

HYDROLOGISCH ONDERZOEK LANDGOEDEREN ARKEMHEEN

Bokhorst, Salentein en Berencamp

april, 2001

Hanhart Consult, Wageningen
in samenwerking met Eqosens-nl, Rhenen

In opdracht van:
Bosgroep Gelderland, Ede

Colofon

Hanhart Consult
Eco-hydrologisch en Bodemkundig Adviesbureau
Junusstraat 15
6701 AX Wageningen
telefoon: 0317 – 415 494
e-mail: hanhart@ecopartners.nl

In samenwerking met :
Eqosens-nl
Hollentoren 52
3912 AP Rhenen
telefoon: 0317 - 474 385
e-mail: eqosens@hetnet.nl

Projectnummer:	99-12
Projecttitel:	Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
Opdrachtgever:	Bosgroep Gelderland
Auteurs:	Ir. K. Hanhart, Ing. W. Knol

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING.....	1
2. GEBIEDSBESCHRIJVING.....	3
2.1. Ligging en landschap	3
2.2. Landgebruik en beheer	3
2.3. Natuurwaarden.....	5
3. HYDROLOGISCHE TOESTAND	9
3.1. Geomorfologie en hoogteligging.....	9
3.2. Opbouw van de ondergrond	9
3.3. Grondwater	9
3.4. Bodems en grondwaterstanden.....	12
3.5. Oppervlaktewater	14
3.6. Oorzaken van de verandering van de grondwaterstanden sinds de jaren '50.....	16
4. GEWENSTE GROND- EN OPPERVLAKTEWATERSTANDEN	19
4.1. Functies volgens het Waterschap	19
4.2. Gedetailleerde gebiedsfuncties	19
4.3. Gras- en bouwland	21
4.4. Bospercelen	21
4.5. Bebouwing en wegen	22
5. HYDROLOGISCHE KNELPUNTEN.....	23
5.1. Gras- en bouwland	23
5.2. Bospercelen	23
5.3. Bebouwing en wegen	24
5.4. Oppervlaktewater	24
6. VOORGESTELDE MAATREGELEN.....	25
6.1. Kansrijkdom	25
6.2. Globale beschrijving inrichting- en beheersmaatregelen	25
6.3. Verwachte effecten van de voorgestelde maatregelen	29
6.4. Opstellen uitvoeringsplan	31
6.5. Overleg en monitoring	31
6.6. Mogelijke ontwikkelingen op de lange termijn.....	32
6.7. Haalbaarheid inrichting van waterconserveringsgebieden vanuit beheersoogpunt	33
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	35
7.1. Conclusies.....	35
7.2. Aanbevelingen.....	35
LITERATUUR	37

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Grondwatertrappen bodemkaart 1:10.000 (Leenders, 1990).....	13
Tabel 2: Typen watergangen	14
Tabel 3: Stuwhoogten (legger Waterschap Noord Veluwe, 03/04/96).....	15
Tabel 4: Lange termijn doelstellingen Waterschap Vallei en Eem (bron: Waterhuishoudingsplan Vallei en Eem, 2000-2004)	19
Tabel 5: Maximaal toegestane grondwaterstand bebouwing en wegen	22

1. INLEIDING

Aanleiding:

Aanleiding van het onderzoek is de voorgenomen herziening van het peilbesluit Arkemheen door het Waterschap Vallei en Eem voor de Nijkerker- en Putterpolder. De herziening van het peilbesluit is begeleid door een adviesgroep waarin verschillende belangengroepen werden vertegenwoordigd, met als doel: 'samen tot een breed gedragen peilbesluit te komen voor de Nijkerker en Putterpolder'. Middels de herziening is beoogd de peilbesluiten beter af te stemmen op de verschillende functies in het gebied, waarbij gestreefd is naar maatwerk. De landgoederen Arkemheen (Bokhorst, Salentein en Berencamp) bevinden zich direct ten noorden van de Putterpolder.

De beheerders van deze landgoederen hebben geconstateerd dat er onvoldoende inzicht bestaat in de hydrologische relaties tussen de Putterpolder en de landgoederen Arkemheen. Dit is voor de landgoederen aanleiding geweest om in samenspraak met het Waterschap de eigen waterhuishouding opnieuw te laten beoordelen tegen de achtergrond van het huidige en toekomstig landgebruik en functies. Hiervoor is aanvullend onderzoek gedaan, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan.

Doel:

Het hydrologisch onderzoek heeft tot doel om het optimale waterbeheer te formuleren voor de landgoederen Bokhorst, Salentein en Berencamp, ten aanzien van het huidige en mogelijk toekomstige landgebruik en gebiedsfunctie, met als uitgangspunt optimalisatie van ecologische kwaliteit en bestrijding van verdroging.

Aanpak:

Het hydrologisch onderzoek is opgezet volgens de methode WATERNOOD (WATERsysteem gericht Normeren, Ontwerpen en Dimensioneren). Deze methode is ontwikkeld door de Unie van Waterschappen en Dienst Landelijk Gebied (Projectgroep Waterlood, 1998). Deze methode is zeer geschikt voor het formuleren van het optimale waterbeheer in landgoederen omdat recht wordt gedaan aan het sterk verweven landgebruik en gebiedsfuncties. Doorrekenen van het waterhuishoudkundig systeem volgens de tot nu toe gangbare, vooral op de landbouweisen gebaseerde, normen zou onvoldoende recht doen aan de hydrologische wensen van de functies natuur, cultuurhistorie en landschap. Strikte toepassing van de vroegere normen zou kunnen leiden tot afsterven van eeuwenoude boomopstanden en verdroging van natuurlijke vegetaties.

Leeswijzer:

In hoofdstuk 1 wordt een beschrijving gegeven van het landschap, landgebruik, functies en natuurwaarde in de drie landgoederen.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de hydrologische toestand, met name het grond- en oppervlaktewater. Een belangrijk onderdeel vormt de vergelijking van de huidige grondwaterstanden met de grondwaterstanden eind jaren '50.

In hoofdstuk 3 wordt de gewenste hydrologische toestand vastgesteld aan de hand van het in overleg met de beheerders vastgestelde landgebruik en de gebiedsfunctie.

In hoofdstuk 4 worden de huidige en gewenste hydrologische toestand vergeleken en hydrologische knelpunten vastgesteld.

In hoofdstuk 5 worden maatregelen voorgesteld om de in hoofdstuk 4 vastgestelde knelpunten op te heffen.

Tot slot worden in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1. Ligging en landschap

Het onderzochte gebied grenst aan de bebouwde kom van Nijkerk (figuur 1). Het ligt landschappelijk op de overgang tussen de Veluwe en de poldergebieden van Arnhem en Putten. De landgoederen Berencamp, Bokhorst en Salentein liggen in een dekzandgebied dat door menselijke invloed is geaccentueerd. Het bestaat uit eeuwenlang opgehoogde landbouwgronden afgewisseld met laagten doorsneden door waterlopen. In dit zogenaamde kampenlandschap is het oorspronkelijke ontginningspatronen nog redelijk herkenbaar. Landschappelijk bestaat er een gevarieerd landschap met bospercelen, elzensingels, graslanden en akkers. Het landgoederengebied wordt doorsneden door de provinciale weg Putten-Nijkerk en de spoorlijn Amersfoort- Zwolle.

Het landgoed Berencamp grenst aan de Putterpolder en heeft een wat opener karakter. De voormalige invloed van de Zuiderzee laat zich hier het meest gelden. Dat blijkt zowel uit de ondergrond, waar lokaal klei is afgezet, het opener landschap en de terpen die beschermden tegen dijkdoorbraken van de Zuiderzee. De 1 meter NAP grens lijkt daarvoor indicatief te zijn. Er komt verspreide bebouwing voor. Het landgoed heeft een hoofdgebouw, nl. een oud versterkt huis uit de 15e eeuw.

Bokhorst grenst aan de noordzijde eveneens aan de Putterpolder. Ook hier is er invloed van dijkdoorbraken geweest gezien de klei- afzettingen. Terpen ontbreken hier. Het landgoed strekt zich naar het zuiden uit en beslaat daarmee de hele gradiënt tussen de hoge en laag gelegen gronden. Dit landgoed heeft (vooral aan de zuidzijde) de meeste kenmerken van een kampenlandschap. Ontgonnen bospercelen waarvan de randen zijn blijven staan en die voor de akkerbouw zijn opgehoogd met plaggen, mest en strooisel. Er komt verspreide bebouwing voor. Bokhorst kent geen duidelijk herkenbaar hoofdgebouw.

Salentein is van de drie landgoederen het meest bebost en mist het kleinschalige karakter. Een groot deel van het bos is nog jong bos te noemen (aanplant rond 1900). Wel is er een oude boskern aanwezig. Het landgoed is duidelijk aangelegd en heeft naast een aantal verspreid liggende gebouwen een hoofdgebouw met het uiterlijk van een klein kasteel.

2.2. Landgebruik en beheer

Berencamp

Vrijwel alle graslanden en akkers op het landgoed Berencamp hebben een landbouwkundige functie. Ze zijn vrijwel allemaal verpacht en kennen overwegend een zeer intensief agrarisch beheer. Ze worden afgewisseld door zwaar bemeste maïslanden. Op een enkel perceel wordt tarwe geteeld. De bospercelen, singels en laanbepantingen aan de perceelsgrenzen zijn multifunctioneel. Ze hebben vooral een bosbouwkundige, landschappelijke en ecologische functie. De bospercelen liggen vooral op de wat hogere dekzanden en bestaan hoofdzakelijk uit eik en soms beuk of berk, de lagere delen uit zwarte els, soms wilg of es. De meeste opstanden zijn relatief oud. De singels liggen veelal op de perceelsscheidingen van de laaggelegen graslanden en bestaan vrijwel geheel uit zwarte els. Tal van singels waren verdwenen maar zijn recentelijk opnieuw aangeplant.

Open water komt buiten de smallere en bredere sloten op het landgoed niet voor.

De weilanden rondom het historische huis Berencamp (percelen A1, A5 en A8, zie figuur 2) worden in eigen beheer gebruikt voor de beweiding van Limousin runderen. De eigenaar overweegt om weiland A1 om te vormen tot een nat natuurbos met poelen en moerassen. Dit moerasbos zal behalve een natuurfunctie een bufferfunctie hebben ten opzichte van het westelijk gelegen industriegebied Arkervaat en de drukke Berencampseweg. De bouwlandpercelen B3 en D8 zijn in eigen beheer. Het is de bedoeling om perceel D8 om te vormen tot multifunctioneel bos en de bestaande poel uit te breiden. De bospercelen en laanbeplantingen zijn alle in eigen beheer

Bokhorst

De meeste graslanden en akkers in landgoed Bokhorst hebben een landbouwfunctie en zijn verpacht. Ze kennen een zeer intensief landbouwkundig beheer. De akkers zijn hoofdzakelijk in gebruik als intensieve maïsakkers, soms wordt er tarwe verbouwd. Op een enkele plek wordt een wildakker aangetroffen en op enkele graslandpercelen rust een beheerovereenkomst.

De bospercelen en bomenrijen zijn multifunctioneel en hebben vooral een bosbouwkundige, landschappelijke en ecologische functie. De bossen bestaan overwegend uit loofbos met zwarte els en zomereik. Op Bokhorst komen zowel singels met zwarte els als met inlandse eik voor. De bebouwing bestaat uit enige verspreid liggende (huur)woningen en (pacht)boerderijen. Het landgoed wordt zowel doorsneden door de provinciale weg Nijkerk-Putten als de spoorlijn Amersfoort-Zwolle. Naast de smalle waterlopen wordt er geen open water van betekenis aangetroffen.

Het bouwland B3 is in eigen beheer en wordt gebruikt als wildakker. Voor weiland D11 is een beheerovereenkomst afgesloten in het kader van de relatienota.

Salentein:

De graslanden en een aantal bouwlanden in het landgoed Salentein hebben een landbouwfunctie. Een aantal door bos omgeven akkers worden in eigen beheer gebruikt als wildakker. De bospercelen en boomrijen vormen het grootste oppervlakte op het landgoed. De bossen zijn, evenals de bospercelen en boomrijen op Bokhorst, multifunctioneel. De bospercelen op de hogere dekzanden bestaan vooral uit inlandse eik, beuk en berk. Door de zeer arme bodem is de bijgroei zeer beperkt. Op de lagere delen komt naast inlandse eik ook beuk en zwarte els, es en wilg voor.

De graslanden bevinden zich vooral in de lagere en nattere gebiedsdelen. Langs de perceelsloten zijn meestal elzen aangeplant. Op de hogere en drogere delen bevindt zich bos of bouwland. De perceelscheidingen en laanbeplanting bestaat hier meestal uit zomereik.

De bebouwing in de landgoederen bestaat uit woonhuizen en pachtboerderijen. De bebouwing en erven bevinden zich meestal op de overgang tussen de lagere en hogere delen.

Alle weilanden en de meeste bouwlanden in landgoed Salentein zijn verpacht aan twee pachters. Een aantal door bos omsloten bouwlandjes zijn in eigen beheer als wildakker (A14, B12 en C10). De bospercelen en houtwallen zijn in eigen beheer.

De landgoederen worden doorsneden door de Provinciale weg Nijkerk-Putten (Nijkerkseweg) en de kleinere verharde gemeentelijke wegen: Vleessteeg, Meskampersteeg, Schremmersteeg, Snijdersteeg, Hardenbergersteeg en Hemmelenweg. De wegen binnen de landgoederen bestaan uit gedeeltelijk verharde weggetjes en

onverharde bos- en landbouwpaden.

2.3. Natuurwaarden

De inventarisatie en beoordeling van de huidige natuurwaarden is gebaseerd op waarnemingen van planten en dieren tijdens enkele veldbezoeken en de veelal schaarse literatuur over het gebied. Tijdens het veldbezoek zijn alle vormen van grondgebruik en typen landschapselementen globaal geïnventariseerd en beoordeeld. Het betreft hier de bossen, graslanden, akkers, open water, sloten, oevers, bermen en houtsingels.

2.3.1. Historische gegevens

Gegevens over de historische verspreiding van plant- en diersoorten zijn schaars en tijdrovend om te achterhalen. Hierdoor is gekozen voor een reconstructie op basis van historische landschapspatronen, gegevens over historische landbouw en bodem- en grondwatergegevens. Van meer recente perioden (1980 en 1989) zijn wel gegevens beschikbaar over het voorkomen van plantensoorten in het gebied en veranderingen daarin (Held, 1990).

De sterkste veranderingen in het landschap zijn geweest de toename van bos op Salentein en het verdwijnen of versmallen van brede houtranden op Bokhorst en Berencamp. Veel van de huidige singels zijn in het verleden minimaal twee tot vijf keer zo breed geweest. De laatste jaren worden er weer wat smalle singels aangeplant.

Flora en vegetatie:

Zo'n 150 jaar geleden kwamen in de toen aanwezige brede houtranden vermoedelijk veel bos- en zoomplanten voor. Het landschap uit de landgoederen is immers grotendeels ontstaan door ontginning van oude bossen, waarvan de brede houtranden vermoedelijk restanten zijn. Deze randen fungeerden voor bossoorten als refugia en als ecologische corridor. De extensieve landbouw en het mesttekort voorkwamen de immense verzuivering van randen die nu in en langs bossen en randen is opgetreden en veel soorten verstuikt. Naast de droge bossen waren er ook meer vochtige en natte bossen en bosstroken dan nu met vnl. zwarte els. Hierin kwamen waarschijnlijk meer soorten voor van moerassen en kwelrijke milieus.

De vegetatie van graslanden was rond 1850 veel soortenrijker dan thans. Geschat moet worden dat het aantal plantensoorten in graslanden is teruggelopen van ca. 30 tot 50 soorten naar 5 tot 10 soorten momenteel. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn de intensivering van het beheer en in mindere mate de verlaging van waterpeilen. Ook de akkers of randen daarvan waren destijds rijker aan soorten. In plaats van maïs werd er vooral rogge, haver en boekweit verbouwd en aanzienlijk minder bemest. Dit leverde een grotere soortenrijkdom op van (soms lastige) akkerkruiden.

Door de optredende kwel, de schone waterkwaliteit en het regelmatig maaibeheer van oevers waren sloten en oevers vermoedelijk de meest soortenrijke elementen. Mogelijk zijn er ook veel meer poelen en natuurlijke drinkplaatsen voor het vee geweest dan thans het geval is.

Fauna:

Het voorkomen van diersoorten rond 1850 is nog moeilijker te reconstrueren en valt alleen af te leiden uit het voormalig grondgebruik. Karakteristieke bosvogels zoals spechten en andere holenbroeders waren beperkt door het geringe areaal bos. Ook weidevogels zullen

nauwelijks zijn voorgekomen vanwege de kleinschaligheid van het landschap. Daarentegen zullen er veel meer soorten zijn voorgekomen van extensieve kleinschalige landbouwgebieden zoals geelgors, roodborsttapuit, patrijs, kwartel en das. Door de nattere omstandigheden, kwel en betere waterkwaliteit is er ongetwijfeld een grotere verscheidenheid geweest aan soorten van natte natuur (libellen, amfibieën, vlinders, aquatische soorten). Het grote aantal brede houtranden en singels zorgde voor een grote samenhang tussen gebieden, meer schuilgelegenheid en een gevarieerder voedselaanbod dan nu het geval is. Het beperkte verkeer en het ontbreken van de spoorlijn Amersfoort-Zwolle betekende een geringere versnippering van gebieden en betere mogelijkheden voor uitwisseling.

2.3.2. Huidige flora, vegetatie en fauna

Bossen:

Er komen twee typen bos voor. Dat zijn de armere drogere bossen met zomereik, beuk en berk (beuken-eikenbos) en de vochtige rijkere bossen met zwarte els, vogelkers en soms es. In de armere bossen met eik en beuk komen op enkele plekken typische bosplanten zoals adelaarsvaren, veelbloemige salomonszegel, grote muur en valse salie. Het zijn indicatoren voor oude boskernen en markeren de ontstaanswijze van het landschap. Het tweede type bos is het vochtige bos (elzen-vogelkersbos) met zwarte els, vogelkers, vuilboom en lijsterbes. Hier worden in de nattere delen typische planten aangetroffen zoals zwarte bes, cyperzegge, kruipend zenegroen, gele lis, koningsvaren en wijfjesvaren. Rijken (1980) geeft aan dat er op alle landgoederen ook bosanemoon voorkomt en incidenteel het zeldzame muskusruid. Dit zijn eveneens soorten van (zeer) oud bos. De bosuitbreiding op Salentein begin 1900 is voor deze soorten nog te recent. De fauna in de bossen is redelijk tot matig soortenrijk. Opvallend in de bossen is het voorkomen van groene specht, boomklever, boomvalk, bosuil en buizerd. Ook komen er tal van algemene zangvogels voor. Door het vrijwel ontbreken van staand en liggend dood hout zijn de condities voor meer bijzondere soorten vrij matig. Van de zoogdieren zijn o.a. ree, bunzing, das en diverse vleermuissoorten vermeldenswaard.

Graslanden en akkers:

De graslanden zijn bijzonder soortenarm. Met 5 à 10 soorten houdt het wel op. Ook de graslanden in eigen beheer of met een beheerovereenkomst zijn arm aan soorten, hoewel daar soms wel wat indicatoren van vochtig grasland voorkomen, vooral langs randen. De maïsakkers bevatten hooguit enkele persistente soorten. De akkers waarop tarwe wordt verbouwd zijn evenmin floristisch van betekenis. De landbouwgronden hebben voor de fauna nauwelijks betekenis en vormen voor het beperkte aantal voorkomende soorten (ree, haas) vooral een bedreiging. Alleen algemene soorten als kraaien en meeuwen profiteren volop van de intensieve landbouw.

Lijnvormige elementen:

Van grotere ecologische betekenis zijn (soms) de randbegroeiingen. Hieronder worden verstaan bermen, oevers, sloten en houtsingels. Veel van deze elementen zijn sterk verruimd door het ontbreken van beheer en aangrenzend landbouwgebruik. Toch komen er plantensoorten voor die in de landbouwpercelen niet zijn aangetroffen. De provinciale weg en de spoorbermen zijn de meest soortenrijke **bermen** in het gebied, vanwege specifiek beheer en het grotendeels ontbreken van bemesting. Alle bermen zijn droog tot vochtig en voedselarm tot voedselrijk. Opvallende soorten zijn o.a. grasklokje, veldbies, wederik, valeriaan en klein streepzaad. Faunistisch zijn ze vooral van betekenis voor insecten.

Slootoevers herbergen op de landgoederen de meest soortenrijke begroeiingen.

Bijzondere soorten zijn ondermeer poelruit, moerasspirea, scherpe zegge, cyperzegge, dotter, bosbies, tormentil, melkeppe en moerasrolklaver. Het zijn begroeiingen die soms kwelwater indiceren en matig voedselarme milieus. Oevers vormen voor de fauna een belangrijk leef- en voedselgebied en bieden schuilgelegenheid die elders vaak ontbreekt. Langs enkele oevers zijn tal van libellensoorten waargenomen.

Veel **sloten** lijken relatief schoon water te bevatten hoewel de oevertvegetatie anders doet vermoeden. Mogelijk dat door de stroming voedingstoffen continu worden afgevoerd. Vaak komt er sterrenkroos voor, ook wel grote waterweegbree, riet, watertorkruid, gele lis en op sommige plekken de kwelindicerende vlottende bies, waterviolier, beekpunge (Berencamp), holpijp en bosbies (Bokhorst). Sporadisch zijn ook aangetroffen kikkerbeet en witte waterkers. Een bijzonder fraaie watervegetatie is aangetroffen in de vijver bij kasteel Salentein, waar krabbescheer (vermoedelijk uitgezet), drijvend fonteinkruid en glanzend fonteinkruid voorkomen in zeer helder en visrijk (o.a. karper, snoek) water. Op Salentein zijn ook schrijvertjes en schaatsenrijders op het water waargenomen, hetgeen duidt op schoon en helder water. Tal van sloten vormen een voortplantingsbiotoop voor bruine kikkers, gewone pad en soms groene kikker en herbergen ook enkele vissoorten (stekelbaars).

De **bosranden en singels** zijn meestal arm aan plantensoorten en sterk vervuigd met braam op de drogere gronden en met braam, kleeftkruid en wilgenroosje op de vochtiger gronden. Deze vervuiging is een gevolg van de aangrenzende intensieve landbouw. In de bredere en hoger gelegen randen komt regelmatig adelaarsvaren voor als dominante en karakteristieke soort en een enkele keer salamonszegel en grote muur, allen soorten van wat oude bosgroeiplaatsen. In de vochtige singels met els komen af en toe dagkoekoeksbloem, hop, gele lis en scherpe zegge voor naast tal van algemene vochtindicatoren. De singels zijn ook van betekenis voor meer algemene broedvogels en in de winterperiode voor doortrekkende soorten als sijsjes, koperwieken en vinkachtigen. Ook fungeren de singels als zomerbiotoop voor bruine kikker en gewone pad. Regelmatig werd de voor elzensingels karakteristieke vlindersoort het bont zandoogje waargenomen.

2.3.3. Veranderingen in flora en vegetatie

Op grond van de historische inschatting, de gemeten veranderingen bij de vegetatiekartering Nijkerk-Putten in de periode 1980-1989 en de veldbezoeken voor dit onderzoek zijn de volgende conclusies te trekken.

Vrijwel alle soorten van voedselarme milieus zijn sterk achteruitgegaan of verdwenen in alle typen landschapselementen. Soorten van voedselrijke ruigten zijn sterk toegenomen en bepalen nu het landschapsbeeld. Deze achteruitgang doet zich het sterkst voor bij soorten van natte en vochtige milieus. Daaruit blijkt dat in eerste instantie vermessing de belangrijkste reden is voor achteruitgang en verdwijnen van soorten. Daarnaast speelt de verdroging ook een belangrijke rol.

2.3.4. Natuurwaarden

De huidige natuurwaarden op de landgoederen zijn over het algemeen beperkt tot matig. Dit wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door het intensieve landbouwbeheer en de uitstraling daarvan op de omgeving. Dit uit zich in de soortenrijkdom. Daarnaast spelen op een aantal plekken verdroging en versnippering van landschapselementen een rol. In figuur 3 zijn de belangrijkste natuurwaarden aangegeven. Ze zijn gebaseerd op de volgende aspecten:

- indicatie voor natte en vochtige standplaatsen (kwel)

- zeldzaamheid van soorten
- indicatie voor duurzame ontwikkeling
- voedselarmoede en soortenrijkdom

Salentein is het landgoed met de hoogste natuurwaarden. Dit vindt zijn oorzaak in het geringe aandeel intensieve landbouw, het grote areaal bos, de oude boskernen en de soms bijzondere water- en oevervegetatie langs sloten en in de vijver (kwelindicatie). Door aanvoer van artesisch water is er sprake van minder verdroging dan op de andere landgoederen. De natuurwaarde van Bokhorst wordt grotendeels bepaald door de oevervegetaties, enkele sloten en in beperkte mate door brede houtranden en stukjes ouder en vochtig bos. Ten zuiden van de spoorlijn en grenzend aan de spoorlijn komen enkele meer waardevolle sloot- en overbegroeiingen voor. De elzensingels fungeren voor sommige diersoorten als verbindingszone (das). Op de Berencamp is de natuurwaarde vooral beperkt tot een aantal sloten met kwelvegetatie, enkele schrale bermen en elzensingels.

3. HYDROLOGISCHE TOESTAND

3.1. Geomorfologie en hoogteligging

Het dekzandlandschap van de drie landgoederen bestaat uit relatief hoog gelegen dekzandruggen, afgewisseld met lager gelegen vlaktes van ten dele verspoelde zanden (zie figuur 4). De dekzandruggen zijn aan het eind van de laatste ijstijd en begin van de hieropvolgende warme periode ontstaan door invloed van verstuiving van dekzand. De vlaktes van verspoelde dekzanden zijn aan het eind van de laatste ijstijd ontstaan door afstroming van smeltwater naar de laaggelegen veengebieden ter plaatse van het later ontstane IJsselmeer.

De hoogteligging van de drie landgoederen varieert van ca. 3,0 m +NAP in het zuidoosten van landgoed Bokhorst, ter hoogte van de Schuitenbeek tot ca. 0,5 m+NAP in het noordwesten landgoed Berencamp op de overgang naar de lage kleigronden van de Putterpolder (zie figuur 4).

3.2. Opbouw van de ondergrond

De bovengrond van de landgoederen Arkemheen wordt grotendeels gevormd door fijnzandige dekzandafzettingen, behorende tot de Formatie van Twente. Aan de noordgrens van de landgoederen Berencamp en Bokhorst is op het dekzand een enige decimeters dikke kleilaag afgezet behorende tot de Westland-Formatie. Deze kleilaag wigt vrij snel naar de hogere dekzanden in het zuiden uit.

Onder het dekzand bevindt zich een dik pakket klei en veenlagen, behorende tot de Eem-formatie. Hieronder bevindt zich een pakket beekkleien (Formatie van Drente).

Hieronder bevindt zich een dik pakket grove grindhoudende zanden behorende tot de Formaties van Urk, Enschede en Harderwijk. De onderzijde van de Formatie van Harderwijk bestaat uit een ca. 15 meter dikke kleilaag.

3.3. Grondwater

3.3.1. Schematisatie van de ondergrond

De ondergrond kan in het algemeen worden geschematiseerd in een afwisseling van goeddoorlatende watervoerende pakketten (meestal zand en grind) en slecht doorlatende scheidende lagen (meestal klei of veenpakketten). Aan de bovenkant van deze pakketten kan een slecht doorlatende deklaag aanwezig zijn. Het onderste slecht doorlatende pakket wordt beschouwd als de ondoorlatende hydrologische basis. De schematisatie van de ondergrond van Arkemheen en de gebieden ten zuidoosten hiervan is weergegeven in figuur 5. De globale begrenzing van de geo-hydrologisch verschillende deelgebieden wordt getoond in figuur 6.

Slecht doorlatende deklaag:

Aan de noordgrens van de landgoederen Berencamp en Bokhorst komt een deklaag voor bestaande uit een enige decimeters dikke kleilaag (Westland Formatie) die in zuidelijk richting snel uitwigt. De zuidelijke begrenzing van de deklaag is aangegeven op de kwel- en infiltratiekaart (figuur 6). Deze kaart is gebaseerd op het bovenste deel van de bodem. Doordat de kleigronden in het verleden op grote schaal zijn opgehoogd met zand, loopt de zuidelijke begrenzing vermoedelijk een stuk zuidelijker dan aangegeven in figuur 6.

Eerste watervoerende pakket:

In de rest van de landgoederen en de gebieden ten zuidoosten hiervan ontbreekt de deklaag en wordt de bovengrond gevormd door het eerste watervoerende pakket, bestaande uit dekzand (Formatie van Twente). De dikte van het w.v.p. 1 is ca. 20 m. Ter hoogte van blok D en E van het landgoed Bokhorst is het w.v.p. 1 dunner: 15-10 m.

Eerste scheidende laag:

De eerste scheidende laag wordt gevormd door de slecht doorlatende klei- en veenlagen van de Eem-Formatie.

Tweede watervoerende pakket:

Het tweede watervoerende pakket wordt gevormd door de matig grove zanden van de Eem-Formatie en zandige delen van de Formatie van Drente. Ter hoogte van de landgoederen Arkemheen ontbreekt het w.v.p. 2. De vermoedelijke begrenzing van het tweede watervoerende pakket is weergegeven in de kwel- en infiltratiekaart (figuur 6). De kwelgebiedjes in blok E (percelen ten zuiden van de spoorlijn) van landgoed Bokhorst staan mogelijk nog onder invloed van kwel uit het tweede watervoerende pakket.

Tweede scheidende laag:

De tweede slecht doorlatende scheidende laag wordt gevormd door de bekkensleien (keileem) van de Formatie van Drente. Ter hoogte van de landgoederen Arkemheen vormen de eerste en tweede scheidende laag één dikke scheidende laag. De totale dikte van de sl. 1 en 2 varieert van ca. 40 m aan de westzijde van landgoed Berencamp tot ca. 90 m ten oosten van blok C van landgoed Bokhorst.

Derde watervoerende pakket:

Het derde watervoerende pakket bestaat uit een dik pakket goeddoorlatende (grindrijke) zanden van Formaties van Urk, Enschede en Harderwijk. De dikte van de w.v.p. 3 varieert van ca. 150 m aan de westzijde van het landgoed Berencamp tot ca. 90 m aan de oostzijde van blok C in landgoed Bokhorst. De diepe nortonbuizen van Salentein komen vermoedelijk uit dit pakket (110m)

Hydrologische basis:

De klei- en veenlagen van de Formatie van Harderwijk en Tegelen worden in dit rapport beschouwd als de hydrologische basis.

3.3.2. Grondwaterstroming

Ondiep grondwatersysteem:

Het ondiepe grondwater doorstroomt het eerste watervoerende pakket en is deels afkomstig van de infiltratiegebieden op de hogere delen van het eerste watervoerende pakket en deels van kwelwater vanuit het onderliggende tweede watervoerende pakket.

Middeldiepe grondwatersysteem:

Het middeldiepe grondwater doorstroomt het tweede watervoerende pakket en is afkomstig van de infiltratiegebieden tussen Voorhuizen en de stuwwal van Garderen. Van hieruit stroomt dit water in noordwestelijke richting naar de Flevopolders. Aan de zuidgrens van de landgoederen Arkemheen wordt de grondwaterstroming geblokkeerd, doordat de eerste en tweede scheidende lagen hier zijn aaneengesloten. Het aanstromende grondwater zoekt daarom zijn weg opwaarts door de eerste scheidende laag naar het eerste watervoerende pakket en neerwaarts door de tweede scheidende laag naar het tweede watervoerende pakket.

Diepe grondwatersysteem:

Het diepe grondwater doorstroomt het derde watervoerende pakket en is afkomstig van de grote infiltratiegebieden op het noordelijke deel van de stuwwal van de Veluwe. Het diepe grondwater stroomt in WNW-richting naar het IJsselmeer en de westelijk gelegen lage polder gebieden, waar het als kwelwater aan de oppervlakte komt.

3.3.3. Grondwaterkwaliteit

Het grondwater kan sterk in samenstelling verschillen en bepaalt de condities voor de natuurlijke vegetatie in bossen, graslanden, sloten en vijvers. Daarbij speelt de hoeveelheid kalk een belangrijke rol. Ondanks de lange verblijftijd in de bodem, waarbij mineralen als calcium en magnesium geleidelijk in het water kunnen oplossen, is het grondwater van het middeldiepe grondwatersysteem vrij zacht (1-2 mol/m³). Vreemd genoeg heeft het grondwater van het eerste watervoerende pakket ondanks een verblijftijd van slechts enige maanden, een veel hoger gehalte aan opgeloste mineralen (Heidemij, 1990).

3.3.4. Kwel en infiltratie

Op de kwel- en infiltratiekaart (figuur 6) zijn de kwelgebieden gearceerd aangegeven. In de gebieden met een dubbele arcering stroomde het kwelwater in het verleden het gehele jaar tot aan de bovengrond (bekeerdersgronden). In de gebieden met een horizontale arcering stroomde het kwelwater in het verleden een deel van het jaar tot aan de bovengrond. Deze gronden (veldpodzolen) lagen over het algemeen wat hoger.

De kwelgebieden zijn de afgelopen eeuwen door de aanleg van een intensief stelsel van afwateringsgangen en ontwateringsloten geschikt gemaakt voor land- en bosbouw. Hierdoor stroomt het kwelwater in de kwelgebieden niet langer meer tot aan de bovengrond, maar wordt het door ontwateringsloten afgevoerd. De kwel is vandaag de dag alleen nog in de sloten te herkennen aan kwelindicatoren zoals bacterievliezen, bruine ijzerhoudend water, uitvlokken van bruin ijzerfosfaat. De toestroming van kwelwater naar de sloten is ook te herkennen aan het voorkomen van bepaalde planten zoals de Waterviolier (in de bermstoot van de Vleessteeg), Bosbies en Holpijp (zie figuur 6).

De kwel is, gezien de bodemopbouw en het aangetroffen type kwelindicatoren, vrijwel geheel lokaal. Het water is op de hogere delen van de landgoederen geïnfilteerd. De sterkste kwel treedt op waar een groot infiltratiegebied naast een diepe sloot ligt zoals de bermstoot van de Vleessteeg kwelwater afvoert, afkomstig uit de hogere delen van het landgoed Salentein. Alleen in blok E van landgoed Bokhorst vindt mogelijk aanvoer van middeldiepe kwelwater op vanuit het tweede watervoerende pakket. Dit wordt bevestigd door de hier aangetroffen Holpijp.

3.3.5. Grondwaterwinning

Drinkwaterwinningen (cijfers 1990):

Nijkerk: ca. 6 miljoen m³/jaar uit het derde en vierde watervoerende pakket

Putten (Krachtighuizen): ca. 4 miljoen m³/jaar uit het eerste en tweede watervoerende pakket (cijfers 1990).

Industriële winningen (cijfers 1990):

Nijkerk: ca. 1 miljoen m³/jaar

Putten: ca. 300,000 m³/jaar

Bronnen:

Voor het watervoerend houden van de vijver van kasteel Salentein, de eendenvijver en poel zijn artesische bronnen geslagen die continu water aanvoeren vanuit het derde watervoerende pakket (ca. 70 m –maaiveld). De eendenvijver op landgoed Bokhorst wordt gevoed door een bron tot 7 meter met elektrische pomp.

3.4. Bodems en grondwaterstanden

3.4.1. Bodems

De bodems van de landgoederen Arkemheen zijn in het kader van de landinrichting Nijkerk-Putten gedetailleerd (schaal 1:10.000) in kaart gebracht door het toenmalige Staring Centrum (Leenders en anderen, 1990, zie figuur 7). De bodems van de landgoederen Bokhorst en Berencamp zijn bovendien in 1958 door de toenmalige Stichting voor Bodemkartering op dezelfde schaal in kaart gebracht (Bannink, 1960; en Zeegers, 1961). Deze vrij unieke situatie maakt het mogelijk om de verandering van de grondwaterstanden sinds het eind van de jaren '50 in beeld te brengen.

3.4.2. Grondwaterstanden

In de landgoederen Arkemheen fluctueert de grondwaterstand met de seizoenen. Door de lage verdamping in de winterperiode stijgt de grondwaterstand geleidelijk en bereikt tegen het voorjaar meestal de hoogste stand. Door de sterkere verdamping van de vegetatie daalt de grondwaterstand om in de herfst zijn laagste stand te bereiken. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in de landgoederen zijn op de bodemkaart van het toenmalige Staring Centrum aangegeven volgens het systeem van de grondwatertrappen (zie tabel 1).

Tabel 1: Grondwatertrappen bodemkaart 1:10.000 (Leenders, 1990)

GHG cm -mv	GLG in cm -maaiveld				
	0-50	50-80	80-120	120-180	>180
0-25	Ia	IIa	IIIa	Vao	
25-40		IIb	IIIb	Vbo	Vbd
40-80			IVu	Vlo	Vld
80-140				VIIo	VIIId
>140					VIII

De gemiddeld hoogste grondwaterstanden eind jaren '50 en eind jaren '80 zijn afgeleid van de desbetreffende bodemkaarten en aangegeven in de figuren 8 en 9. In figuur 10 zijn de verschillen tussen beide kaarten aangegeven. De blauwe kleur geeft aan dat het perceel tussen 1958 en 1989 natter is geworden, de gele kleur geeft aan dat het perceel droger is geworden, wit geeft aan dat de grondwaterstand ongeveer gelijk is gebleven. Figuren 11 en 12 tonen de GLG eind jaren '50 en eind jaren '80. Figuur 13 toont de verschillen tussen beide kaarten.

Gemiddeld hoogste grondwaterstand:

In figuur 8 is te zien dat de GHG in de landgoederen Berencamp en Bokhorst eind jaren '50 op de lagere gronden over het algemeen vrij ondiep was. Op de hogere gronden is de GHG matig diep.

In figuur 9 is te zien dat de GHG eind jaren '80 op de lagere gronden varieert van zeer ondiep tot matig diep. Op de hogere gronden is de GHG matig diep tot vrij diep.

Op de verschilkaart (figuur 10) is te zien dat de GHG ten opzichte van het eind van de jaren '50 ongeveer in gelijke mate is gelijkgebleven, gedaald en gestegen. De daling van de GHG is in landgoed Berencamp vooral zichtbaar in de noordoostelijke percelen van blok B, het westelijke deel van blok C en de buitenkanten van blok D. In landgoed Bokhorst is de daling vooral zichtbaar in het oostelijk deel van blokken A en B. In landgoed Berencamp is een stijging van de GHG te zien in vrijwel het gehele blok A en het centrum van blok D. In het gehele landgoed Bokhorst is een lichte stijging van de GHG te zien in laaggelegen percelen, waar de GHG is veranderd van vrij ondiep tot zeer ondiep.

Gemiddeld laagste grondwaterstand:

In figuur 11 is te zien dat de GLG in de landgoederen Berencamp en Bokhorst eind jaren '50

op de lagere gronden over het algemeen diep was. Op de hogere gronden was de GLG zeer diep.

Op figuur 12 is te zien dat de GLG eind jaren '80 op de lagere gronden is gedaald tot zeer diep. Op de hogere gronden varieert de GLG van zeer diep tot extreem diep.

Op figuur 13 is te zien dat de GLG sinds het eind van de jaren '50 deels is gelijk gebleven en deels is gedaald. De gebieden waar de GLG is gedaald komen globaal overeen met de gebieden waar de GHG is gedaald, maar zijn uitgebreider.

3.5. Oppervlaktewater

Ontwatering:

De ontwatering van de wei- en bouwlanden vindt plaats door middel van sloten en greppels. Drainagebuizen komen voor zover bekend niet voor. Onderhoud vindt plaats door loonwerkers met een maaikorf. De ontwatering van natte bospercelen vindt plaats door middel van bossloten en rabatgreppels. Deze worden zelden onderhouden.

Afwatering:

De afwatering vindt plaats door middel van sloten en beken (zie figuur 14).

Met betrekking tot het onderhoud kunnen de volgende watergangen worden onderscheiden:

Tabel 2: Typen watergangen

type	onderhoudsfrequentie	onderhoud door
A-watergang	2 maal per jaar	Waterschap Vallei en Eem
B-watergang	2 maal per jaar	aangelanden of pachters, schouw door Waterschap
C-watergang	1 maal per jaar	aangelanden of pachters, schouw door Waterschap
particulier	wisselend	aangelanden of pachters

Hoofdafwatering:

De hoofdafwatering van het landgoed Salentein vindt plaats via de A-36, A-39 en A-40. De A-36 watert aan de noordzijde van Nijkerk af op de Arkervaart. Het water in de Arkervaart wordt via de Arkersluis op het Nijkerkernauw geloosd. Bij zeer hoge afvoer van de A36 en hoge peilen in het Nijkerkernauw is de lozingscapaciteit van de Arkervaart onvoldoende. In dit geval wordt het water van de A-36 via een overlaat ten oosten van de Berencampseweg via de A-43 naar de Putterpolder afgevoerd. Hier wordt het vervolgens via het Puttergemaal op het Nuldernauw geloosd. De afwatering van het zuiden van het landgoed Berencamp vindt plaats via de A-36 op de Arkervaart, de overige delen wateren via de A43 af op de Putterpolder. Het landgoed Bokhorst watert via de A-44 en A-45 eveneens af op de Putterpolder.

Wateraanvoer:

Aanvoer van water vindt plaats via de watergangen A-36 (zuidelijke woonwijk van Nijkerk), A38 (landbouwgebied ten zuiden van Salentein en C58 (landbouwgebied ten zuiden van landgoed Bokhorst. Het oppervlaktewater van de overige gronden ten zuiden en zuidoosten van Arkemheen werd in het verleden via de landgoederen Arkemheen naar de Putterpolder

afgevoerd. Ter vermindering van periodieke wateroverlast wordt dit water echter al eeuwenlang door de hiervoor gegraven Schuitenbeek in noordoostelijke richting afgeleid naar het Nulderneauw. De nog aanwezige aanvoer van water is beperkt tot winter en voorjaar; tijdens zomer en najaar is de aanvoer van water vrij minimaal. Door de hoge ligging van de landgoederen wordt de noordgrens van de landgoederen net niet bereikt door waterinlaat plaats vanuit de Putterpolder.

Waterconservering:

Ten behoeve van de waterconservering in de zomer en herfst is een aantal schotbalken stuwen aangebracht in A-watergangen. Dit betreft in de eerste plaats de overlaat in de A-43, welke de waterverdeling tussen de A-36 en A-43 regelt. Verder bevindt zich in de A-45 een overlaat bovenstrooms de duiker onder de Schremmersteeg. Tenslotte bevinden zich in de A44 een overlaat bovenstrooms de duiker onder de Schremmersteeg en een overlaat ter hoogte van perceel A9 van het landgoed Bokhorst. De stuwpeilen van deze stuwen zijn aangegeven in tabel 3.

Tabel 3: Stuwhoogten (legger Waterschap Noord Veluwe, 03/04/96)

locatie	nummer	materiaal	type	klephoogte m+ NAP	klepbreedte m	drempelhoogte m+ NAP	max. stuwhoogte m+ NAP
Berencampseweg	K01	beton	vast	0.00	1.70	-2.13	-0.42
Schremmersteeg	K05 of K04?	hout	bewegbaar	0.00	0.80	-0.88	0.31
Bokhorst, perceel A-9	K01A	hout	bewegbaar	0.42	0.80	-0.63	0.10
Schremmersteeg	K02	hout	bewegbaar	-0.22	0.80	-0.82	-0.22

Onderhoud:

Het onderhoud aan de bermsloten van de Provinciale Nijkerkerweg wordt uitgevoerd door de Provincie. Het onderhoud aan de bermsloten van de Hardenbergerweg wordt uitgevoerd door de Gemeente Nijkerk. Uit de legger wordt niet duidelijk wie het onderhoud aan de bermsloten van de Hemmelerweg, Snijdersteeg, Schremmersteeg, Vleessteeg en Meskampersteeg uitvoert. De bermsloten van de spoorlijn worden door de NS geschoond. Met uitzondering van delen van de C-126 is de staat van onderhoud echter vrij slecht.

Oppervlaktewaterkwaliteit:

De waterkwaliteit van het oppervlaktewater in het gebied is onbekend. Uit analyses in 1989 bleek dat de waterkwaliteit zeer matig was met hoge gehalten aan fosfaat en stikstof. Afgaande op de begroeiing met waterplanten lijkt er in tal van waterlopen sprake van een matige tot redelijke waterkwaliteit ondanks de intensieve landbouw. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het licht stromende karakter en aanvoer en uitspoeling door grondwater. Zo worden de vijvers op Salentein permanent gevoed met diep kwelwater.

3.6. Oorzaken van de verandering van de grondwaterstanden sinds de jaren '50

3.6.1. Verlaging van de grondwaterstand

Efficiënte ontwatering en afwatering van de lagere percelen:

De verlaging van de grondwaterstanden in het voorjaar sinds de jaren '50 wordt vooral veroorzaakt door de efficiënte ontwatering en afwatering van de meeste laaggelegen percelen van het gebied. Aangezien het grondwater altijd naar het laagste punt stroomt, werkt de verlaging van de grondwaterstand in de laagste percelen door in de hoger gelegen percelen. Door de verlaging van de grondwaterstanden in het voorjaar neemt de berging van grond- en oppervlaktewater af, waardoor de grondwaterstand tijdens zomer en najaar diep wegzakt en de meeste sloten en poelen droog komen te staan.

Wegzijging van grondwater naar de randen van het gebied:

In tegenstelling tot de meeste zandgronden in Nederland, is er in de drie landgoederen geen wegzijging van grondwater naar het diepe grondwater. De oorzaak van deze bijzondere hydrologische situatie is gelegen in het ondiep voorkomen van een ca. 100 meter dik ondoorlatend pakket klei en leem.

De wegzijging van grondwater is daarom beperkt tot de randen van het gebied, met name de noord-, west en oostrand. Door de geringe dikte van het watervoerende pakket is de verlagerende invloed over een geringe afstand merkbaar. De sterkste verlagerende invloed vindt plaats aan de noordrand van het gebied door de wegzijging naar de Putterpolder. Aan de oost- en westrand van het gebied vindt een beperkte wegzijging plaats naar resp. landbouwpercelen en het stedelijk gebied van Nijkerk.

Door de aanvoer van diep kwelwater vanuit het tweede watervoerende pakket is er aan de zuidrand eerder sprake van een grondwaterverhogende invloed.

Ontbreken van hydrologische en ecologische samenhang van de drie landgoederen:

In het verleden vond de afwatering van de landgoederen plaats via watergangen die via de lagere delen van de landgoederen stroomden. Om verschillende redenen is de afgelopen decennia de hoofdafwatering van de drie landgoederen omgeleid naar de west en oostrand van het gebied van de drie landgoederen. Omdat deze watergangen niet via de natuurlijke laagten en de kortste weg het water afvoeren, leidt dit tot onnodig diepe en brede watergangen. Dit leidt weer tot verlaging van de waterstanden in de aangrenzende percelen en onnodige wateroverlast in de overbelaste watergangen aan de oost- en westzijde van de landgoederen. Door verwaarlozing van het oorspronkelijke afwateringsstelsel gaat bovendien de natte ecologische verbinding tussen de landgoederen achteruit.

3.6.2. Plaatselijke verhoging van de grondwaterstanden

In een aantal percelen is de grondwaterstand in het voorjaar sinds de jaren '50 gestegen. De oorzaak van de (geringe) stijging is vermoedelijk gelegen in verminderd onderhoud aan de sloten rondom deze percelen. In een aantal gevallen speelt mogelijk ook verschillen in interpretatie van de GHG een rol. Deze vindt namelijk plaats op grond van niet altijd even duidelijk waarneembare reductie- en oxidatievlekken in het bodemprofiel.

3.6.3. Plaatselijk optreden van wateroverlast

Door de efficiënte afvoer van water uit het gebied is paradoxaal ook de wateroverlast toegenomen. Het efficiënt afgevoerde water moet immers ergens naar toe. Dit probleem speelt met name ter hoogte van de woningen bij de Vleessteeg. De wateroverlast in de kelder van landgoed Salentein wordt veroorzaakt doordat de A-36, door aanvoer van water uit de bovenstroomse gebieden, zo hoog komt te staan dat de afvoer vanuit het Salentein niet meer mogelijk wordt.

4. GEWENSTE GROND- EN OPPERVLAKTEWATERSTANDEN

4.1. Functies volgens het Waterschap

Functies volgens het Waterbeheersplan Vallei & Eem 2000-2004:

Op de functiekaart van het Waterschap Vallei & Eem (schaal 1:167.000) wordt aan de drie landgoederen de volgende functies toegekend:

- landgoed Berencamp en westelijk deel landgoed Salentein: functie landbouw
- landgoed Bokhorst en oostelijk en centraal deel landgoed Salentein: functie verweving landbouw en natuur

Tabel 4 geeft in het kort een beschrijving van de beleidsvoornemens op de lange termijn voor de twee functies.

Tabel 4: Lange termijn doelstellingen Waterschap Vallei en Eem (bron: Waterhuishoudingsplan Vallei en Eem, 2000-2004)

functie landbouw	functie verweving natuur en landbouw
• afstemming van de waterhuishouding op de gewenste grondwaterstand voor landbouw door minimalisering wateroverlast en vochttekorten, rekening houdend met bebouwing en natuur	• afstemming van de waterhuishouding op de gewenste grondwaterstand voor landbouw en natuur door optimalisering van de waterhuishouding, rekening houdend met verspreide bebouwing
• rekening houdend met beschikbaarheid water voor beregening	• zo mogelijk rekening houdend met beschikbaarheid van water voor beregening
• zo mogelijk verbeteren waterhuishouding natuurgebieden	• behouden en ontwikkelen van kwelmilieus in wateren
• behoud en herstel van waardevolle water- en oevervegetaties door aanpassing van het onderhoud	• behoud en herstel van waardevolle water- en oevervegetaties door aanpassing van het onderhoud en vermindering van de nadelige invloed van menselijk handelen op de oppervlaktewaterkwaliteit (bijv. instromen van mest)

De functietoekenning op de functiekaart is vrij grof. Het Waterschap geeft in het Waterbeheersplan aan dat het voor de nadere detaillering van de gebiedsfuncties open staat voor suggesties uit het gebied. De functie-indeling zoals gepresenteerd in de volgende paragraaf kan hiertoe een aanzet zijn.

4.2. Gedetailleerde gebiedsfuncties

In de methodiek van de Projectgroep WATERNOOD worden de gewenste grond- en oppervlaktewaterstanden vastgesteld op basis van een gedetailleerde kaart van de gebiedsfuncties. Voor dit onderzoek zijn de huidige gebiedsfuncties op schaal 1:10.000 in kaart gebracht op basis van door de beheerders en eigenaren verstrekte informatie (zie figuur 15). De functies kunnen in de loop der tijd veranderen, bijvoorbeeld door het in eigen

beheer komen van verpachte gronden, aanplant van bospercelen, afsluiten van beheerovereenkomsten, etc.

Aan het gebied worden de volgende functies toegekend:

Grasland (functie: landbouw)

lichtgroen

- alle verpachte graslanden

Grasland (functie: landbouw en natuur)

lichtgroen met arcering

- weilanden A5 en A8 op landgoed Berencamp. Deze worden in eigen beheer gebruikt voor beweiding van Limousin runderen en paarden. De eigenaar houdt hier niet stringent vast aan de droogleggingseisen voor weilanden. Hij vindt het geen bezwaar als deze weilanden in natte perioden in winter en voorjaar enige dagen blank staan. Omdat hij niet naar een maximale opbrengst streeft hoeft hij niet zo vroeg mogelijk in het voorjaar het land op voor de bemesting.
- verpacht weiland D11 op landgoed Bokhorst met beheersovereenkomst agrarisch natuurbeheer,

Bouwland (functie: landbouw)

bruin

- alle verpachte bouwlanden

Bouwland (functie: landbouw en natuur)

bruin met arcering

- voerakkers, meestal omsloten door bos

Bospercelen (multifunctioneel: bosbouw, landschap, cultuurhistorie, recreatie, natuur)

groen

- vrijwel alle bospercelen
- singels en houtwallen

Bospercelen (functie: natuur)

groen met arcering

- voormalige elzenbroekbos bij spoorlijn (Bokhorst, perceel B12)
- het aan te leggen moerasbos op landgoed Berencamp (Berencamp, perceel A1)

Bebouwing en wegen:

wit

- huizen, boerderijen, schuren
- spoorlijn,
- Provinciale Nijkerkseweg
- Gemeentelijke wegen (de stegen)
- Verharde en onverharde wegen en paden op de landgoederen

Watergangen:

niet afzonderlijk aangegeven

4.3. Gras- en bouwland

Grasland (landbouw-functie):

Voor de goede bereikbaarheid van de weilanden (met name voor de mestinjectie) in het vroege voorjaar is voor de weilanden een vrij ondiepe ontwateringstoestand (GHG: 25-40 cm-maaiveld) gewenst.

Voor een goede vochtvoorziening van de weilanden in de loop van zomer en najaar is op de meeste bodemtypen een GLG van 80-120 cm –maaiveld vereist.

Grasland (natuur-functie):

De bloemrijke vochtige wei- en hooilanden die in het verleden in de drie landgoederen voorkwamen kunnen tijdens de winter en voorjaar tijdelijk onder water staan. De gewenste GHG is 0-25 cm.

De vochtvoorziening in zomer en najaar is bijzonder belangrijk. Deze wordt bereikt bij een GLG van 40-80 cm.

Bouwland (landbouw-functie):

Voor een goede bereikbaarheid van de bouwlanden in het vroege voorjaar (landbewerking en mestinjectie) en voldoende dikke bouwvoor is een voor de bouwlanden op de drie landgoederen een matig diepe ontwateringstoestand (GHG: 40-80 cm –maaiveld) gewenst. Voor een goede vochtvoorziening met name in de loop van de zomer en begin herfst is een vrij groot tot zeer groot vocht leverend vermogen (>150 mm) vereist. Bij de meeste gronden in de drie landgoederen wordt deze hoeveelheid vocht geleverd bij een diepe grondwaterstand (80-120 cm –maaiveld). Bij dikke enkeerdgronden is de berging in de organische eerdlaag dusdanig groot dat deze hoeveelheid vocht ook bij een zeer diepe grondwaterstand van 120-180 cm wordt geleverd.

Bouwland (natuur-functie):

Zie landbouw-functie.

4.4. Bospercelen

Bospercelen (multifunctioneel):

Voor de in standhouding van multifunctionele bospercelen en houtsingels met oude bomen (met name eiken en beuken) is het van belang dat de bestaande fluctuatie van de grondwaterstand zo min mogelijk wordt gewijzigd. Wanneer de grondwaterstanden de afgelopen decennia zijn gewijzigd, is het wenselijk om de grondwaterstanden geleidelijk terug te brengen naar de oorspronkelijke. Omdat de beworteling van de oude bomen geleidelijk is aangepast aan de huidige grondwaterstandsfluctuatie, is het van belang om de verandering geleidelijk over een meerdere decennia te laten plaatsvinden. Wanneer verhoging of verlaging van de grondwaterstand te snel plaatsvindt, zullen de bomen al hun energie moeten steken in de groei van nieuwe wortels. Hierdoor zal de vitaliteit tijdelijk afnemen. Oude bomen met een volledig gevormd wortelstelsel zullen mogelijk afsterven.

Bospercelen (natuur-functie):

De natuur-functie van bossen wordt niet alleen bepaald door de bomen, maar ook door de voor het bostype kenmerkende kruid- en struiklaag. De gewenste grondwaterstand wordt bepaald door de potentieel natuurlijke vegetatie van dit perceel. De potentieel natuurlijke vegetatie (=vegetatie die zonder menselijk ingrijpen op dat perceel zou groeien) kan worden vastgesteld aan de hand van historische gegevens. In deze studie worden de grondwaterstanden eind jaren '50 als referentie-situatie genomen. Aangezien de

grondwaterstanden in het eind van de jaren '50 al sterk door de mens waren beïnvloed, kan op sommige plaatsen ook worden gekozen voor een oudere referentie-situatie.

Aangezien vitaliteitsverlies en afsterven van oude bomen in een natuurlijk bos aanvaardbaar wordt geacht, kan aanpassing van de grondwaterstand veel sneller plaatsvinden dan in een multifunctioneel bos.

Waar herstel van nat Elzenbos wordt nagestreefd wordt uitgegaan van een GHG van 0-25 cm of hoger en een GLG van 40-80 cm –maaiveld of hoger.

4.5. Bebouwing en wegen

Tabel 5 vermeldt de maximaal toegestane grondwaterstanden voor bebouwing en wegen.

Tabel 5: Maximaal toegestane grondwaterstand bebouwing en wegen

type	max. grondwaterstand
gebouwen met kelder	20 cm onder keldervloer
gebouwen met kruipruimte	20 cm onder vloer kruipruimte
gebouwen zonder kruipruimte	20 cm onder vloer (ca. 40 cm –maaiveld)
spoorlijn	1 m onder rails
Provinciale weg	80 cm onder wegoppervlak
Gemeentelijk verharde wegen	60 cm onder wegdek
overige verharde wegen	40 cm onder wegdek
onverharde wegen	40 cm onder maaiveld

Watergangen (functie: waterhuishouding):

- afwatering van de afwateringseenheid,
- aanvoer van water (indien gewenst),
- conservering van water (indien gewenst)

Open water (functies: natuur en landschap)

- voor de instandhouding van water- en oevervegetaties en fauna is het van belang dat:
 - watergangen, poelen en vijvers 's-zomers niet droogvallen,
 - de waterkwaliteit goed is,
 - bij grotere watergangen voldoende stroming optreedt
- voor de ecologische verbinding tussen verschillende natte gebieden is het van belang dat:
 - er zo goed mogelijk ontwikkelde natte verbindingzones in het gebied aanwezig zijn.

5. HYDROLOGISCHE KNELPUNTEN

De hydrologische knelpunten voor de huidige situatie zijn afgeleid van de vergelijking van huidige en gewenste grondwaterstanden, veldwaarnemingen en informatie van beheerders. Voor de overzichtelijkheid zijn de knelpunten in voor- en najaar afzonderlijk in figuren 16 en 17 weergegeven. De hydrologische knelpunten voor de bospercelen in het landgoed Salentein konden niet worden aangegeven omdat hier de referentiesituatie ontbreekt.

5.1. Gras- en bouwland

Graslanden (landbouw-functie):

- In ongeveer de helft van de graslanden is de grondwaterstand in de voorjaars situatie te laag (zie figuur 16). De lage grondwaterstand in het voorjaar leidt niet tot een vermindering van de opbrengst.
- In een klein aantal weilanden is de grondwaterstand in de voorjaars situatie te hoog. In deze veelal laag gelegen weilanden kunnen in een nat voorjaar problemen met berijdbaarheid optreden.
- In ongeveer driekwart van de weilanden en een klein deel van de bouwlanden is de grondwaterstand in de najaars situatie te laag (zie figuur 17). Door het optreden van vochttekort in droge zomers neemt de opbrengst af.

Grasland (natuur-functie):

- Er is slechts één grasland met een beheerovereenkomst (Bokhorst). De grondwaterstanden zijn hier in voor- en najaar te laag. In de overige graslanden in de drie landgoederen komen plaatselijk percelen (of delen van percelen) met een voldoende hoge grondwaterstand in het voorjaar voor herstel van het oorspronkelijke bloemrijke vochtige grasland. Er is geen perceel aangetroffen waar de grondwaterstand in het najaar hoog genoeg is voor herstel van bloemrijk vochtig grasland.

Bouwland (landbouw-functie):

- In een aantal bouwlanden is de grondwaterstand in het voorjaar te hoog. De hoge voorjaarstanden leiden tot minder beworteling in het voorjaar en hierdoor opbrengstvermindering. Dit zijn over het algemeen voormalige weilanden waarop nu maïs wordt geteeld.

5.2. Bospercelen

Bospercelen (multi-functioneel):

- In figuren 16 en 17 is te zien dat met name de GLG in de landgoederen Berencamp en Bokhorst sinds eind jaren '50 is gedaald. Helaas is in de bospercelen van landgoederen Salentein en Berencamp de referentie-situatie van eind jaren '50 niet bekend zodat in dit

→ bosrijke landgoed geen duidelijkheid bestaat over mogelijke verdroging van de bospercelen. De verlaging van de grondwaterstanden in voorjaar en najaar is één van de oorzaken van de slechte vitaliteit van eik en in mindere mate van de beuk in de drie landgoederen.

Bospercelen (natuur-functie):

-
- De belangrijkste knelpunten in de natuurwaarden van de bossen liggen bij de vochtige en natte bossen met els, vogelkers en es. Vaak zijn deze bossen begreppeld waardoor soms te snel water wordt afgevoerd. Ze vallen in de zomer te snel droog waardoor mineralisatie en verruiging van de vegetatie optreedt en verdwijnen van bijzondere soorten het gevolg is. Deze bossen komen vooral voor in het oostelijk deel van Salentein en op Bokhorst nabij de spoorlijn.
 - In het aan te leggen moerasbos in perceel A1 van landgoed Berencamp zijn de grondwaterstanden in het gehele jaar te laag.

5.3. Bebouwing en wegen

De beheerders van de landgoederen melden dat tijdens de hoge waterstanden in 1998 op twee plaatsen wateroverlast optrad:

- De kelder van kasteel Salentein. De wateroverlast werd deels veroorzaakt door onvoldoende afwatering via de berm-sloot van de Provinciale weg (B68) en berm-sloten van de Hemmelerweg en deels door het hoge waterpeil in de A-36.
- Woningen aan de Vleessteeg, waaronder de woning van de heer Roëll. De oorzaak van de wateroverlast was volgens de heer Roëll de stuw in de A-45 ter hoogte van de Schremmersteeg, die op dat moment niet gestreken was.

Er is geen informatie ingewonnen over mogelijke wateroverlast bij bebouwing of wegen bij huur- of pachtwoningen.

5.4. Oppervlaktewater

Sloten en oevers

→ Er komen met name op Bokhorst oevers voor met natuurwaarden. Door verruiging en verdroging worden deze waarden bedreigd. Een aantal sloten valt af en toe droog en daardoor worden slootvegetaties bedreigd. Ook de slechte (landbouw) waterkwaliteit vormt een knelpunt. In sloten zelf wordt de migratie van organismen (o.a. vissen) beperkt door stuwen en andere obstakels. De verbinding tussen Putterpolder en de hoger gelegen beken is daardoor niet vrij uitwisselbaar.

Boomsingels:

→ Verscheidene elzensingels herbergen moerasplanten en vochtindicatoren. Deze worden bedreigd door versnelde waterafvoer in de aangrenzende sloten.

6. VOORGESTELDE MAATREGELEN

6.1. Kansrijkdom

De in hoofdstuk 2 beschreven bijzondere hydrologische toestand van het gebied biedt voor Nederlandse begrippen grote mogelijkheden om de grond- en oppervlaktewaterstanden te beïnvloeden. Door de aanwezigheid van het ca. 100 m dikke ondoorlatende kleipakket is het gebied aan de onderzijde vrijwel geheel geïsoleerd van de omgeving. Alleen aan de randen van het gebied zijn nog invloeden van de omgeving merkbaar. Door de geringe dikte van de eerste watervoerende pakket (ca. 20 m) werken deze invloeden niet erg ver in het gebied door.

De zuidoostkant van de drie landgoederen is bijzonder nat door de aanvoer van diep kwelwater vanuit het tweede watervoerende pakket. De meeste beïnvloeding vindt plaats via de noordrand van het gebied. In een strook van ca. 500 m breed vindt een verlaging van de grondwaterstanden plaats onder invloed van het efficiënte afwateringssysteem in de Putterpolder. De grondwaterstanden aan de oostrand van landgoed Bokhorst worden enigszins verlaagd door de efficiënte ont- en afwatering van aangrenzende landbouwpercelen. De grondwaterstanden aan de westrand van het gebied worden enigszins verlaagd door de lage peilen in de bebouwde kom van Nijkerk en het industriegebied Arkervaat.

- Door de geringe dikte van het watervoerende pakket en de voor Nederlandse begrippen zeer geringe beïnvloeding van buitenaf, wordt de hydrologische toestand voor het grootste deel bepaald door het oppervlaktewaterstelsel binnen de landgoederen. Dit biedt relatief goede mogelijkheden voor het opheffen van de in hoofdstuk 5 beschreven hydrologische knelpunten.

6.2. Globale beschrijving inrichting- en beheersmaatregelen

De in hoofdstuk 5 beschreven knelpunten kunnen voor een deel worden opgelost door uitvoering van de onderstaande inrichtings- en beheersmaatregelen. De onderstaande beschrijving van de maatregelen en bijbehorende peilen is globaal en gebaseerd op de oude hoogtekartaal (figuur 4) en voor zover mogelijk gecheckt aan de hand van de AHN.

6.2.1. Waterconservering, peilverhoging en retentie in noordoostelijk deel van landgoed Salentein

Maatregel:

Plaatsen van een beweegbare overlaat/knijpduiker in de door het Salentein beheerde naamloze watergang die de afwatering van het noordoostelijk deel van het landgoed verzorgt. Deze watergang watert noordwaarts, via een duiker onder de Nijkerkseweg, af op de C145 en vervolgens, na de duiker onder de Vleessteeg, op de A-45. Om afvoer in zuidelijke richting te voorkomen moet de watergang die het gestuwde gebied met de A-39 verbindt mogelijk worden afgedamd of met een schotbalkenstuw worden dichtgezet (niet aangegeven in figuur 18). De naamloze watergang op het Salentein is nu verland en dient te

worden geschoond.

Beheer:

Het peilbeheer van de beweegbare overlaat/knijpduiker is gericht op een extensief vochtig/nat wei- of hooiland beheer in de huidige weilanden C12, B12 en B14. Men kan hierbij denken aan een winterpeil van ca. 5 cm -maaiveld en een zomerpeil van ca. 20-30 cm -maaiveld. De overschakeling van het winterpeil naar het zomerpeil dient afhankelijk van de weersomstandigheden zo laat mogelijk plaats te vinden: ca. eind mei.

De 10%-maaiveldshoogte van de weilanden C12, B12 en B14 is volgens de oude hoogtekartaart (figuur 4) ca. 1,3 m+NAP. Op de AHN zijn ook lagere punten te zien (0,5-1,0 m+NAP). Voor het opstellen van het uitvoeringsplan is een goede waterpassing van het gebied noodzakelijk. Uitgaande van een 10%-maaiveldshoogte van 1,1 m+NAP bedraagt het winterpeil 1,05 m+NAP en het zomerpeil 0,80-0,90 m+NAP. De BOK (Binnen Onderkant Kunstwerk) van de duiker onder de Nijkerkseweg bedraagt volgens de legger: 0,32 m +NAP. De opstuwing bedraagt dan ca. 0,5-0,75 m.

De stuwhoogte wordt voornamelijk bepaald door de BOD (Binnen Onderkant Duiker) van de knijpduiker. De knijpduiker dient ca. 10-20 cm onder de balkhoogte van de overlaat te worden aangebracht. De grootte van de opening moet worden bepaald aan de hand van de gewenste retentieperiode (ca. 1 week). De opening moet echter niet te klein worden om het risico van verstopping zo klein mogelijk te maken. Bij verstopping verliest het gebied zijn retentiecapaciteit en neemt het risico voor wateroverlast langs de C-145 en A-45 sterk toe. Toepassing van een krooshek is misschien noodzakelijk.

6.2.2. Herstel originele afwatering noordoostelijk deel van landgoed Salentein via de C-145

Achtergrond:

Op de Waterstaatskaart van 1968 en oudere kaarten staat aangegeven dat de afwatering van het oostelijk deel van landgoed Salentein in noordelijke richting werd verzorgd door de in 6.2.1 genoemde naamloze watergang. Na 1968 is de afwatering van het oostelijk deel van het Salentein veranderd en omgeleid in westelijke richting naar de A-36. De afwatering vindt nu plaats via de vermoedelijk nieuw aangelegde B-61 en de verdiepte en verbrede A-39. Deze watergangen verzorgen nu eveneens de afwatering van de gronden ten zuiden van de spoorlijn, oostelijk van de Meskampersteeg (C-58).

Doordat het water via een relatief grote omweg wordt omgeleid (1000 m, in vergelijking met 380 m in de vroegere situatie), is het verhang van de A-39 en B-61 klein. Om over voldoende verhang te beschikken zijn de watergangen behoorlijk diep aangelegd. De bodemhoogte in de B-61 ter hoogte van de Meskampersteeg bedraagt nu volgens de legger 0,39 m+NAP, de bodemhoogte van de A-39 ter hoogte van de instroming in de A-36 bedraagt nu 0,21 m+NAP: een verval van 18 cm en een verhang van 0,18 m/km. Om toch over voldoende afvoercapaciteit te beschikken zijn de B-61 en A-39 watergangen behoorlijk groot gedimensioneerd (bodembreedte ca. 2 m). Door de grote diepte en breedte werken hebben beide afwateringsgangen in de zomer en najaar een onnodig sterke ontwaterende werking op het oostelijk en centrale deel van landgoed Salentein.

Door herstel van de originele afwatering via de in onbruik geraakte naamloze watergang naar de C-145 wordt de afstand waarover het water vervoerd moet worden, verminderd van 1000 m. tot 380 m. De bodemhoogte van de B-61 ter hoogte van de duiker onder de Meskampersteeg bedraagt 0,39 m+NAP, de BOK van de duiker onder de Nijkerkseweg

bedraagt 0,32 m +NAP: een verval van 7 cm en verhang van 0,18 m/km. De onbruik geraakte watergang heeft een behoorlijke breedte in de orde van grootte van 1,5-2,0 m, dus het valt te verwachten dat deze watergang, na opschonen, voldoende is gedimensioneerd om het water van het bovenstroomse gebied af te voeren.

Maatregelen:

- Opschonen van de verlande naamloze watergang tussen de duiker van de B-61 onder de Meskampersteeg en de duiker van de C-125 onder de Nijkerkseweg.
- Plaatsen van een beweegbare overlaat (schotbalkenstuw) in het begin van de B-61 ter hoogte van de Meskampersteeg.
- Plaatsen van een beweegbare overlaat (schotbalkenstuw) in de A-39.
- Na een testperiode van 10 jaar geleidelijk verondiepen van de B-61 en A-39 tot dimensies van een detail-afwateringsgang.
- In het kader van het uitvoeringsplan dient te worden onderzocht of de C-145 en A-45 voldoende afvoercapaciteit hebben om het water van het grotere stroomgebied af te voeren. Eventuele vergroting van de afvoercapaciteit dient te worden gerealiseerd door verbreding van de watergangen in de vorm van natuurlijke afvoerprofielen (zie ook paragraaf 6.2.4).

Beheer:

De overlaat in de B-61 moet ca. 10 cm hoger staan dan de overlaat in de naamloze watergang voor de duiker naar de C-145. Hierdoor wordt het water gedwongen om via de herstelde watergang naar de C-145 te stromen. De B-61 en A-39 verliezen hierdoor vooralsnog hun afwaterende functie en krijgen een functie als detailafwateringsgang.

Om de ontwaterende werking van de B-61 en A-39 te verminderen, dient de stuwhoogte van de overlaat in de A-39 te worden afgestemd op de gewenste drooglegging van de smalle strook weilanden langs deze watergangen. De 10%-maaiveldhoogte van deze weilanden is ca. 1,5 m+NAP (oude hoogtekkaart). Bij een drooglegging van 60 cm bedraagt het stuwpeil ca. 0,9 m+NAP.

6.2.3. Waterconservering, peilverhoging en retentie in blok E, landgoed Bokhorst

Maatregel:

Plaatsen van een beweegbare overlaat/knijpduiker in C-125 kort voor de duiker onder de spoorlijn (zie figuur 18). De C-125 watert vervolgens noordwaarts via een duiker onder de Nijkerkerweg af op de A-44.

Beheer:

Het peilbeheer van de beweegbare overlaat/knijpduiker is gericht op een minder intensief vochtig wei- of hooiland beheer in de huidige weilanden E2, E4, E5, E7, E8, E10 en E11. Men kan hierbij denken aan een winterpeil van ca. 15 cm -maaiveld en een zomerpeil van ca. 20-30 cm -maaiveld. De 10% laagste maaiveldhoogte is op de oude hoogtekkaart ca. 1,5 m+NAP (oude hoogtekkaart). Op de AHN-kaart blijkt dat het maaiveld mogelijk wat lager ligt. Uitgaande van een 10% maaiveldhoogte van 1,4 m +NAP komt dit neer op een winterpeil van ca. 1,25 m+NAP en een zomerpeil van ca. 1,10-1,20 m+NAP. De overschakeling van het winterpeil naar het zomerpeil dient afhankelijk van de weersomstandigheden zo laat mogelijk plaats te vinden: ca. eind mei. De bodemhoogte van de C-125 vlak voor de instroming van de duiker onder het spoor bedraagt volgens de legger 0,84 m +NAP. De

gerealiseerde opstuwing wordt daarom geschat op 0,25-0,40 m. Volgens de legger van het voormalige Waterschap Noord Veluwe uit 1996 is de BOK van de duiker onder de spoorlijn 0,64 m+NAP.

De stuwhoogte wordt voornamelijk bepaald door de BOD (Binnen Onderkant Duiker) van de knijpduiker. De BOD van de knijpduiker dient ca. 20-30 cm onder de balkhoogte van de overlaat te worden aangebracht. De grootte van de opening moet worden bepaald aan de hand van de gewenste retentieperiode (ca. 1 week). De opening moet echter niet te klein worden om het risico van verstopping zo klein mogelijk te maken. Bij verstopping verliest het gebied zijn retentiecapaciteit en neemt het risico voor wateroverlast langs de C-1255 en A-44 toe. Toepassing van een krooshek is misschien noodzakelijk.

6.2.4. Inrichting en beheer van natte ecologische verbindingzones

Ecologische verbindingen

Door herprofilering, aanleg van poelen in de nabijheid van waterlopen en randenbeheer ontstaat een lint van ecologische verbindingen met poelen als 'stepping stones'. Ze verbinden de landgoederen onderling en takken benedenstrooms aan op de hoofdontwateringen.

Herprofilering van watergangen:

Deze maatregel is er op gericht om geleidelijke overgangen tussen land en water te laten ontstaan. Het profiel van dergelijke oevers hangt af van de hoogteverschillen, maar loopt van 1:3 tot 1:10 of meer. Meestal worden oevers aan één zijde van een natuurvriendelijk profiel voorzien, bij voorkeur de oever die op het zuiden geëxponeerd is. Herprofilering kan echter ook afwisselend noord en zuid plaatsvinden, hetgeen kan samenhangen met groeiplaatsen van bijzondere plantensoorten of geomorfologische of cultuurhistorische waarden. Voor primaire waterlopen kan een breder profiel worden ingezet dan in secundaire waterlopen. Herprofilering kan samengaan met natuurvriendelijk randenbeheer.

Herprofilering dient waar mogelijk te worden uitgevoerd door een combinatie van verondieping en verbreding, bij behoud van afvoercapaciteit. Bij het doorrekenen van de afvoerprofielen dient te worden gewaakt voor overdimensionering. De watergangen mogen eerder te breed dan te diep uitvallen. Men dient te bedenken dat de meeste sloten in de landgoederen hun huidige dimensies te danken hebben aan eeuwenlange kritische observatie door pachtboeren en eigenaren, terwijl zij volgens afvoerberekeningen veel te krap zijn gedimensioneerd.

Faunapassages

Waar waterlopen wegen of spoorwegen kruisen is er veelal sprake van barrières. Voorgesteld wordt om de duikers te voorzien van looprichels voor oevergebonden diersoorten en waar mogelijk (bij wegreconstructies) nieuwe natuurvriendelijke duikers aan te leggen. Ook de stuwen in het gebied kunnen een opstakel vormen voor vismigratie (o.a. bierpje, stekelbaarzen). Aanpassen van stuwen door gebruik van cascade constructies kan in de periode van migratie (voorjaar) van betekenis zijn.

Een andere categorie van faunapassages is die voor grotere diersoorten, waaronder haas, ree, eekhoorn, das, boommarter en andere soorten. Deze soorten vallen buiten het bestek van deze studie, maar aanleg van faunapassages voor oeversoorten kan soms wel worden gecombineerd.

Aanleg van poelen en verbrede waterlopen

De aanleg hiervan is gericht op het ontwikkelen van watersystemen waarin tal van soorten hun leef- of voortplantingsgebied vinden, dat nu beperkt aanwezig is in sloten en andere waterlopen. Te denken valt aan amfibieën, libellen en waterplanten van stilstaand en schoon water. Op de landgoederen zijn de meeste voorgestelde poelen gesitueerd in de nabijheid van waterlopen (zie figuur 18).

Randenbeheer

Randenbeheer houdt in dat een strook van minimaal 1 tot 2 meter breed langs randen van beplantingen en oevers niet of nauwelijks wordt bemest ($< 50 \text{ kg N/ha}$), bespoten of bekalkt. Deze randen kunnen wel worden meebeweid of gemaaid. De meest soortenrijke randen ontstaan wanneer er geen bemesting wordt toegepast en maaien plaatsvindt na 15 juni tot 15 juli. De aangegeven randen sluiten aan bij vindplaatsen van bijzondere plantensoorten.

6.2.5. Onderzoek naar mogelijke knelpunten afwatering

De wateroverlast ter hoogte van de woningen bij de Vleessteeg en kasteel Salentein hangt mogelijk samen met een onvoldoende afvoercapaciteit van het afwateringssysteem. Kritisch doorrekenen van de ontwerpdimensies kan knelpunten zoals te geringe afvoercapaciteit van een deel van de watergang, te hoge stuwpeilen of te kleine duikers aan het licht brengen.

Ter hoogte van de kop van de A-45 heeft wateroverlast plaatsgevonden. De wateroverlast is mogelijk veroorzaakt door het afkalven van de oever van de A-45, waardoor de afvoercapaciteit is afgenomen. De wateroverlast is mogelijk ook verergerd doordat de stuw in de A-45 bij de Diermenseweg tijdens een periode met extreem hoge waterstanden niet was geopend.

In de A-44 zijn recentelijk twee te krap gedimensioneerde duikers met een diameter van rond 30 cm aangebracht. Deze duikers raken snel verstopt waardoor bovenstrooms wateroverlast kan optreden. De duikers dienen waarschijnlijk te worden vervangen door rond 70 duikers.

6.3. Verwachte effecten van de voorgestelde maatregelen

Grondwaterpeilen en kwelstromen in winter en voorjaar:

Door de verhoging van het oppervlaktewaterpeil in het oostelijk deel van landgoed Salentein en in iets mindere mate in blok E van het landgoed Bokhorst, zal de grondwaterstand tijdens de winter en in het voorjaar in het oranje gekleurde gebied met één of meerdere decimeters stijgen. Hierdoor zal dit gebied een veel natter karakter krijgen.

De stijging van de grondwaterstand is ook merkbaar in aangrenzende hoger gelegen gebieden. In de aangrenzende lager gelegen gebieden, zoals de boerderij ten oosten van de overlaat/knijpduiker in het Salentein, de Nijkerkseweg en percelen ten noorden van de weg, is verhoging van de grondwaterstand in winter en voorjaar niet gewenst. Door de ontwateringsloten wordt het grondwaterpeil hier op hetzelfde niveau gehouden.

Door de peilverhoging in de afgesloten B-61 en A-39 zal de grondwaterstand langs deze watergangen eveneens stijgen.

De totale grootte van het gebied met verhoogde winter- en voorjaarsgrondwaterstanden wordt geschat op ca. 40-50 ha.

Doordat de natuurlijke opbolling van de grondwaterstand in en rondom de oranje gekleurde

gebieden deels weer wordt hersteld, zullen tevens lokale kwelstromen worden versterkt. In ontwaterde gebieden zal dit leiden tot langere aanvoer van kwel naar ondiepe ontwateringsloten en verbetering van de waterkwaliteit in deze sloten. Een voorbeeld hiervan is de bermsloot van de Vleessteeg, waar de kwelindicatorende slootvegetaties van in het voorjaar wit bloeiende Waterviolier zich zullen uitbreiden. In lage percelen zonder veel ontwateringsloten, zoals in blok D van landgoed Bokhorst, zal de aanvoer van kwelwater naar de wortelzone worden verbeterd.

Grondwaterpeilen en kwelstromen in zomer en najaar:

Door de waterconservering in de oranje gebieden in het oostelijk deel van landgoed Salentein en blok E van landgoed Bokhorst, de buiten werking gestelde diepe watergangen C-61 en A-39 en verondiepte watergangen met herprofilering, neemt de ontwaterende werking van de watergangen aanzienlijk af. Hierdoor zal de natuurlijke daling van de grondwaterstanden aanzienlijk langzamer verlopen dan in de huidige situatie. De verandering kan zichtbaar worden gemaakt in een verandering van de duurlijnen. De totale grootte van het gebied met grondwaterpeilverhoging wordt geschat op ca. 50-75 ha.

De van nature in de loop van de zomer droogvallende lokale kwelstromen zullen, door het langer aanwezig zijn van de natuurlijke opbolling in en rondom de oranje gekleurde gebieden, langer blijven stromen.

Vegetatie:

De vegetatie in de laaggelegen gronden waar zowel tijdens de winter/voorjaarsperiode als in de zomer/najaarsperiode verhoging van de grondwaterstand plaatsvindt, zullen de hier aanwezige verdroogde natte en vochtige vegetatietypen zich grotendeels herstellen (zie hoofdstuk 2).

De vegetatie in de laaggelegen gronden waar de natuurlijke daling van de grondwaterstanden in zomer en najaar wordt vertraagd, zal de vegetatie met name aan het eind van het voorjaar en begin van de zomer van de nattere standplaatscondities profiteren (voorjaarsaspect).

De vegetatietypen in sloten en laaggelegen gronden waar de aanvoer van kwel wordt hersteld zal mogelijk weer kenmerken gaan vertonen van de vegetaties van de oorspronkelijke kwelmilieus.

Fauna:

Fauna gebonden aan natte en vochtige milieus zal sterk profiteren van de vergroting van het areaal natte en vochtige standplaatsen. Hier valt vooral te denken aan amfibieën en libellen. Door herstel van natte ecologische verbindingen en aanleg van "stepping stones" in de vorm van poelen, is de ontwikkeling van stabiele populaties mogelijk. Hier zal ook watergebonden fauna, zoals verschillende vissoorten, van profiteren.

Bos:

Door de peilverhoging zullen de bomen in de laaggelegen delen van de oranje aangegeven gebieden C14 te maken krijgen met hogere grondwaterstanden. Deze verhoging vindt voor een deel plaats binnen het groeiseizoen. Met name op de laagste delen moet daarom rekening gehouden worden met het afsterven van enige bomen of tijdelijk slechter groeien van oudere bomen. Geleidelijk zal het bos zich hier aan de hogere grondwaterstanden aanpassen.

Op de hogere gronden zal het bos profiteren van langere capillaire nalevering van bodemvocht. Hierdoor zal de vitaliteit van de hoger gelegen bospercelen verbeteren.

Landbouw:

In de met oranje aangegeven gebieden zal een aangepaste vorm van beweiding of hooilandbeheer moeten plaatsvinden, waarbij door de hogere grondwaterstanden het land pas aan het eind van het voorjaar voor machines betreedbaar is. Door de hogere grondwaterstanden in het voorjaar zal de groei van het gras in voorjaar achterblijven. Door de hogere grondwaterstanden in de loop van de zomer zal de groei verbeteren.

De landbouwgebieden waar de grondwaterstanden in de loop van de zomer en najaar langzamer zullen dalen, zal de productie door vermindering van watertekorten toenemen. Doordat het ontwateringssysteem in deze gronden blijft functioneren is geen toename van wateroverlast in winter en voorjaar te verwachten.

6.4. Opstellen uitvoeringsplan

De in paragraaf 6.2 beschreven maatregelen dienen in overleg met de eigenaren en grondgebruikers (pachters) in een besteksklaar uitvoeringsplan te worden uitgewerkt en waar nodig te worden aangepast.

De dimensionering van kunstwerken en watergangen dient te worden gebaseerd op geautomatiseerde afvoerberekeningen (bijv. DIWA). Hierbij dient gewaakt te worden voor overdimensionering en rekening gehouden te worden met de in dit rapport beschreven gebiedsfuncties. Gezien de geconstateerde verschillen tussen de oude hoogtekarte en AHN dient het aanbeveiligd gebied te aanvullend te waterpassen.

6.5. Overleg en monitoring

Dit rapport kan worden gezien als de gezamenlijke visie van de eigenaren en beheerders van de landgoederen Bokhorst, Salentein en de Berencamp. Over de gedetailleerde uitwerking van deze maatregelen en de hiervoor benodigde financieringsbronnen dient aanvullend overleg plaats te vinden. Voor de uitwerking van de plannen op detailniveau dient ook overleg plaats te vinden met de verschillende pachters.

De omleiding van de afwatering in het oostelijk deel van landgoed Salentein via de herstelde watergang moet gedurende een periode van ca. 10 jaar worden getest, waarbij het mogelijk blijft om bij (dreigende) wateroverlast de stuwen in de B-61 en A-39 te openen om de wateroverlast te voorkomen. Deze waterlopen moeten daarom tijdens de testperiode in onderhoud blijven. Blijkt de omleiding na de testperiode van 10 jaar te voldoen, dan kan het onderhoud aan de B-61 en A-39 worden aangepast. Door geleidelijke verlanding kunnen deze watergangen de bij hun nieuwe functie horende dimensies verkrijgen.

De peilen van de te plaatsen stuwen dienen in overleg met de eigenaren en gebruikers geleidelijk te worden verhoogd tot de uiteindelijke peilhoogten.

Het verdient aanbeveling om de waterpeilen voor en tijdens het instellen van de nieuwe peilen te volgen. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om tijdens een aantal bijeenkomsten met eigenaren en pachters de ingestelde peilen en het functioneren van de kunstwerken te evalueren.

6.6. Mogelijke ontwikkelingen op de lange termijn

Met de invoering van het Programma beheer (alleen Bokhorst en oostelijk deel Salentein), de mogelijkheden voor het aanleggen van "nieuwe landgoederen" en het mogelijk in eigen beheer komen van pachtgronden bestaan er op langere termijn mogelijkheden om op grotere schaal over te gaan op een meer natuurlijk beheer van landbouwpercelen en bossen. Dit biedt mogelijkheden voor het verder uitbreiden van de waterconserveringsgebieden en versterking van natuurlijke en historische waarden binnen de landgoederen door:

- herstel en verbreding van singels
- extensivering beheer landbouwpercelen (programma beheer)
- randenbeheer
- herprofilering oeverzones
- aangepast bosbeheer (structuurverhoging)
- uitbreiding ecologische verbindingzones
- vispassages en verbinding met Schuitenbeek/ Nieuwe beek en Hoge beek.

Op basis van de hydrologische toestand (huidige GHG, GLG, aanvoer van kwel) en huidige natuurwaarde zijn in principe de volgende gebieden het meest kansrijk voor waterconservering en peilverhoging (zie figuur 19):

Landgoed Salentein:

- weiland B10 met door een bron gevoede eendenvijver en aangrenzende natte bospercelen B8 en A10 (noordelijk deel),
- bospercelen A3, A4, B2, B3, weilanden B4, B5 en woonerf B1.

Landgoed Bokhorst

- weiland D11, bosperceel D12 en bouwland D13,
- weiland D7,
- weiland C1, C2 en C4, B7, B8, oostelijk deel van bosperceel B4 en evt. weiland B8
- weiland B1,
- weiland A9,
- weiland A1, A2, A3 en A4

Landgoed Berencamp:

- weiland A4 en A8 met hierin bospercelen A5, A6 en A7
- weiland B1, B2 en B4
- weiland C1 en oostelijk deel van C2,
- weiland D10, D11 en D15.

6.7. Haalbaarheid inrichting van waterconserveringsgebieden vanuit beheersoogpunt

Zoals nader uitgewerkt beschreven in paragraaf 6.2 worden in het landgoed Salentein op korte termijn de beste mogelijkheden voor het inrichten van een waterconserveringsgebied rondom weiland C-12 gezien. In de beide andere mogelijke gebieden liggen verpachte weilanden waarvan de pachter vermoedelijk niet openstaat voor inrichting als waterconserveringsgebied. Besluitvorming ter zake de te nemen inrichtingsmaatregelen ligt bij de eigenaar voor.

Zoals nader uitgewerkt in paragraaf 6.2 worden in het landgoed Bokhorst op korte termijn de beste mogelijkheden voor het inrichten van een waterconserveringsgebied in het niet verpachte blok E gezien. Door de geïsoleerde ligging van dit blok is de inrichting als waterconserveringsgebied praktisch goed realiseerbaar. In principe staat het landgoed open voor inrichting van het hele landgoed als waterconserveringsgebied. Hiervoor dient wel een beheersvorm voor het gehele landgoed te worden gevonden, waarbij men niet afhankelijk is van de huidige pachters.

In het landgoed Berencamp worden op middellange termijn alleen mogelijkheden voor het inrichten van waterconserveringsgebieden gezien, wanneer er een perceel uit de pacht komt en door perceelruil tegen een voor WC interessant perceel kan worden geruild. Aangezien er bij dit landgoed sprake is van 14 verschillende pachters zijn de mogelijkheden beperkt.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1. Conclusies

- 1 In het grootste deel van de landgoederen Bokhorst, Salentein en Berencamp heeft sinds de jaren '50 een daling van de grondwaterstanden in zomer en najaar plaatsgevonden. De verlaging is veroorzaakt door de aanleg van een dicht netwerk van ontwatering- en afwateringsgangen, voornamelijk ten behoeve van het landbouwkundig gebruik van de gronden.
- 2 Het landgebruik in de drie landgoederen bestaat vooral uit laaggelegen graslanden met hoofdzakelijk een productiefunctie, hoog en laag gelegen multifunctionele bospercelen en in mindere mate uit hooggelegen bouwlanden met hoofdzakelijk een productiefunctie. Enkele gras- en bouwlanden en bospercelen hebben een gemengde productie/natuur- of natuurfunctie.
- 3 Door de bijzondere opbouw van de ondergrond bestaan de watersystemen in de drie landgoederen uit relatief kleine watersystemen, gekarakteriseerd door op korte afstand van elkaar gelegen inziiging- en kwelgebieden. Deze kleine watersystemen zijn vrijwel geheel geïsoleerd van de grote watersystemen buiten de landgoederen en in de diepe ondergrond.
- 4 De belangrijkste hydrologische knelpunten voor het huidige landgebruik en hieraan toebedeelde functies worden gevormd door:
 - a) een te lage grondwaterstand in zomer en najaar (ca. 40-50% van het gebied),
 - b) een te lage grondwaterstand in winter en voorjaar (ca. 10-20% van het gebied)
 - c) een te hoge grondwaterstand in winter en voorjaar (ca. 5-10% van het gebied)
 - d) het wegvallen van ondiepe kwelstromen.
- 5 Door de hydrologische isolatie van de drie landgoederen kunnen de grondwaterstanden en kwelstromen bijzonder effectief worden gestuurd door aanpassing van het oppervlaktewaterstelsel. Hydrologische en hieraan gerelateerde ecologische knelpunten kunnen grotendeels worden aangepakt door uitvoering van een pakket inrichting- en beheersmaatregelen bestaande uit:
 - a) waterconservering en peilverhoging in het oostelijk deel van landgoed Salentein en blok E van landgoed Bokhorst,
 - b) herstel van de originele afwatering van het oostelijk deel van het landgoed Salentein en afsluiten van de in de jaren '70 aangelegde overgedimensioneerde afwateringsgangen,
 - c) inrichting en beheer van natte ecologische verbindingzones door herprofilering van watergangen, aanleggen van faunapassages, aanleg van poelen en randenbeheer,
 - d) onderzoek naar de oorzaken van plaatselijk optredende wateroverlast.

7.2. Aanbevelingen

- 1 De in dit rapport beschreven maatregelen kunnen door het Waterschap Vallei en Eem,

in overleg met de landgoedeigenaren en grondgebruikers (pachters), worden uitgewerkt tot een besteksklaar uitvoeringsplan.

- 2 De dimensionering van kunstwerken en watergangen dient te worden gebaseerd op geautomatiseerde afvoerberekeningen (bijv. DIWA). Hierbij dient gewaakt te worden voor overdimensionering en rekening gehouden te worden met de in dit rapport beschreven gebiedsfuncties. Gezien de geconstateerde verschillen tussen de oude hoogtekaart en AHN wordt aanbevolen om het gebied te aanvullend te waterpassen.
- 3 Dit rapport kan worden gezien als de gezamenlijke visie van de eigenaren en beheerders van de landgoederen Bokhorst, Salentein en de Berencamp. Over de gedetailleerde uitwerking, eventuele wijziging van deze maatregelen en het vinden van de benodigde financieringsbronnen dient aanvullend overleg plaats te vinden. Voor de uitwerking van de plannen op detailniveau dient ook overleg plaats te vinden met de verschillende pachters.
- 4 De omleiding van de afwatering in het oostelijk deel van landgoed Salentein via de herstelde watergang moet gedurende een periode van ca. 10 jaar worden getest, waarbij het mogelijk blijft om bij (dreigende) wateroverlast de stuwen in de B-61 en A-39 te openen om de wateroverlast te voorkomen. Deze waterlopen moeten daarom tijdens de testperiode in onderhoud blijven. Blijkt de omleiding na de testperiode van 10 jaar te voldoen, dan kan het onderhoud aan de B-61 en A-39 worden aangepast. Door geleidelijke verlanding kunnen deze watergangen de bij hun nieuwe functie horende dimensies verkrijgen.
- 5 De peilen van de te plaatsen stuwen dienen in overleg met de eigenaren en gebruikers geleidelijk te worden verhoogd tot de uiteindelijke peilhoogten. Het verdient aanbeveling om de waterpeilen voor en tijdens het instellen van de nieuwe peilen te volgen. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om tijdens een aantal bijeenkomsten met eigenaren en pachters de ingestelde peilen en het functioneren van de kunstwerken te evalueren.

LITERATUUR

Bannink, F.J., 1960

De bodemgesteldheid van een gedeelte van de polder Arkemheen. Stiboka-rapport no. 506. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Heidemij Adviesbureau, 1989

Vegetatiekartering Nijkerk- Putten; deel I: Ecologische systeembeschrijving aan de hand van hydrologie, bodem en vegetatie.

Heidemij, 1990

Vegetatiekartering Nijkerk-Putten; deel II: Aanvullend hydrologisch en vegetatiekundig onderzoek.

Houtman, H., 1985

Grondwaterkaart van Nederland, Amersfoort-oost, kaartblad 32-oost. Dienst Grondwaterverkenning TNO.

Ingenieursbureau BCC, 1998

concept Toelichting op het peilbesluit Arkenheem

Leenders, W.H., F. Brouwer en M. Knotters, 1990

De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Nijkerk-Putten; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Staring Centrum reeks, no. 54. Staring Centrum, Wageningen.

Projectgroep Waterlood, 1998

Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater; een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. Unie van Waterschappen en Dienst Landelijk Gebied, DLG-publicatie 1998/2

TAUW Infraconsult, 1993

Inrichtings- en beheersplan Appelsche Maalschap en Hoonhorst

Tauw Infraconsult, 1993

Beheers- en inrichtingsplan Veldbeek

Veen, P.M., F.J. Jorna, 1994

Veldbeek-Zwarte Broek. Een natuurontwikkelingsvisie voor het noordelijke deel van de Gelderse Vallei. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland

Waterschap Vallei & Eem, 2000

Waterbeheersplan Vallei & Eem 2000-2004

Zeegers, H.J.M., 1961

De bodemgesteldheid van het randgebied van zuidelijk Flevoland, tussen Muiden en Harderwijk; 2 delen. Stichting voor Bodemkartering Wageningen

HYDROLOGISCH ONDERZOEK LANDGOEDEREN ARKEMHEEN

Bokhorst, Salentein en Berencamp

FIGURENBIJLAGE

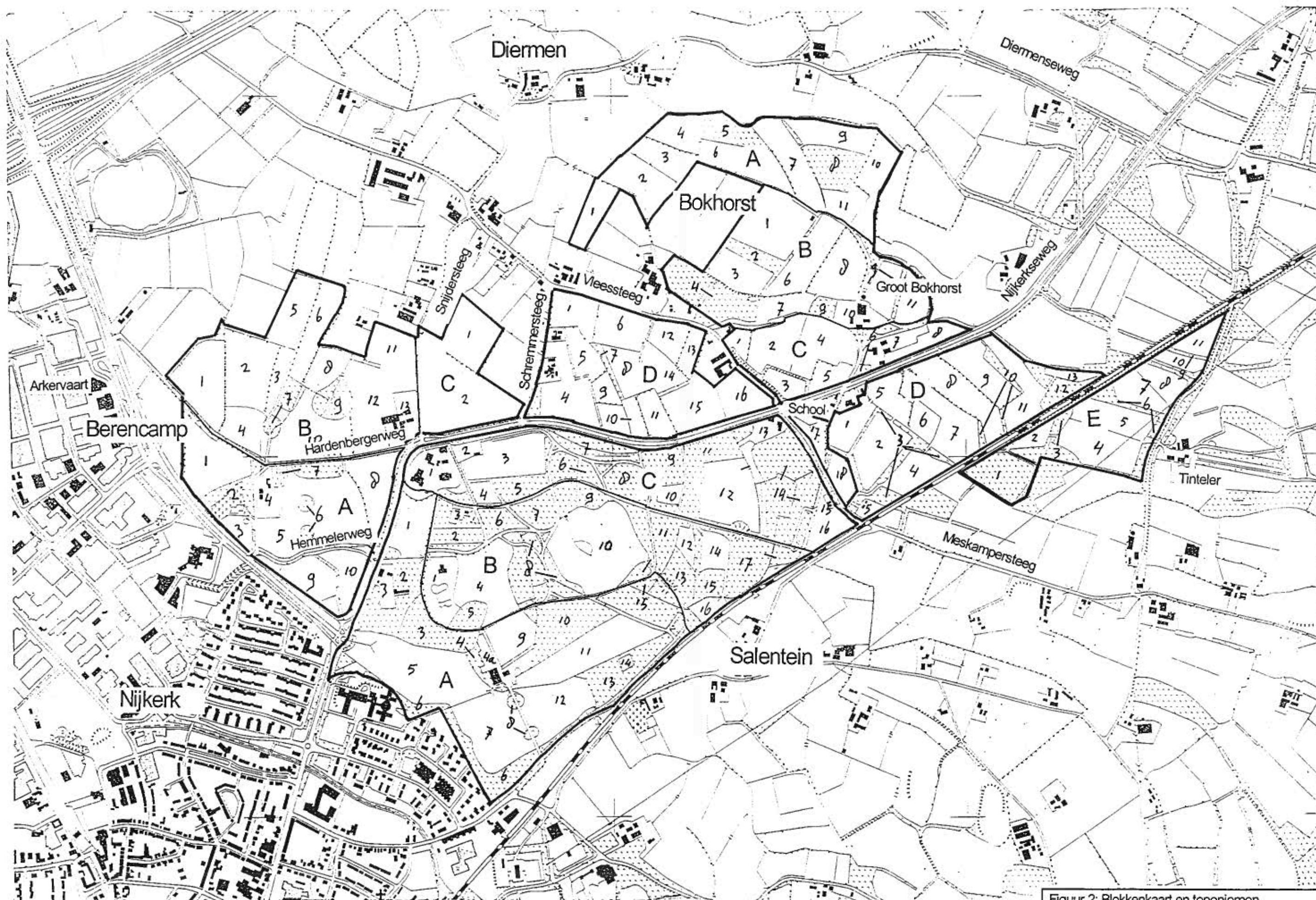
april 2001

Hanhart Consult, Wageningen
in samenwerking met Eqosens-nl, Rhenen

In opdracht van:
Bosgroep Gelderland, Ede

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 1: Ligging landgoederen Arkemheen
- Figuur 2: Blokkenkaart en toponiemen
- Figuur 3: Natuurwaarde
- Figuur 4: Geomorfologie en hoogteligging
- Figuur 5: Grondwaterstroming
- Figuur 6: Kwel en infiltratie
- Figuur 7: Bodemkaart 1: 10.000 (Leenders, 1990)
- Figuur 8: Gemiddeld hoogste grondwaterstand eind jaren '50
- Figuur 9: Gemiddeld hoogste grondwaterstand eind jaren '80
- Figuur 10: Verandering GHG sinds eind jaren '50
- Figuur 11: Gemiddeld laagste grondwaterstand eind jaren '50
- Figuur 12: Gemiddeld laagste grondwaterstand eind jaren '80
- Figuur 13: Verandering GLG sinds eind jaren '50
- Figuur 14: Oppervlaktewater
- Figuur 15: Huidige functies
- Figuur 16: Knelpunten voorjaarssituatie
- Figuur 17: Knelpunten najaarsituatie
- Figuur 18: Voorgestelde maatregelen
- Figuur 19: Zoekgebieden waterconservering



Figuur 2: Blokkenkaart en toponiemen

Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arnhemse

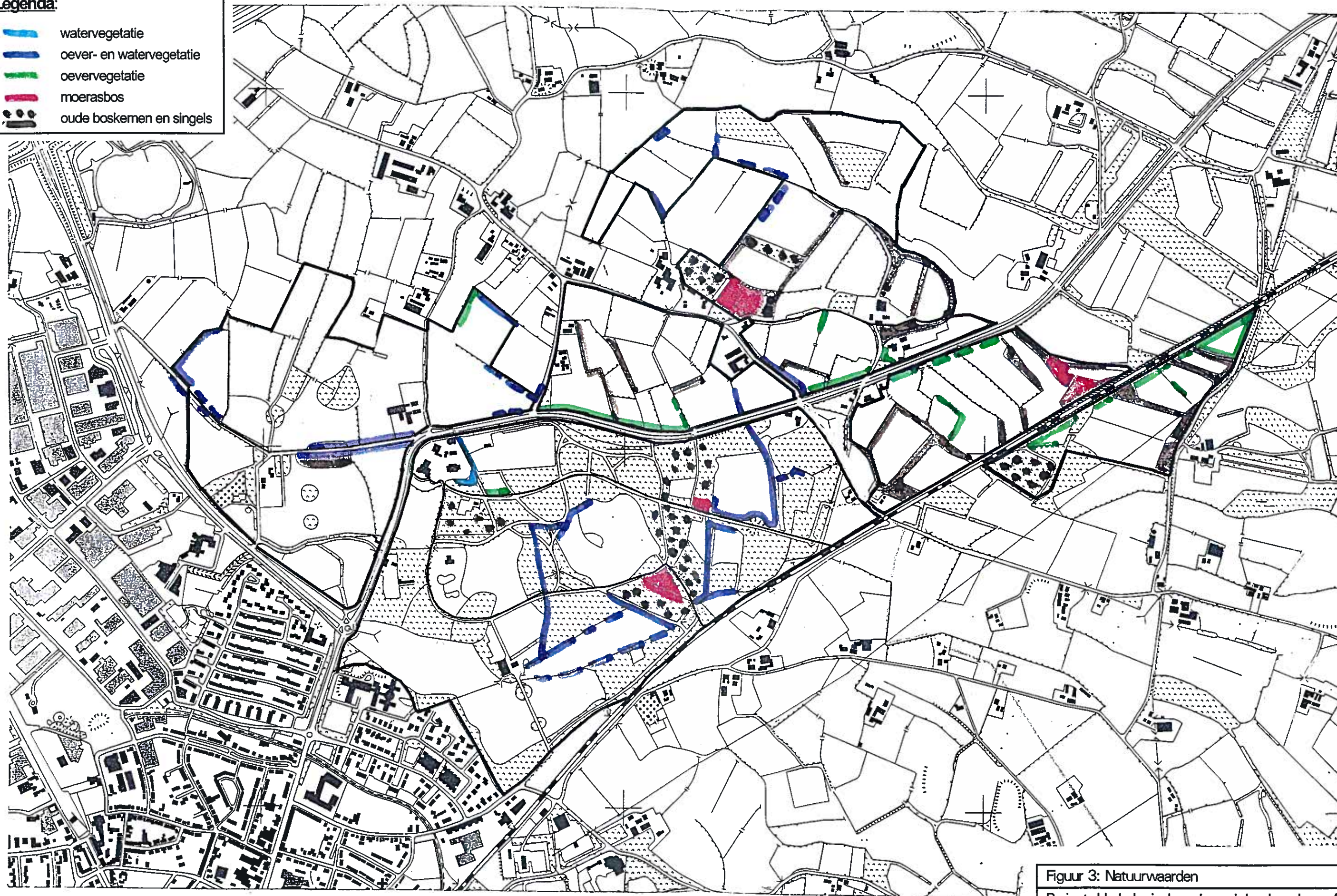
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland

Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1: 10.000

Legenda:

-  watervegetatie
-  oever- en watervegetatie
-  oevervegetatie
-  moerasbos
-  oude boskemen en singels



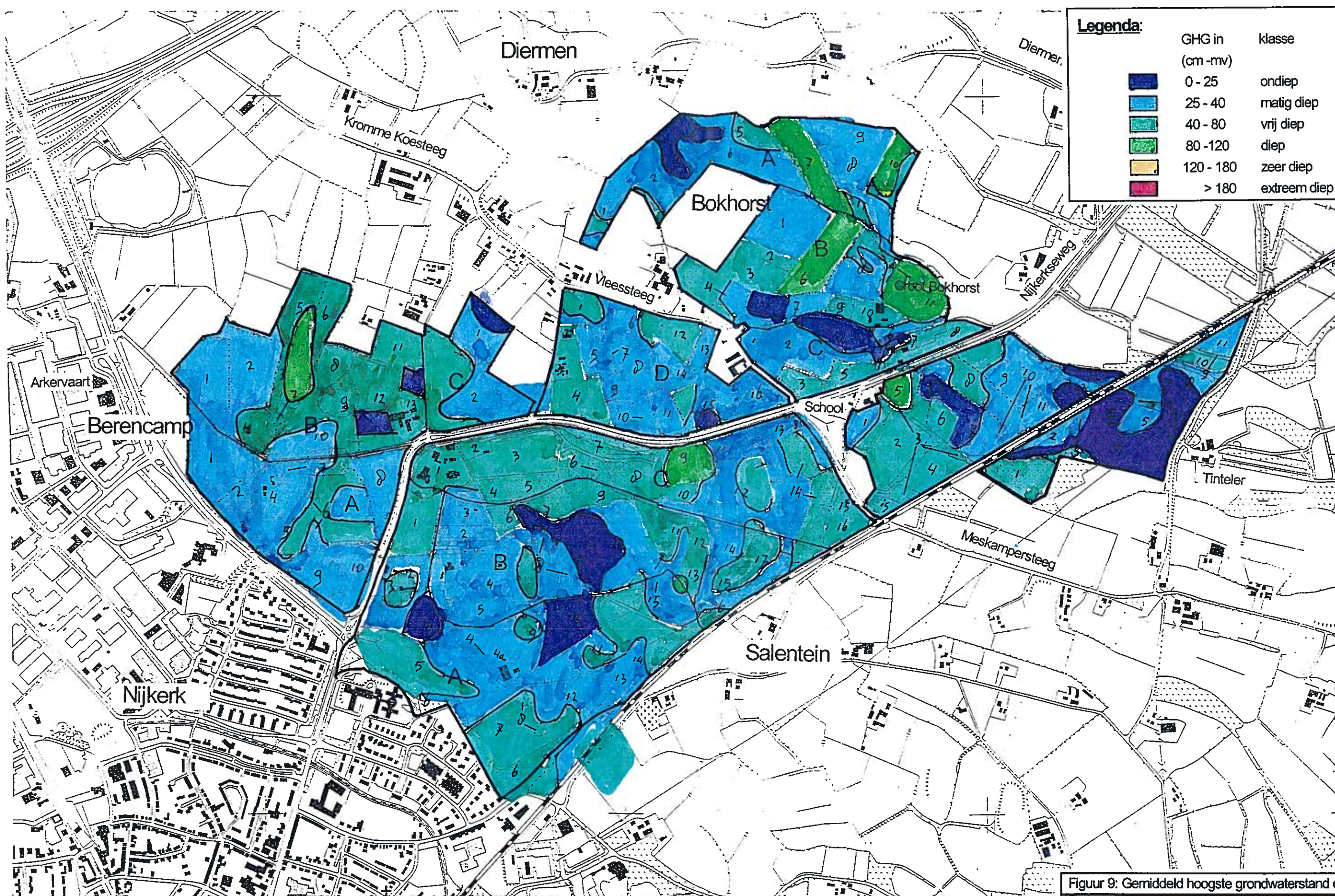
Figuur 3: Natuurwaarden

Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arnhem

Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland

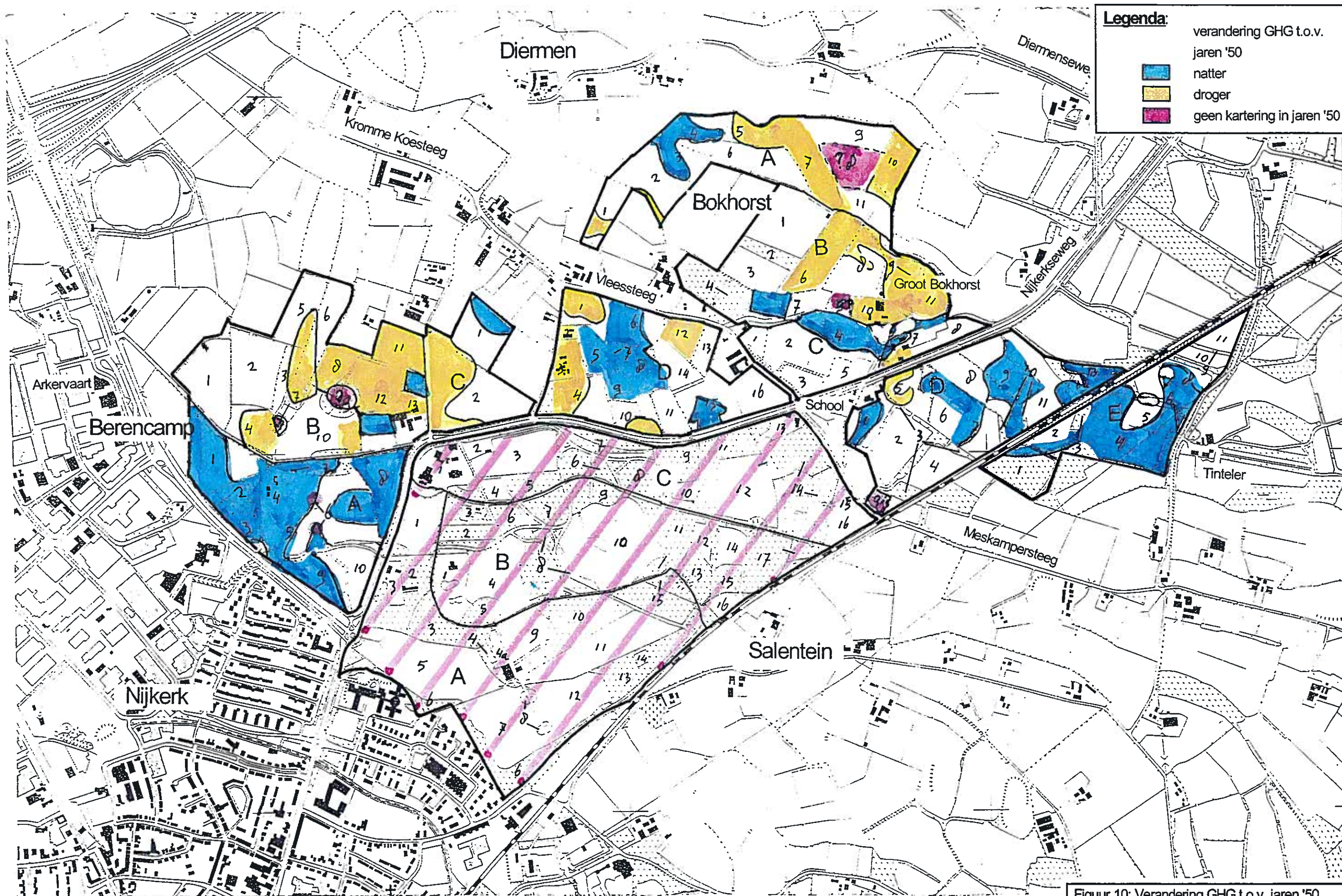
Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1: 10.000



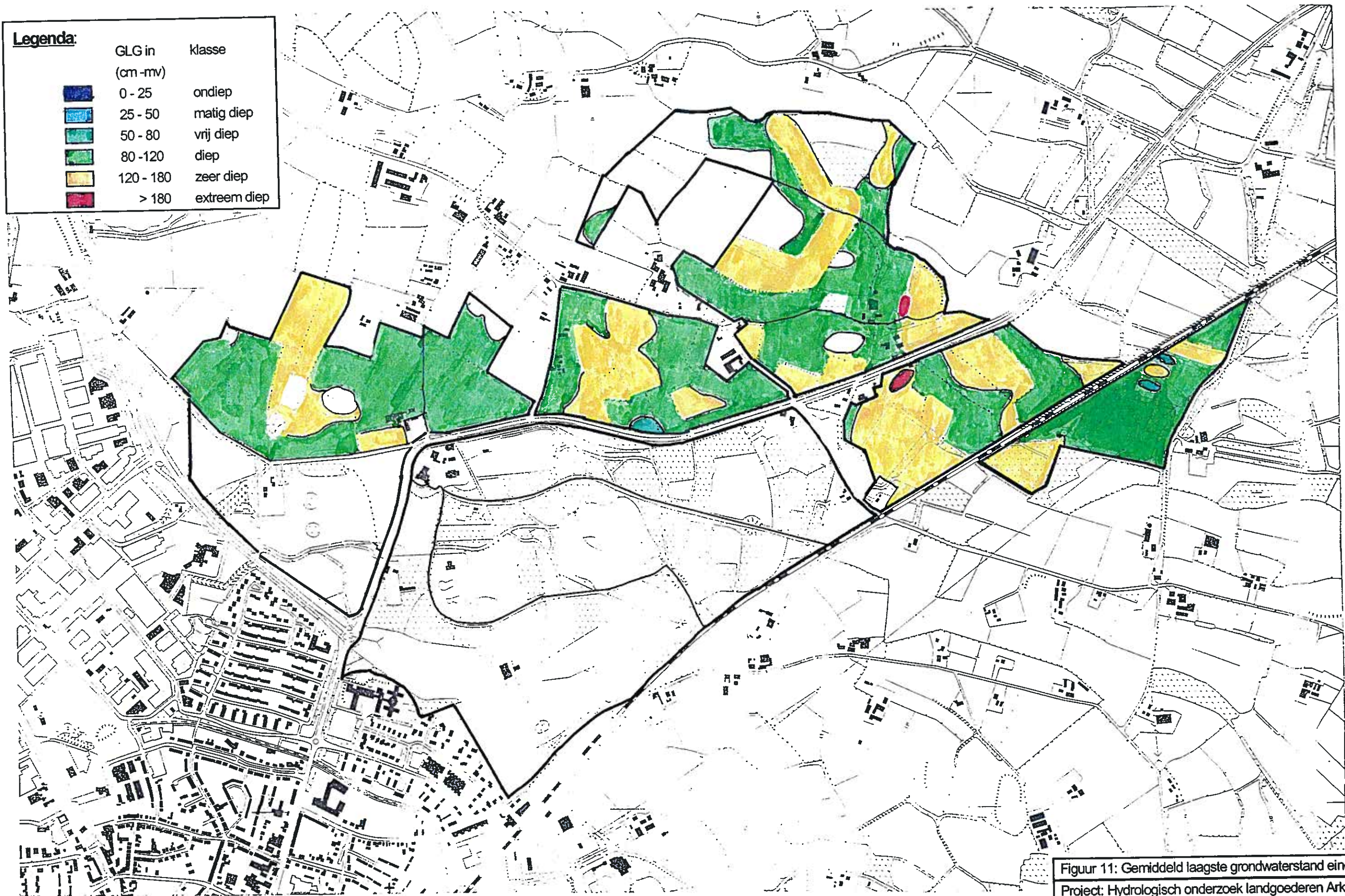
Figuur 9: Gemiddeld hoogste grondwaterstand eind jaren '80
 Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arnhem
 Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
 Op basis van: Grondwatertrappenkaart Staring Centrum
 Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1:10.000



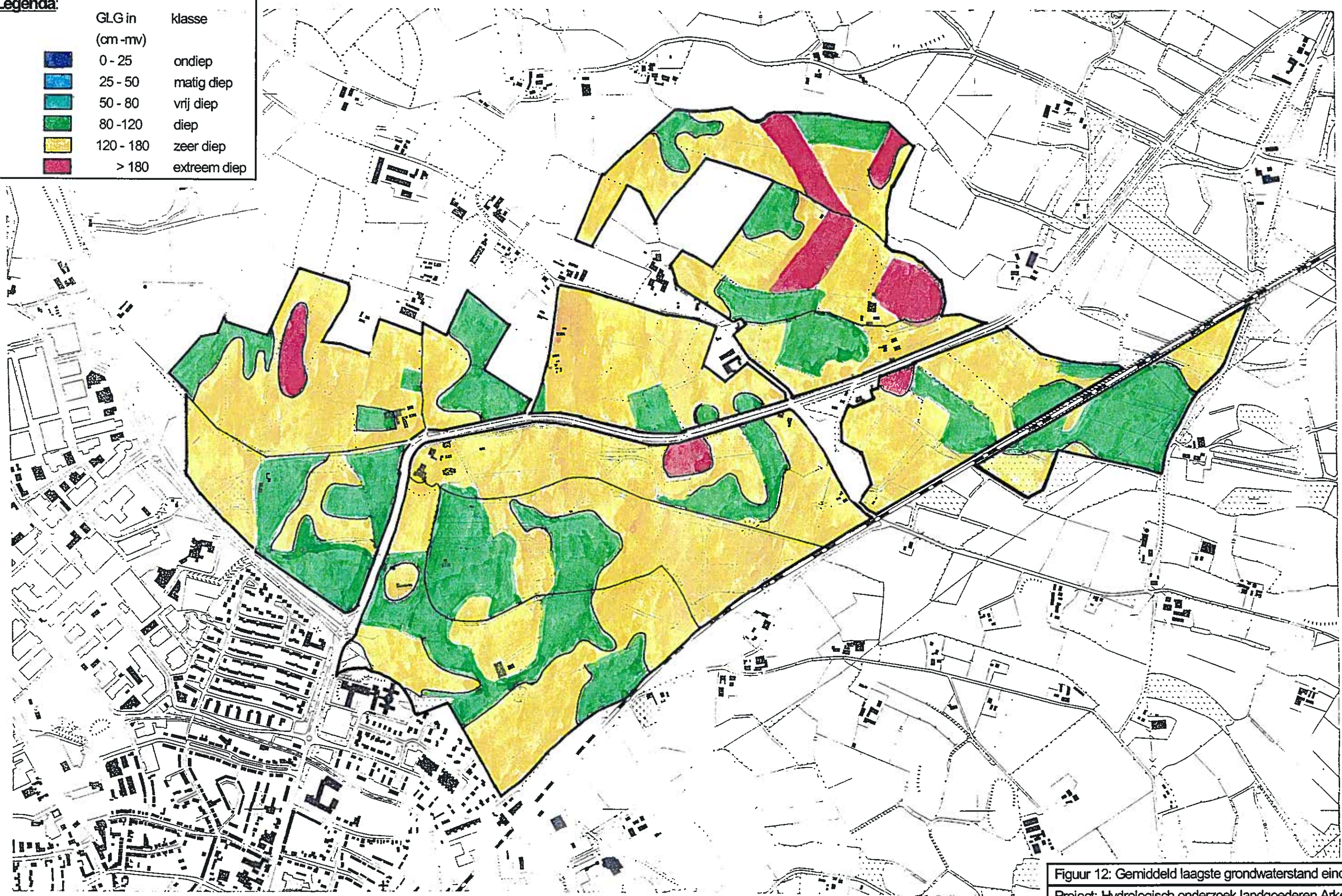
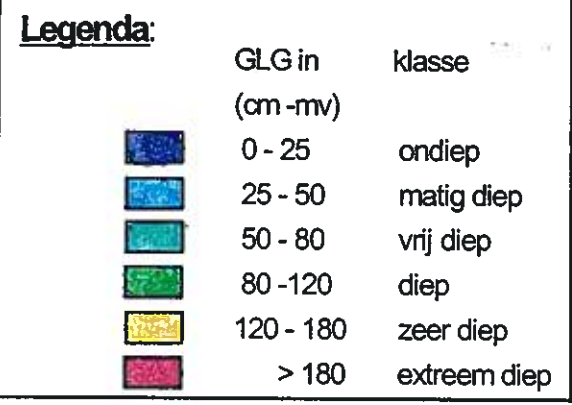
Figuur 10: Verandering GHG t.o.v. jaren '50
 Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arnhem
 Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
 Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1:10.000



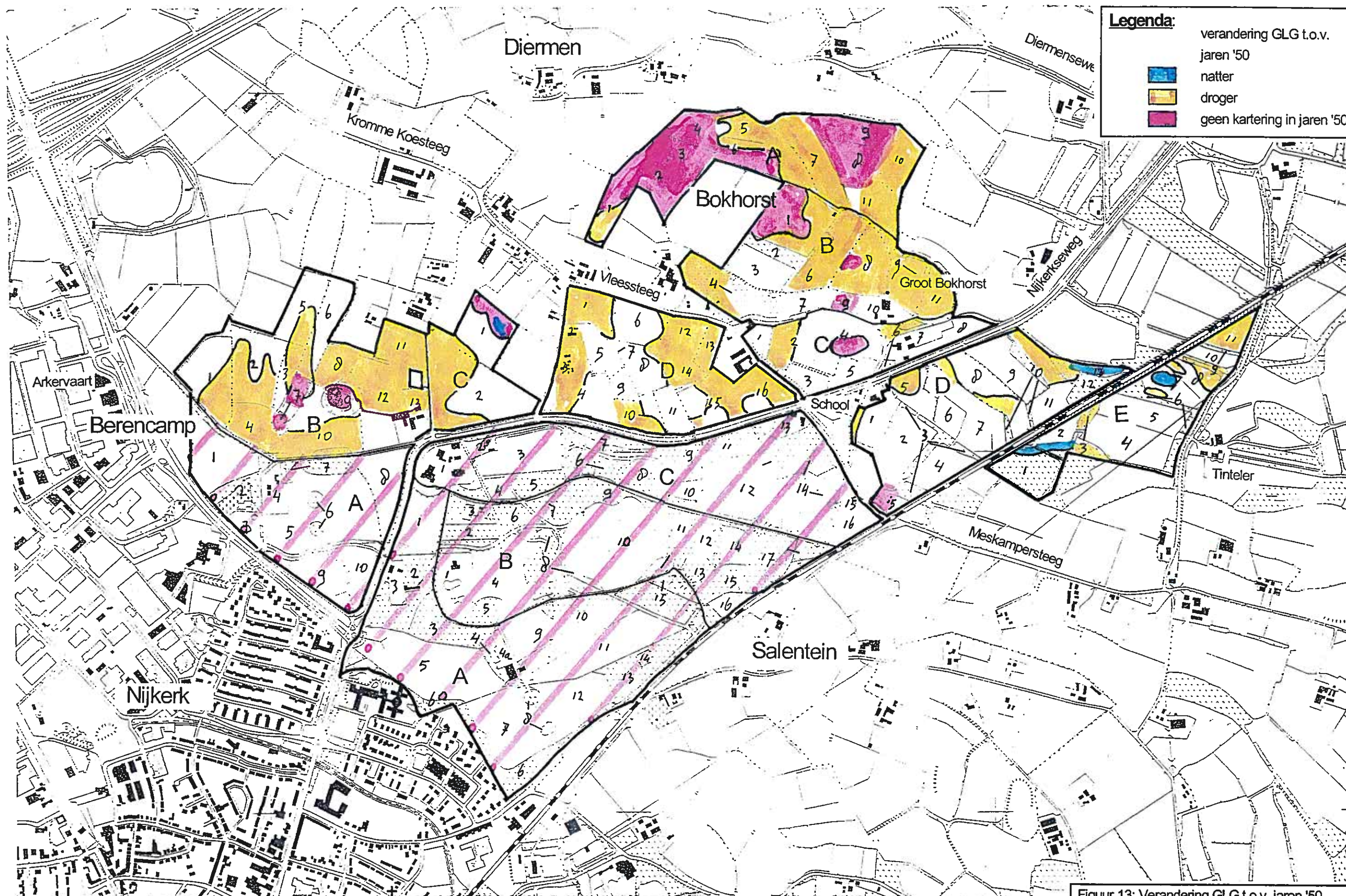
Figuur 11: Gemiddeld laagste grondwaterstand eind jaren '50
 Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
 Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
 Op basis van: Vochttrappenkaart (Bannink, 1960)
 Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1:10.000



Figuur 12: Gemiddeld laagste grondwaterstand eind jaren '80
Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
Op basis van: Grondwatertrappenkaart Staring Centrum
Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1:10.000



Figuur 13: Verandering GLG t.o.v. jaren '50
 Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
 Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
 Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1:10.000



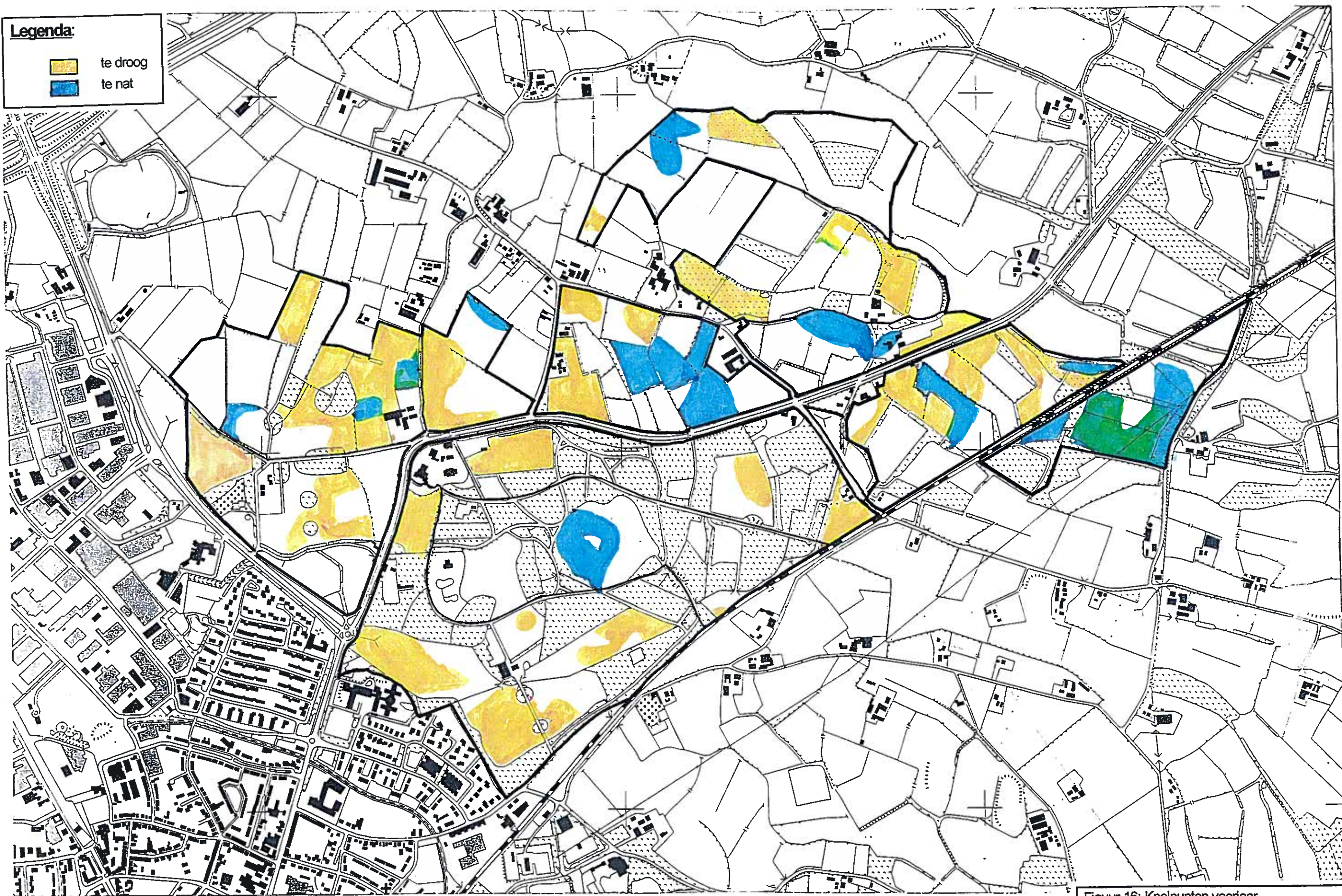
Figuur 15: Huidige functies
Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
Hanhart Consult, Wageningen

schaal 1: 10.000

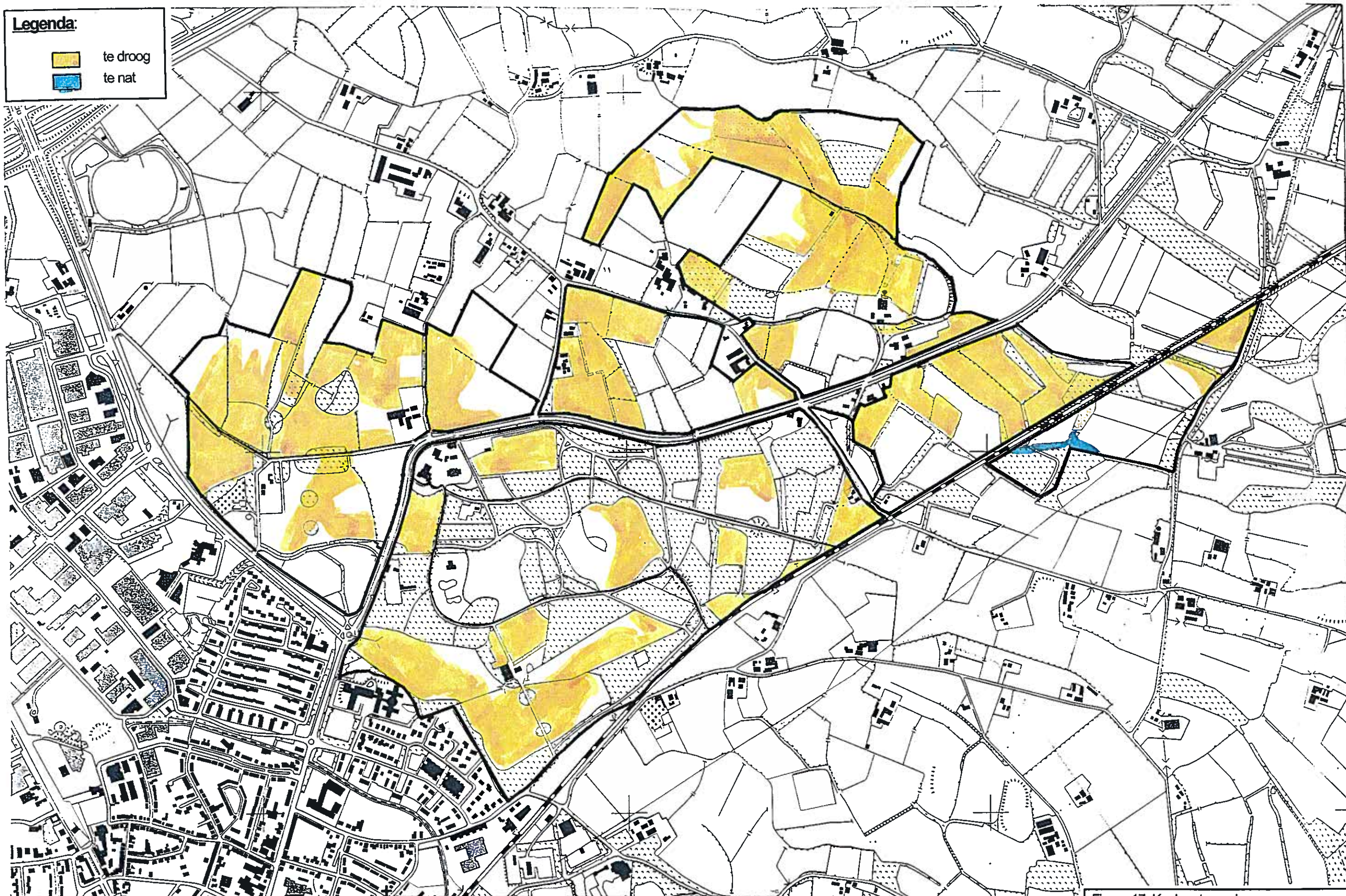
Legenda:

te droog

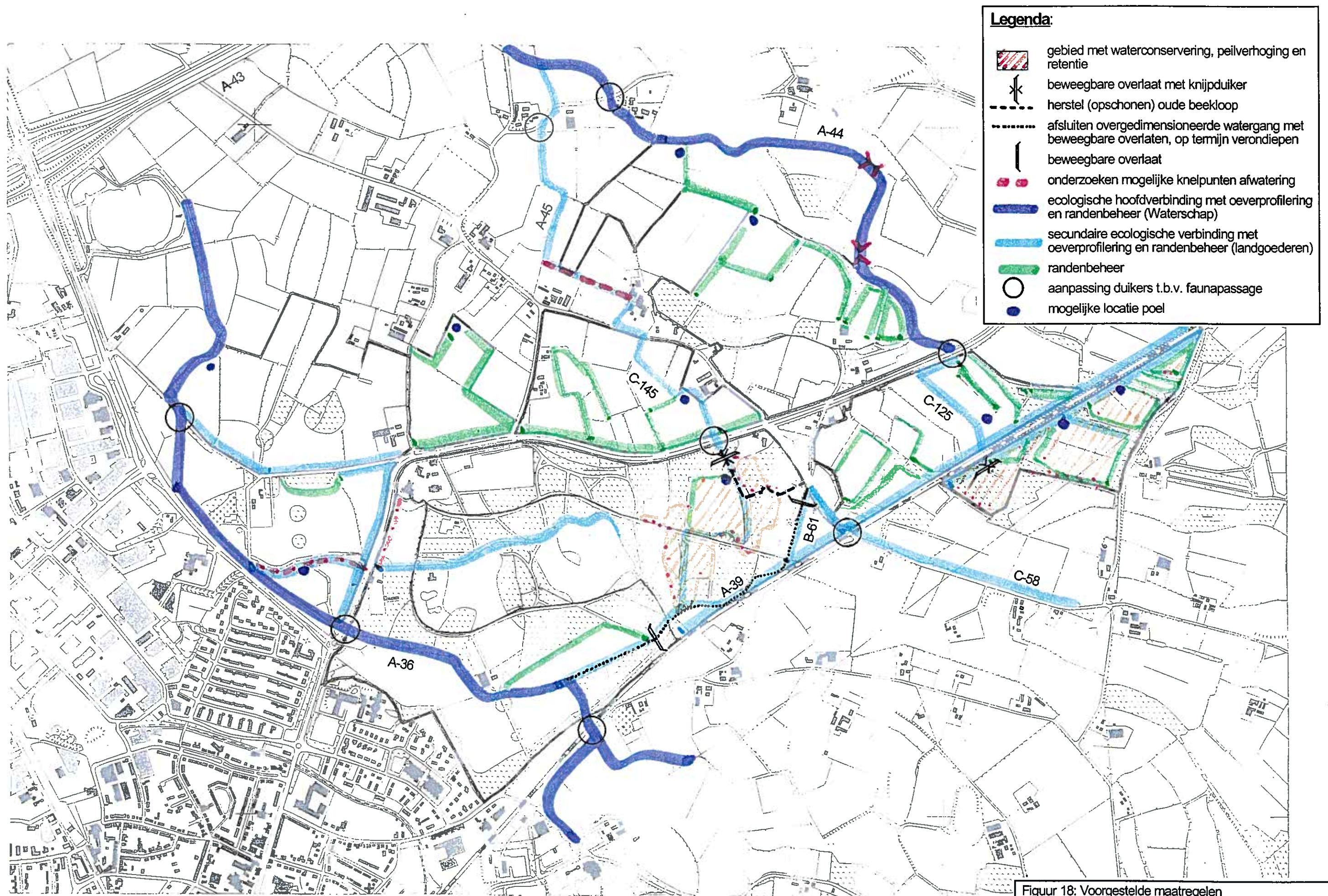
te nat



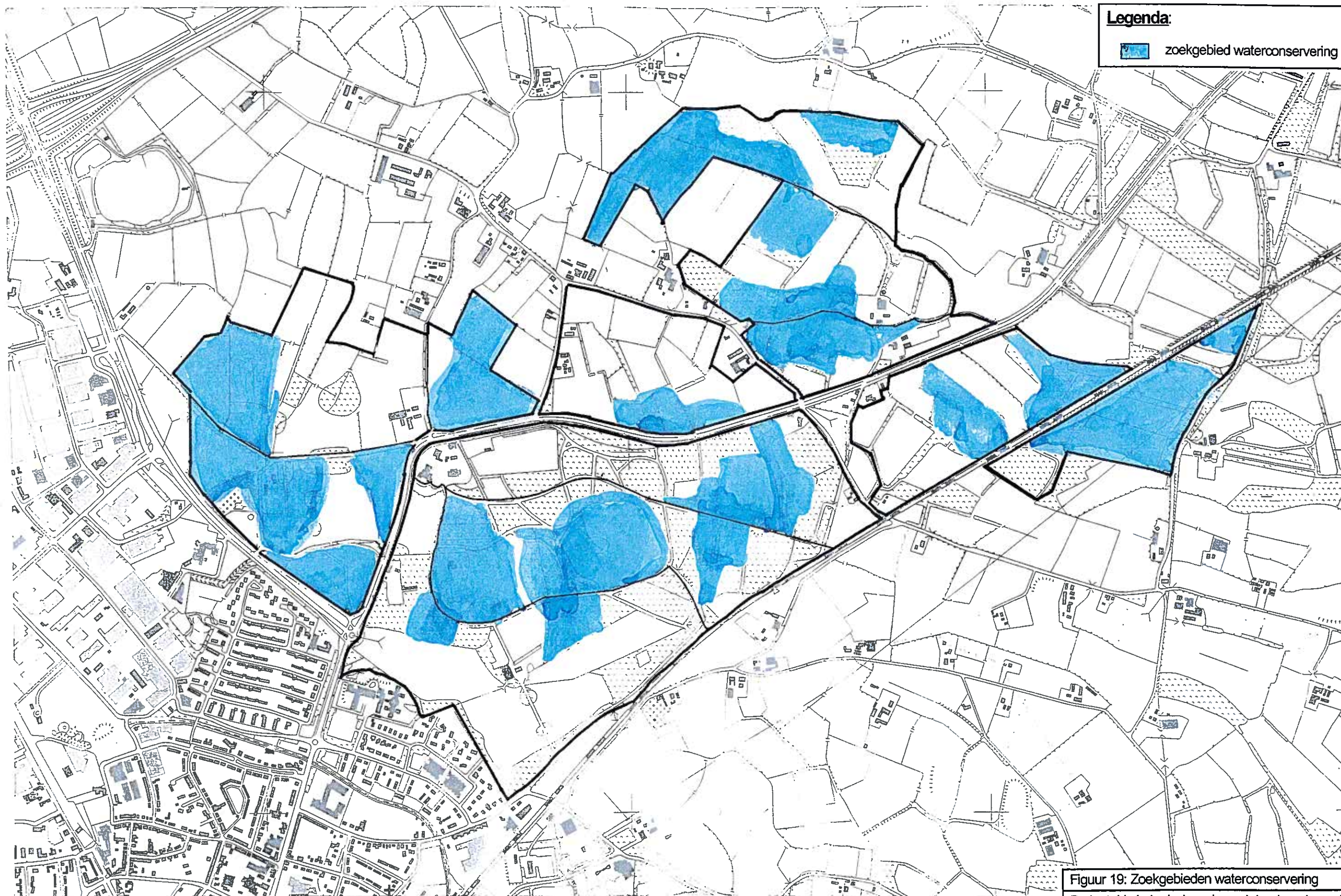
Figuur 16: Knelpunten voorjaar
Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arnhemheen
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
Hanhart Consult, Wageningen schaal 1:10.000



Figuur 17: Knelpunten najaar
Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
Hanhart Consult, Wageningen | schaal 1:10.000



Figuur 18: Voorgestelde maatregelen
 Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
 Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
 Hanhart Consult, Wageningen schaal 1:10.000



Legenda:
zoekgebied waterconservering

Figuur 19: Zoekgebieden waterconservering
Project: Hydrologisch onderzoek landgoederen Arkemheen
Opdrachtgever: Bosgroep Gelderland
Hanhart Consult, Wageningen schaal 1:10.000

