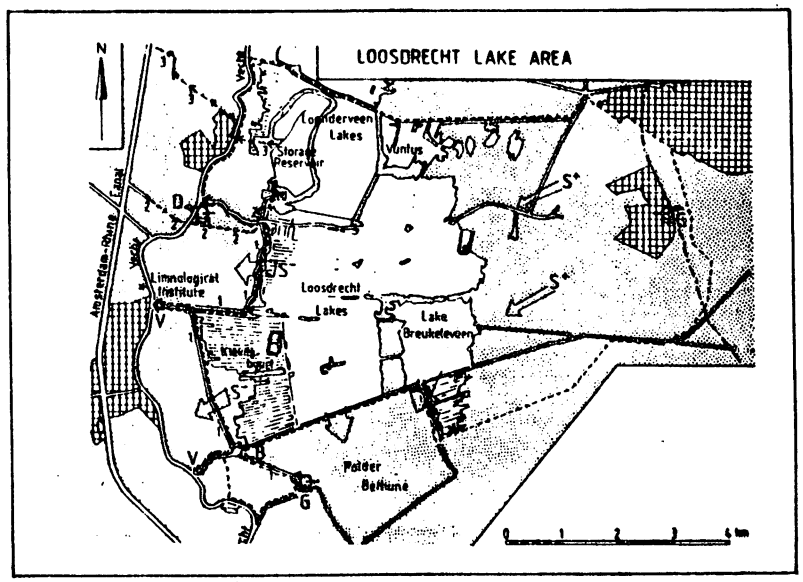
4.4 WATERAANVOER VANUIT DE GROTE MAARSSEVEENSE PLAS

Water uit de Grote Maarsseveense Plas wordt gekenmerkt door een hoge alkaliniteit, een lage aciditeit, een laag sulfaatgehalte en een laag fosfaatgehalte. Indien water uit de Grote Maarsseveense Plas in het Noorderpark wordt ingelaten zal er ten opzichte van de situatie waarin het gebied alleen gevoed wordt door kwel, interne eutrofiëring optreden. Echter de mate waarin zich dat zal voordoen, zal minder sterk zijn dan in de huidige situatie onder invloed van Vechtwater. In dat opzicht vormt water uit de Maarsseveense plas een gunstig alternatief. Een ander voordeel is de lage trofiegraad waardoor in ieder geval geen externe eutrofiëring optreedt, en het lage sulfaatgehalte. Indien zich weinig sulfaat in het water bevindt zal reductie daarvan tot sulfiden beperkt blijven en niet oplopen tot toxische concentraties. Het valt te verwachten dat er een meer gestructureerd sapropelium ontstaat dat minder week is en minder rijk aan gassen. Bovendien zal de verlandingssuccessie minder gestoord verlopen.
Deze verbeteringen ten opzichte van de huidige situatie zullen er toe leiden dat oevervegetaties -waarvan velen gevoelig zijn voor sulfiden- zich beter kunnen ontwikkelen. Op de lange duur ontstaan er waarschijnlijk weer ontwikkelingsmogelijkheden voor wortelende waterplanten.
Vergeleken met Vechtwater zal water uit de Grote Maarsseveense Plas een positief effect hebben in de Molenpolder, mits de dikke

sapropeliumlaag die daar nu ligt, wordt verwijderd. Voor wateraanvoer naar meer polders in het Noorderpark is het water weliswaar ook geschikt maar is de capaciteit niet toereikend.

4.5 WATERAANVOER VANUIT HET TIENHOVENS KANAAL DAT GEVOED WORDT DOOR DE BREUKELEVEENSE PLAS

Het Tienhovens Kanaal voert kwelwater af uit het Gooi en wordt gevoed door water uit de Breukeleveense Plassen. Water uit het Tienhovens Kanaal heeft een samenstelling die het zeer geschikt maakt voor inlaat in het Noorderpark: een laag bicarbonaatgehalte, een matig hoge aciditeit, zeer weinig sulfaat en voedselarm. Indien water uit het Tienhovens kanaal wordt gebruikt voor inlaat, is de samenstelling van het (voedings)water uit de Breukeleveense Plas ook van belang voor de effecten die in het Noorderpark zullen optreden. De Breukeleveense Plas ligt in het oosten van het Loosdrechtse Plassen-gebied.



Figuur 6: Overzichtskaart van het Loosdrechtse Plassen-gebied.

Tot 1984 werd in de Loosdrechtse Plassen Vechtwater ingelaten. Om de fosfaatbelasting te reduceren worden de Loosdrechtse Plassen sindsdien gevoed door gedefosfateerd water uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Er wordt al een aantal jaren een fosfaatbelasting bereikt die vrijwel op het niveau ligt waarnaar gestreefd wordt. Het verlagen van de fosfaatconcentratie tot 0,10 mg P/ltr blijkt echter géén of nauwelijks effect te hebben op het

oecosysteem van de centraal gelegen Loosdrechtse Plassen: de biologische waterkwaliteit blijft slecht. Het water wordt gedomineerd door blauwalgen (de Ruiter et al., 1988).

Indien water uit het Tienhovens Kanaal aangevoerd dient te worden in grote hoeveelheden, zal de wateronttrekking gecompenseerd moeten worden door een grotere wateraanvoer naar de Breukeleveense Plas die (indirect) gevoed wordt door het Amsterdam-Rijnkanaal. Dit zal in de Loosdrechtse Plassen, Breukeleveense Plas en het Tienhovens Kanaal leiden tot alkalinisering, interne eutrofiëring en toxinenvorming. Indien grotere hoeveelheden water aangevoerd dienen te worden zal de verbetering van de waterkwaliteit in het Noorderpark ten koste gaan van die in het Loosdrechtse Plassengebied en/of het Tienhovens Kanaal en houdt dit alternatief in feite een verschuiving van de problemen in.

4.6 WATERAANVOER VANUIT DE BETHUNEPOLDER

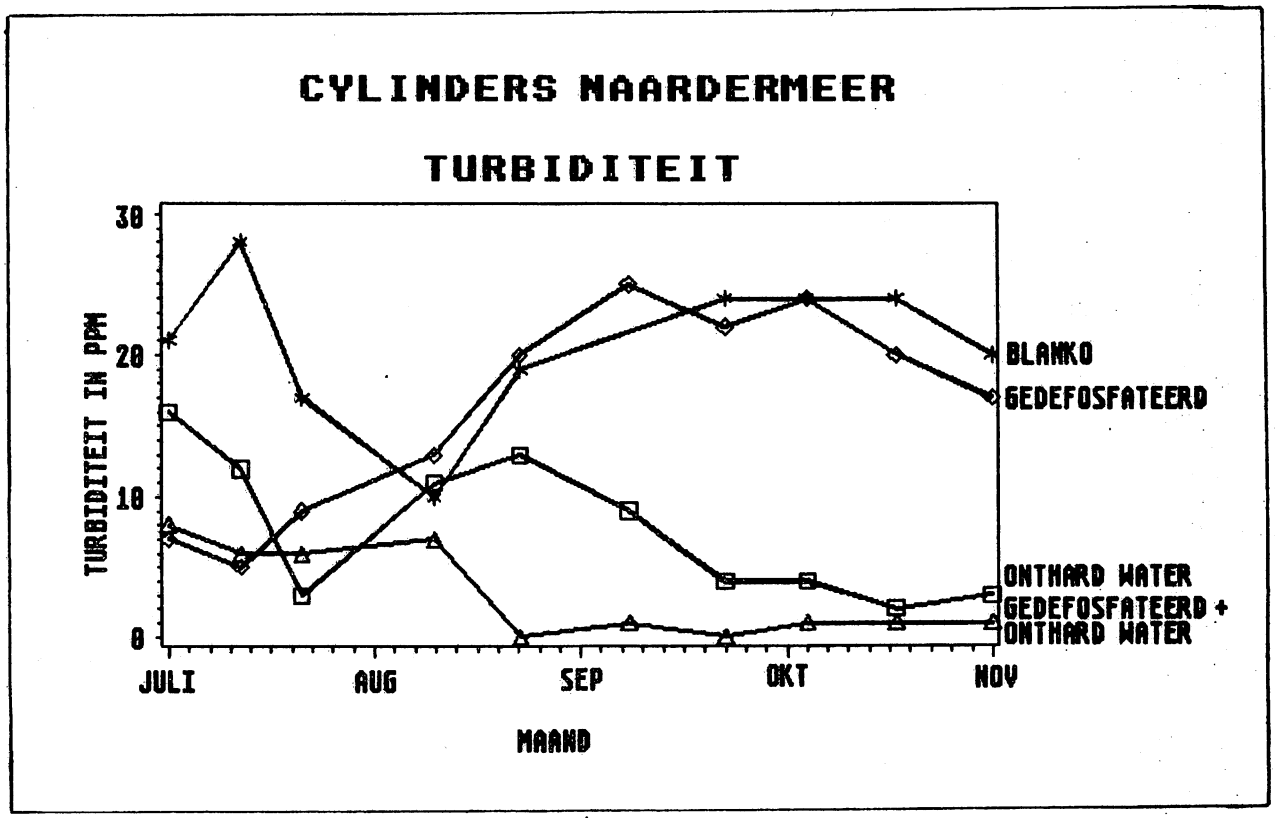
Water uit de Bethunepolder heeft een zeer hoge alkaliniteit, een redelijk hoge aciditeit, een laag sulfaatgehalte en een vrij hoog fosfaatgehalte. Zoals besproken in 1.4.3 is het hoge fosfaatgehalte waarschijnlijk voor een belangrijk deel te wijten aan het ontbreken van een bezinkingsmogelijkheid voor ijzerfosfaten als gevolg van de hoge doorstroomsnelheid. Het stopzetten of verminderen van de intensieve bemaling in de Bethunepolder zou niet alleen een gunstig effect hebben op de kwaliteit van het water in de Bethunepolder zelf, maar tevens de wegzijging van water uit de omringende polders doen verminderen. De kweldruk in die polders zou toenemen en de aanvoerbehoefte voor gebiedsvreemd water zou afnemen hetgeen gunstig is voor de waterkwaliteit.
Indien de doorstroomsnelheid minder hoog is, vertoont water uit de Bethunepolder een aantal overeenkomsten met gebiedseigen water. In een dergelijke situatie is water uit de Bethunepolder sulfaat- en fosfaat-arm en ijzerrijk. Vanwege die eigenschappen valt weinig sulfidenvorming en een gematigde externe eutrofiëring te verwachten, vergeleken met de huidige situatie. Bovendien heeft het water een redelijk hoge aciditeit waaraan veel van de oorspronkelijke water- en oeverplanten gebonden zijn. Een groot nadeel van water uit de Bethunepolder is echter de zeer hoge alkaliniteit. Vergeleken met de situatie waarin kwelwater in de waterbehoefte voorziet betekent dit een sterkere alkalinisering en interne eutrofiëring in de polders waar Bethunewater zou worden ingelaten. Zelfs ten opzichte van de heersende situatie (inlaat van Vechtwater) kan enige interne eutrofiëring onder invloed van het hoge bicarbonaatgehalte worden verwacht. Het water heeft echter ook een hoge aciditeit hetgeen een tegengesteld effect teweegbrengt. Wat het uiteindelijke gevolg van water uit de Bethunepolder zal zijn voor de mate van interne

eutrofiëring, kan niet met enige zekerheid worden voorspeld. Daarvoor is nader (experimenteel) onderzoek vereist. Door het lage sulfaatgehalte en de relatief hoge aciditeit is water uit de Bethunepolder - ondanks de hoge alkaliniteit - te prefereren boven Vechtwater.

4.7 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Water uit de Bethunepolder vertoont veel overeenkomsten met gebiedseigen water. Het belangrijkste verschil (het veel hogere bicarbonaatgehalte van water uit de Bethunepolder) kan via chemische manipulatie op betrekkelijk eenvoudige wijze teniet worden gedaan. Vanwege het lage sulfaat- en fosfaatgehalte en het zwak zure karakter, kan water uit de Bethunepolder vrij eenvoudig omgevormd worden tot kwel-achtig water dat wat pH, alkaliniteit, aciditeit en sulfaatgehalte lijkt op het gebiedseigen water in het Noorderpark. Het water uit de Bethunepolder kan worden onthard door toevoeging van zoutzuur zodat bicarbonaat-ionen worden vervangen door chloride-ionen. Het chloride-gehalte wordt weliswaar wat verhoogd, maar uit onderzoek is gebleken dat een chloride-concentratie die op dergelijke wijze zou ontstaan in het Noorderpark, in dit type water geen rol van betekenis speelt voor het al dan niet voorkomen van waterplanten (de Lyon & Roelofs, 1986). De ontharding zou kunnen plaatsvinden door middel van een automatische zuurdosering bij het inlaatpunt.
Met water dat op dergelijke wijze is gemanipuleerd, zijn experimenten uitgevoerd in het Naardermeer (Bellemakers & Maessen, in prep.), dat kampt met problemen die te vergelijken zijn met die in het Noorderpark. Ook in het Naardermeer is de oorspronkele kwelstroom sterk verminderd en is de waterkwaliteit verslechterd, hetgeen zich mede uit in een sterke troebeling van het water en flab-vorming. Cylinders met een doorsnede van 1 meter en hoogte van 1,5 meter werden in het Naardermeer geplaatst. Het verlagen van de alkaliniteit van het water in de cylinders leidde snel tot een verbetering van de waterkwaliteit. In cylinders waarin gedefosfateerd + onthard water werd ingelaten was de troebeling binnen vier weken verdwenen. In cylinders waarin onthard water werd ingelaten duurde dat 8 weken (zie figuur 7). Hoewel troebeling en waterkwaliteit niet synonieme begrippen zijn, bestaat er wel een duidelijke relatie tussen de mate van de troebeling en de oecologische kwaliteit. In het algemeen kunnen in helder water met een goed doorzicht, veel waterplanten groeien en rijke oecosystemen bestaan, terwijl in troebele wateren veel onderwaterleven wordt belemmerd door licht-limitatie.
De verschillen in waterkwaliteit bij de verscheidene behandelingen die gemeten zijn na een periode van 5 maanden,

staan vermeld in tabel 3. Als maat voor het beschikbare fosfaat is het algendrooggewicht bepaald aangezien het in het water beschikbare fosfaat vrijwel direct wordt opgenomen en de O-PO_4-concentraties in het water in al de verschillend behandeld cylinders niet-detecteerbaar laag was (Bellemakers & Maessen, in prep.). Uit het verloop van andere parameters in de loop van de tijd kan worden afgeleid dat ontharden niet alleen leidt tot een snelle afname van de troebeling maar ook tot een sterke afname van de hoeveelheid beschikbaar fosfaat.



Figuur 7: Veranderingen in de troebelheid van Naardermeer-water in de loop van de tijd na doorstroming met water dat onthard en/of gedefosfateerd is (Bellemakers & Maessen, in prep.).

Tabel 3: De verschillen in waterkwaliteit na 5 maanden in cylinders die in het Naardermeer zijn geplaatst en zijn doorgespoeld met gedefosfateerd en/of onthard water (Bellemakers & Maessen, in prep.).

	pH	alkaliniteit	aciditeit	algen dr.gew.	troebelheid
blanco	7,8	1,28	0,087	100	48
gedefosfateerd	8,2	1,33	0,00	118	7
gedefos.+onthard	7,1	0,60	0,084	22	3
onthard	7,2	0,65	0,085	18	8

Het is aan te bevelen om op kleine schaal te experimenteren met een dergelijke manipulatie en inlaat om vast te stellen of deze hypothese geldigheid heeft. Dit geldt niet alleen ten aanzien van water uit de Bethunepolder, maar ook voor water uit de Grote Maarsseveense Plas dat ingelaten zou kunnen worden in de Molenpolder.
Hoewel een dergelijke kunstmatige aanpassing van de pH alleen als noodmaatregel van toepassing kan zijn, is dit wellicht toch te verkiezen boven het inlaten van een watertype dat niet is behandeld maar leidt tot een sterke achteruitgang van de water- en bodemkwaliteit en de water- en oevervegetatie.

Indien de wateronttrekking en intensieve bemaling in de Bethunepolder helemaal niet meer plaatsvinden zal de Bethunepolder vol met water lopen. Dit zou een positief effect kunnen hebben op de waterkwaliteit in de omringende polders doordat de wegzijging afneemt en de kwelstroom in de polders sterker wordt. Een zoetwaterplas in het laagveengebied kan echter alleen matig hard én oligotroof blijven indien deze niet te ondiep is (minimaal 10 meter diep). In een ondiep water treedt een zeer intensief uitwisselingsproces op tussen water en bodem dat in een dynamisch evenwicht verkeert en tijdsafhankelijk is. In een diepe plas daarentegen verloopt de interne nutriëntencyclus langzaam. In de zomer ontstaat er een spronglaag. Oplosbare nutriënten (met name P) kunnen niet door de spronglaag heen diffunderen en blijven beneden de spronglaag. In de photosynthetiserende bovenlaag worden voedingsstoffen opgebruikt door voornamelijk algen die wel door de spronglaag heen naar beneden kunnen zakken. Dientengevolge bevindt zich in een diep water vaak een dikke sapropeliumlaag (van soms wel enkele meters dik) met daarboven helder, oligotroof water. Een dergelijk situatie doet zich bijvoorbeeld voor in het Haarsteegse wiel (Clasquin & Crul, 1982).
In de Bethunepolder kan een mesotrofe plas echter niet ontstaan via inundatie omdat de polder niet diep genoeg ligt ten opzicht van de omgeving.

LITERATUUR

Andersen, J.M. (1982). Effect of nitrate concentration in lake water on phosphate release from the sediment. Water Res. Vol. 16: 1119 - 1126.

Baker, L.A., P.L. Brezonik & C.D. Pollman (1986). Model of internal alkalinity generation: Sulfate retention component. Water Air Soil pollution 31: 89 - 94.

Bellemakers, M.J.S. & M. Maessen. Onderzoek naar de restauratiemogelijkheden van verzuurde en geëutrofieerde zachte wateren. Vakgroep Aquatische Oecologie & Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen in opdracht van het Ministerie van VROM (VROM project nr. 011661) (in voorbereiding).

Beltman, B. (1986/1987). Agrohydrologisch onderzoek in de Westbroekse Zodden. Cultuurtechnisch Tijdschrift jg. 26, nr. 4: 231-245.

Beltman, B, H. Duel, M. van der Bie, E. Otten & G. Rouwenhorst (1988). Ecohydrologie in polders: het Noorderpark. Landschap 1988 nr. 3: 152-169.

Best, E.H.P. (1981). The submerged aquatic macrophytes in lake Maarsseveen I: species composition, spatial distribution and productivity. Hydrobiological Bulletin, Volume 15/nr, 1/2:72-82.

Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs (red.), **1988.** Waterplanten en waterkwaliteit. Stichting Uitgeverij van de Koninklijke Natuurhistorische Vereniging, te Utrecht en Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen. 189 pp.

Bostrom, B., M. Jansson & C. Forsberg (1982). Phosphorus release from lake sediments. Archiv. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 18: 5 - 59.

Breeuwsma, A. en W. de Vries (1983). Notitie ten behoeve van deelrapport over effecten van zure regen en grondwater. Nota 125, I.B., Haren.

Brock, Th.C.M., J.J. Boon & B.G.P. Paffen (1985). The effects of the season and water chemistry on the decomposition of *Nymphaea alba* L.; weight loss and pyrolysis mass spectrometry of the particulate matter. Aquat. Bot., 22: 197-229.

Canfield, D.E., Jr. (1983). Sensitivity of Florida lakes to acidic precipitation. Water Resour. Res. 19: 833 - 446.

Carignan, R. (1985). Quantitative importance of alkalinity flux from the sediments of acidic lakes. Nature 317: 158 - 160.

Claassen, T.H.L. (1987). Typologie en normstelling, een aquatisch oecologisch onderzoek in Friesland. Dissertatie, Katholieke

Universiteit Nijmegen. 239 pp.

Clasquin, L.G.M. & M. Crul (1982). Jaaronderzoek naar de relatie tussen waterplanten en abiotische milieufactoren en nutriëntenbudgettering van de verschillende compartimenten in twee wielen. Rapport no. 145, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. 55pp.

Cook, R.B., C.A. Kelly, D.W. Schindler & M.A. Turner (1986). Mechanisms of hydrogen ion neutralization in an experimentally acidified lake. Limnol. Oceanogr. 31: 134 - 148.

Cook, R.B. & D.W. Schindler (1983). The biogeochemistry of sulfur in an experimentally acidified lake. Ecol. Bull. 35: 115 - 127.

Curtis, P.J. (1989). Effects of hydrogen ion and sulfate on the phosphorus cycle of a Precambrian Shield lake. Nature Vol. 337: 156 - 158.

Dacey, J.W.H. (1981). Pressurized ventilation in the yellow waterlily. Ecology, 62(5): 1137-1147.

Dacey, J.W.H. & M.J. Klug (1982). Ventilation by floating leaves in Nuphar. Amer. Journ. Bot., 69(6): 999-1003.

Engelen, G.B. (1986). Interaction of hydrological systems and eutrophication of the Loosdrecht Lakes. Hydrobiological Bulletin 20(1/2): 17-25.

Fillos, J. & W.R. Swanson (1975). The release rate of nutrients from river and lake sediments. Journal Water Pollution Control Fed., Vol. 47, No.5: 1034 - 1042.

Freeze, R.A. & J.A. Cherry (1979). Groundwater. Prentice-Hall Inc. London. 604 pp.

Golterman, H.L. (ed), (1969). Methods for chemical analysis of fresh waters. Int. Biol. Program Handbook 8. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 172 pp.

Golterman, H.L. (1975). Chemistry. In: Whitton, B.A. (red.), 1975: Studies in ecology 2: River ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne: 39-81.

Heidemij Adviesbureau (1986). Vegetatiekartering Noorderpark. Landinrichtingsdienst / Heidemij Adviesbureau Arnhem projectnr. 630-03751. 106 pp + bijlagen + kaarten.

Hoeniger, J.F.M. (1985). Microbial decomposition of cellulose in acidifying lakes of south central Ontario. Appl. Environm. Microbiol. 50: 315-322.

Horssen H.J.M. van & P.F.T.J. Henskens (1983). Het effect van waterinlaat op de waterkwaliteit en voedingsstoffenhuishouding in het laagveengebied de Weerribben. Doctoraalverslag no. 158, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen. 95 pp.

Hosomi, M., M. Okada et al. (1982). Release of phosphorus from lake sediments. Environment International, Vol. 7: 93 - 98.

Hutchinson, G.E. (1975). A treatise on limnology. Vol. III. Limnological botany. J. Wiley and Sons, New York.

Jackson, S.T. & D.F. Charles (1988). Aquatic macrophytes in Adirondack (New York) lakes: patterns of species composition in relation to environment. Can. J. Bot. 66: 1449-1460.

Jansen, S.R.J. & H.J.S.M. Vissers (1987). Herinrichting Noorderpark. Advies natuur, landschap en cultuurhistorie. Natuurwetenschappelijke commissie van de Natuurbeschermingsraad, Utrecht: 72 pp.

Katwijk, M.M. van & J.G.M. Roelofs (1988). Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, in opdracht van de Landinrichtingsdienst, Ministerie van Landbouw en Visserij. 133 pp.

Kelly, C.A. & J.W.M. Rudd (9184). Epilimnetic sulfate reduction and its relationship to lake acidification. Biogeochemistry 1: 63 - 77.

Kok, C.J. & B.J. Van de Laar (1989). Influence of pH and buffering capacity on the decomposition of *Nymphaea alba* L. detritus in laboratory experiments. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limn. (in prep.).

Landinrichtingsdienst (1988). Het waterkwaliteitsonderzoek in het Noorderpark. Landinrichtingsdienst afdeling onderzoek, provincie Utrecht. 32 pp + kaarten.

Lange, L. de (1972). An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands. Dissertatie Amsterdam. 112 pp.

Lyon, M. de & J.G.M. Roelofs (1986). Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. Deel 1 & 2. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, in opdracht van de Landinrichtingsdienst, Ministerie van Landbouw en Visserij. 232 pp.

Mckinley, V.L. & J.R. Vestal (1982). Effects of acid on plant litter decomposition in an arctic lake. Appl. Environ. Microbiol. 43: 1188-1195.

Meuleman, A.F.M. (1989). Ecohydrologisch onderzoek Noorderpark. Effecten van hydrologische ingrepen op de vegetatie van de moerasgebieden in het Noorderpark. Vakgroep Botanische Oecologie, Rijksuniversiteit Utrecht, in opdracht van NMF (in voorbereiding).

Mortimer, C.H. (1941-1942). The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. 1 and 2. 3 and 4. Journ. Ecol.

29: 280 - 329; 30: 147 - 201.

Moss, B. (1973). The influence of environmental factors on the distribution of frashwater algae: an experimental study. II: The role of pH and the carbon dioxide - bicarbonate system. J. Ecol. 61: 157-177.

Pentecost, A. (1985). Photosynthetic plants as intermediary agents between environmental HCO_3^- and carbonate deposition. In: Lucas, W.J. & J.A. Berry (Eds.). Inorganic carbon uptake by aquatic photosynthetic organisms. Symp. Proc. Am. Soc. of Plant Physiologists, Rockville, Maryland 20850: 459-480.

Pietsch, W. (1972). Ausgewahlte Beispiele für Indikatoreigenschaften hohere Wasserpflanzen.

Psenner, R. (1988). Alkalinity generation in a soft water lake: Watershed and in-lake processes. Limnol. Oceanogr. 33 (6, part 2): 1463 - 1475.

Roelofs, J.G.M. & R. Torenbeek (1989). Aanvoer van gebiedsvreemd water: oplossing of probleem? In: Leuven, R.S.E.W. & F.J.J. Bles (red.): Verdroging in Nederland. Oorzaken, omvang en oplossingen (in voorber.).

Rudd, J.W.M. et al. (1986). Microbial consumption of nitric and sulfuric acids in acidified north temperate lakes. Limnol. Oceanogr. 31: 1267 - 1280.

Ruiter, M.A. de, L. Van Liere, B.M.F. Kal & J.J. Buise (1988). Worden de Loosdrechtse Plassen weer helder? H_2O (21) 1988, nr. 17: 482-486.

Schiff, S.L. & R.F. Anderson (1986). Alkalinity production in epilimnetic sediments: Acidic and non-acidic lakes. Water Air Soil Pollution 31: 941 - 948.

Schiff, S.L. & R.F. Anderson (1987). Limnocorral studies of chemical and biological acid neutraliztion in two fresh water lakes. Can. Journ. Fish Aquat. Sci. 44 (suppl. 1): 173 - 187.

Schindler, D.W. (1985). The coupling of elemental cycles by organisms: Evidence from whole lake chemical perturbations, p. 225 - 250. In: W. Stumm (ed), Chemical processes in lakes. Wiley-Interscience New York.

Schindler, D.W. (1986). The significance od in-lake production of alkalinity. Water Air Soil Pollution 30: 931 - 944.

Schindler, D.W., M.A. Turner, M.P. Stainton et al. (1986). Natural sources of acid neutralizing capacity in low alkalinity lakes of the Precambrian Shield. Science Vol. 232: 844 - 848.

Schindler, D.W. (1988). Confusion over the origin of alkalinity in lakes. Limnol. Oceanogr., Vol. 33 (No 6, part 2):1637 - 1640.

Sholkovitz, E.R. (1985). Redox-related geochemistry in lakes: Alkali metals, alkaline-earth elements and ^{137}Cs, p. 119 - 142. In: W. Stumm (ed.), Chemicall processes in lakes. Wiley-Interscience New York.

Spence, D.H.N. & S.C. Maberly (1985). Occurance and ecological importance of HCO_3^- use among aquatic higher plants. In: Lucas, W.J. & J.A. Berry (Eds.). Inorganic carbon uptake by aquatic photosynthetic organisms. Symp. Proc. Am. Soc. of Plant Physiologists, Rockville, Maryland 20850: 125-143.

Stauffer, R.E. (1981). Sampling strategies for estimating the magnitude and importance of internal phosphorus supplies in lakes. U.S. EPA Rep. 66/3-81-015.

Stauffer, R.E. (1985). Relationships between phosphorus loading and trophic state in calcareous lakes in southeast Wisconsin. Limnol. Oceanogr., 30 (1): 123 - 145.

Stuyfzand, P.J. (1986). Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H_2O (19) 1986 nr. 23: 562-569.

Stuyfzand, P.J. (1988). De alkaliniteit, het redoxniveau en de verontreinigingsindex als parameters en keuzemogelijkgheden in een hydrochemische classificatie van watertypen. H_2O (21) 1988, nr. 22: 640-644.

Talling, J.F. (1985). Inorganic carbon reserves of natural waters and ecophysiological consequences of their photosynthetic depletion: micro-algae. In: Lucas, W.J. & J.A. Berry (Eds.). Inorganic carbon uptake by aquatic photosynthetic organisms. Symp. Proc. Am. Soc. of Plant Physiologists, Rockville, Maryland 20850:403-420.

Traaen, T.S. (1980). Effects of acidity on decomposition of organic matter in aquatic environments. In: D. Drablos & A. Tollan (eds.): Ecological Impact of Acid Precipitation. Proc. Int. Symp., March 1980, Sandefjord, Norway: 340-341.

Ulrich, B. (1981). Okologische Gruppierung van Boden nach ihren chemischen Bodenzustand. Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 144: 289-305.

Van Liere, L. (1986). Loosdrecht Lakes, origin, eutrophication, restoration and research programme. Hydrological Bulletin 20(1/2): 9-15.

Wiegleb, G. (1978). Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehenden Gewassern. Arch. Hydrobiol., 83: 443-484.

Wiegleb, G. (1983). A phytosociological study of the macrophytic vegetation of running waters in Western Lower Saxony (Federal Republic of Germany). Aquat. Bot. 17: 251-274.

Ministerie van Landbouw en Visserij

Landinrichtingsdienst
Rijkskantorengebouw
„Westraven"
Griffioenlaan 2
Postbus 20021
3502 LA Utrecht
Telefoon 030-859111