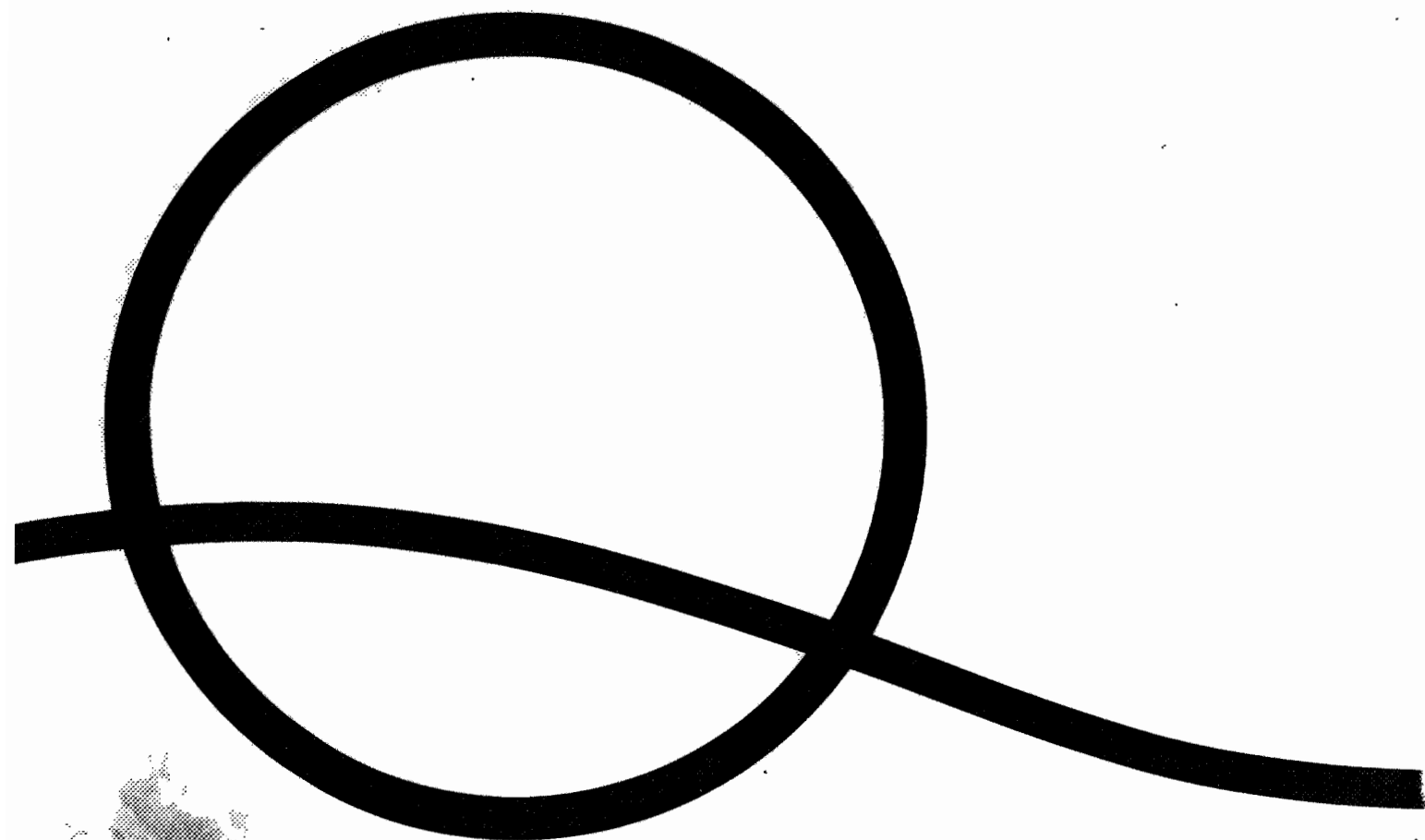


**ECOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
"DE BORKELD"**



Opdrachtgever:

Staatsbosbeheer, Sectie Bos- en
Natuurbeheer
Postbus 20020
3502 LA UTRECHT

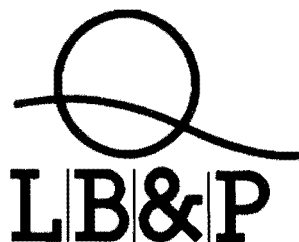
ECOHYDROLOGISCH ONDERZOEK "DE BORKELD"

Aanvullend onderzoek ten behoeve van het
Beheersplan "De Borkeld"

Rapportnummer 88038

Augustus 1989

Onderzoek en rapportage:
drs R.J.M. Kleijberg
drs K.J. Sjoukes



bureau voor landschaps-
oecologisch onderzoek b.v.

Eursingerweg 3 Beilen
Postbus 169 9410 AD BEILEN
tel 05930 – 5666; fax 6080

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
POSTBUS 46
3956 ZR LEERSUM

© 1989, LIB&IP, bureau voor landschaps-oecologisch onderzoek b.v.

"Behoudens uitzonderingen door de Wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden op het auteursrecht, LIB&IP, bureau voor landschaps-oecologisch onderzoek b.v. te Beilen én de opdrachtgever, niets uit deze uitgave worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op de gehele of gedeeltelijke bewerking. De rechthebbende op het auteursrecht is met uitsluiting van ieder ander gerechtigd de in art. 17 lid 2 Auteurswet 1912 en in het KB van 20 juni 1974 (Stb. 351) bedoelde vergoeding te innen en/of daartoe in en buiten rechte op te treden."

Bronvermelding:

Uit dit rapport mag worden geciteerd met gebruikmaking van de volgende bronvermelding: auteur(s), jaartal, *volledige* titel, naam van het bureau en (eventueel) opdrachtgevers.

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN FIGUREN, TABELLEN EN BIJLAGEN	ii
---	----

ALGEMENE GEGEVENS	iv
-----------------------------	----

1	INLEIDING	1
1.1	DOELSTELLING	1
1.2	VRAAGSTELLING	2
1.2.1	Hydrologisch onderzoek	2
1.2.2	Soortskartering	4
1.3	ONDERZOEKSOPZET	5
2	GEOLOGIE EN BODEM	7
2.1	GEOLOGIE	7
2.1.1	Inleiding	7
2.1.2	Geologische geschiedenis van het gebied rond de Holterberg	7
2.1.2.1	<i>Tertiair</i>	7
2.1.2.2	<i>Pleistoceen</i>	7
2.1.2.3	<i>Holoceen</i>	10
2.1.3	Geologische opbouw van De Borkeld	11
2.2	GEOMORFOLOGIE	14
2.3	BODEM	21
2.3.1	Veengronden en moerige gronden	21
2.3.2	Zandgronden	21
2.3.3	Oude Kleigronden	26
3	WERKWIJZE	29
3.1	WATERHUISHOUDING	29
3.2	SOORTSKARTERING	32
3.2.1	Methodiek	32
3.2.2	Indicatorsoorten	33
3.3	LANDSCHAPS-OECOLOGISCHE GEBIEDSINDELING	37

4	RESULTATEN	41
4.1	WATERHUISHOUDING	41
4.1.1	Grondwaterstanden	41
4.1.3	Conclusies	62
4.2	SOORTSKARTERING	67
4.2.1	Soorten van de droge heide	67
4.2.2	Soorten van de vochtige heide	67
4.2.3	Soorten van (hoog)veen	68
4.2.4	Soorten van bossen	68
4.2.5	Soorten van akkers	68
5	LANDSCHAPSOECOLOGISCHE BESCHRIJVING	71
5.1	LANDSCHAPSOECOLOGISCHE GEBIEDSINDELING	71
5.2	NADERE ONDERBOUWING INDICATORSOORTEN	72
5.3	BESPREKING LANDSCHAPSEENHEDEN	77
	LITERATUUR	83

LIJST VAN FIGUREN, TABELLEN EN BIJLAGEN

Figuren:

- Figuur 1 Geschematiseerde onderzoeksopzet
- Figuur 2 Geologische kaart van De Borkeld
- Figuur 3 Schematische geologische doorsnede door het gebied
- Figuur 4 Hoogtekaart van het westelijke deel van De Borkeld
- Figuur 5 Geomorfologische kaart van De Borkeld
- Figuur 6 Bodemkaart van De Borkeld
- Figuur 7 Locaties grondwaterbuizen
- Figuur 8 Landschapsoecologisch rangordemodel, van toepassing op de Borkeld
- Figuur 9 Stijghoogtes 28 april 1988 (in m +NAP)
- Figuur 10 Stijghoogtes 28 juli 1988 (in m +NAP)
- Figuur 11 Stijghoogtes 29 september 1988 (in m +NAP)
- Figuur 12 Stijghoogteverloop in het veen en op een tweetal raaien tussen de hogere gronden en het Elzenerveen
- Figuur 13 Stijghoogteverloop op een drietal raaien tussen de hogere gronden en het Elzenerveen en in De Hocht
- Figuur 14 Globaal stromingspatroon van het ondiepe grondwater in april
- Figuur 15 Globaal stromingspatroon van het ondiepe grondwater in augustus
- Figuur 16 Grondwatertrappenkaart van De Borkeld
- Figuur 17 Stiff-diagrammen monsternamen 11 april 1988
- Figuur 18 Stiff-diagrammen monsternamen 24 september 1988
- Figuur 19 Dwarsdoorsnede tussen de Friezenberg en het heidegebied met stromingsrichtingen van het grondwater
- Figuur 20 Dwarsdoorsnede tussen De Hocht en de oostelijke Veenweg met stromingsrichtingen van het grondwater
- Figuur 21 Landschapsoecologische gebiedsindeling

Tabellen:

- Tabel 1 Geologische tijdschaal met bijbehorende, in en rond De Borkeld aangetroffen afzettingen
- Tabel 2 In De Borkeld voorkomende reliëfklassen en -subklassen
- Tabel 3 In De Borkeld aangetroffen geomorfologische vormgroepen en vormeenheden
- Tabel 4 Karakteristieke profielen van de belangrijkste in De Borkeld voorkomende bodemtypes
- Tabel 5 Grondwaterstanden over de periode maart-september 1988
- Tabel 6 Analysegegevens 11 april 1988
- Tabel 7 Analysegegevens 24 september 1988
- Tabel 8 Verspreiding indicatorsoorten van akkers
- Tabel 9 Karakteristieke kenmerken van de onderscheiden landschapseenheden
- Tabel 10 Karakterisering van de landschapseenheden op grond van de verspreiding van gekarteerde soorten

Bijlagen:

Bijlage 1 Vakken en afdelingen van het natuurreservaat De Borkeld

Bijlage 2 Bodemprofielen boorpunten.

Bijlage 3 Verspreidingskaarten indicatorsoorten:

- 3a Struikheide
- 3b Pilzegge
- 3c Duivelsnaaigaren
- 3d Stekelbrem
- 3e Kruipbrem
- 3f Bochtige smele
- 3g Borstelgras
- 3h Dophei
- 3i Pijpestrootje
- 3j Tormentil
- 3k Klokjesgentiaan
- 3l Veenbies
- 3m Blauwe zegge
- 3n Heidekartelblad
- 3o Kleine zonnedaauw
- 3p Bruine snavelbies
- 3q Veldrus
- 3r Veenmossen
- 3s Eenarig wollegras
- 3t Veenpluis
- 3u Veenbes
- 3v Pitrus
- 3w Snavelzegge
- 3x Zompzegge
- 3y Zwarte Zegge
- 3z Oeverzegge
- 3aa Jeneverbes
- 3ab Grote Wolfsklauw
- 3ac Veelbloemige salomonszegel
- 3ad Blauwe bosbes
- 3ae Smalle stekelvaren
- 3af Brede stekelvaren

ALGEMENE GEGEVENS

Opdrachtgever:

Ministerie van Landbouw en Visserij
Staatsbosbeheer
Dienstvak Terreinbeheer
Afdeling Beheersplanning
Postbus 20020
3502 LA Utrecht

Naam van het gebied:

Natuurreservaat "De Borkeld"

Ligging en begrenzing:

Het natuurreservaat ligt in de Overijsselse Gemeente Markelo. Enkele percelen liggen in de Gemeente Rijssen. Het reservaat wordt aan de noordzijde begrensd door de rijksweg Apeldoorn-Almelo (A1), aan de westzijde door de Borkeldweg. De zuidgrens kan globaal aangegeven worden met de Winterkamperweg en de Hochtweg. De oostgrens is moeilijk aan te geven, omdat hier nog geen aaneengsloten bezit verkregen is. Globaal wordt de grens gevormd door de Rijssense weg en het Lokerveld.

Het reservaat ligt op de grens van de topografische kaartbladen 28C en 28D.

Doel van het onderzoek:

Een beeld geven van de hydrologische situatie in het reservaat aan de hand van grondwaterstanden, -stromen en de kwaliteit van het grondwater. Een beeld geven van de verspreidingspatronen van een aantal relevante plantesoorten aan de hand van een soortskartering. Op basis van een analyse van de gevonden resultaten een globale landschapsoecologische beschrijving van het reservaat geven.

Oppervlaktegegevens:

Het natuurreservaat De Borkeld is 431 ha. groot.

Uitvoerder:

LIBI&IP, bureau voor landschapsoecologisch onderzoek b.v.
Eursingerweg 3
9411 BA Beilen
05930-5666

Onderzoek en rapportage:

drs R.J.M. Kleijberg en drs K.J. Sjoukes

Veldwerk:

H. van Dorp, K.J. Sjoukes, J. Tonckens, D.J. Zomer

Tekenwerk:

E. Pol, A. Wigarda

1 INLEIDING

Eind 1987 is door de afdeling beheersplanning van Staatsbosbeheer besloten een beheersplan op te laten stellen voor het natuurreservaat De Borkeld. De bestaande gegevens met betrekking tot de waterhuishouding en de vegetatie in dit gebied werden niet toereikend geacht om het beheersplan op te baseren. Daarom is in februari 1988 aan bureau Langbroek (nu LB&P) de opdracht verleend om naast het opstellen van het beheersplan een aanvullend hydrologisch en vegetatiekundig onderzoek uit te voeren. Van het aanvullende onderzoek wordt in dit rapport verslag gedaan.

1.1 DOELSTELLING

Het doel van het aanvullende onderzoek was drieledig, namelijk:

- 1 een beeld schetsen van de hydrologische situatie in het reservaat;
- 2 met behulp van verspreidingspatronen van plantesoorten de hydrologische schets onderbouwen en een beeld geven van de vegetatie in het reservaat;
- 3 op basis van de gegevens uit 1 en 2 een globale landschapsoecologische beschrijving van het gebied geven.

Het onderzoek diende zodanig opgesteld te worden, dat op basis van de resultaten de ontwikkelingsmogelijkheden van de vegetatie aangegeven konden worden. Op basis van de ontwikkelingsmogelijkheden kan, afhankelijk van de gekozen beheersdoelstellingen, het beheer voor de korte en langere termijn worden aangegeven.

1.2 VRAAGSTELLING

1.2.1 Hydrologisch onderzoek

In de jaren 1983 en 1984 heeft in het gebied hydrologisch onderzoek plaatsgevonden in het kader van het "Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland". (Van Poelje, in voorb.). Dit onderzoek heeft tot doel gehad, de mogelijkheden van operationele toepassing van remote sensing-technieken bij de beschrijving van de (natuurlijke) vegetatie of het landschap te verkennen. Beheersgerichte vragen stonden in dit onderzoek niet op de voorgrond.

Bestudering van de resultaten van dit onderzoek leidt tot de volgende conclusies:

- De grondwaterstromingen in het gebied hebben, gezien het isohypsenpatroon, globaal een richting zuidzuidwest-noordnoordoost. Grondwater stroomt af vanaf de Friezenberg en vanaf het gebied ten noordwesten van de Hocht in de richting van het Elzenerveen.

De grondwaterstanden in het veen zijn echter hoger dan de grondwaterstanden in de directe omgeving van het veen. Dit wekt de verwachting dat het grondwater uit de omgeving niet, of slechts incidenteel tot in het veen kan doorstromen. Waarschijnlijker is het dat dit water stagneert in een zone ten zuiden van het veen. In het veen is een aparte "waterlens" aanwezig, wellicht als gevolg van het enigszins ondoorlatende karakter van de veenondergrond, of onder het veen aanwezige ondoorlatende (kei)leemlagen.

Het (landbouw-)gebied van de Hocht kan, op basis van de bovengenoemde gegevens, niet direct bestempeld worden als voedings- of doorstromingsgebied van naar het veen toestromend grondwater. Juist hier komen relatief lage grondwaterstanden voor.

Opvallend zijn de sterk fluctuerende grondwaterstanden (meer dan 1 meter gedurende het jaar), zowel in het veen als in de omliggende gronden. Voor de omliggende zandgronden zijn deze fluctuaties min of meer natuurlijk. Dit doet vermoeden dat de omliggende gronden eerder ontwaterend werken op het veengebied, dan dat er toestroming van grondwater naar het veen zou optreden.

- De waterkwaliteitsgegevens laten, ook binnen het veen, een sterk variërend beeld zien. Verstoring als gevolg van omgevingsinvloeden (toestroming van landbouwwater) lijkt gezien het bovenstaande minder waarschijnlijk dan verstoring als gevolg van de sterk fluctuerende grondwaterstanden in het veen (mineralisatie van organisch materiaal), toen de waterstand in het veen nog niet was opgezet. Met name hier blijft veel onduidelijk.

Het is altijd al het streven geweest, het waterpeil in het veen te verhogen door de bermsloten van twee, door het veen lopende openbare wegen af te dammen. Dit kon niet, omdat ze geen eigendom waren. Pas rond 1980, na overeenstemming met de Directie Gemeentewerken Markelo en in verdere afwachting van het plan van toedeling in de ruilverkaveling is op kleine schaal begonnen met het zetten van dammetjes. Na de toedeling, in het najaar van 1984 is de gehele sloot aan de Veenweg afgedamd.

Ten aanzien van het door ons uit te voeren hydrologisch onderzoek in het gebied komen in grote lijnen drie vragen naar voren:

- 1 Hoe is de waterhuishouding van het Elzenerveen, zowel in kwalitatief als in kwantitatief opzicht? Belangrijk hierbij is in hoeverre het veengebied (nog) geïsoleerd is van zijn omgeving.
- 2 Wat is de stromingsrichting van het grondwater in het westelijke deel van het gebied? Vindt toestroming van grondwater vanuit het landbouwgebied naar het reservaat plaats?
- 3 Hoe is het stromingspatroon van het grondwater, zowel boven als onder de keileem in en rond het gebied van de Hocht?

Elzenerveen (vraagstelling 1).

Succesvolle regeneratie van hoogveen dient aan de volgende (hydrologische) randvoorwaarden te voldoen (Streefkerk & Casparie, 1987):

Het scheppen van de basisvoorwaarden voor de hoogveengroei, in het bijzonder de hydrologische randvoorwaarden, betekent het tegengaan van de huidige afbraakprocessen van het veen, zoals uitdroging en veraarding, anderzijds het ontwikkelen van een hydrologische inrichting, waarin de veenvormende veenmossen en andere in het ombrogene veen thuishorende planten zich op hun zelf gevormd substraat kunnen handhaven. Als deze situatie is bereikt, zullen de afbraakprocessen tot stilstand zijn gekomen. Hoogveenvorming is daarom te definiëren als de groei van veenvormende veenmossen en begeleidende planten in een watersurplussituatie (=acrotelm-condities), die toch kenmerken heeft van een infiltratiesysteem, waardoor voedselarme omstandigheden geschapen kunnen worden, daar uitsluitend voeding via de neerslag plaats heeft (=ombrotrofe condities). De watersurplussituatie is gesitueerd op een werverzadigd substraat (=catotelm-condities), waarin de biologische processen bijna geheel tot stilstand zijn gekomen. Voor het beheer betekent dit concreet het volgende:

- 1 Acrotelm-condities ontstaan bij een watersurplussituatie, gekoppeld aan een langzame horizontale stroming, in of aan het oppervlak van het veen. Deze waterstroming zorgt voor een geleidelijke afvoer van nutriënten uit het hoogveensysteem. Bij een gegeven uitgangssituatie dienen derhalve hoge waterbergingsmogelijkheden in of nabij het veenoppervlak aanwezig te zijn of geschapen te kunnen worden. Meer dan gemiddeld ca. 80% van de ruimte in en net boven het veenpakket moet door water worden ingenomen.
- 2 Het water dient zowel voedselarm (weinig kationen en anionen) als redelijk zuurstofrijk te zijn. Deze ombrotrofe condities worden geschapen in een infiltratiesysteem, waarin uitsluitend voeding via de neerslag plaats vindt. Bij stilstaand water treedt verrijking op omdat de nutriënten niet worden afgevoerd en er indamping plaats vindt. Het water wordt dan ook minder zuur. De stroming van water is essentieel voor de afvoer van voedingsstoffen uit het hoogveensysteem (systeemgebonden afvoer).
- 3 Het werverzadigd substraat, waarop de veenvorming plaats vindt, bestaat uit afgestorven, slechts ten dele vergane veenvegetaties (catotelm), veelal bestaande uit dezelfde plantesoorten als de acrotelm. Hierin is de verticale en horizontale waterbeweging zeer gering; deze fungeert als de basis van de watersurplussituatie in de acrotelm. In dit water, dat nagenoeg zuurstofloos is, ontbreekt biologische activiteit nagenoeg. Wanneer het water te snel uit de catotelm verdwijnt, bijvoorbeeld door wegzijging naar de zandondergrond, wordt dit opgevuld door water uit de acrotelm, waardoor deze laatste uitdroogt, en er ongunstige omstandigheden voor de veenmosgroei ontstaan. Dit betekent dat de wegzijging naar de ondergrond niet groter mag zijn dan het verschil tussen het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot en de noodzakelijk geachte systeemgebonden afvoer van ca. 110 mm per jaar. Deze hoeveelheid vormt al het ware de buffer, die het veen tegen uitdroging beschermt.

De mogelijkheden om bovenstaande randvoorwaarden te realiseren dienen nader onderzocht te worden. Hierbij kunnen de volgende concrete vragen gesteld worden:

- 1 Klopt de relatief onafhankelijke positie van het veen ten opzichte van de omgeving, waarbij een waterstroming van het centrum naar de randen van het veen aanwezig is, zoals dat naar voren komt uit het ter beschikking staande isohypsenpatroon? Is hier met andere woorden sprake van een reeds bestaande systeemgebonden afvoer?
- 2 Wat zijn de gevolgen van het opzetten van de waterstand met behulp van een stuw voor de waterkwaliteit en de waterstanden in het veen? Leidt dit tot stagnatie van regenwater, of tot een grotere invloed van het omgevingswater? Heeft het veenwater een meer constante kwaliteit gekregen?
- 3 Zijn er verschillen in stijghoogte en waterkwaliteit tussen het grondwater in de zandondergrond en in het veen? Kan gesproken worden van een permanent waterverzadigde ondergrond, die een bescherming biedt tegen het uitdrogen van het veen?

Omdat de hydrologische situatie ten noorden van het veen weinig complex is (Poelje, in voorb.), is dit onderzoek gericht op het ten zuiden en zuidwesten gelegen gebied en het veengebied zelf.

Westelijk deel (vraagstelling 2).

Uit het onderzoek van Van Poelje komt naar voren dat de stromingsrichting in het westelijke deel van het gebied globaal noordoost is. De ervaring van de beheerder is dat de oppervlakkige afstroming een tegengestelde richting heeft. Onduidelijk blijft of hier sprake is van twee verschillende grondwatercomponenten, onder en boven eventuele keilemlagen. Van belang is hier de vraag in hoeverre grondwater toestroomt vanuit de aangrenzende landbouwgronden, via het heidegebied in de richting van het veen.

De Hocht (vraagstelling 3)

De problematiek zoals geschetst bij punt 2, geldt voor een belangrijk deel ook voor het gebied rond de Hocht. De grillige verbreiding van keileem in het gebied veroorzaakt een sterk variërend stromingspatroon van het oppervlakkige grondwater. Ook hier speelt de vraag in hoeverre vervuild grondwater naar het natuurgebied kan stromen, zowel onder als boven de keileem.

1.2.2 Soortskartering

Voor wat betreft de vegetatie bestaan de aanwezige inventarisatiegegevens uit een kartering op basis van Londo-eenheden uit 1972 en 1987 (Bartelds, 1972 en 1987) en karteringen uit 1975 (Hulshof, 1975) en uit 1976 (van der Laan en van Westreenen, 1976). De laatste kartering voegt echter aan de kartering uit 1975 geen nieuwe informatie toe.

Van hok 52.45 (18-6-1977), hok 53.41 (30-7-1987) en hok 53.52 (23-6-1984), topografische kaart 28 zijn streeplijsten van het Rijksherbarium te Leiden aanwezig.

Deze gegevens geven een overzicht van in het reservaat voorkomende plantesoorten en vegetaties, maar zijn niet gebiedsdekkend en verouderd of te globaal van aard.

Uitwerking van de doelstellingen zoals geformuleerd in par. 1.1. leidt tot de volgende vraagstelling ten aanzien van het vegetatieonderzoek:

Welke relaties zijn aan te geven tussen de soortenverspreidingen en de hydrologie, geologie, geomorfologie en bodem in het reservaat.

In deel II van het beheersplan van De Borkeld wordt aangegeven welke de ontwikkelingsmogelijkheden van de vegetatie zijn. Door vergelijking van de resultaten met gegevens uit voorgaande inventarisaties vindt een evaluatie van het gevoerde beheer plaats. Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan het toekomstige beheer tussentijds geëvalueerd worden.

1.3 ONDERZOEKSOPZET

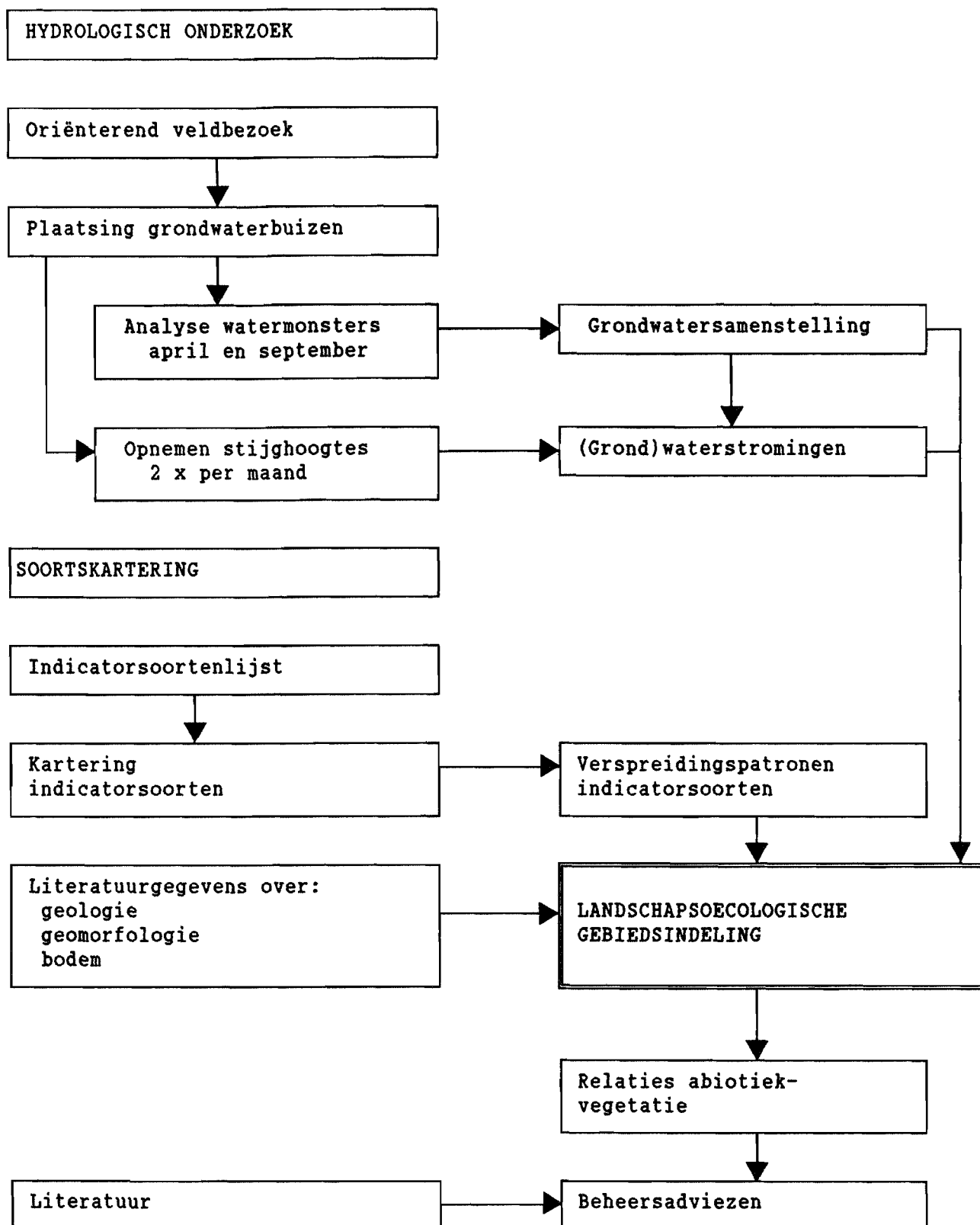
In figuur 1 is de onderzoeksopzet schematisch weergegeven. Centraal staat het opstellen van een landschapsoecologische gebiedsindeling, waarbij gebruik gemaakt wordt van de resultaten van het hydrologisch onderzoek, verspreidingspatronen van plantesoorten en literatuurgegevens over geologie, geomorfologie en bodem. Op grond van deze indeling in landschapseenheden kan inzicht worden verkregen in de in het gebied werkzame relaties tussen abiotiek enerzijds en vegetatiesamenstelling anderzijds. Dit inzicht is op zijn beurt noodzakelijk voor een gefundeerd beheer.

In hoofdstuk 3 wordt een meer gedetailleerde beschrijving van de in het onderzoek gevolgde werkwijze gegeven. Daaraan voorafgaand wordt in hoofdstuk 2 een vrij uitvoerige beschrijving gegeven van de geologie, de geomorfologie en de bodemgesteldheid van het onderzoeksgebied. Deze facetten zijn van belang voor het interpreteren van de hydrologische gegevens en de soortenverspreidingspatronen en voor het opstellen van de landschapsoecologische gebiedsindeling. Deze beschrijving is gebaseerd op literatuur en kaartmateriaal.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het hydrologische en soortenverspreidingsonderzoek besproken. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 de relatie tussen de abiotiek van het gebied en de soortenverspreiding aangegeven, aan de hand van een globale landschapsoecologische beschrijving.

AKTIVITEITEN

RESULTATEN



Figuur 1: Geschematiseerde onderzoeksopzet.

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de geologische geschiedenis, de geomorfologie en de bodemgesteldheid van De Borkeld en omgeving. De Borkeld is in geologisch en geomorfologisch opzicht zeer waardevol. Binnen het gebied komen relatief veel afzettingen aan de oppervlakte; tevens zijn veel terreinvormen, meestal van glaciële oorsprong in het gebied aanwezig.

2.1 GEOLOGIE

2.1.1 Inleiding

De gegevens over de geologische geschiedenis van het gebied zijn gebaseerd op hoofdstuk 2 uit de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, kaartblad 28 West, Almelo (Bijlsma, J., in Ebbers & Visschers, 1983).

Voor de geologische opbouw van de ondergrond van De Borkeld zelf zijn gegevens, afkomstig uit Bannink & Pape (1968) gebruikt. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste afzettingen.

2.1.2 Geologische geschiedenis van het gebied rond de Holterberg

2.1.2.1 *Tertiair*

In het laatste deel van het vrij warme Tertiair lag dit gebied aan de oostelijke rand van het grote dalingsgebied van het Noordzeebekken. Het was toen gedeeltelijk door de zee overstroomd, zodat zowel door de zee als door de rivieren materiaal werd afgezet (Formatie van Scheemda). Door de positie van het gebied, aan de rand van het dalingsbekken komen deze afzettingen betrekkelijk ondiep voor. Het materiaal bestaat uit door de zee afgezette, grijswitte tot groene, fijne zanden. Grover materiaal is afgezet door de branding in de strandzone en door rivieren op het niet door de zee overstroomde land.

2.1.2.2 *Pleistoceen*

Het Kwartair werd gekenmerkt door een afwisseling van koude en warme tijden, de z.g. glacialen en interglacialen. Tijdens de glacialen of ijstijden waren belangrijke delen van Noord-Europa bedekt met landijs. In het begin van het Kwartair zetten rivieren, die vanuit het noordoosten en oosten naar ons land stroomden, grove , door het hoge gehalte aan kwarts en veldspaten wit gekleurde zanden af. Zij worden tot de Formaties van Harderwijk en Enschede gerekend. In het Midden-Pleistoceen heeft de Rijn de z.g. bruine, overwegend grindhoudende, grove zanden afgezet, die behoren tot de Formatie van Urk. Al deze zanden liggen in de ondergrond van het gebied, maar zijn in de door het land opgedrukte stuwwallen ook aan het oppervlak te vinden.

Alleen in het Saalien bereikte het landijs het gebied. Plaatselijk werden door het ijs heuvelruggen opgedrukt (stuwwallen). Naast de stuwwallen liggen bekkens waaruit het materiaal is weggedrukt.

Onder het ijs werd een grondmorene afgezet, bestaande uit lemig zand met stenen, de z.g. keileem, behorende bij de Formatie van Drenthe. Deze bestaat deels uit materiaal dat door het landijs uit Scandinavië werd opgenomen, en tijdens het transport gedeeltelijk werd fijn gemalen, en deels uit zand en klei dat in Duitsland en Nederland werd opgenomen.

Tabel 1
Geologische tijdschaal met bijbehorende, in en om de Borkeld aangetroffen afzettingen
(naar: Ebbers & Visschers, 1983).

TIJDSINDELING					C14-JAREN	LITHOSTRATIGRAFIE		
K W A R T S T E I S T E R C E N T E R - T I A I R	H O L O C E E N	Subatlanticum			2.900 5.000 8.000 9.000 10.000	F. van Kootwijk (stuifzand)		
		Subboreaal				F. van Griendtsveen (veen)		
		Atlanticum						
		Boreaal						
		Praeboreaal						
	L A T E I S T E R C E N	P A L A E N	W E I C H S E L I E N	Laat	Late Dryas Stadiaal	11.000	F. van Twente jong dekzand en veen	
					Alleröd Interstadiaal	11.800		
					Vroege Dryas Stadiaal	12.000		
					Bölling Interstadiaal	13.000		
					Midden (Pleni-glaciaal)	56.000		
			Vroeg	90.000?	oude dekzand II laag van Beuningen oud dekzand I fluvioperiglaciale afzettingen en veen			
			Eemien			F. van Asten (veen en beekafz.) Eemformatie (zeeklei en zand)		
			M I D D E N	Saalien			F. van Drenthe (keileem en fluvioglaciale zanden)	
				Holsteinien			F. van Urk (grove en fijne zanden)	
				Elsterien				
				"Cromerien"complex			F. van Enschede (grove zanden) F. van Harderwijk (grove zanden)	
			V R O E G					F. van Scheenda (fijne zanden)
				TER - TIAIR				
			PLIOCEEN					

De in het gebied aangetroffen keileem is over het algemeen zandig en kalkloos. Op enkele plaatsen, zoals bij Markelo, is de keileem echter zeer kleiig door de opgenomen tertiaire klei. Dit lijkt, gezien de aard van de door ons bij boringen aangetroffen keileem, en de winning van keileem ten behoeve van de baksteenindustrie, ook in De Borkeld het geval te zijn. Als gevolg van erosie is de keileem in grote delen van het gebied verdwenen. Bij het afsmelten van het landijs werden door het smeltwater afzettingen gevormd. Deze z.g. fluvioglaciale afzettingen (Formatie van Drenthe) bestaan over het algemeen uit grindhoudende, grove zanden. De Borkeld ligt in een gebied waar smeltwaterafzettingen aan of dicht aan het oppervlak liggen. Na het warme Eemien, waaruit geen afzettingen in het gebied bekend zijn, volgde weer een ijstijd, het Weichselien. Het landijs uit Scandinavië bereikte ons land niet, maar de invloed van het koude klimaat was wel merkbaar. In het Midden-Weichselien was het zeer koud, en was de vegetatie grotendeels afwezig. De bodem raakte tot op grotere diepte permanent bevroren. Regen- en dooiwater konden niet in de permafrost doordringen en moesten over het oppervlak worden afgevoerd. In de stuwwallen werden diepe dalen uitgeslepen. Een deel van het afgevoerde materiaal werd voor de dalmond als een puinwaaier weer afgezet. Tussen de stuwwallen ontstond een uitgebreid stelsel van beken en kleine riviertjes, waarin de z.g. fluvio-periglaciale afzettingen gevormd werden. Dit zijn fijne tot grove zanden met grind, leemlaagjes en dunne veenbandjes. In het gebied zijn de fluvio-periglaciale afzettingen veelal bontgekleurd, door de aanwezigheid van veel glauconietkorrels. De bovenkant van de fluvio-periglaciale afzettingen wordt vaak gevormd door een leem- of veenlaag en ligt meestal tussen de twee en drie meter onder het maaiveld.

In de zomer ontdooide de bovenlaag van de permafrost. Omdat het water niet naar beneden afgevoerd kon worden was deze bovenlaag snel met water verzadigd. In de reliëfrijkere stuwwallen gleed deze bovenlaag van de helling af (solifluctie), waarbij deze laag sterk gemengd werd. Langs de stuwwallen vinden we dan ook solifluctie-afzettingen bestaande uit ongesorteerd zand met grind, terug.

In het laatste deel van het Midden-Weichselien, was het klimaat relatief droog. De invloed van zee was afgenomen, doordat veel zeewater als gletscherijs op het land was opgeslagen. Dit, in combinatie met het vrijwel ontbreken van vegetatie, gaf aanleiding tot grootschalige erosie en afzetting door de wind. De afzettingen uit deze tijd worden oud dekzand I genoemd. Het bestaat uit een afwisseling van horizontale laagjes lemig en niet-lemig zand, dat als een deken over de ondergrond ligt.

In het extreem koude middendeel van het Boven-Pleniglaciaal overheerste erosie, zowel veroorzaakt door de wind als door stromend water. In deze tijd werd de laag van Beuningen gevormd, die bestaat uit een laagje grof zand met een of meer grindsnoertjes. Over de laag van Beuningen ligt oud dekzand II, dat dezelfde samenstelling heeft als het oude dekzand I.

Door het verdwijnen van de permafrost in het Laat-Weichselien kon het water in de ondergrond wegzakken. De bovengrond kon eerder uitdrogen en ondanks de aanwezigheid van vegetatie kon de wind alsnog zand verstuiven. Door de aanwezigheid van een vegetatiedek werden deze zanden niet meer als een homogeen dek afgezet, maar werden er lage duinen gevormd. Het zand van deze duinen is vaak duidelijk grover dan dat van oud dekzand, terwijl de gelaagdheid met lemige bandjes vrijwel altijd ontbreekt. Dit zand wordt jong dekzand genoemd. Dit jonge dekzand is opvallend ontwikkeld langs de randen van de stuwwallen.

Door de afzetting van dekzand werd de hydrologische toestand in het gebied ingrijpend veranderd. Vooral de hogere duinruggen van het jonge dekzand blokkeerden vaak de bestaande ontwatering, waardoor de gebieden tussen de stuwwallen zeer nat werden. Hier ontstonden moerassen, waarin gyttja en/of veen gevormd werd. Alle in het Weichselien gevormde afzettingen worden tot de Formatie van Twente gerekend.

2.1.2.3 *Holoceen*

Ongeveer 10.000 jaar geleden verbeterd het klimaat definitief en begint het Holoceen. Al vrij snel was weer een gesloten vegetatiedek aanwezig en stopte de verstuiving van zand door de wind. Mogelijk werd nog wel wat zand uit de beekbeddingen opgewaaid, waardoor plaatselijk de vorming van rivierduinen door kon gaan. De holocene afzettingen in het gebied bestaan uit veen, beekafzettingen en stuifzanden.

A. Veen (Formatie van Griendtsveen)

Door de in het Weichselien gevormde dekzandruggen bleef ook in het Holoceen de afwatering moeilijk, waardoor de moerasgebieden bleven bestaan. Afhankelijk van de waterdiepte werd gyttja of veen gevormd.

Omdat de planten hun voeding konden halen uit het grond- of overstromingswater, vond de veenvorming aanvankelijk plaats onder voedselrijke omstandigheden en werd er zeggeveen en moerasbosveen gevormd. Naarmate het veen dikker werd, konden de planten minder van het voedselrijke water profiteren en werd er onder voedselarme omstandigheden veen gevormd. Dit leidde tot een veensoort die voornamelijk bestaat uit resten van veenmos, heide en wollegras, het z.g. hoogveen. Omdat het veen snel groeide en daarbij veel water vast hield, werd de lokale grondwaterspiegel verhoogd. Hierdoor kon het veen zich ook over de hogere delen van het terrein uitbreiden, vooral in het vochtige en warme Atlanticum. Al het veen wordt tot de Formatie van Griendtsveen gerekend. Omdat dit veen over het algemeen zeer geschikt was voor de turfwinning, is het overal, gedeeltelijk of geheel afgegraven.

B. Beekafzettingen (Formatie van Singraven)

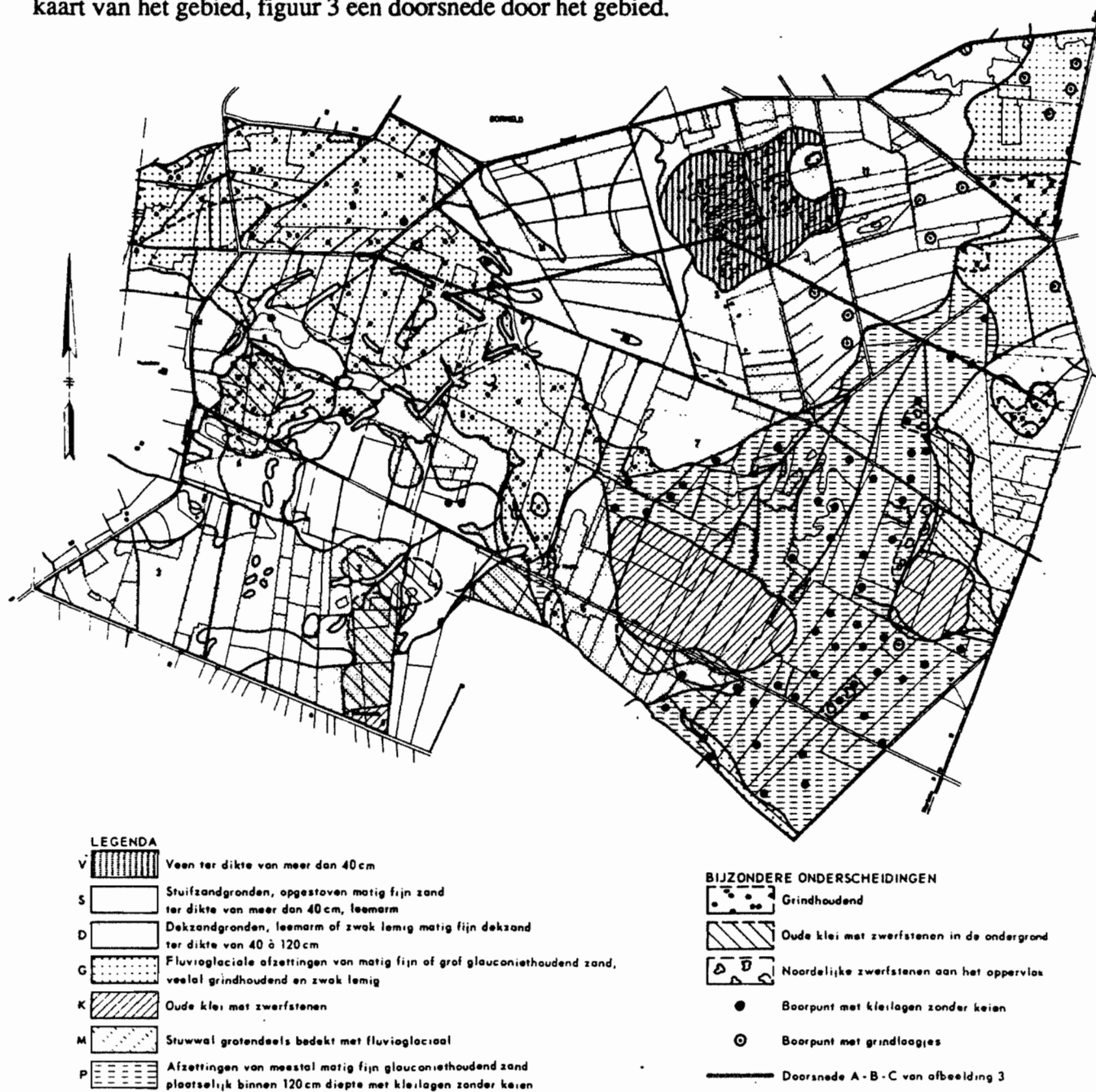
Deze afzettingen komen in het gebied van De Borkeld en het Elzenerveen niet of nauwelijks voor. Elders in het gebied bestaan deze afzettingen uit zand, leem en veen. Het zand is in hoofdzaak verspoeld dekzand. Door de beken werd tijdens overstromingen klei afgezet buiten de eigenlijke beekloop. Daarnaast kon plaatselijk veengroei optreden, onder voedselrijke omstandigheden, daar de vegetatie onder invloed stond van het grondwater en/of het overstromingswater.

C. Stuifzanden (Formatie van Kootwijk)

In de Middeleeuwen werd het vegetatiedek plaatselijk door de mens verstoord, als gevolg van ploegen, afplagging en beweiding. Waar de vegetatie zich niet kon herstellen, kon de wind vat op het zand krijgen en ontstonden er zandverstuivingen. Met name de hoger gelegen dekzandgebieden rond de stuwwallen waren vrij droog, en daarom extra gevoelig voor verstuiving. Het materiaal van de stuwwallen zelf was meestal te grof om door de wind verstoven te worden. Als gevolg van bebossing aan het begin van deze eeuw, is weinig actief stuivend zand meer aanwezig.

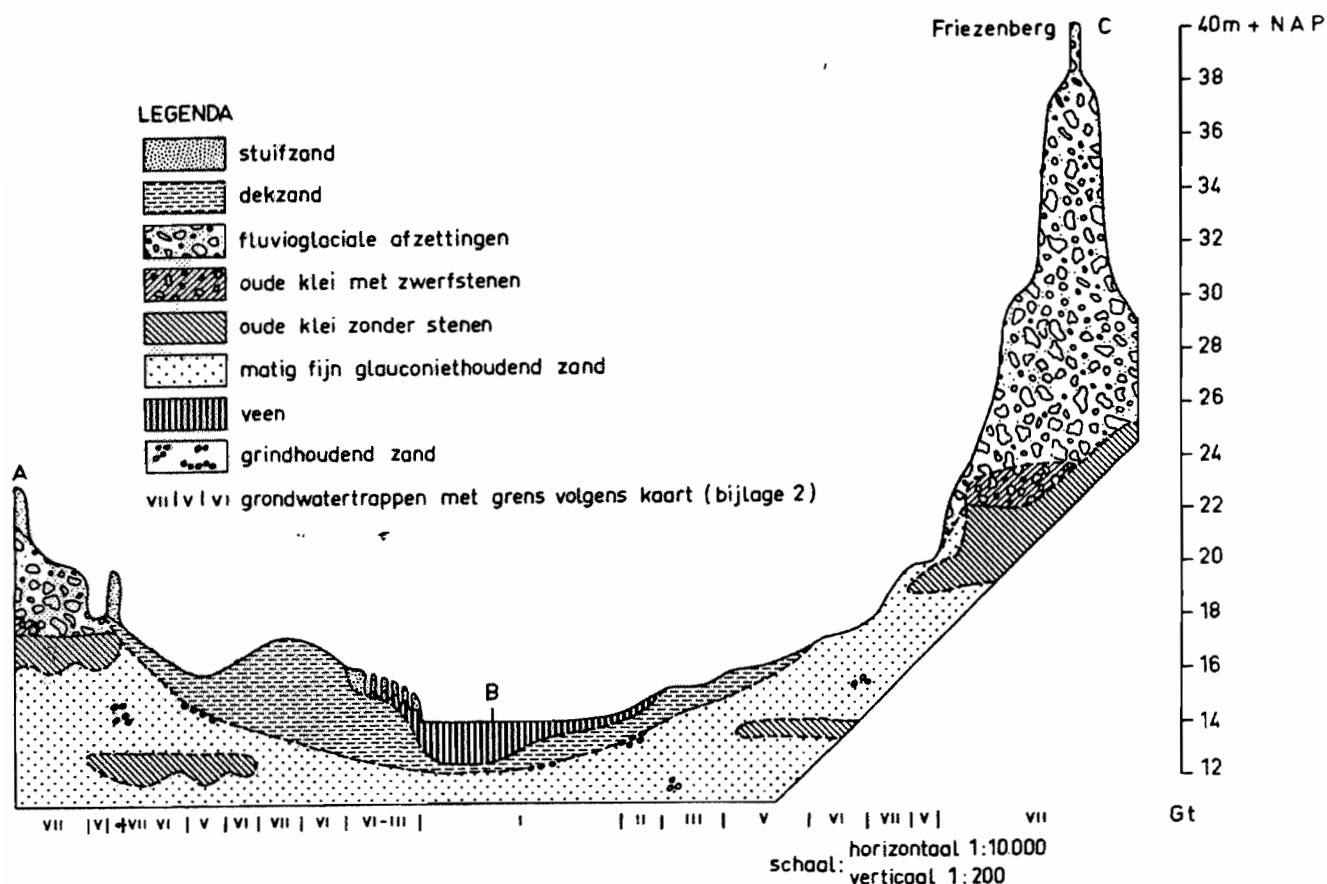
2.1.3 Geologische opbouw van De Borkeld

Het gebied van De Borkeld is geologisch zeer gevarieerd. Figuur 2 geeft de geologische kaart van het gebied, figuur 3 een doorsnede door het gebied.



Figuur 2: Geologische kaart van de Borkeld (Uit :Bannink & Pape, 1968)

Het fundament van het gebied wordt gevormd door gelijkmatige, waarschijnlijk fluviatiele, matig fijne, glauconiethoudende zanden. Deze zijn ouder dan de landijsbedekking (Saalien) en er komen hier en daar kleilagen in voor. De juiste ouderdom is niet bekend. Misschien kunnen deze, gezien de lithostratigrafische structuur van het gebied, tot de Formatie van Urk worden gerekend. Deze afzetting komt over een grote oppervlakte voor binnen 120 cm in het zuiden en oosten van het gebied. Ook onder het veen is deze aangetroffen. Plaatselijk is een kriskras-gelaagdheid in de zandafzettingen aangetroffen, hetgeen een fluviatiele herkomst aangeeft.



Figuur 3: Schematische geologische doorsnede door het gebied (Uit: Bannink & Pape, 1968)

De kleilagen die erin voorkomen werden ontgonnen door de baksteenindustrie. Het is zware klei, waar slechts bij hoge uitzonderingen een kei in wordt aangetroffen. Grind komt er niet in voor, evenmin als in de zandlagen.

Het gebied werd in sterke mate gemodelleerd bij de komst van het landijs in het Saalien (zie 2.2.). Het gehele terrein is bedekt geweest door een ijslob, die in het westen de grove afzettingen van de grote rivieren opstuwde tot een heuvelrug, de Holterberg, en in het oosten de stuwwal van Rijssen deed ontstaan. Door het ijs is veel materiaal meegenomen en als keileem afgezet, een slecht doorlatende klei met zwerfstenen. De keileemafzetting komt voor zuidwestelijk van de Hocht en ten zuidwesten van de Friezenberg. Ook langs de noordgrens van het gebied (de Hoge Borkeld) treffen we haar plaatselijk aan. Op de Hocht zelf is de afzetting grotendeels afgegraven ten behoeve van de steenbakkerij.

Uit het water van het afsmeltende ijs bezonken plaatselijk grove, grind- en glauconiethoudende zanden: de fluvioglaciale afzettingen. Deze afzettingen komen in het gebied vrij veel voor, voornamelijk in het westen en in het oosten. Plaatselijk ligt het ondiep op andere afzettingen. Het merendeel is afgezet als kameterras (zie 2.2.). De Friezenberg bestaat in zijn geheel uit fluvioglaciale afzettingen en kan worden opgevat als een smeltwaterheuvel (zie 2.2.). Het is een puinhoop van smeltwatermateriaal, dat zich plaatselijk in het ijs heeft opgehoopt en na het afsmelten als een heuvel is blijven liggen.

In het Weichselien werd het landschap wederom sterk vervormd, als gevolg van de afzetting van dekzanden. Het is gewoonlijk matig fijn en sterk gesorteerd als gevolg van het eolisch transport. Grote delen van het gebied zijn met dit dekzand bedekt. Bij de kartering van het gebied is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende vormen dekzand. De dekzanden komen veel voor in het zuidoosten en in het noordoosten rond het Elzenerveen. Een dunne laag dekzand vindt men op veel plaatsen elders in het gebied. Het dekzand dat in een dunne laag onder het veen doorloopt, is ouder dan dat wat er over heen ligt. Deze laag heeft een lössachtig karakter. Ook op andere luwe plaatsen is leemachtig dekzand aangetroffen.

In het Holoceen is door verschillende oorzaken op veel plaatsen het dekzand weer gaan verstuiven tot de z.g. stuifzanden. Dit is in sterke mate het geval in het zuidwesten, waar tot aanzienlijke hoogte opgestoven heuvels voorkomen temidden van vlakkere gebieden bedekt met dunne lagen stuifzand. Hier en daar treft men uitgestoven laagten aan. Het stuifzand is op de meeste plaatsen begroeid.

In diezelfde periode, en ook reeds in het laat-glaciaal werd een laag, nat gedeelte in het noorden van het terrein opgevuld met veen. De dikte van het veen varieert sterk.

Op basis van een in 1953 vervaardigd pollendiagram kan inzicht worden verkregen in de vormingsgeschiedenis van het veen en zijn omgeving.

Dieper dan 80 cm bestaat het profiel uit zand, dat tussen 135 en 95 cm diepte erg fijn is en min of meer op löss lijkt. Er komen overblijfselen in voor van *Chara* (Kranswieren), *Hippuris* (Lidsteng), *Ranunculus* (Waterranonkel), *Potamogeton* (Fonteinkruid) en *Myriophyllum* (Vederkruid), hetgeen wijst op een eutroof, nat milieu. Het fijne zand moet afgezet zijn in een toendraplas met betrekkelijk voedselrijk en mineraalrijk water.

De toendra-omstandigheden blijken duidelijk uit het pollendiagram beneden 50 cm. Berk, den en wilg zijn de voornaamste boomsoorten in de tijd dat dit materiaal werd afgezet, terwijl bovendien de pollen van kruiden sterk overwegen, wat in overeenstemming is met het open karakter van het landschap in die tijd.

Tussen 80 en 50 cm diepte komen sporen voor van een wat minder koud klimaat. Het geheel beneden 50 cm diepte behoort echter ongetwijfeld tot het Weichselien, vermoedelijk het Laat-glaciaal.

Omstreeks 50 cm diepte blijkt een groot hiaat aanwezig te zijn in het pollendiagram. Het veen boven die diepte blijkt gevormd te zijn in het Subatlanticum. Behalve els, den en berk komt veel beuk, haagbeuk en hazelaar voor. Heide-achtigen zijn goed vertegenwoordigd, granen treden op en er werden pollen gevonden van cultuurbegeleiders als *Artemisia* (Bijvoet), *Plantago* (Weegbree), *Rumex* (Zuring) en vermoedelijk *Centaurea* (Korenbloem).

Het lijkt voor de hand te liggen dat het veen door de mens gedeeltelijk is afgegraven, waarna de hierdoor ontstane gaten weer dichtgroeiden met veenmosveen. De sterke toename van *Pinus* in de bovenste 20 cm van het veen demonstreert de uitbreiding van de den in de omgeving, vermoedelijk als gevolg van de aanplant van Grove den.

Bij een eerste blik op de geomorfologische kaart blijkt het gebied van De Borkeld en het Elzenerveld in geomorfologisch opzicht zeer verscheiden te zijn. Een groot aantal verschillende terreinvormen komt op een relatief klein oppervlak naast elkaar voor. Bij nadere beschouwing blijkt het merendeel van deze terreinvormen een direct gevolg te zijn van de aanwezigheid van landijs gedurende het Saalien.

Het centrum van het gebied waar het veen gelegen is, ligt op een hoogte van 13 tot 15 m +NAP (zie figuur 4). Naar het oosten loopt het gebied vrij snel omhoog naar de stuwwal van Rijssen, die een gemiddelde hoogte van 25 tot 30 m +NAP heeft, met als maximale hoogte 40 m +NAP (de Friezenberg). Naar het westen stijgt het terrein geleidelijker. De grootste hoogte wordt hier bereikt op het heideterrein (22 m +NAP) (figuur 4).

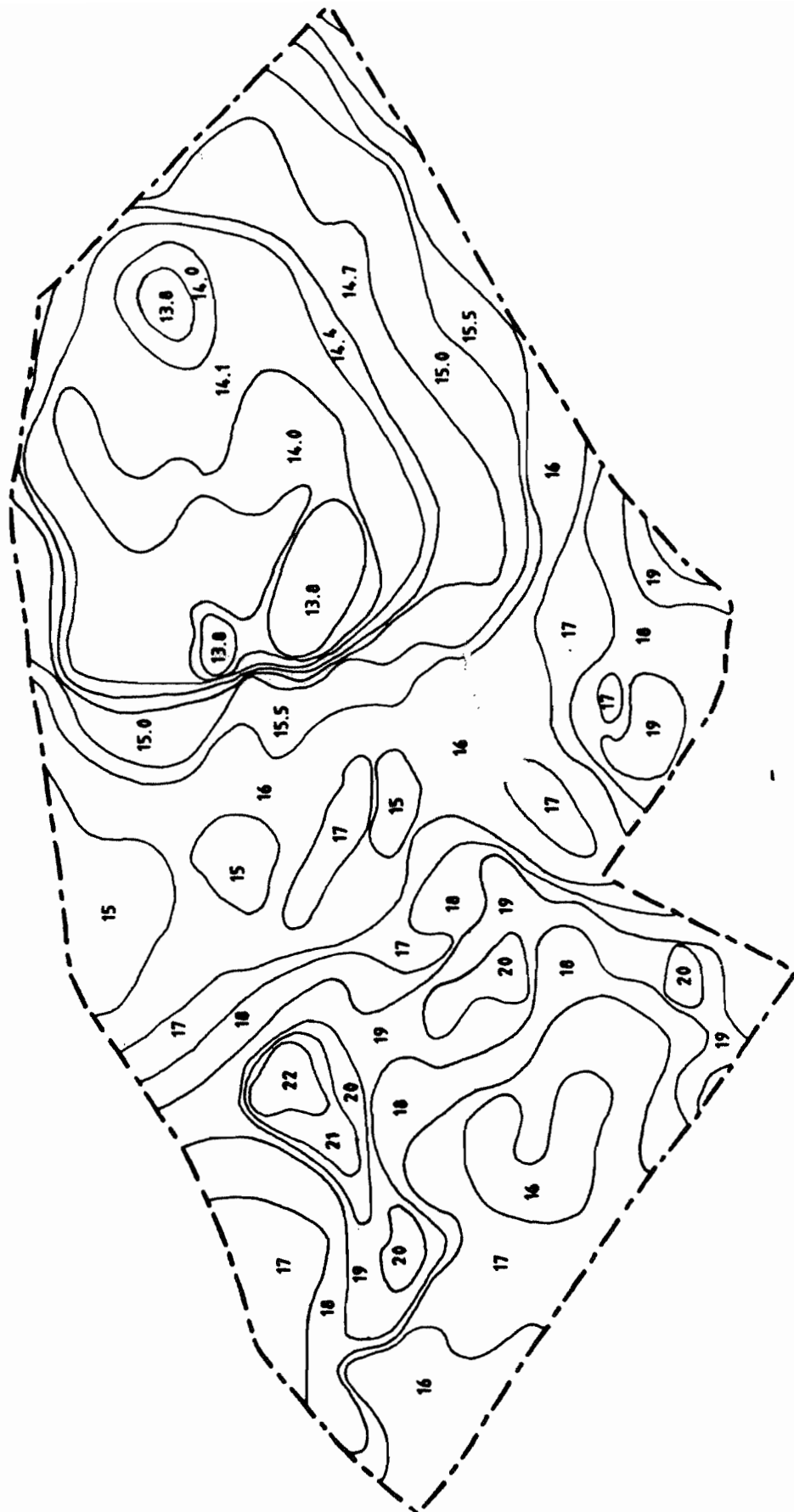
In het gebied en de directe omgeving daarvan kunnen op basis van de geomorfologische kaart de hieronder te bespreken geomorfologische eenheden onderscheiden worden. De beschrijving hiervan is conform de toelichting bij de legenda van de geomorfologische kaart van Nederland (Ten Cate & Maarleveld, 1977). In figuur 5 is de verspreiding van de verschillende geomorfologische terreinvormen in en rond De Borkeld weergegeven. De codering van de eenheden is opgebouwd uit een cijfer, een letter en nogmaals een cijfer. Het eerste cijfer geeft de z.g. reliëfsubklasse aan. Door middel van een onderverdeling in acht reliëfklassen en 18 reliëfsubklassen wordt een indruk gegeven van het plaatselijke reliëf. Deze reliëfklassen en hun betekenis zijn, voor zover van toepassing op De Borkeld en omgeving, weergegeven in tabel 2.

Tabel 2
In de Borkeld voorkomende reliëfklassen en -subklassen.

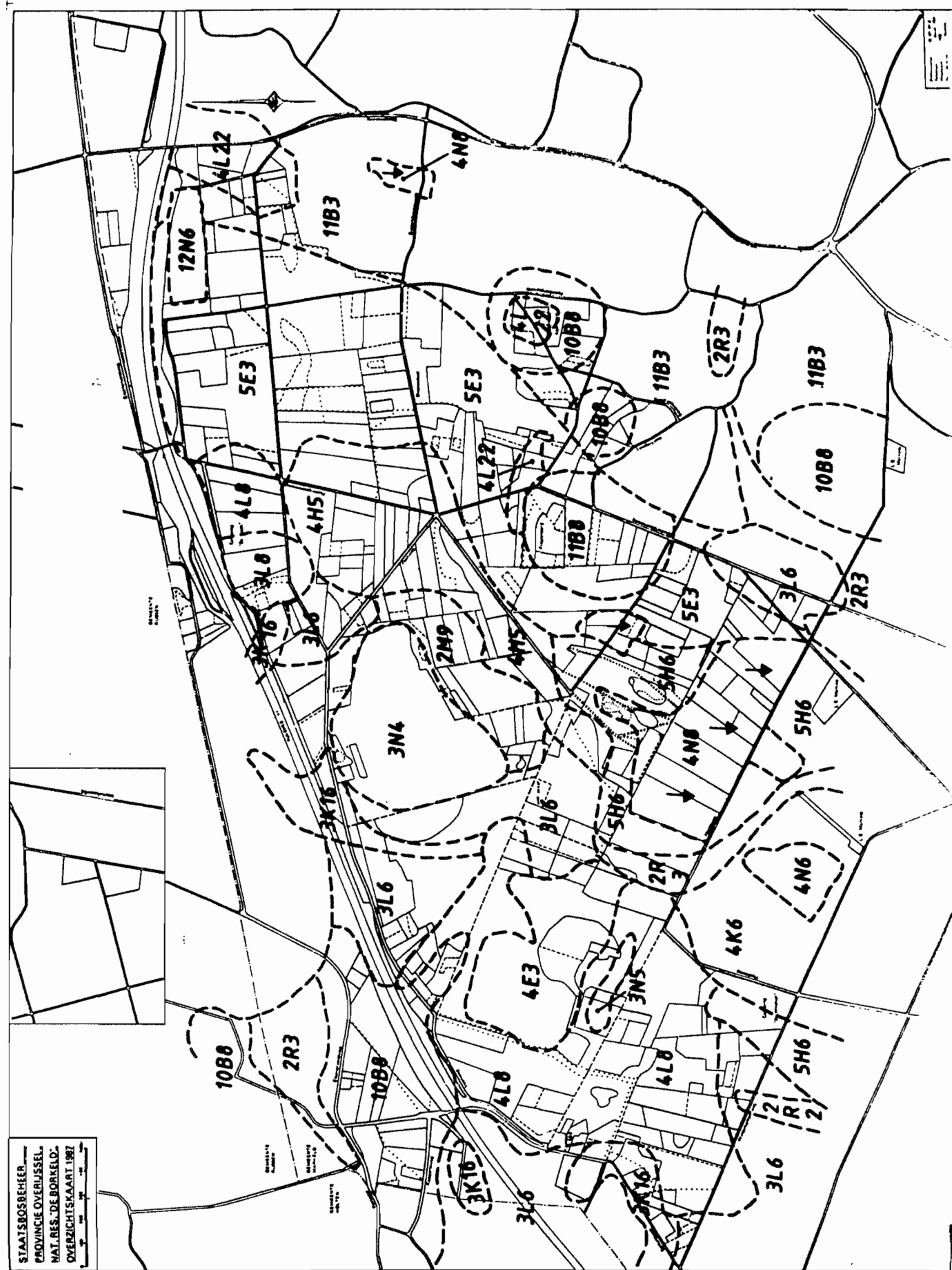
klasse	betekenis	subklasse	hoogteverschil
I	vlaklandreliëf	2	0,25 - 0,5 m.
II	vrij vlak laaggelegen reliëf	3	0,5 - 1,5 m.
		4	1,5 - 5 m.
		5	5 - 12,5 m.
IV	reliëf met korte flauwe hellingen	10	5 - 12,5 m.
		11	12,5 - 30 m.

De in de legenda-eenheid voorkomende letters geven een indeling in vormgroepen. Het daarachter geplaatste cijfer geeft de betreffende vormeenheid weer. Tot een vormgroep behoren terreinvormen die in hun uiterlijke gedaante bepaalde kenmerken gemeen hebben. Ze zijn naar reliëfsterkte gerangschikt en met de letters van het alfabet A t/m T) aangegeven. Een vormeenheid is een terreinvorm die zowel door de vorm als door de wijze van ontstaan wordt gekarakteriseerd. Tussen de terreinvorm en de wijze van ontstaan bestaat een nauwe samenhang. In tabel 3 zijn de in De Borkeld aangetroffen vormgroepen en vormeenheden samengevat.

De in tabel 3 genoemde vormeenheden worden hieronder kort besproken.



Figuur 4: Hoogtekaart van het westelijke deel van de Borkeld (Naar Van Poelje, 1987)



Figuur 5: Geomorfologische kaart van de Borkeld (Naar: Geomorfologische kaart van Nederland, 1:50.000, kaartbladen 34 en 3. Zie voor de legenda tabel 2 en 3.

Tabel 3
In de Borkeld aangetroffen geomorfologische vormgroepen en vormeenheden

vormgroep		vormeenheid	
B	geïsoleerde hoge heuvels, heuvel- ruggen en hoge dijkvormen	3	hoge stuwwal
		8	hoge smeltwaterheuvel
		14	hoge grondmorenerug
E	terrasvormen	3	smeltwaterterras
H	niet waaiervormige glooiingen	5	grondmoreneglooiing of smelt- waterglooiing met resten van grondmorene
		6	grondmoreneglooiing
K	geïsoleerde lage heuvels, ruggen, welvingen en lage dijkvormen	6	grondmorenerug
		11	lage smeltwaterheuvel
		12	lage smeltwaterterrasrest- heuvel
		16	gordeldekzandrug
L	lage heuvels, ruggen en welvingen met bijbehorende vlakten en laagten	6	gordeldekzandwelvingen
		8	lage landduinen met bijbeho- rende vlakten en laagten
		22	lage storthopen met grind- of zandgaten
M	vlakten	9	vlakte van ten dele verspoelde dekzanden
N	niet dalvormige laagten	4	laagte zonder randwal - moerassig
		5	laagte zonder randwal - niet moerassig
		6	groeve
		8	laagte ontstaan door afgraving
R	ondiepe dalen (<5 meter diep)	2	dalvormige laagte zonder veen
		3	droog dal

10B3/11B3: Hoge stuwwal

Deze vormeenheden zijn ontstaan door de stuwende werking, die het landijs op de ondergrond uitoefende. Het zijn boogvormige heuvelruggen, die veelal een plateaudeel bezitten, de z.g. stuwwallen. Bij vormeenheid B3 wordt het landoppervlak gekenmerkt door de aanwezigheid van stenen en grind, zonder dekzandafzetting.

Deze terreinvormen komen voor ten westen en ten oosten van De Borkeld. Ten westen van het gebied maken zij deel uit van een zuidelijke uitloper van de Elzenerveen komt een aantal meer geprononceerde smeltwaterheuvels voor: de stuwwal van de Holterberg. Ten oosten van De Borkeld is de stuwwal van Rijssen gelegen. Enkele kilometers ten zuiden van het gebied is de stuwwal van Markelo gelegen. Het gebied lijkt zodoende aan drie zijden te zijn omgeven door stuwwallen. Dit maakt aannemelijk dat het gebied van De Borkeld zelf deel uitmaakt van het bekken, waarin de ijslob heeft gelegen, die deze stuwwallen heeft doen ontstaan. Ook andere, hier na te behandelen geomorfologische verschijnselen wijzen hierop.

10B8/11B8: Hoge smeltwaterheuvel

Deze vormeenheid ontstaat na afsmelten van het landijs. Plaatselijke ophopingen van zand en grind in het landijs blijven na afsmelten als een heuvel in het terrein achter. In en rond het gebied komen twee concentraties van smeltwaterheuvels voor. Het gebied rond het gehucht Borkeld is een relatief grote smeltwaterheuvel met flauwe hellingen (10B8). Ten zuidwesten van het Friezenberg (11B8), de Apenberg, de Bovenberg en de Groningeresch (alt. 11B8).

10B14: Hoge grondmorenerug

Hoge rug, bestaande uit het door het landijs getransporteerde materiaal, de grondmorene, en ten dele door het ijs gemodelleerd. Deze bezitten veelal een dekzandlaag en al dan niet een oud bouwlanddek. In het gebied komt deze voor tussen Markelo en de Hocht. Ook ten oosten en zuidoosten van Markelo komt een uitgestrekte grondmorenerug voor. Vanwege de ligging van deze ruggen, aan het zuidende van het gebied waar de ijslob gelegen heeft, kunnen deze ruggen wellicht beschouwd worden als een soort eindmorene-ruggen.

4E3/5E3: Smeltwaterterras (kameterras), zwak tot matig golvend

Vormeenheid E3 bezit een zeer onduidelijk ontwikkelde terrasvorm. Deze vormeenheid bestaat uit materiaal dat in de ruimte tussen een stuwwal en een ijslob werd afgezet. Door het afsmelten van de ijslob, die ten dele onder smeltwaterafzettingen van zand en grind lag begraven, kreeg het oppervlak vrij onregelmatige vormen.

De stuwwallen die het gebied van De Borkeld omgeven worden aan de binnenzijde begrensd door dergelijke kameterrassen. Met name de zuidelijke uitloper van de Holterberg heeft een breed ontwikkeld kameterras, zich uitstrekkend van Holten tot Markelo. Ook aan de westzijde van de stuwwal van Rijssen, ten oosten van het Elzenerveen is een groot kameterras aanwezig. Tenslotte is een kleiner kameterras gelegen op het heidegebied net ten noorden van de Hochtweg.

4H5: Grondmoreneglooing of smeltwaterglooing met resten van grondmorene

Vormeenheid H5 kan zowel in het door het landijs getransporteerde materiaal, de grondmorene, als in het door het smeltwater van het landijs getransporteerde materiaal, de smeltwaterafzettingen, ontwikkeld zijn. Er zijn in het geval van een smeltwaterafzetting omgewerkte resten van grondmorene aanwezig.

In het gebied komt deze vormeenheid voor in een smalle zone tussen de Friezenberg en het Elzenerveen. De ondergrond bestaat hier uit keileem, zodat waarschijnlijk gesproken kan worden van een grondmoreneglooing. Ook ten oosten van Holten komt deze vormeenheid voor, maar bestaat hier wellicht voor een belangrijk deel uit smeltwaterglooingen, gezien de ligging aan de voet van de Holterberg.

5H6: Grondmoreneglooing al dan niet met opgevulde smeltwatergeulen, bedekt met dekzand

Vormeenheid H6 is een complex van het door het landijs getransporteerde materiaal, de grondmorene, en de door het smeltwater van het landijs gevormde dalen (smeltwaterdalen). Deze dalen zijn, hoewel zeer diep, geheel opgevuld, en daardoor aan het oog onttrokken.

Deze vormeenheid komt voor in het gebied van de Hocht, en in een smalle zone ten westen daarvan. In de Hocht is het grondmorenemateriaal, de keileem, voor een belangrijk deel weggegraven.

4K6: Grondmorenerug, bedekt met dekzand

Ruggen bestaande uit het door het landijs getransporteerde materiaal, de grondmorene, en ten dele door het landijs gemodelleerd. Ze bezitten veelal een dekzandlaag en al dan niet een oud bouwlanddek.

Ten zuidwesten van de Hocht komt deze vormeenheid voor, ingeklemd tussen twee grondmoreneglooingen (5H6). Voor een deel is de keileem afgegraven.

4K11/4K12: Lage smeltwaterheuvel (K11) en lage smeltwaterterrasrest-heuvel, al dan niet bedekt met dekzand (K12)

Smeltwatermateriaal dat in een tunnel in het landijs of in ijsspleten is afgezet, heeft soms de vorm van een lage heuvel. Van vele zeer zwak ontwikkelde vormen die uit smeltwatermateriaal bestaan, is de ontstaanswijze niet zeker; waarschijnlijk heeft soms erosie een belangrijke rol gespeeld. Het is althans zeker dat erosie een belangrijke rol heeft gespeeld bij de vorming van de lage heuvels die resten zijn van smeltwaterterrassen, vormeenheid K12.

Deze terreinvormen komen allen net buiten het gebied van De Borkeld voor. Lage smeltwaterheuvels zijn aanwezig ten oosten van Holten aan de voet van de Holterberg. Een smeltwaterterrasrest-heuvel is aanwezig net ten zuiden van de Hocht.

3K16: Gordeldekzandrug, al dan niet met oud bouwlanddek

Dekzandruggen zijn terreinverheffingen met flauwe hellingen, die grotendeels onder arctische omstandigheden door de wind zijn gevormd. Gordeldekzandruggen zijn dekzandruggen die als gordels om de stuwwallen gelegen zijn.

In De Borkeld komen deze gordeldekzandruggen plaatselijk voor, o.a. aan de westzijde van het Elzenerven.

3L6: Gordeldekzandwelvingen, al dan niet met oud bouwlanddek

Bij windafzettingen, en in het bijzonder bij die met flauwe hellingen (dekzand) komt vaak een zwak golvend oppervlak voor, waarvan de terreinverheffingen niet afzonderlijk kunnen worden weergegeven. Dit is ook het geval bij de dekzanden die als gordels rond de stuwwallen liggen, en die uit een aaneenschakeling van welvingen bestaan.

Deze gordeldekzandwelvingen vormen een belangrijk deel van het noordwestelijke deel van De Borkeld, hoewel een gedeelte hiervan opnieuw in verstuiwing is gegaan en als stuifzand opnieuw is afgezet (4L8).

3L8/4L8: Lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten

Veel duinen bereiken slecht een geringe hoogte, maar vallen door de steile hellingen goed op. Ze komen als groepen voor en zijn niet te scheiden van de tussenliggende lagere delen. Deze landduinen zijn ontstaan nadat het dekzand, als gevolg van vernietiging van de vegetatie door menselijk toedoen, opnieuw in verstuiwing kon gaan. Tegenwoordig zijn deze stuifduinen grotendeels weer begroeid.

Deze vormeenheid komt met name voor in het centrale deel van De Borkeld ten zuidwesten van het Elzenerveld. Hoewel dit niet blijkt uit de geomorfologische kaart, melden

Bannink & Pape (1968) dat ook het westelijke deel van het Elzenerveen overstoven is met een dunne laag stuifzand.

4L22: Lage storthopen met grind- en/of zandgaten

Storthopen en laagten ontstaan door de afgraving van zand en/of grind. In het gebied zijn deze te vinden op de Apenberg en op de noordflank van de Friezenberg.

2M9: Vlake van ten dele verspoelde dekzanden

Het water van de in het voorjaar smeltende sneeuwmassa's heeft eertijds in sommige terreingedeelten vrij veel dekzand opgenomen en in de lage gebieden weer afgezet., waar nadien soms weer geringe verstuiwing plaats heeft gevonden.

Deze dekzandvlaktes komen in een smalle zone ten zuiden, oosten en noorden van het Elzenerveen voor, en breiden zich sterk uit verder naar het noorden.

3N4/3N5: Laagtes zonder randwal, resp. al dan niet moerassig

O.a. in zandgebieden komen veel min of meer gesloten laagten voor zonder omringende walletjes van zand. Ze zijn veelal grillig van vorm, en de meesten zullen ontstaan zijn door uitblazing. Al naar gelang de diepte ten opzichte van het grondwater kunnen deze laagten al dan niet moerassig zijn.

Niet moerassige uitblazingsbekkens komen sporadisch voor in het gebied. Het Elzenerveen is gelegen in een afvoerloze laagte, waar zich door de stagnerende waterafvoer veen heeft kunnen vormen. De ontstaanswijze van deze laagte is tot dusver niet duidelijk. Deze kan zowel het gevolg zijn van uitblazing in het Weichselien, als van glaciële invloeden gedurende het Saalien.

4N6: Groeve

Door afgraving van zand, grind en/of keileem ontstane, relatief diepe laagten. In het gebied komt deze voor in de Hocht, ten zuiden van de Hochtweg.

4N8: Laagte ontstaan door afgraving

Door afgraving zijn omvangrijke ondiepe laagten ontstaan. In het gebied komen deze voor in de Hocht, waar met name keileem afgegraven is, ten bate van de baksteenindustrie. Plaatselijk hebben deze afgravingen zeer steile randen.

2R3: Droog dal, al dan niet met dekzand

De nu veelal droge dalen, zijn grotendeels door sneeuwsmeltwater gevormd. De ondergrond was bij de vorming diep bevroren, zodat het water slechts over het oppervlak kon afstromen. In de reliëfrijke gebieden vond daardoor een sterke erosie plaats. Op veel van deze dalbodems ligt een laag dekzand, hetgeen betekent dat na de afzetting van dit materiaal de dalen vrijwel niet meer door erosie zijn aangetast.

Deze droge dalen komen in het gebied voor in en ten zuiden van de Hocht. Daarnaast zijn enkel droge dalen aanwezig rond het gehucht Borkeld.

Resumerend kan worden gesteld dat De Borkeld en directe omgeving in geomorfologisch opzicht een zeer afwisselend, en voor een belangrijk deel ook nog onaangetast gebied vormt. De sterke afwisseling in reliëfvormen krijgt een extra waarde, wanneer blijkt dat deze veelal een verschillende ontstaanswijze hebben gehad: opstuwing door landijs, afzetting van materiaal na afsmelten van dit landijs, eolische afzetting onder arctische omstandigheden en in meer recente tijd, afgraving door menselijke activiteiten. Dit laatste heeft het gebied niet in wezen aangetast. Eerder leidt de plaatselijke versterking van het reliëf tot een grotere afwisseling in milieu-omstandigheden, en daardoor tot een grotere diversiteit in levensgemeenschappen in het gebied.

2.3 BODEM

Ook op de bodemkaart komt de grote variatie van het gebied tot uiting. Een relatief groot aantal verschillende bodemtipes komt voor op een relatief klein gebied.

Vrijwel het gehele gebied bestaat uit zandbodems. Slechts het Elzenerveen en zijn directe omgeving bestaan uit veengronden en moerige gronden. Daarnaast zijn in het keileemgebied z.g. oude kleigronden aanwezig.

Figuur 6 geeft de bodemkaart van De Borkeld en omgeving. In tabel 4 wordt van de belangrijkste bodemtipes een karakteristiek profiel gegeven.

2.3.1 Veengronden en moerige gronden

De in het gebied voorkomende veengronden bestaan allen uit vlierveengronden. Het veen is gerijpt, maar de bovengrond is niet veraard (althans niet in 1968; Bannink & Pape, 1968). In de zandondergrond is geen humuspodzol-B-horizont tot ontwikkeling gekomen. De diepte van de zandondergrond varieert sterk, maar is zelden meer dan 150 cm. De veendikte is langs de westrand het grootst. Vrijwel overal rust het veen op een kalkloze meerbodem. Het veen bestaat bovenin uit verwerkt heide- en veenmosveen. Tussen het veen en de zandondergrond is een meerbodem-afzetting aanwezig. Deze kan functioneren als (relatief) ondoorlatende laag, hetgeen stagnatie van (regen)water in het veen bevordert.

Rondom het veen komen moerige podzolgronden voor. Aan de westzijde van het veen zijn deze waarschijnlijk licht overstoven. Ook in vochtige delen van de heide worden deze gronden aangetroffen. Verder worden deze gronden aangetroffen in een klein gebied in het zuidwesten, in een relatief vochtig, laaggelegen terreingedeelte. De dunne, moerige laag is in De Borkeld waarschijnlijk ontstaan door een beginnende veenvorming die voortijdig is afgebroken.

2.3.2 Zandgronden

De zandgronden in De Borkeld kunnen worden onderverdeeld in podzolgronden, dikke eerdgronden en kalkloze zandgronden.

In Nederland geeft men de naam podzol aan gronden waarin een B-horizont is ontstaan door inspoeling van organische stof, al dan niet te zamen met ijzer- en aluminiumverbindingen. Al naar gelang de aard van de organische stof in de B2-horizont, de hydromorfe kenmerken, de dikte van de humushoudende bovengrond en de textuur worden verschillende podzolgronden onderscheiden.

Holtpodzolgronden horen tot de z.g. moderpodzolgronden. Zij hebben een gering vochtleverend vermogen, omdat de grondwaterstand pas op grote diepte wordt aangetroffen. Ze zijn dan ook grotendeels in gebruik als bos. In De Borkeld komen deze gronden voor op de westflank van de stuwwal van Rijssen en rond de smeltwaterheuveld van de Friezenberg en Apenberg.

De overige podzolgronden behoren tot de z.g. humuspodzolgronden. Deze zijn onderverdeeld in gronden zonder en met ijzerhuidjes (resp. veldpodzolgronden en haarpodzolgronden). Bij veldpodzolgronden is de dikte van de humushoudende bovengrond minder dan 30 cm. De organische stof in de B2-horizont is amorf, ligt als huidjes rond de zandkorrels en verbindt deze onderling.

Figuur 6: Bodemkaart van de Borkeld (Naar: Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000, kaartblad 28 West.



STAATSBOSBEHEER
 PROVINCIE OVERIJSEL
 NAT. RES. 'DE BORKELD'
 OVERZICHTSKAART 1987



Legenda bij figuur 6

vWp	Moerige podzolgronden met moerige bovengrond
zWp	Moerige podzolgronden met een humushoudend zanddek en een moerige tussenlaag
Y23	Holtpodzolgronden; lemig fijn zand
gY23	idem; grind ondieper dan 40 cm beginnend
gY30	Holtpodzolgronden; grof zand; grind ondieper dan 40 cm beginnend
Hn21	Veldpodzolen; leemarm en zwak lemig fijn zand
cHn23	Laarpodzolgronden; lemig fijn zand
Hd21	Haarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Hd21g	idem; grind en/of grof zand beginnend binnen 50 cm
Hd23	Haarpodzolgronden; lemig fijn zand
gHd30	Haarpodzolgronden; grof zand; grind ondieper dan 40 cm beginnend
zEZ23	Hoge zwarte enkeerdgronden; lemig fijn zand
Zn21	Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
pZn23	Gooreerdgronden; lemig fijn zand
Zd21	Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
KX	Oude kleigronden; zeer ondiepe keileem

In het zand onder de B-horizont ontbreken de ijzerhuidjes op de zandkorrels. Veelal is dit het gevolg van de periodiek hoge grondwaterstanden en het daarmee gepaard gaande, reducerende milieu, waardoor een deel van het ijzer werd opgelost en afgevoerd.

De veldpodzolgronden zijn ontwikkeld in oud dekzand op de westflank van de stuwwal van Rijssen. Ze komen hier voor tussen de moerige gronden rond het Elzenerveen en de Holtpodzolgronden op de stuwwal. Ook ten westen van de Hocht komen deze voor boven de daar aanwezige keileem.

Haarpodzolgronden zijn ontwikkeld in mineralogisch arm moedermateriaal, echter onder veel drogere omstandigheden en bij veel diepere grondwaterstanden. Ook hier is de organische stof amorf. In deze bodems kunnen z.g. ijzerhardlagen voorkomen, die kunnen leiden tot schijngrondwaterspiegels. Deze zijn gevormd in de grove fluvioglaciale afzettingen op de Friezenberg en de Bovenberg. Ook zijn ze aanwezig in het droge heidegebied ten westen van het Elzenerveld.

Vlakvaaggronden zijn gevormd in (eventueel later weer dichtgestoven) uitgestoven laagten. Ze komen voor in het westelijke deel van het gebied op de overgang van het heide- en bosgebied naar de weilanden.

Dikke eerdgronden zijn gronden met een niet-vergraven, humushoudende bovengrond, die dikker is dan 50 cm. De dikke eerdlaag is ontstaan door langdurige bemesting met o.a. zandrijke plaggenmest uit de potstallen. De zwarte enkeerdgronden komen voor op de stuwwal van Rijssen ten oosten van het gebied, en langs de west- en noordwestrand van De Borkeld. Onder de eerdlaag wordt vaak een podzolprofiel aangetroffen.

De kalkloze zandgronden bestaan in het gebied uit resp. vlakvaaggronden, duinvaaggronden en gooreerdgronden. De eerste twee bodemtypes zijn gebonden aan het stuifzandgedeelte.

Duinvaaggronden worden aangetroffen in de opgestoven gedeelten in de stuifzanden. De hoge duinen bestaan meestal uit een dik pakket gelaagd stuifzand. Op de helling van de duinen wordt vaak binnen 120 cm een begraven podzolprofiel aangetroffen. De laagjes ontstaan door vorming van organische stof, tijdens perioden van onderbreking in de overstuiving. In De Borkeld worden ze aangetroffen in het westelijke deel van het bos- en heidegebied.

Gooreerdgronden komen voor net ten oosten van het gebied op de flank van de Bovenberg, en zijn daar waarschijnlijk gevormd in fluvioglaciale afzettingen. Het zijn zandgronden met een dunne zwarte minerale eerdlaag.

2.3.3 Oude Kleigronden

Het voorkomen van oude kleigronden hangt in dit gebied samen met de aanwezigheid van keileem, die binnen 40 cm diepte begint. Er is geen verdere onderverdeling gemaakt naar de aard van de bovengrond of de textuur. Ook wanneer in het dekzand en/of keizand boven de keileem een podzolprofiel is gevormd, worden deze gronden tot de oude kleigronden gerekend.

In het gebied komen deze gronden voor bij de Hocht en ten zuidwesten hiervan. Vaak hebben ze een dun laagje (<40 cm) dekzand en/of keizand voordat de keileem begint. In het gebied is op veel plaatsen de keileem gewonnen. Na afgraving van een 1 à 2 m dik keileempakket zijn deze gronden weer in gebruik genomen als grasland en bouwland. Plaatselijk is de keileem afgegraven tot op een sterk gelaagde zware klei (de z.g. warvenklei).

Veldpodzolgronden; lemig fijn zand: M23-VII.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A1p	0-25	8,3 (6-15)	26 (15-40)	donkergrijs humusrijk sterk lemig fijn zand
B2	25-45	3 (2-5)	12 (12-25)	bruin matig humeus zwak lemig fijn zand
C11	45-75	0,9 12	12	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand
C12	75-120	0,4 12	12	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand; gelaagd

GHG 70 cm, GLG 170 cm - mv bij Gt. VI.
Bewortelbaar tot 50 cm.

Naarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand: M21-VII*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A1	0-5	8 (5-10)	13 (8-16)	zwart humusrijk zwak lemig fijn zand
A2	5-10	4,1 (3-8)	13 (8-16)	donkergrijs matig humeus zwak lemig fijn zand
B2h	10-15	14,4 17	17	zwart humusrijk zwak lemig fijn zand
B22	15-25	5,6 (4-8)	18 (8-18)	donkerbruin zeer humeus sterk lemig fijn zand; verkit
B3	25-45	2,1 (1-4)	19 (6-19)	bruin okerkleurig matig humusarm sterk lemig fijn zand met fibers
C11	45-75	0,3 11	11	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand met fibers; gelaagd
C12	75-120	0,2 (6-12)	12 (6-12)	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand; gelaagd

GHG > 140 cm, GLG > 200 cm - mv.
Bewortelbaar tot 30 cm.

Naarpodzolgronden; grof zand: gM30-VII*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A0	+1-0			strooisellaag
A2	0-8	2,9 (2-8)	6 (5-12)	donkergrijs matig humeus grindhou- dend leemarm grof zand
B2h	8-16*	14,4 6	6 (5-12)	zwart humusrijk leemarm grof zand
B22	16-25	3,1 7	7 (5-12)	zwart humusrijk zwak lemig fijn donker roodbruin matig humeus
B3	25-43	1,4 3	3 (5-12)	grondhoudend leemarm grof zand
C11	43-72	0,3 4	4 (3-10)	roodbruin zeer humusarm grindhou- dend leemarm grof zand
C12	72-120	0,2 4	4 (3-10)	licht grijsgeel grindhoudend leem- arm grof zand
				grijsgeel grindhoudend leemarm grof zand

GHG > 140 cm, GLG > 200 cm - mv.
Bewortelbaar tot 25 cm.

Moerige podzolgronden met een moerige bovengrond: vVp-VII.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A1p	0-20	20 (15-20)		zwart veraard venig zand
B2	20-50	5 14	14	donker roodbruin zeer humeus zwak lemig fijn zand
C1	50-100		12	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand
G	100-120		12	grijs gereduceerd zwak lemig fijn zand

GHG 10 cm, GLG 100 cm - mv.
Bewortelbaar tot 30 cm.

Moerige podzolgronden met een humushoudend zanddek en een moerige tussen-
laag: zVp-V*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A1p	0-20	5 (4-8)	14	zwart zeer humeus zwak lemig fijn zand
Dp	20-40	60		roodbruin sterk geoxideerd verwerkt oud veenmosveen
B2	40-50	5 25	25	donker roodbruin zeer humeus sterk lemig fijn zand; kazig
B1	50-70	2 16	16	grijsbruin matig humusarm zwak lemig fijn zand
C1	70-120		12	licht grijsgeel zwak lemig fijn zand

GHG 35 cm, GLG 140 cm - mv.
Bewortelbaar tot 30 cm.

Moltpodzolgronden; lemig fijn zand: Y23g-VII*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A1	0-12	7,6 (25-40)	39 (25-40)	donker grijsbruin zeer humeus zeer sterk lemig fijn zand met wat af- loogde korrels
B2	12-27	4,2 (25-45)	37 (25-45)	bruin matig humeus zeer sterk lemig fijn zand met enkele grindjes
B3	27-38	1,5 (25-45)	39 (25-45)	bruin okerkleurig zeer humusarm zeer sterk lemig fijn zand
C11	38-70	1,0 (25-45)	35 (25-45)	geel okerkleurig zeer sterk lemig fijn zand
C12	70-115	0,8 (25-45)	35 (25-45)	geel zeer sterk lemig fijn zand
D	115-120	0,2		licht grijsgeel leemarm grof zand met grind

GHG > 140 cm, GLG > 200 cm - mv.
Bewortelbaar tot 70 cm.

Tabel 4
Karakteristieke profielen van de belangrijkste in de Borkeld voorkomende bodemtypes
(naar: Ebbers & Viisschers, 1983)

Zeer ondiepe keileem: KX-V.

Hor.	cm-mv.	% humus	% lutum	% leem	Omschrijving
Ap	0-20	4,5 (4-10)	10 (8-12)	34	zwarte matig humeuze lichte zavel; op overgang naar C1lg grof zand en steentjes
C11g	20-40	0,7 (10-40)	32 (10-40)	69	geelbruine roestige lichte klei; keileem
C12g	40-55	0,5 (10-40)	38 (10-40)		geelbruine roestige zware klei; zeer dichte keileem
C13g	55-120	0,5 (3-10)	12 (3-10)		geelbruine roestige lichte zavel; structuurloze keileem

GHG 10 cm, GLG > 200 cm - mv.
Bewortelbaar tot 30 cm.

Vlierveeaggronden op zand zonder humuspodzol-B tussen 40 en 80 cm (Bron: Bannink & Pape, 1968).

cm-mv.	Omschrijving
0-30	donkerbruin, bijna gerijpt veenmosheideveen
30-60	zwart, gerijpt heideveen, naar beneden zeer donker-bruin
60-80	donkerbruine, naar beneden olijfgroene meerbodem van zeer sterk leemig en zeer fijnzandig materiaal.
>80	Gelaagd, min of meer venig olijfgroen tot olijfgroen humeus zand. Zeer sterk leemig en zeer fijn, gelaagd zwak leemig en matig fijn, naar beneden geheel zwak leemig en matig fijn

Hoge zwarte enkeerdgronden; leemig fijn zand: ZE23-VII*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
Aan1	0-50	9,6 (4-8)	24 (16-25)	zeer donker grijs humusrijk sterk leemig fijn zand met leembrokjes en houtskoolresten
Aan2	50-100	6,4 (4-8)	17 (14-20)	donker grijs zeer humeus zwak leemig fijn zand met afgeloogde kortels
C1b	100-120		12	licht grijsgeel zwak leemig fijn zand

GHG > 140 cm, GLG > 200 cm - mv.
Bewortelbaar tot 100 cm

Vlaakveeaggronden; leemarm en zwak leemig fijn zand: Zs21-VI.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
Ap	0-20	2,9 (0-3)	7 (5-7)	donker grijsbruin matig humeus fijn zand; los gepakt stuifzand
C11	20-35		5 (5-7)	donker grijs fijn zand; los gepakt stuifzand
BC	35-50		6	geel fijn zand; vast dekzand
C12	50-120		3	geel fijn zand; dekzand

GHG 60 cm, GLG 160 cm - mv.
Bewortelbaar tot 35 cm.

Duinveeaggronden; leemarm en zwak leemig fijn zand: Zs21-VII*.

Hor.	cm-mv.	% humus	% leem	Omschrijving
A0	+3-0			bosstrooisellaag
A2	0-2	1 (4-8)	5 (4-8)	donker grijs zeer humusarm fijn zand
B	2-10	0,7 (4-8)	4 (4-8)	bruin fijn zand; micro-B-horizont
C1	10-70	0,2 (4-8)	5 (4-8)	licht grijsgeel fijn zand; los gepakt stuifzand
A2b	70-80	2,1 (4-8)	10 (4-8)	donker grijs matig humusarm fijn zand
B2hb	80-85	8,6	8	zwart humusrijk fijn zand
B2b	85-100	3,0	9	donker roodbruin fijn zand; vast gepakt dekzand
B3b	100-110	1,0	9	bruin fijn zand; vast gepakt dekzand
C1b	110-120	0,4	8	oranjegeel fijn zand; vast gepakt dekzand

GHG 400 cm, GLG 500 cm - mv.
Bewortelbaar tot 70 cm.

Om inzicht te verkrijgen in grondwaterstromingen en grondwatersamenstelling in het gebied, zijn op vooraf uitgekozen plaatsen grondwaterbuizen geplaatst. Deze buizen zijn genummerd en aangegeven op figuur 7. De grondwaterbuizen zijn zodanig geplaatst dat de grondwaterstromingen op een zestal raaien kunnen worden onderzocht:

1. een raai van het westelijke deel van de Borkeld via het centrale heidegebied naar het veen (buizen 23, 20, 1/1p);
2. een raai van de Hocht richting het veen (buizen 25, 18, 19, 1/1p);
3. een raai van de Friezenberg naar het veen (buizen 15, 8, 16, 17, 3/3p);
4. een raai lopend van het Elzenerveen naar de Rijksweg (2/2p, 12, 13, 14);
5. een raai lopend van het Elzenerveen naar de oostelijke Veenweg (3/3p, 34, 6, 7);
6. buizen in het westelijke deel van het gebied en in De Hocht (21 t/m 33).

Daarnaast is een aantal buizen in en direct rondom het veen geplaatst om de grondwaterstromingen naar en/of vanuit het veen te kunnen beschrijven (buizen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 34 en 35).

In het veen was reeds een aantal buizen aanwezig, geplaatst door Staatsbosbeheer om de effecten van het opzetten van het waterpeil sinds 1985 in het veen op de waterstand te kunnen onderzoeken. Deze buizen staan met het filter in de zandondergrond. Gedurende het onderzoek zijn daar twee diepe buizen bij geplaatst (34 en 35), om de waterkwaliteit en de potentiaal op wat grotere diepte te kunnen meten. De buizen in het veen werden tevens gebruikt als peilpunt voor de stand van het oppervlaktewater.

In het keileemgebied rond de Hocht is aanvankelijk getracht telkens twee grondwaterbuizen te plaatsen: één met het filter boven en één met het filter onder de keileem. Slechts op één plaats bleek dit in praktijk mogelijk te zijn (buizen 30 en 29). Op de andere plaatsen moesten de buizen op praktische gronden (te dikke keileempakketten, keileem op te grote diepte, geen freatisch pakket boven de keileem aanwezig) óf onder, óf boven de keileem geplaatst worden. In sommige gevallen is de positie van het filter t.o.v. de keileem onduidelijk, omdat geen keileem werd aangetroffen. Dit kan het verkrijgen van inzicht in de verschillen in stromingsrichting boven en onder de keileem bemoeilijken.

In het gebied zijn tevens twee permanente buizen aanwezig. Buis 20 is een relatief ondiepe buis van het Waterschap Regge en Dinkel. Buis 21 is een relatief diepe buis (25 meter beneden maaiveld) van TNO. Deze buizen zijn in het waarnemingsnet opgenomen. In bijlage 2 zijn de bodemprofielen van de boorlocaties opgenomen.

Met behulp van een waterpas-instrument is de hoogteligging van de buizen t.o.v. NAP bepaald.

De stijghoogtes in de buizen zijn in de periode maart-september twee maal per maand opgemeten, evenals de waterstand in het veen. Uit deze stijghoogtes kunnen de grondwaterstanden t.o.v. NAP berekend worden. Door middel van vergelijking van de grondwaterstanden op verschillende plaatsen kan, rekening houdend met de eventuele aanwezigheid van stagnerende lagen, de stromingsrichting van het ondiepe grondwater bepaald worden.

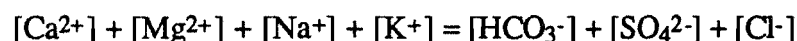
Gedurende de onderzoeksperiode zijn tweemaal grondwatermonsters uit de buizen, en watermonsters uit het veen genomen (11 april en 24 september). Deze monsters zijn geanalyseerd op de volgende parameters:

Zuurgraad (pH), Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV), de concentraties van Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ en P_2O_5 .

Door de analysegegevens te verwerken in Stiffdiagrammen kan inzicht worden verkregen in de herkomst van het in de grondwaterbuizen aanwezige grondwater en het veenwater. De concentraties van de nutriënten in het grondwater en oppervlaktewater kunnen daarnaast informatie geven over de mate waarin een eventuele externe beïnvloeding van het reservaat tot uiting komt in de grondwaterkwaliteit, en zodoende nadelige effecten kan hebben op de (half-)natuurlijke vegetatie.

De werkwijze bij het maken van Stiff-diagrammen zal hieronder kort uiteengezet worden.

Stiff diagrammen geven de concentraties en onderlinge verhouding tussen de verschillende balansionen grafisch weer. Onder balansionen (of "major-ions") worden de ionen Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} en Cl^- verstaan. Deze ionen zijn meestal meer in watermonsters aanwezig dan alle andere ionen tesamen. Hierdoor mag verwacht worden dat de hoeveelheid (balans)kationen en (balans)anionen met elkaar in evenwicht zijn. Dit kan worden gecontroleerd met de ionenbalans:



De vier kationen en drie anionen kunnen in een Stiff-diagram worden weergegeven in milli-equivalent per liter ($\text{meq/l} = \text{mmol/l} \times \text{valentie}$). In het diagram worden links de concentraties van Ca^{2+} , Mg^{2+} en $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ onder elkaar uitgezet. Rechts gebeurt dit voor resp. HCO_3^- , SO_4^{2-} en Cl^- . De punten worden met elkaar verbonden. Aan de hand van de vorm en grootte van het diagram kan het grondwater in verschillende types worden onderverdeeld.

De weergave van de ionenconcentraties in Stiff-diagrammen biedt de volgende mogelijkheden:

- de concentraties van en onderlinge verhouding tussen de verschillende balansionen in een monster zijn in één oogopslag af te lezen.
- Stiff-diagrammen worden veelal gebruikt om grondwatermonsters te plaatsen binnen een systeem van grondwatertypen.

Door combinatie van de kwalitatieve en kwantitatieve hydrologische gegevens kan inzicht verworven worden over de stromingsrichtingen van het ondiepe grondwater in het gebied, en de ruimtelijke relaties tussen de verschillende delen van het gebied, die door de ondiepe grondwaterstromen onderhouden worden.

3.2 SOORTSKARTERING

3.2.1 Methodiek

Als uitgangspunt voor de kartering is de indeling volgens Londo uit 1987 gebruikt. Per terreintype is een aantal indicatorsoorten gekarteerd.

De karteringsgegevens zijn uitgewerkt tot verspreidingskaarten. Hierbij zijn twee methoden gehanteerd:

- van de soorten die verspreid door het gebied veel voorkomen zijn de gebieden waarin deze soorten voorkomen aangegeven. Tevens is de mate waarin de soort voorkomt aangegeven;
- soorten die slechts sporadisch voorkomen zijn weergegeven op stippenkaarten. Deze kaarten geven aan waar en in welke mate de soort voorkomt.

De kartering is in mei 1988 uitgevoerd, in juli 1988 zijn de akkers bezocht en is het veengebied een tweede maal onderzocht met name op de voorkomende veenmossen. De kartering is uitgevoerd op schaal 1:5000.

De indicatorsoorten zijn op grond van de volgende criteria gekozen:

- de soorten zijn indicatief voor een trofiegraad, een zuurgraad en/of een bepaalde basenverzadiging van de bodem;
- de soorten zijn indicatief voor een bepaalde grondwaterstand;
- de indicatie die de soorten geven is goed bekend uit de literatuur;
- de soorten worden vermeld in voorgaande inventarisaties (Hulshof, 1975 en streeplijsten van het Rijksherbarium)¹;
- het zijn bij voorkeur ken- of differentiërende soorten van bestaande vegetatietypologieën (m.n. Westhoff & Den Held, 1975);
- in een aantal gevallen zijn soorten opgenomen die indicatief zijn voor verstoring, verzuring e.d.;
- in een aantal gevallen zijn soorten opgenomen, die van belang zijn voor de keuze van het toekomstige beheer.

Tijdens de kartering is de lijst aangevuld met in het veld aangetroffen relevante soorten.

Van de graslandvegetaties is per perceel een Tansley-opname gemaakt. Op basis van deze opnamen zijn de graslanden getypeerd volgens de indeling in Plantengemeenschappen van Nederland (Westhoff en Den Held, 1975)

¹ In deze inventarisaties zijn soorten als Blauwe knoop, Gevlekte orchis, Korensla en Bleekgele hennepnetel slechts zeer sporadisch aangetroffen. Wanneer dergelijke min of meer zeldzame soorten zijn aangetroffen is hiervan een notitie gemaakt.

3.2.2 Indicatorsoorten

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de in de soortskartering gebruikte indicatorsoorten. Voor iedere soort wordt een beknopte beschrijving gegeven van de karakteristieke standplaats, op basis van literatuurgegevens. Tevens wordt een lijst met de hiervoor geraadpleegde literatuur gegeven. De nummers bij de beschrijving verwijzen naar deze lijst.

Soorten van de droge heide

Struikheide (Calluna vulgaris).

Droge, zure, voedselarme plaatsen (2,5,10).

Pilzegge (Carex pilulifera).

Onder zure, doch matig voedselrijke omstandigheden in droge heides en heischrale graslanden. Op kalkarme (uitgeloogde) leembodems (1,10).

Duivelsnaaigaren (Cuscuta epithymum).

Voedselarme, zure, droge bodem (10).

Stekelbrem (Genista anglica).

Op zure tot matig zure, droge tot vochtige, mineraalrijkere zandbodems, op zandgronden met leem in de ondergrond (2,5,10).

Kruipbrem (Genista pilosa).

Op zure, droge tot vochtige, mineraalrijkere zandbodems, op zandgronden met leem in de ondergrond (2,5).

Bochtige smele (Deschampsia flexuosa).

Soort van voedselarme bossen, vergraste heides en kapvlakten. Op droge, zure, matig voedselarme plaatsen (1,10).

Borstelgras (Nardus stricta).

Op droge, zure, lemige soms kleiachtige bodem. Op zuiver zand alleen wanneer het grondwater relatief voedselrijker is en binnen het bereik van de vegetatie staat (2).

Soorten van de vochtige heide

Dophei (Erica tetralix).

Kan bij extreme fosfaatarmoede droger staan dan Struikheide, overigens op vochtige tot natte, voedselarme plaatsen (1).

Pijpestrootje (Molinia caerulea).

Op vochtige, voedselarme plaatsen met enigszins wisselende (soms verstoorde) grondwaterstand (10).

Tormentil (Potentilla erecta).

Zure, voedselarme, matig vochtige tot vochtige bodem (2,6,10).

Klokjesgentiaan (Gentiana pneumonanthe).

Op vochtige, voedselarme plaatsen waar enigszins verrijkt grondwater over de keileem aangevoerd wordt (1,10).

Veenbies (Scirpus cespitosus).

Constance hoge waterstanden, oligotroof, zuur weinig zand (2,5).

Blauwe zegge (Carex panicea).

Op vochtige plaatsen, waar de keileem dicht onder de oppervlakte voorkomt; zwak zure tot matig basische condities. Ook op moerige bodems met stagnerend regenwater (1,4).

Heidekartelblad (Pedicularis sylvatica).

Op zure, voedselarme, natte tot vochtige plaatsen met over de keileem afstromend grondwater, of daar waar de keileem dicht onder de oppervlakte ligt. (1,10).

Kleine zonnedaauw (Drosera intermedia).

Op mineraalarme, natte, vaak afgeplagde plaatsen. Iets voedselrijker dan Ronde zonnedaauw (2).

Bruine snavelbies (Rhynchospora fusca).

Vochtig, voedselarm en zuur milieu. Vaak op afgeplagde plaatsen (2).

Veldrus (Juncus acutiflorus).

Op plaatsen waar enigszins verrijkt, maar voedselarm grondwater over de keileem aangevoerd wordt. Op de overgang van zand- naar veengronden (1,10).

Soorten van (hoog)veen

Veenmossen (Sphagnum spec.).

Afhankelijk van de aangetroffen soorten, in matig zuur tot zuur, voedselarm tot zeer voedselarm milieu (1,6).

Eenaarig wollegras (Eriophorum vaginatum).

Oligo- tot meso-oligotrafent, zuur milieu (2).

Veenpluis (Eriophorum angustifolium).

Matig zure, voedselarme milieus (4,10).

Veenbes (Oxycoccus palustris).

Zure, voedselarme milieus (4).

Pitrus (Juncus effusus).

Schommellende waterstanden en eutrofiëring (6).

Snavelzegge (Carex rostrata).

Brede amplitudo ten aanzien van zuurgraad en basenverzadiging. In vennen, moerassen en langs waterkanten (2,4).

Zompzegge (Carex curta).

Matig voedselrijke tot voedselarme, matig zure veenmoerassen, langs vennen. In beekdalen karakteristiek voor zure omstandigheden, veelal bij de toestroming van arme watertypes of licht verrijkt grondwater (2,10).

Zwarte zegge (Carex nigra).

Algemeen op vochtige tot natte, matig voedselrijke, zwak zure plaatsen (2,10).

Oeverzegge (Carex riparia).

Soort van de voedselrijke grote zeggenmoerassen. Op plaatsen waar (zee-)klei is afgezet. Ook daar waar in een oorspronkelijk voedselarm milieu en verstoring in de vorm van eutrofiëring is opgetreden (4).

Soorten van bossen

In het veld zijn de voorkomende soorten genoteerd. Deze soorten zijn ingedeeld op basis van referentie 2,7 en 8.

Jeneverbes (Juniperus communis).

Droge, voedselarme zure bodem.

Grote wolfsklauw (Lycopodium clavatum).

Droge, voedselarme zure bodem.

Veelbloemige salomonszegel (Polygonatum multiflorum).

Vochtige, voedselarme zwak zure bodem.

Blauwe bosbes (Vaccinium myrtillus).

Vochtige tot droge, voedselarme zure bodem.

Smalle stekelvaren (Dryopteris carthusiana).

Vochtige tot droge, matig voedselrijke tot voedselarme bodem.

Brede stekelvaren (Dryopteris dilatata).

Vochtige, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem.

Soorten van akkers (ref. 2,8 en 9)

Graanakkers:

Slofhak (Anthoxanthum aristatum).

Droge, matig voedselrijk akkers die reeds eeuwenlang in cultuur zijn.

Eenjarige hardbloem (Scleranthus annuus).

Droge, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem.

Korenbloem (Centaurea cyanus).

Droge, matig voedselrijk tot voedselrijke bodem.

Akkerviooltje (Viola arvensis).

Droge tot vochtige, matig voedselrijke bodem.

Middelst-vergeet-mij-niet (Myosotis arvensis).

Vochtig tot droog, matig voedselrijk, op leem, löss en zavelgrond.

Kleine leeuweklauw (Aphanes microcarpa).

Vochtige, matig voedselrijke kalkbodem.

Rode ogentroost (Odontites verna).

Op leem, löss en zavelgrond (2).

Hakvruchtakkers:

Canadese fijnstraal (Erigeron canadensis).

Droge, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem.

Veld-ereprijs (Veronica agrestis).

Vochtig tot droog, zeer voedselrijk, op löss, zavel, lichte klei.

Paarse dovenetel (Lamium purpureum).

Vochtige, zeer voedselrijke bodem.

Overige soorten van akkers:

Zandhoornbloem (Cerastium semidecandrum).

Droge, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem.

Zandraket (Arabidopsis segetum).

Droge, matig voedselarme tot voedselrijke bodem.

Moerasdroogbloem (Gnaphalium uliginosum).

Natte tot vochtige, matig voedselrijke bodem.

Witte krodde (Thlaspi arvense).

Vochtig tot droog, matig tot voedselrijk (2)

Bronnen:

- 1 Everts, F.H., A.P. Grootjans & N.P.J. de Vries, 1984. Vegetatiekartering Drentse Aa. Laaglandbekenprojekt no 5. SBB/RU Groningen.
- 2 Westhoff, V. & A.J. Den Held, 1975. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme Zutphen.
- 4 Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1986. Landschapsoecologisch onderzoek "Roden-Norg". Van der Wal en Langbroek, Leeuwarden.
- 5 De Smidt, J.T., 1981. De Nederlandse heidevegetaties. KNNV med.nr.144. Hoogwoud.
- 6 Jansen, A.J.M. & R. van Diggelen, 1987. Landschapsoecologische methodenstudie naar de effecten van grondwaterwinning. Deel 1,2 en 3. Langbroek, Leeuwarden.
- 7 Kop, L.G. & W. van Zeist, 1960. Twente-natuurhistorisch; II de bodem en de bossen. KNNV med. nr.37. Hoogwoud.
- 8 Runhaar, C.L.G., L. Groen, R. van der Meijden & R.A.M. Stevers, 1987. Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria 13, 11/12:276-359.
- 9 Bannink, J.F., H.N. Leys & I.S. Zonneveld, 1974. Akkeronkruidvegetatie als indicator van het milieu, in het bijzonder de bodemgesteldheid. Stiboka, Wageningen.
- 10 Ellenberg, H., 1974. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX, Göttingen.

Figuur 8 geeft een landschapsoecologisch rangordemodel, zoals dat van toepassing is op de Borkeld (naar Bakker et al, 1986). Hierbij is een aantal niveaus te onderscheiden met een van boven naar beneden afnemende dominantie. In principe beïnvloeden alle niveaus elkaar. Dit gebeurt ofwel direct, ofwel indirect via tussengelegen niveaus. De van boven naar beneden wijzende dikke pijl geeft aan dat veranderingen op een hoog niveau zeer sterk kunnen doorwerken op alle lagere niveaus. Veranderingen op een lager niveau hebben over het algemeen een minder sterk effect op de hoger gelegen niveaus.

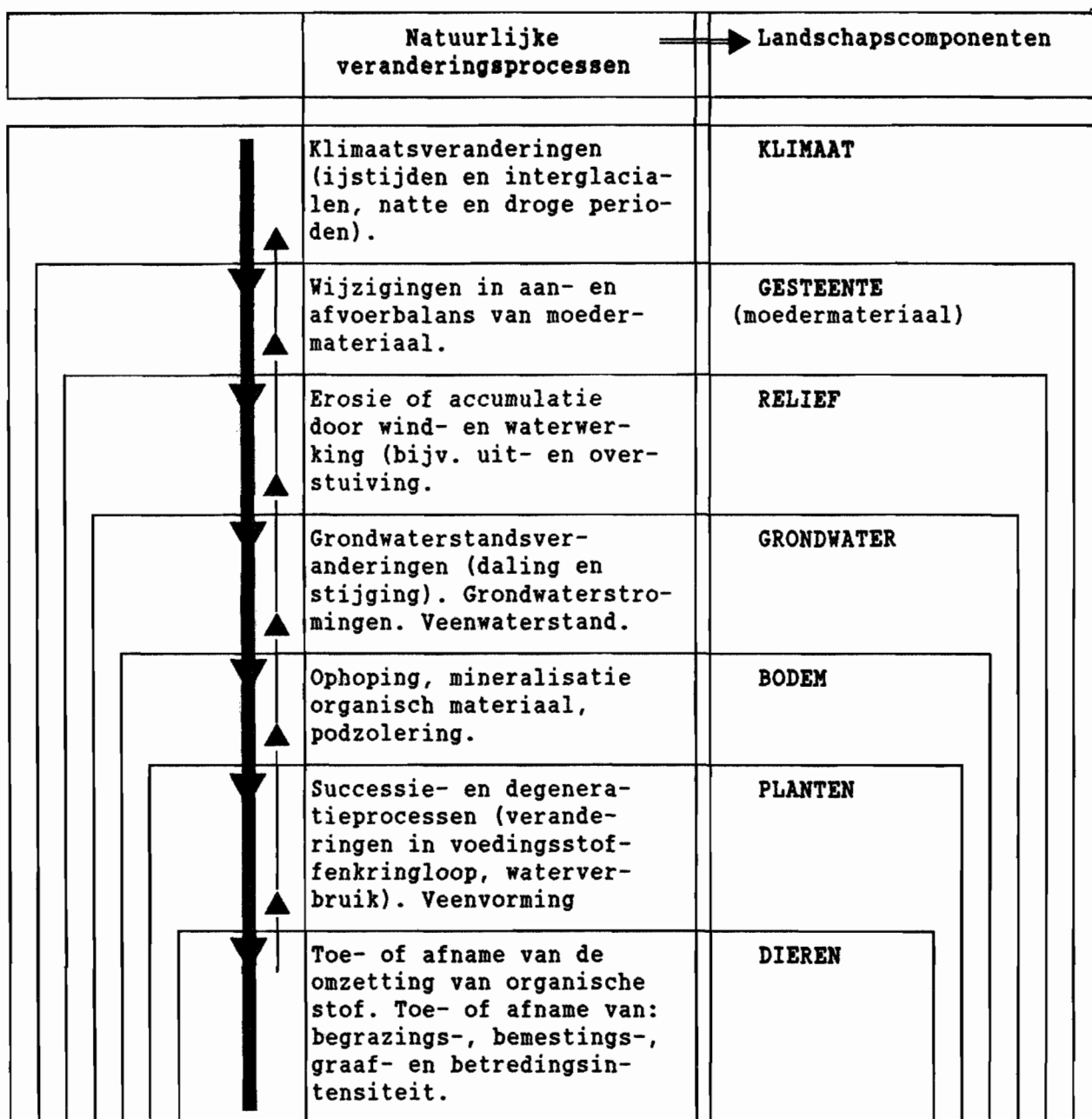
Uit het figuur blijkt dat het grondwater dominant is over de bodem. Dit betekent dat de bodemontwikkeling (dus ook de ontwikkeling van veenbodems) en bodemvruchtbaarheid in belangrijke mate gestuurd wordt door de hydrologische omstandigheden. Het grondwater kan dus zowel direct als indirect (via de sturende werking op de bodem) beschouwd kan worden als de belangrijkste sturende factor bij het tot stand komen van hoge natuurwaarden (planten en dieren in het figuur). Door de hydrologische situatie in het reservaat te onderzoeken kunnen de ruimtelijke relaties tussen de verschillende gebiedsdelen in kaart worden gebracht, en kan inzicht worden verkregen in de relaties tussen de hydrologie en de vegetatie.

Daarnaast is in het figuur zichtbaar dat de geologie (gesteente) en de geomorfologie (reliëf) op hun beurt weer belangrijke invloed uitoefenen op de hydrologie. Inzicht in de geologie en geomorfologie van het gebied is daarom onontbeerlijk voor een goede interpretatie van de hydrologische gegevens.

De op basis van het onderzoek verzamelde hydrologische gegevens en soorts-verspreidingsgegevens worden geïntegreerd in een landschapsoecologische gebiedsindeling. De hiervoor gebruikte methode kan gekarakteriseerd worden als landschapsoecologisch op vegetatiekundige grondslag (zie Everts & De Vries, 1986; Jansen & Van Diggelen, 1987). Dit betekent dat landschapseenheden op grond van vegetatiekenmerken worden afgegrensd. In dergelijk landschapsoecologisch onderzoek gaat men er van uit dat de vegetatie de resultante is van een binnen een gebied werkzaam stelsel van abiotische factoren. Op basis hiervan kan door een confrontatie van verspreidingspatronen van soorten met abiotische factoren, inzicht worden verkregen in de relatie tussen de verspreiding van plantesoorten en geohydrologische parameters (slecht doorlatende lagen, waterstanden, waterkwaliteit). Op basis van de relaties tussen abiotische factoren en verspreiding van plantesoorten worden modellen gegenereerd. Hierin wordt de veronderstelde samenhang tussen de verschillende componenten van een landschapseenheid weergegeven.

Dit gebeurt door de voornaamste abiotische en vegetatiekundige variatie van een landschapseenheid te ordenen op basis van de hiërarchie van de verschillende kenmerken. Deze integratie, en uiteindelijk ook de gebiedsindeling is gebaseerd op zgn. chorische eenheden. Dit zijn landschapseenheden met een karakteristieke variatie, die zich ruimtelijk binnen de eenheid herhaalt. Daarbij hoort een karakteristieke vegetatiesamenstelling. Op basis van de zo verkregen kennis over de binnen het reservaat aanwezige relaties kan een beheer gevoerd worden, dat is gericht op versterking (of eventueel verzwakking) van deze relaties. Op deze wijze kunnen de aanwezige natuurwaarden in het gebied optimaal behouden, of eventueel worden vergroot.

Het onderzoeksgebied wordt op basis van de verspreiding van een aantal, in 3.2. genoemde soorten opgedeeld in landschapseenheden. De indicatie die deze soorten geven over de abiotische omstandigheden van de standplaats is bekend (zie 3.2.). Op grond van deze indicatie kan een hypothetisch model over de wederzijdse beïnvloeding van de vegetatie en het abiotisch milieu opgesteld worden.



Figuur 8: Landschapsoecologisch rangordemodel, van toepassing op de Borkeld. (naar Bakker et al., 1986)

Met behulp van de, al dan niet door middel van eigen onderzoek, verzamelde gegevens over met name bodemgesteldheid en waterhuishouding kan dit model nader genuanceerd worden, en kunnen de indicaties van de soorten voor de Borkeld nauwer omschreven worden.

Van iedere onderscheiden landschapseenheid wordt een korte beschrijving gegeven van achtereenvolgens: geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem en vegetatiesamenstelling. Vervolgens worden deze gegevens geïntegreerd en vindt een beknopte beschrijving plaats van de binnen de landschapseenheid werkzame processen en relaties. Hierbij wordt met name ingegaan op:

- de positie van de eenheid in het hydrologisch systeem van het gebied;
- de relatie tussen vegetatiesamenstelling en bodemgesteldheid;
- de relatie tussen vegetatiesamenstelling en waterhuishouding.

4 RESULTATEN

4.1 WATERHUISHOUDING

4.1.1 Grondwaterstanden

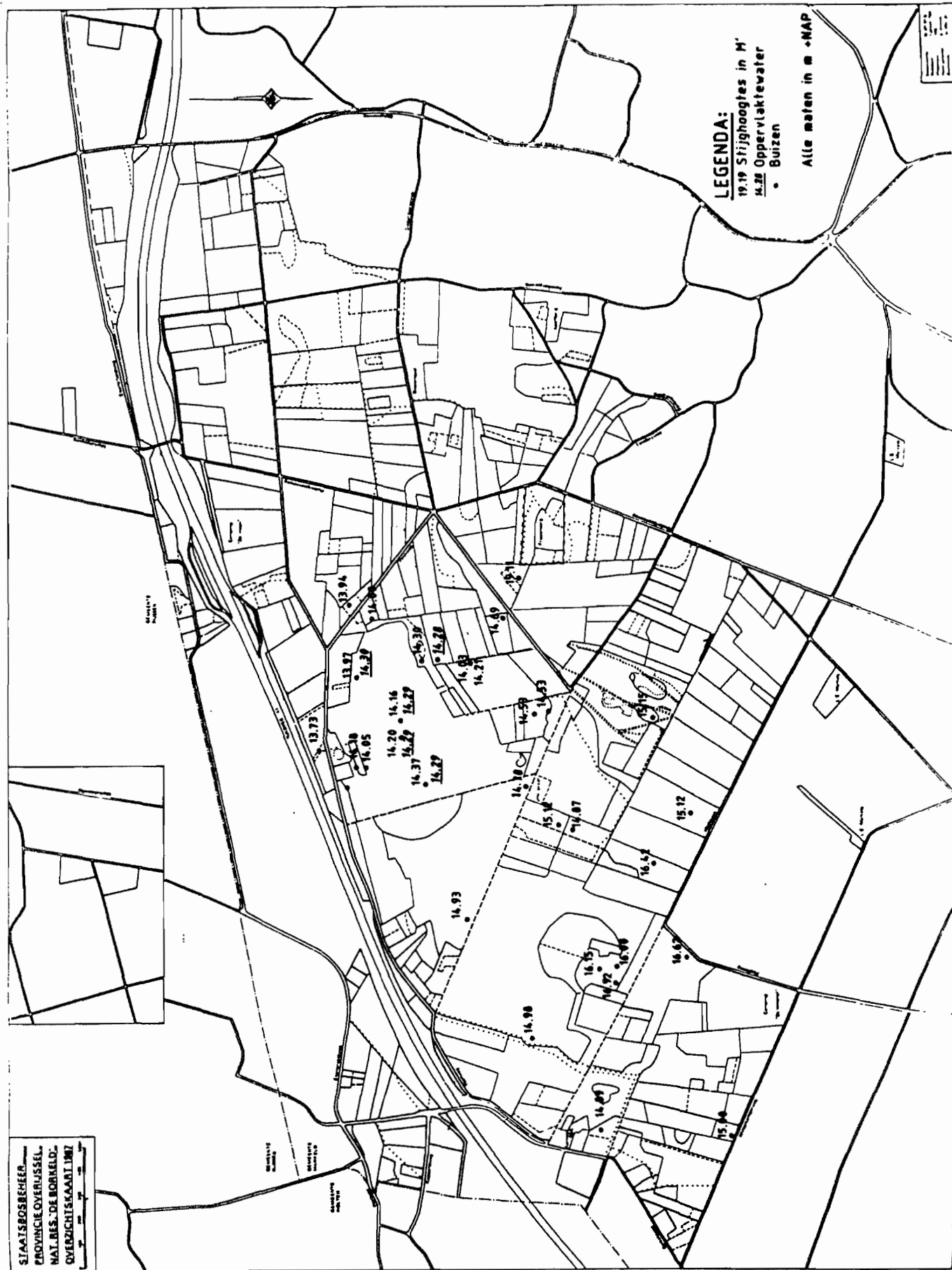
Tabel 5 geeft de stijghoogtegegevens zoals die in de periode maart-september 1988 zijn verzameld. In de figuren 9 t/m 11 zijn de stijghoogtes van 28-4, 28-7 en 29-9 op kaart aangegeven. Tevens is het stijghoogteverloop op een aantal raaien en op een aantal punten aangegeven in grafiekvorm, in de figuren 12 en 13.

Het buizennet in het onderzoeksgebied kan in een aantal raaien en/of groepen onderverdeeld worden:

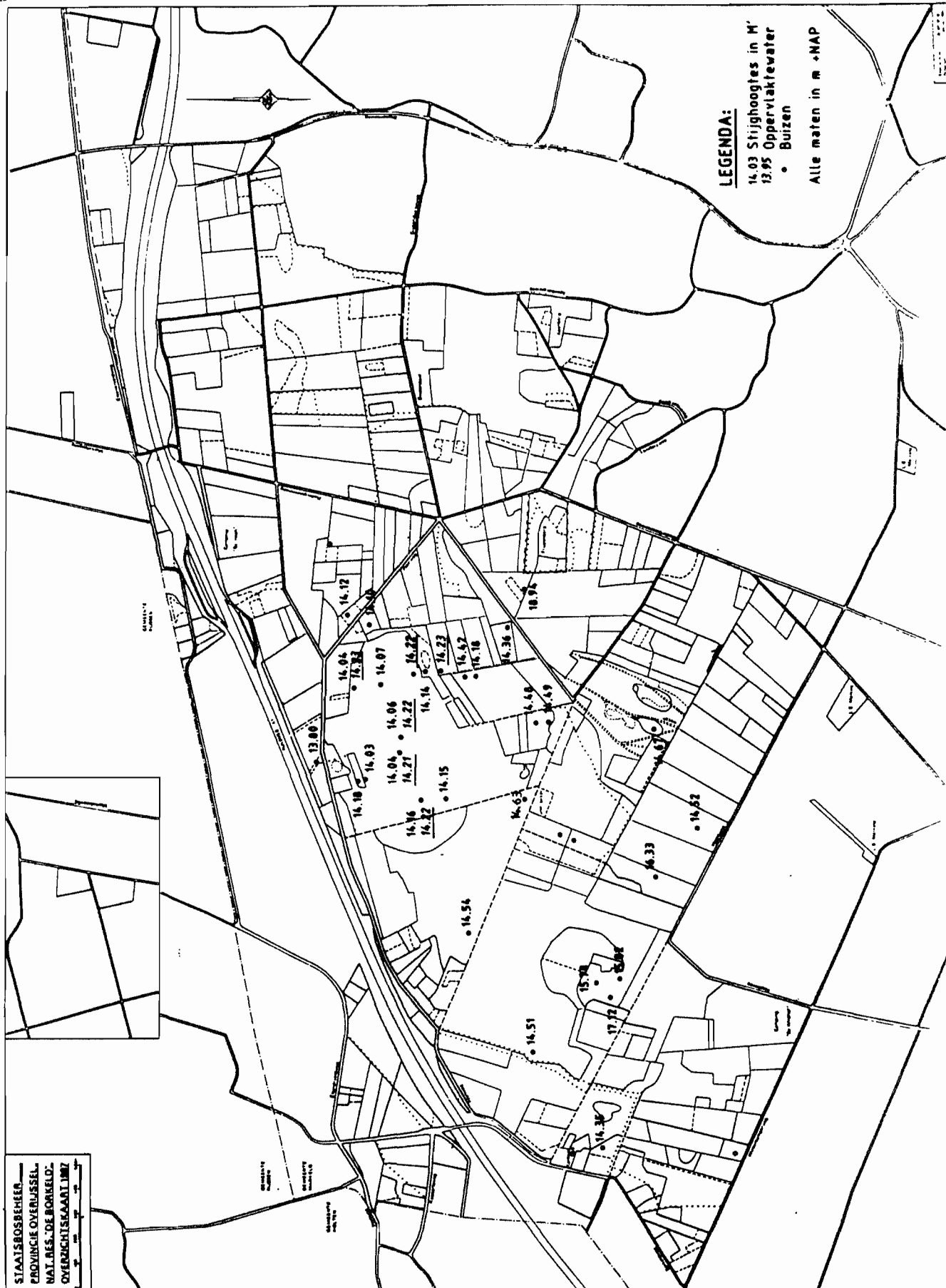
1. buizen en peilpunten in het Elzenerveen: 1/1p, 2/2p, 3/3p, 4/4p, p9, 10, p11, 34 en 35;
2. een raai lopend van de Friezenberg naar het Elzenerveen: 15, 8, 16, 17, 3/3p;
3. een raai lopend van het leemkuilengebied op De Hocht naar het Elzenerveen: 25, 18, 19, 3/3p;
4. een raai lopend van het heidegebied naar het Elzenerveen: 23, 20, 1/1p;
5. een raai lopend van het Elzenerveen naar de Rijksweg: 2/2p, 12, 13, 14;
6. een raai lopend van het Elzenerveen naar de oostelijke Veenweg: 3/3p, 34, 6, 7.
7. buizen in het westelijke deel van het gebied en in De Hocht: 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 en 33.

Tabel 5
Grondwaterstanden over de periode maart-september 1988

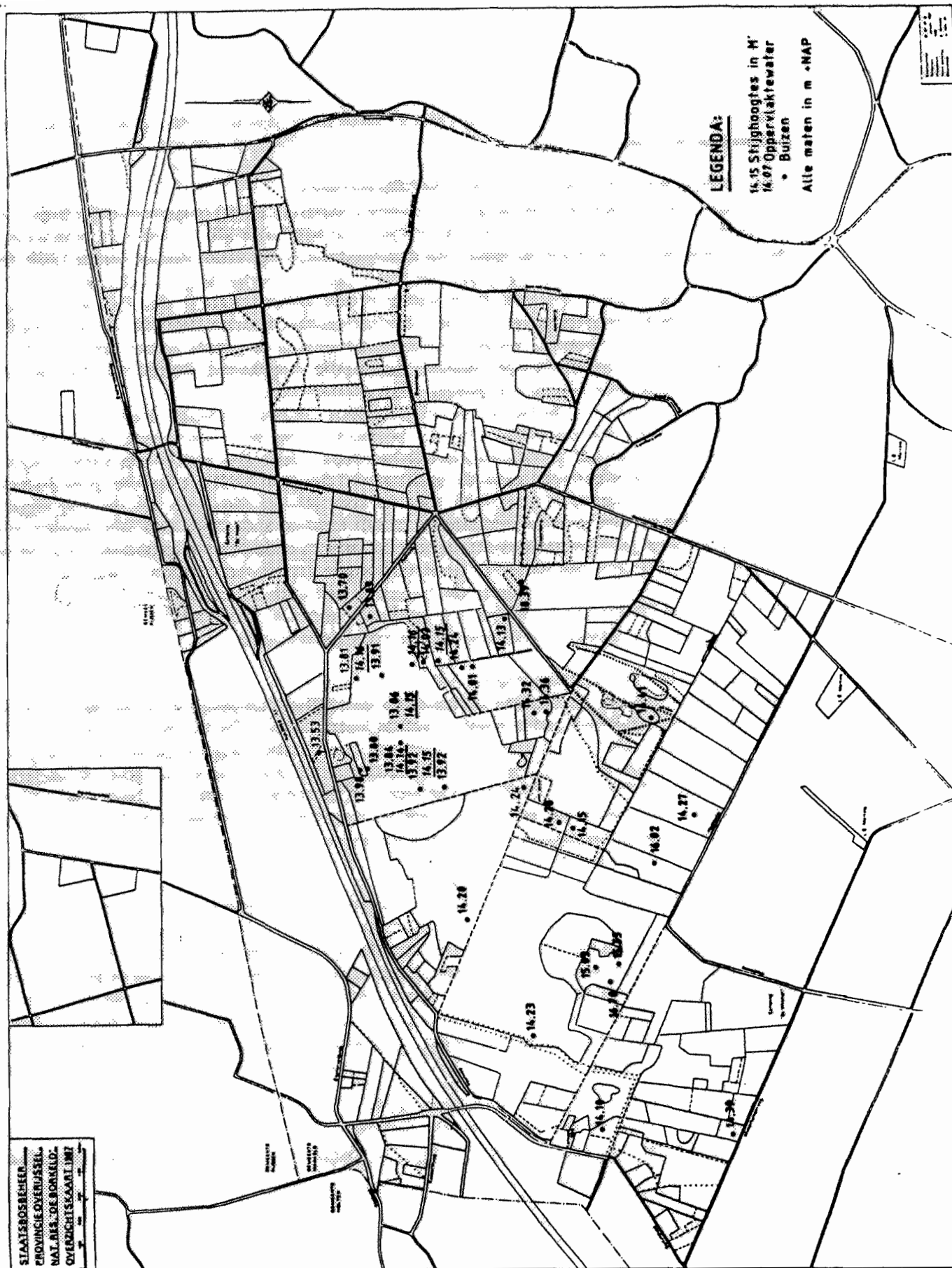
Buis nr.	Hoogte m+NAP	Filterdiepte m-MV	15-3 m+NAP	30-3	13-4	28-4	17-5	26-5	14-6	27-6	15-7	28-7	15-8	29-8	15-9	28-9	
1	14.41	2.55	11.86	14.41	-	14.41	14.37	14.10	14.04	13.90	13.90	13.95	14.16	13.94	13.87	13.89	13.92
1p	14.41	-	-	14.41	-	14.34	14.29	14.21	14.17	14.16	14.10	14.13	14.22	14.16	14.16	14.14	14.15
2	14.38	2.43	11.95	14.38	-	14.20	14.20	10.23	13.87	13.85	13.75	13.84	14.04	13.82	13.83	13.79	13.84
2p	14.38	-	-	14.38	-	14.34	14.29	14.20	14.16	14.15	14.10	14.13	14.21	14.25	14.15	14.13	14.14
3	14.36	2.25	12.11	14.36	-	14.36	14.16	13.96	13.91	13.87	13.78	13.85	14.06	-	13.86	13.82	13.86
3p	14.36	-	-	14.37	-	14.36	14.29	14.20	14.16	14.15	14.10	14.13	14.22	-	14.15	14.14	14.15
4	14.46	2.53	11.93	14.32	-	14.10	13.97	13.80	13.77	13.79	13.67	13.82	14.04	13.78	13.82	13.79	13.81
4p	14.46	-	-	14.41	-	14.35	14.30	14.22	14.17	14.17	14.11	14.14	14.23	14.17	14.16	14.15	14.16
6	14.42	1.95	12.47	14.34	14.34	14.21	14.09	13.90	13.84	13.81	13.71	13.89	14.10	13.75	13.84	13.73	13.89
7	14.73	?	?	14.43	14.50	14.20	13.94	13.57	13.49	13.50	13.41	13.74	14.12	13.50	13.63	13.48	13.70
8	16.38	3.97	12.41	14.83	14.95	14.79	14.69	14.54	14.46	14.39	14.30	14.25	14.36	14.22	14.20	14.13	14.13
9p	14.28	-	-	14.40	14.41	14.32	14.28	14.20	14.16	14.15	14.10	14.13	14.23	14.12	14.12	14.14	14.15
10	14.30	1.90	12.40	14.30	14.30	14.30	14.30	14.07	14.03	14.01	13.93	14.01	14.14	13.97	14.01	13.96	14.03
11p	14.43	-	-	-	-	-	14.30	14.19	14.15	14.15	14.09	14.12	14.22	14.15	14.14	14.12	14.16
12	14.63	3.83	10.80	-	14.39	14.09	14.05	13.88	13.79	13.74	13.60	13.78	14.03	13.75	13.79	13.65	13.80
13	14.84	1.25	13.59	-	14.42	14.39	14.18	13.97	13.80	13.73	13.57	14.03	14.18	13.72	13.95	13.71	13.98
14	15.06	4.00	11.06	-	14.23	13.89	13.73	13.50	13.41	13.41	13.29	13.43	13.80	13.40	13.48	13.37	13.53
15	19.60	1.90	17.70	19.49	19.47	19.33	19.11	18.56	18.42	18.49	18.33	18.65	18.94	18.23	18.37	18.23	18.39
16	14.90	6.10	8.80	-	14.50	14.30	14.21	14.04	14.00	14.02	13.94	14.06	14.18	13.92	13.99	13.90	14.01
17	14.92	2.10	12.82	-	14.71	14.23	14.03	13.77	13.78	13.95	13.78	14.21	14.42	13.85	14.04	13.93	14.24
18	14.96	3.60	11.36	14.65	14.67	14.57	14.53	14.35	14.27	14.29	14.22	14.47	14.49	14.20	14.33	14.30	14.36
19	14.76	1.30	13.46	14.64	14.65	14.56	14.53	14.35	14.24	14.29	14.22	14.46	14.48	14.18	14.35	-	14.32
20	16.40	3.17	13.23	-	15.22	15.11	14.78	14.59	14.53	14.46	14.35	14.35	14.63	14.35	14.30	14.22	14.24
21	17.35	25.00	-7.65	15.04	15.21	15.00	14.87	14.68	14.59	14.44	14.37	14.28	14.42	14.27	14.23	14.11	14.15
22	17.28	4.70	12.58	-	15.54	15.25	15.12	14.90	14.76	14.67	14.57	14.46	14.54	14.44	14.39	14.30	14.28
23	17.46	5.00	12.46	-	15.25	15.01	14.93	14.69	14.64	14.48	-	14.31	14.54	14.33	14.27	14.25	14.20
24	15.95	5.00	10.95	15.20	15.24	15.07	14.98	-	14.85	14.64	14.56	14.44	14.51	14.42	14.37	14.27	14.23
25	18.43	5.03	13.40	15.03	15.13	14.91	15.15	15.02	14.98	14.88	14.81	14.73	14.67	14.58	14.52	14.43	14.41
26	17.28	5.00	12.28	-	15.44	15.30	15.12	14.89	14.83	14.70	14.59	14.44	14.52	14.40	14.34	14.26	14.27
27	17.93	5.03	12.90	17.03	17.18	16.53	16.42	16.06	16.02	15.91	droog	15.81	16.33	-	15.98	15.89	16.02
28	17.01	3.70	13.52	-	16.71	16.54	16.15	15.63	15.54	15.44	15.22	15.16	15.78	15.25	15.10	14.98	15.03
29	17.69	3.05	14.64	15.55	16.36	14.78	16.00	15.89	15.82	15.78	15.64	15.66	15.82	15.71	15.63	15.58	15.33
30	17.79	1.08	16.71	17.45	17.45	17.13	16.92	16.72	-	16.70	droog	16.69	17.12	16.72	16.67	16.68	16.70
31	19.34	4.00	15.34	17.06	17.30	17.01	16.62	15.89	15.74	15.59	15.48	droog	droog	droog	droog	droog	droog
31b	19.34	4.00	15.34	-	-	-	-	-	-	-	-	droog	droog	?	14.61	14.55	14.53
32	16.38	5.20	11.18	15.44	15.52	15.18	15.00	14.80	14.69	14.60	14.50	14.44	14.91	14.56	14.44	14.38	14.39
33	16.64	5.00	11.64	-	-	-	14.89	14.72	14.61	14.48	14.36	14.21	14.35	14.26	14.21	14.14	14.10
34	14.58	7.00	7.58	-	-	-	-	-	-	-	-	14.24	14.07	13.86	13.90	13.86	13.91
35	14.57	7.00	7.57	-	-	-	-	-	-	-	-	13.96	14.15	13.95	13.92	13.87	13.92



Figuur 9: Stijghoogtes 28 april 1988 (in m +NAP)



Figuur 10: Stijghoogtes 28 juli 1988 (in m +NAP)



Figuur 11: Stijghoogtes 29 september 1988 (in m +NAP)

Hieronder zal het stijghoogteverloop tussen maart en september 1988 op deze raaien kort besproken worden.

Grond- en oppervlaktewaterstanden in het Elzenerveen.

In figuur 12A worden de stijghoogtes en waterstanden in en bij respectievelijk buis 3 en peilpunt 3 weergegeven. Deze grafiek is representatief voor alle in het veen aanwezige meetpunten, en laat zien dat de oppervlaktewaterstand in het veen continu hoger blijft dan de grondwaterstand. Omdat de potentiaal van het veenwater hoger is dan die van het grondwater zal er een neiging tot neerwaartse stroming (wegzijging) zijn. Het water onder de veenbodem zal in ieder geval niet naar het veenpakket kunnen stromen. De wegzijging is waarschijnlijk vrij beperkt, omdat het potentiaalverschil de gehele zomer gelijk blijft.

Alleen bij buis 1 is in het vroege voorjaar de situatie omgekeerd. Wellicht is hier sprake van een overdruk door een sterke aanvoer van grondwater.

Het stijghoogteverloop in de buizen wordt enigszins verzwakt gevolgd door de oppervlaktewaterstand. Dit zou enerzijds kunnen betekenen dat er contact bestaat tussen het oppervlaktewater en het grondwater onder het veen. Het water zou in wat nattere tijden (bijv. juli) sneller afgevoerd naar de ondergrond hetgeen leidt tot hogere grondwaterstanden. Dit is echter in tegenspraak met de voorgaande conclusie dat de wegzijging beperkt is. De hogere grondwaterstanden in juli kunnen anderzijds ook een gevolg zijn van een grotere grondwatertoevoer vanuit de omliggende hogere gronden. Ook in de randzone van het veen zijn namelijk sterk verhoogde grondwaterstanden aangetroffen.

In figuur 12B worden de standen in de buizen in het veen onderling vergeleken. De stijghoogtes in de buizen lopen globaal van zuid naar noord af. Dit betekent dat er een noordwaarts gerichte grondwaterstroom onder het veen aanwezig is.

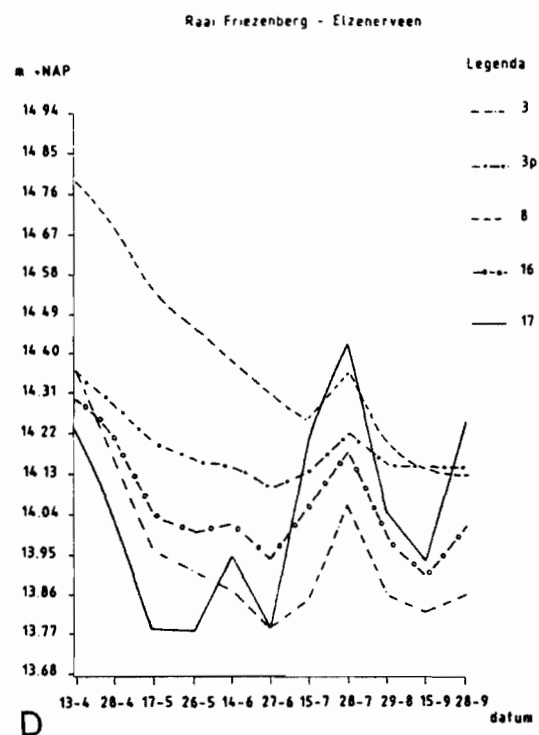
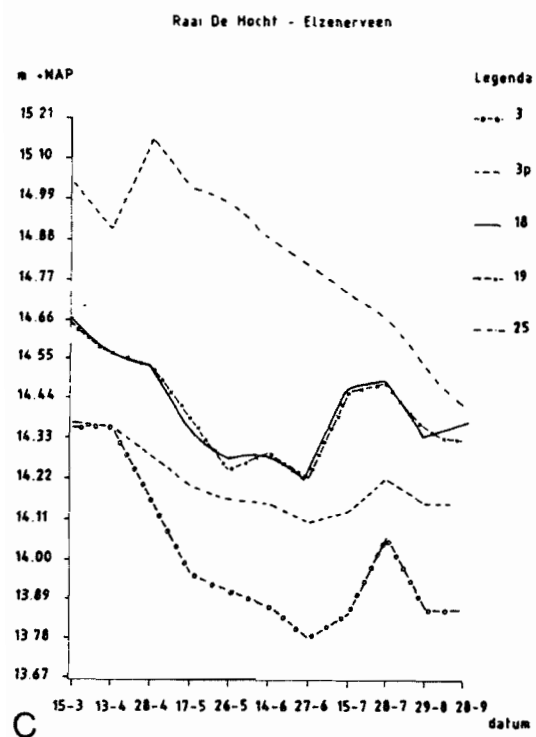
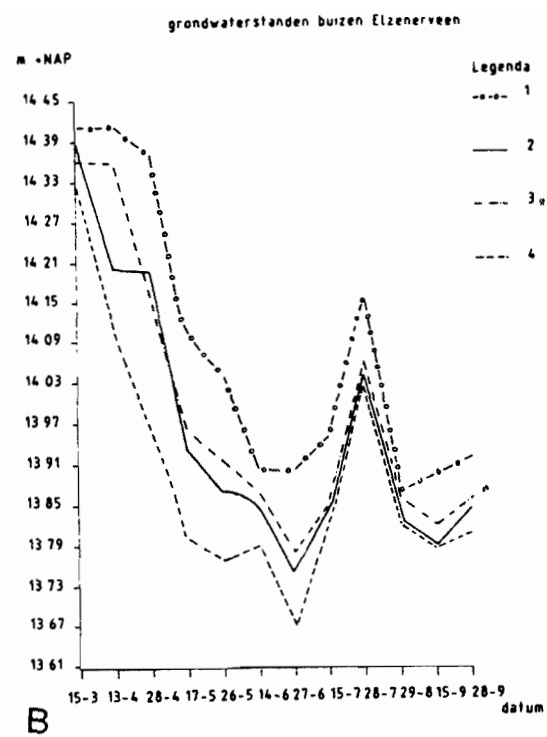
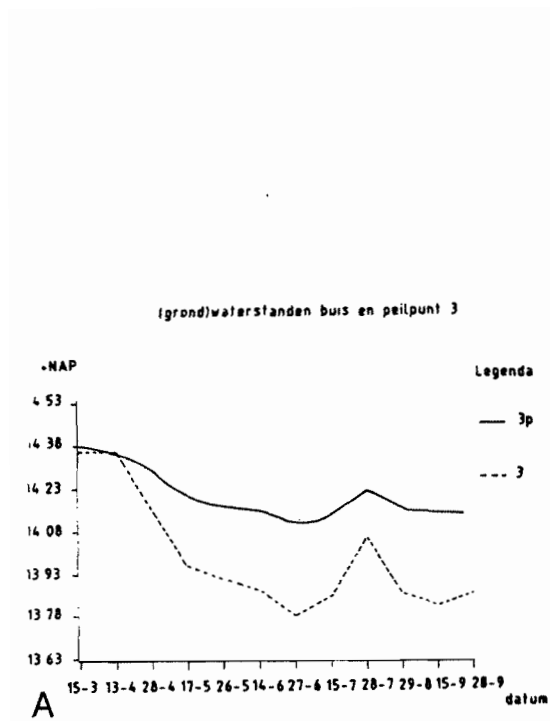
Raai De Hocht - Elzenerveen. Figuur 12C

Op deze raai vindt een geleidelijke afname van de stijghoogtes plaats in de richting van het veen. Dit betekent dat het grondwater vanaf de leemkuilen in De Hocht in de richting van het veen stroomt. De buizen 18 en 19 vertonen een parallel stijghoogteverloop, hetgeen betekent dat beiden in hetzelfde watervoerende pakket staan; er is dus geen scheidende laag aanwezig. Bij buis 3 is deze wel aanwezig in de vorm van een meerbodernafzetting. De standen in de randzone zijn hoger dan de oppervlaktewaterstand in het veen. Van hieruit kan dus omgevingswater in het veen stromen.

Raai Friezenberg - Elzenerveen. Figuur 12D

Op deze raai ligt het stromingspatroon van het grondwater meer gecompliceerd. Vanaf de Friezenberg stroomt het water naar de randzone van het veen. In deze randzone zijn de stijghoogtes, zeker in het voorjaar, lager dan de oppervlaktewaterstand in het veen. Dit zou toestroming in het veen verhinderen. Enigszins verstorend hierop werkt buis 17, die een vreemd stijghoogteverloop heeft: lage standen in het voorjaar, hoge standen in de zomer. Dit zou kunnen wijzen op een niet goed functioneren van het filter. Buis 16 en 17 liggen in hetzelfde watervoerende pakket. Scheidende lagen zijn niet aangetroffen. Een stijghoogteverloop conform buizen 18 en 19 zou dan voor de hand moeten liggen. Buis 16 laat een meer natuurlijk stijghoogteverloop zien.

Halverwege de helling van de Friezenberg, ter hoogte van buis 15 is een smalle kwelzone aanwezig van grondwater dat over de keileem afstroomt, en hier vrijwel aan de oppervlakte komt. Het voedingsgebied van deze kwelzone strekt zich uit tot het gebied ten oosten van de Friezenberg.



Figuur 12: Stijghoogteverloop in het veen en op een tweetal raaien tussen de hogere gronden en het Elzenerveen

Raai Heidegebied - Elzenerveen. Figuur 13A

Het stromingspatroon lijkt hier op dat van de raai vanuit De Hocht. In het voorjaar en de eerste helft van de zomer vindt toestroming van het grondwater uit de hogere gronden plaats tot in het veen. Het verschil tussen de stijghoogtes in de buizen 23 en 20 en de oppervlaktewaterstand in het veen wordt geleidelijk kleiner. Vanaf augustus vindt dan een omgekeerde stroming plaats: het water uit het veen stroomt naar de randzone. De waterstand in het veen is beter gebufferd dan de grondwaterstanden in de omringende zandgronden.

Raai Elzenerveen - Rijksweg. Figuur 13B

De afname in stijghoogtes in de buizen in de zandondergrond wordt ook hier voortgezet. De oppervlaktewaterstand is altijd hoger dan de stijghoogtes in de noordelijker gelegen buizen. Dit betekent dat er geen toestroming naar het veen plaats vindt. Buis 13 heeft een enigszins vreemd stijghoogteverloop. Mogelijk zijn slecht doorlatende lagen hier debet aan. Bij buis 12 is een aantal leemhoudende laagjes aangetroffen. Het stijghoogteverloop reageert dan zeer sterk op neerslagverschillen.

Raai Elzenerveen - Veenweg Oost. Figuur 13C

Naar het noordoosten toe neemt de stijghoogte in de buizen af. Dit bevestigt de noordelijke stroming van het grondwater onder het veen. In natte perioden lijkt deze stroming tijdelijk te stagneren of zelfs om te keren (maart, juli), wellicht vanwege de sterk toegenomen grondwatertoevoer vanuit de omliggende zandgronden. De oppervlaktewaterstand in het veen is altijd hoger dan de stijghoogtes in de buizen. Dit betekent dat er een stroming van het veen af aanwezig is, en er geen water tot in het veen kan toestromen.

De Hocht. Figuur 13D

Het grondwaterstromingspatroon in en om De Hocht is moeilijk te interpreteren, vanwege de onzekere verspreiding van de keileem in het gebied. De grondwaterstanden in de buizen 27, 29 en 31 zijn veel hoger dan die in de buizen 25 en 26. Bij de eersten is wel keileem aangeboord, maar is niet zeker of er niet meerdere lagen onder aanwezig zijn. Bij de laatsten is met grotere waarschijnlijkheid geen keileem meer aanwezig (ze liggen op plaatsen waar de keileem afgegraven is). Dit zou het sterke stijghoogteverschil met de buizen 25 en 26 kunnen verklaren. Is er geen keileem aanwezig dan vindt er een toestroming van het gewone grondwater plaats in de richting van het leemkuilengebied. Is er wel keileem aanwezig dan vindt er een oppervlakkige toestroming plaats in deze richting, maar is de stromingsrichting van het gewone grondwater niet bekend. In het voorjaar stroomt het

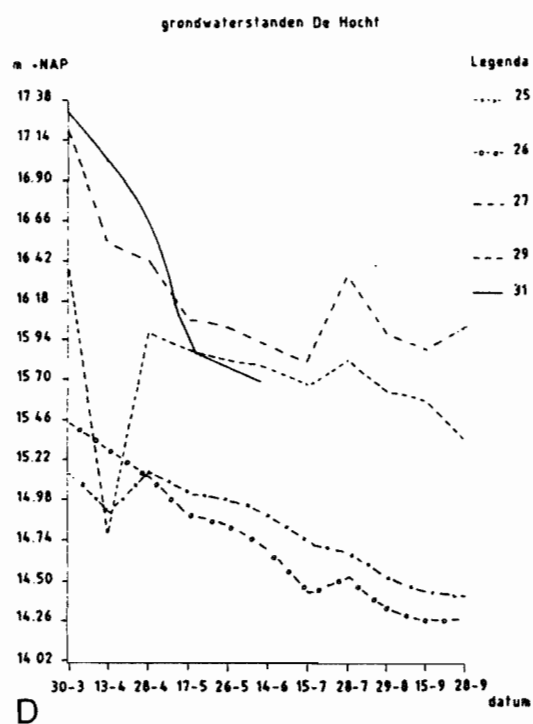
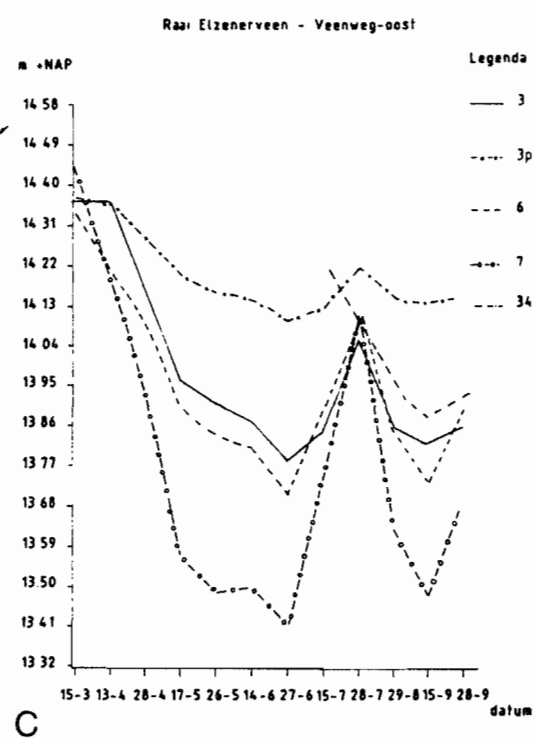
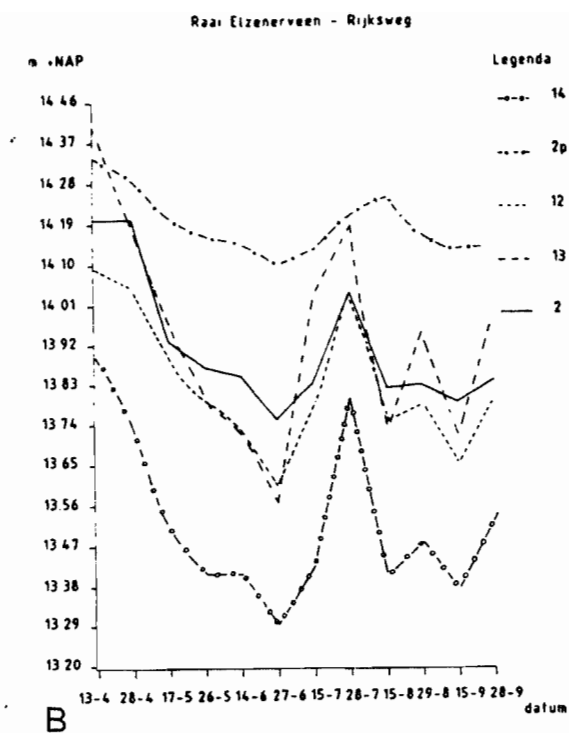
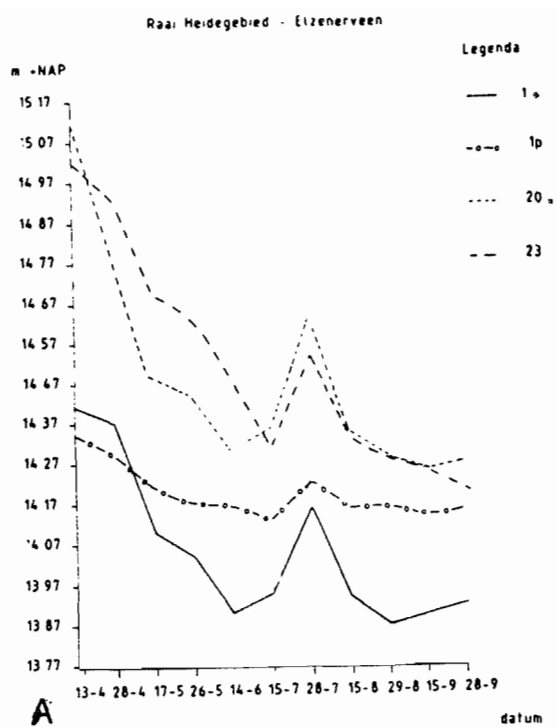
grondwater door tot aan buis 25, in de zomer stroomt het echter tot aan buis 26, en vindt vanaf buis 25 een omgekeerde stroming plaats.

In de winter en het voorjaar stagneert regenwater op plaatsen met keileem in de ondergrond. In het gebied rond de leemkuilen is dit goed waarneembaar. De niet afgegraven delen hoger gelegen delen zijn hier vochtig, terwijl de leemkuilen zelf relatief droog zijn. In de loop van het voorjaar verdwijnt dit op de keileem stagnerende water.

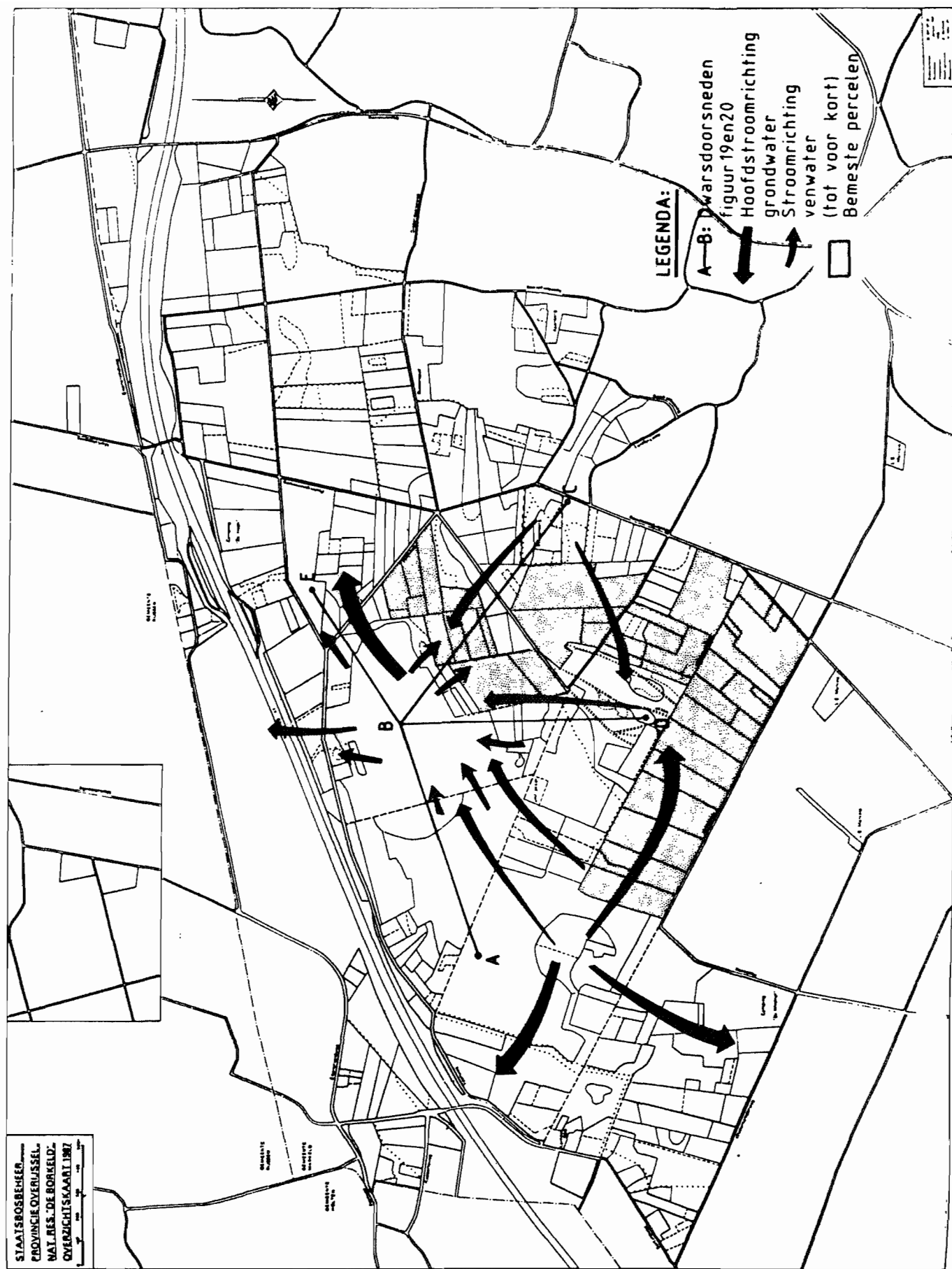
In de figuren 14 en 15 staan de stromingsrichtingen aangegeven van het ondiepe grondwater, zoals deze op basis van de hierboven besproken gegevens aanwezig moeten zijn. Figuur 14 geeft de situatie in het vroege voorjaar weer (april), figuur 15 de situatie in de late zomer (eind augustus).

Naast de stromingsrichting van het grondwater, gebaseerd op de grondwaterstanden t.o.v. NAP, is ook de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld van belang voor de vegetatie. Met name in gebieden met hoofdzakelijk voedselarme omstandigheden, kunnen

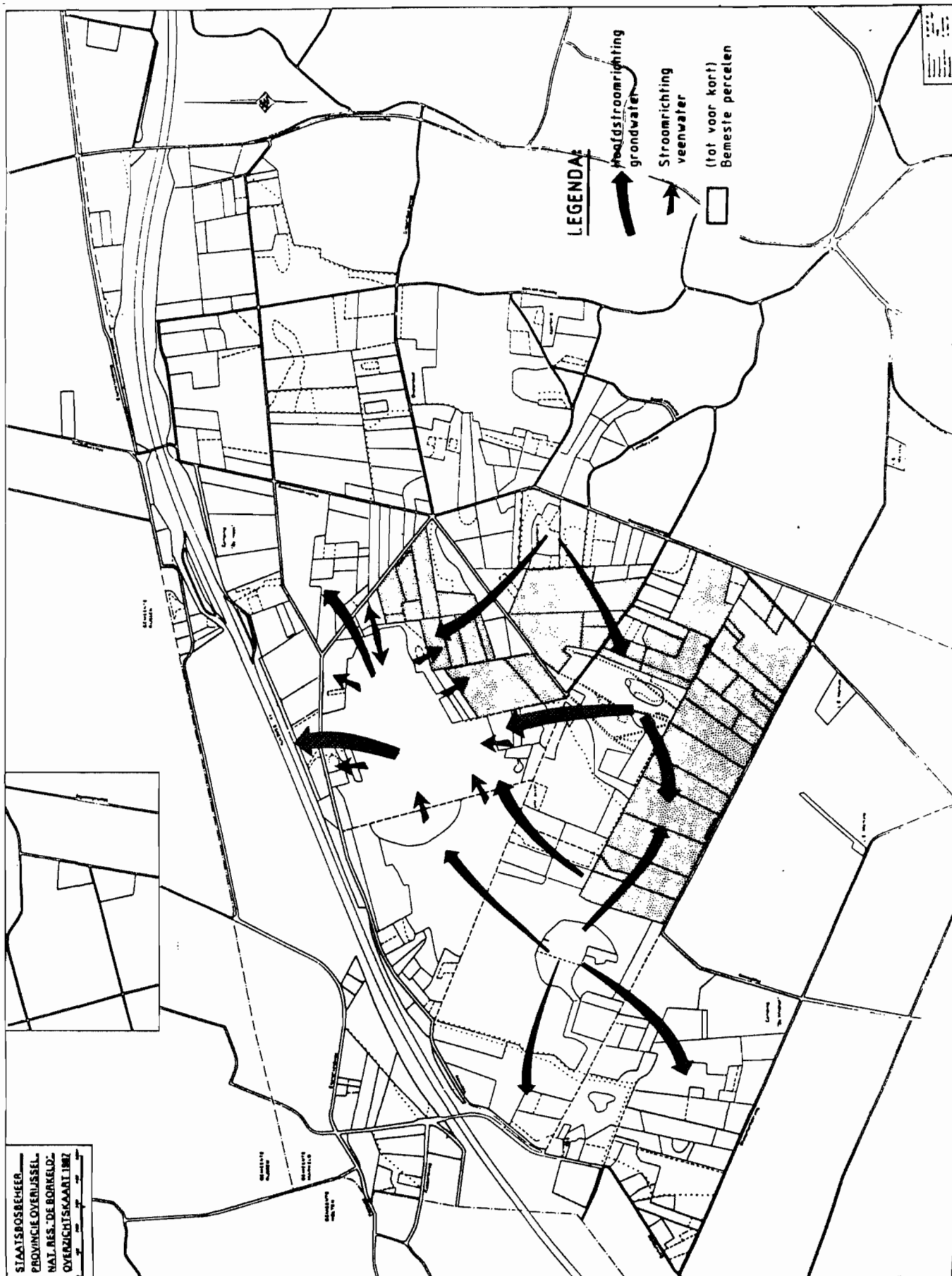
verschillen in vochtvoorziening leiden tot een sterke differentiatie in de vegetatie. Deze standen kunnen worden achterhaald uit de grondwatertrappen. In figuur 16 wordt de grondwatertrappenkaart van De Borkeld gegeven. Deze kaart is enigszins verouderd, en geeft op een aantal plaatsen niet de actuele situatie weer.



Figuur 13: Stijghoogteverloop op een drietal raaien tussen de hogere gronden en het Elzenerveen en in De Hocht



Figuur 14: Globaal stromingspatroon van het ondiepe grondwater in april



Figuur 15: Globaal stromingspatroon van het ondiepe grondwater in augustus

4.1.2 Waterkwaliteit

Op 11 april en 24 september 1988 zijn uit de meeste geplaatste grondwaterbuizen monsters genomen. Deze zijn op het Laboratorium voor Plantenoecologie van de Rijksuniversiteit Groningen geanalyseerd op de in 3.1. genoemde parameters. Een overzicht van de analyseresultaten wordt gegeven in de tabellen 6 en 7.

Na later is gebleken zijn de calcium-concentraties van de monsters 25, 26 en 31 van 11 april waarschijnlijk te hoog. Dit staat in verband met het fout bemonsteren van deze buizen. Van deze hoge calciumconcentraties zou zeker 3 à 5 meq/l afgetrokken kunnen worden. Dit is als zodanig in de Stiff-diagrammen van figuur 17 aangegeven.

Legenda bij figuur 16

Gt	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII*
GHG	(<20)	(<40)	<40	>40	<40	40-80	>80	>140
GLG	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	(>160)	(>160)

Gt = grondwatertrap;

GHG = gemiddelde hoogste grondwaterstand;

GLG = gemiddelde laagste grondwaterstand



Figuur 16: Grondwatertrappenkaart van de Borkeld; situatie 1978-1980 (naar: Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000. kaartblad 28 West)

Tabel 6
Analysegegevens 11 april 1988

Buis	pH	EGV uS/cm	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l	CO ₂ mg/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l	P ₂ O ₅ mg/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	NH ₄ ⁺ mg N/l
B4opp	4.7	49	0.11	0.09	0.15	0.08	0.03	18.5	0.19	0.24	0.15	0.00	0.25
B10opp	4.7	51	0.14	0.10	0.16	0.09	0.10	22.9	0.22	0.22	0.30	0.50	0.31
B1	4.6	235	0.68	0.69	0.19	0.13	0.00	94.6	2.06	0.29	0.53	0.01	4.47
B2	5.0	77	0.79	0.52	0.25	0.41	0.35	208.1	1.93	0.35	1.89	0.00	1.16
B3	5.4	74	0.24	0.14	0.21	0.09	0.17	51.5	0.79	0.35	0.30	0.10	2.39
B6	4.2	153	0.17	0.09	0.35	0.10	0.00	299.2	0.62	0.75	2.46	0.01	0.92
B7	4.6	212	1.36	0.22	0.19	0.34	0.05	98.6	0.33	0.27	1.30	14.81	0.12
B8	4.4	117	0.47	0.10	0.19	0.09	0.00	22.0	0.33	0.23	1.53	2.56	0.00
B12	5.0	116	0.39	0.30	0.25	0.07	0.00	143.0	0.49	0.28	1.53	0.04	0.36
B13	4.2	77	0.09	0.04	0.17	0.04	0.00	44.9	0.34	0.22	0.37	0.23	0.06
B14	4.9	440	1.33	1.17	0.77	0.78	0.04	62.9	1.65	0.85	0.07	18.36	0.68
B15	5.1	715	3.58	2.96	1.23	0.13	0.08	36.1	0.72	0.96	4.12	69.40	0.37
B16	4.2	225	0.42	0.46	0.59	0.10	0.00	84.0	1.16	0.82	3.06	0.50	2.72
B17	4.7	253	1.34	0.70	0.37	0.37	0.06	95.5	1.46	0.47	1.40	7.28	0.05
B18	3.9	295	0.20	0.16	0.58	0.06	0.00	120.6	1.74	0.85	4.72	0.05	0.43
B19	5.0	94	0.86	0.17	0.10	0.10	0.09	82.3	0.48	0.22	2.93	0.25	0.04
B20	4.0	128	0.11	0.06	0.13	0.03	0.00	49.7	0.27	0.24	2.13	6.23	0.05
B21	6.0	76	0.21	0.11	0.31	0.08	0.27	15.4	0.17	0.28	0.14	0.65	0.00
B22	3.9	220	0.25	0.24	0.25	0.04	0.00	81.4	0.49	0.27	2.99	15.81	0.01
B23	5.4	89	0.72	0.60	0.18	0.05	0.10	17.6	0.32	0.16	4.12	3.00	0.09
B24	4.3	58	0.09	0.04	0.10	0.02	0.06	21.1	0.20	0.14	1.43	1.14	0.00
B25	6.5	380	8.34	1.10	0.24	0.04	3.63	26.4	0.46	0.35	6.51	0.01	0.01
B26	6.6	420	6.74	0.77	0.35	0.03	3.39	32.6	0.92	0.58	2.56	0.00	0.02
B27	5.8	260	1.82	0.67	0.69	0.57	0.82	92.4	1.57	0.41	2.26	0.00	0.56
B28	4.2	91	0.20	0.16	0.18	0.03	0.00	96.8	0.43	0.24	0.50	0.35	0.18
B29	5.8	138	1.10	0.30	0.29	0.73	0.96	66.0	0.56	0.22	2.63	0.01	1.59
B30	6.1	173	2.07	0.32	0.45	0.20	1.46	55.4	0.96	0.26	3.59	0.00	0.04
B31	6.0	233	5.27	3.93	0.53	0.48?	0.88	28.2	1.60	0.46	4.12	0.06	0.24
B32	5.9	365	2.80	1.29	0.48	0.23	1.13	33.0	2.33	0.34	2.99	0.01	0.02
Uitl.	4.5	55	0.17	0.11	0.15	0.07	0.00	16.3	0.21	0.27	0.23	0.00	0.17

Tabel 7
Analysegegevens 24 september 1988

Buis	pH	EGV uS/cm	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l	CO ₂ mg/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l	P ₂ O ₅ mg/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	NH ₄ ⁺ mg N/l
B1opp	3.8	59	0.09	0.07	0.16	0.03	0.00	48.40	0.39	0.25	0.01	0.00	0.96
B2opp	4.7	74	0.31	0.17	0.20	0.05	0.13	219.56	3.20	0.29	0.06	0.13	1.29
B3opp	3.9	51	0.07	0.05	0.15	0.02	0.00	33.88	0.60	0.19	0.00	0.12	0.85
B4opp	4.0	53	0.11	0.06	0.17	0.05	0.00	36.52	0.39	0.23	0.09	0.01	0.90
1	-	-	0.62	0.55	0.18	0.12	-	-	1.40	-	0.25	0.18	8.05
2	4.9	66	0.07	0.05	0.16	0.04	0.00	178.20	1.87	0.34	0.03	-	-
3	4.9	137	0.68	0.38	0.26	0.14	0.18	119.24	3.02	0.27	0.06	2.05	4.79
4	5.3	67	0.17	0.03	0.17	0.07	0.20	50.60	1.13	0.38	0.45	3.16	1.77
6	4.0	121	0.17	0.02	0.34	0.05	0.00	279.40	1.14	0.62	0.00	0.00	0.70
7	4.4	169	1.00	0.15	0.16	0.33	0.03	151.36	6.70	0.19	0.04	0.00	5.84
8	5.0	97	0.49	0.08	0.15	0.09	0.24	20.24	0.40	0.33	0.11	5.23	0.94
9	4.4	48	0.09	0.08	0.16	0.03	0.05	34.32	0.47	0.46	0.08	0.00	0.95
10	4.8	72	0.25	0.12	0.22	0.10	0.33	203.72	0.97	0.19	0.19	4.16	0.46
12	4.3	59	0.09	0.02	0.16	0.01	0.00	59.40	0.43	0.31	0.00	0.05	3.10
13	5.0	127	0.21	0.15	0.24	0.06	0.26	103.84	1.10	0.31	0.07	5.07	2.22
14	5.3	292	0.91	0.66	0.56	0.48	0.27	47.96	0.87	0.62	0.05	12.60	0.08
15	6.3	482	2.28	1.35	1.06	0.38	-	-	6.62	0.92	0.11	42.21	0.03
16	4.1	341	0.17	0.29	0.64	0.08	0.00	102.08	1.49	0.79	0.07	0.00	2.13
17	5.1	214	0.92	0.40	0.36	0.34	0.21	76.56	1.00	0.45	0.00	3.51	0.61
18	5.5	175	0.15	0.10	0.60	0.04	0.00	124.96	0.98	0.98	0.00	0.00	0.74
19	4.9	82	0.50	0.11	0.07	0.08	1.19	41.36	1.11	0.26	0.06	0.78	0.07
20	5.4	69	0.14	0.06	0.14	0.10	0.22	37.40	0.32	0.15	0.00	3.27	0.24
21	5.9	91	0.33	0.11	0.33	0.08	0.34	18.92	0.36	0.16	0.00	0.82	0.18
22	3.8	218	0.21	0.19	0.27	0.04	0.00	90.64	0.72	0.34	0.00	13.61	0.33
24	5.9	100	0.20	0.04	0.18	0.09	0.55	39.60	0.44	0.15	0.23	9.36	5.95
26	6.4	369	2.16	0.47	0.51	0.31	2.95	65.56	0.50	0.61	0.05	5.35	0.08
27	5.1	202	0.74	0.36	0.61	0.24	0.18	86.24	1.01	0.43	0.05	0.05	1.77
28	5.6	88	0.17	0.10	0.16	0.04	0.51	60.28	-	0.19	0.05	4.37	1.15
29	5.7	98	0.74	0.20	0.24	0.21	0.86	55.44	0.85	0.34	0.06	2.65	0.02
31	4.7	372	1.29	0.00	0.57	0.09	0.16	40.48	3.73	0.60	-	18.03	1.50
32	5.7	220	0.91	0.71	0.31	0.25	0.59	32.12	1.04	0.24	0.01	0.94	0.03
33	4.5	196	0.77	0.36	0.28	0.16	0.07	51.48	1.11	0.35	0.00	4.71	0.04
34	5.1	355	0.86	0.41	0.57	0.10	0.00	187.88	2.07	0.29	0.00	0.61	8.46
35	5.0	698	2.56	1.62	0.60	0.16	0.00	289.08	6.62	0.34	0.00	0.07	1.08

Door de analyseresultaten samen te vatten in Stiff-diagrammen kan op eenvoudige wijze de verspreiding van verschillende grondwatertypes onderzocht worden.

In de figuren 17 en 18 worden de Stiffdiagrammen gegeven van de op respectievelijk 11 april en 24 september genomen monsters. Op basis van de waterkwaliteiten, zoals die tot uiting komen in de Stiffdiagrammen, kan het gebied in drie deelgebieden opgedeeld worden:

1. Het Elzenerveen met randzones.
2. Een strook lopende van De Hocht naar het westen, globaal overeenkomend met het gebied waar keileem in de ondiepe ondergrond aanwezig is (of was); de onmiddellijke omgeving van de Friezenberg.
3. De overige delen van het gebied.

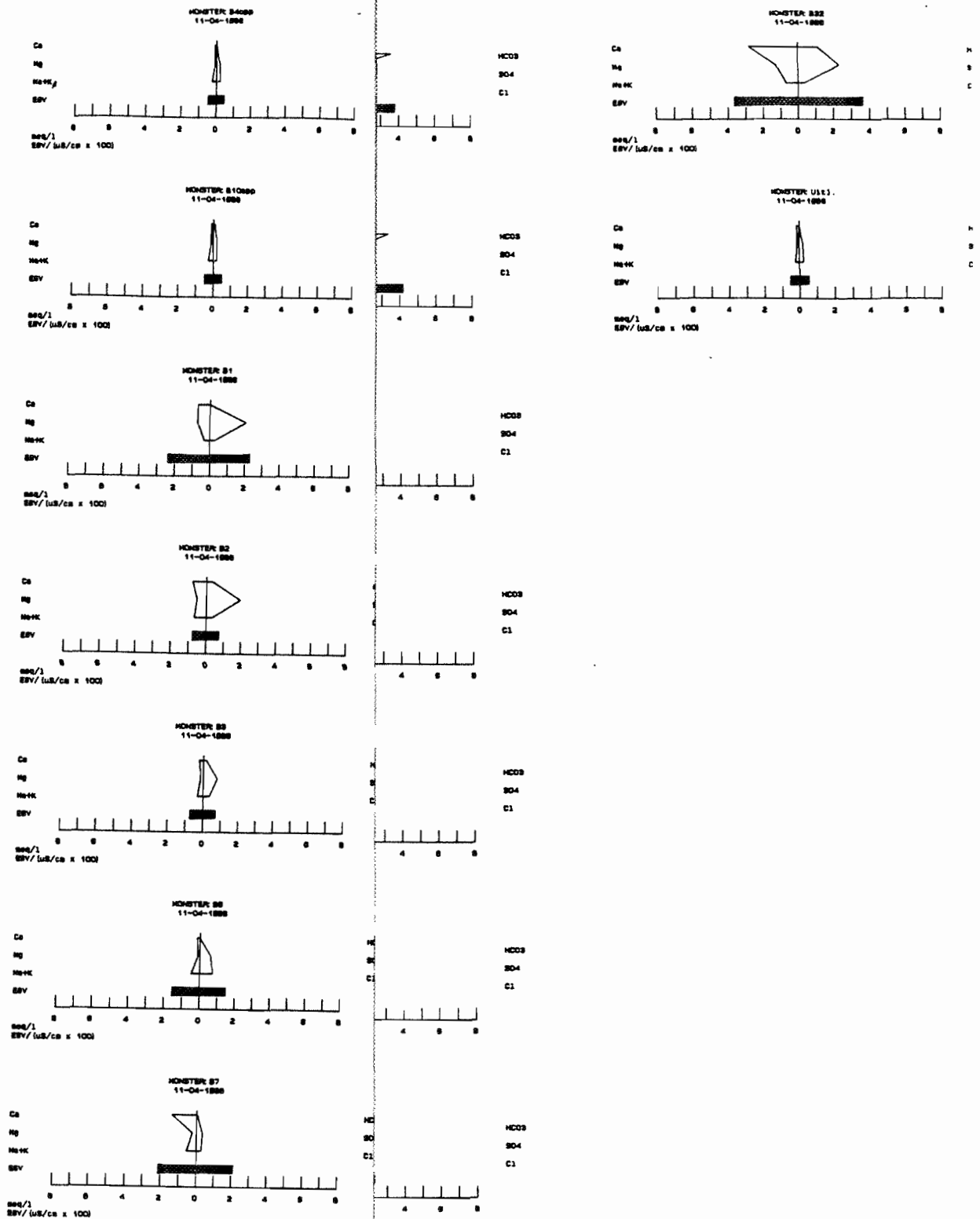
Ad 1.

De waterkwaliteiten van de buizen met filters in of net onder de meerbodemaafzetting onder het Elzenerveen (1,2,3 en 6) vertonen het karakteristieke patroon voor ombrotroof veenwater. Dit water heeft een grote overeenkomst met regenwater, maar onderscheidt zich hiervan door het ontbreken van bicarbonaat (te zure omstandigheden) en een hogere sulfaat-concentratie (Streefkerk & Casparie, 1987). De ammoniumconcentraties zijn relatief hoog, fosfaat- en nitraat-concentraties zijn laag. De buizen met het filter op grotere diepte onder het veen (34 en 35) vertonen een veel mineraalrijker watertype. Dit wijst erop dat de invloed van het veenwater hier zeer gering is geworden, en de invloed van gerijpt grondwater toeneemt.

De monsters die in april genomen zijn van het oppervlaktewater in het veen (4 en 10) zijn sterk verwant aan regenwater: zeer lage ionogene belasting en lage concentraties van nutriënten. Deze monsters zijn genomen uit de bovenste waterlaag, waar zich regenwater bevindt. In september is het oppervlaktewater op grotere diepte bemonsterd. Deze monsters vertonen een grotere verwantschap met het grondwater in de buizen in het veen. Wel is het sulfaat-gehalte beduidend lager. Dit kan veroorzaakt worden door het feit dat het oppervlaktewater relatief kort aanwezig is in het veen, en zodoende nog niet "gerijpt" is tot het karakteristieke veenwatertype.

Uit bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het veenwater is in principe van goede kwaliteit. De hoge ammoniumconcentraties kunnen hun oorzaak vinden in de tot voor kort sterk wisselende waterstanden in het veen, waardoor organisch materiaal kon mineraliseren. Door het gereduceerde milieu ontstaan door opzetten van de veenwaterstand, wordt de minerale stikstof nu omgezet in ammonium.
- Het ombrotrofe veenwater kan blijkbaar door de slecht doorlatende veenbodem heendringen, waardoor dit water ook in het bovenste deel van de zandondergrond wordt aangetroffen. Gezien potentiaalverschil tussen het veenwater en het water onder de veenbodem (zie 4.1.1.) kan deze wegzijging optreden. Ook bij zeer langzame wegzijging kan zich op deze wijze een aanzienlijke hoeveelheid veenwater ophopen (tot enkele meters diepte) onder de veenbodem.
- In perioden met grote neerslagoverschotten (zoals de winter van 1988) vormt zich een regenwaterlens op het veen, gekenmerkt door zeer mineraal-arm en ten opzichte van het veenwater vooral sulfaat-arm water.



Figuur 17: Stiff-diagramm

LIBI&P-DBO

De buizen die in de randzone van het veen zijn geplaatst (buizen 7, 12, 14, 16, 17, 18, 19) vertonen in de meeste gevallen een watertype dat sterke gelijkenis vertoont met het watertype dat aanwezig is onder het veen. Wel vertonen de monsters onderling kleine verschillen. Zo hebben de ondiepere buizen (7, 17, 19) een iets verhoogde calciumconcentratie. Ook de monsters in de randzone worden gekarakteriseerd door relatief hoge sulfaatgehalten en lage concentraties van de andere ionen. Omdat ook de chlorideconcentraties laag zijn lijkt hier geen sprake te zijn van landbouwinvloeden. Wel vertonen deze monsters iets verhoogde fosfaat- en/of nitraat concentraties t.o.v. de meeste andere monsters. Deze zijn echter alsnog dermate laag, dat niet van geëutrofeerd grondwater kan worden gesproken.

Het voorkomen van deze watertypes wijst op een beïnvloeding van de randzone door het water uit het veen. Met name de sulfaat-concentraties wijzen hierop, en onderscheiden deze monsters van de buizen met infiltratiewater (zie ad. 3).

Onduidelijk blijft de situatie bij de buizen 18 en 19. Uit de kwantitatieve gegevens blijkt dat hier een toestroming plaats vindt van grondwater uit de Hocht. De kwalitatieve gegevens doen vermoeden dat deze stroming niet tot in het veen doorzet, of wellicht op grotere diepte onder het veen door gaat.

Ad 2.

Het gebied waar keileem in de ondergrond aanwezig is, wordt gekenmerkt door matig verrijkte watertypes onder deze keileem (buizen 25, 26, 27, 30, 31 en 32, zie figuren 17 en 18). Ondanks het feit dat er een fout is gemaakt bij de bepaling van de calciumconcentraties bij de monsters 25, 26 en 31, wijzen ook de bicarbonaat-concentraties op een, ten opzichte van de omliggende gebieden, hoge mineralenrijkdom van het grondwater. Opvallend is dat de diepe buis van TNO (no. 21) op 25 meter diepte een zeer laag geïoniseerd watertype heeft. Dit maakt het optreden van een mineraalrijke kwelstroom onwaarschijnlijk. Ook de sterke variatie in ionensamenstelling wijst het optreden van kwel af. Eerder lijken deze watertypes tot stand te komen door een relatief snelle oplossing van calcium- en magnesiumhoudende mineralen uit de keileem. Omdat keileem nooit geheel ondoorlatend is, kan een belangrijk deel van het gevallen regenwater door de keileem heen sijpelen, en hierbij mineralen uit de keileem oplossen. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van de samenstelling, dikte en consistentie van de keileem en de verblijftijd van het water.

De geologische gegevens (Bannink & Pape, 1968; Ebbers & Visschers, 1983) vermelden voor het gebied alleen het voorkomen van kalkarme of kalkloze keileem vermelden. Ook een eigen meting van de kalkrijkdom van de keileem, wijst op het vrijwel ontbreken van kalk. De leemafzettingen rond het Hocht-gebied bestaan echter uit twee soorten: gele keileem, die door ons is aangeboord en donkere keileem welke door de steenfabrieken wordt gebruikt. Deze donkere keileem bevat kalk volgens de steenfabriek.

Omdat dit kalkrijke grondwater alleen aanwezig is onder de keileem, vindt geen beïnvloeding plaats van de vegetatie. Het op de keileem stagnerende regenwater is mineraalarm, en regenwaterachtig.

Ten noorden van het keileemgebied worden vrijwel nergens hoge calcium- en magnesiumgehalten gevonden. Dit betekent dat ondiepe afstroming van het grondwater, vanuit het keileemgebied in noordelijke richting, op basis van de waterkwaliteitsgegevens niet op lijkt te treden. Dit is vooralsnog in tegenspraak met de kwantitatieve gegevens. Wellicht stroomt dit kalkrijkere grondwater op grotere diepte in noordelijke richting stroomt (zie monster 35).

Het grondwater op de helling van de Friezenberg (buis 15) wordt gekenmerkt door een hoge EGV, hoge calcium- en magnesium-concentraties en een lage pH. Met name de lage zuurgraad in combinatie met de hoge mineralenrijkdom is een opmerkelijk, en vooralsnog niet te verklaren verschijnsel. Eveneens opmerkelijk zijn de hoge chloride- en nitraatge-

haltes. Deze lijken de plaats van bicarbonaat in de ionenbalans te hebben ingenomen. Er zou hier beïnvloeding op kunnen treden door de op de hellingen van de Friezenberg aanwezige landbouwgronden. Door het grillige voorkomen van keileem kan de stroming van het boven de keileem aanwezige grondwater anders zijn, dan op grond van de topografie verwacht wordt. Zo zou ook grondwater vanuit het landbouwgebied ten zuiden en oosten van de Friezenberg tot hier toe kunnen stromen. Dit zou ook de mineralenrijkdom van het grondwater, wat wijst op een relatief grote verblijftijd, kunnen verklaren.

Ad 3.

Het overige deel van De Borkeld wordt gekenmerkt door zeer mineraalarm en ook voedselarm infiltratiewater, dat zuur tot zeer zuur (tot pH 3.8) is. Dit water vertoont nog veel gelijkenis met regenwater en heeft nog weinig mineralen uit de bodem kunnen oplossen. Dit grondwater vertegenwoordigt de gangbare situatie in infiltratiegebieden in zandgebieden.

4.1.3 Conclusies

Samenvattend kunnen de volgende conclusies getrokken worden uit de voor het hydrologisch onderzoek verzamelde gegevens:

1. Het water in en net onder het veen heeft in de meeste gevallen een karakteristieke veenwater-kwaliteit. Wel komen relatief hoge ammoniumgehalten voor, waarschijnlijk a.g.v. omzetting in een gereduceerd milieu van gemineraliseerd stikstof. Het veenwater wordt ook onder het veen aangetroffen, hetgeen (langzame) wegzijging door de veenbodem waarschijnlijk maakt. Bij sterke neerslagoverschotten vormt zich een regenwaterlaag in het oppervlaktewater van het veen.
2. Langs de noord-, oost- en zuidzijde van het veen is een randzone aanwezig die beïnvloed wordt door het zure veenwater. Dit blijkt zowel uit de kwantitatieve als de kwalitatieve gegevens. Water afkomstig uit het veen en van de omliggende hogere gronden verzamelt zich hier en wordt langs de oostrand van het veen afgevoerd. Er kan toestroming vanaf het westelijke heidegebied en vanaf de Hocht tot in het veen verwacht worden op grond van de stijghoogtegegevens. Op grond van de waterkwaliteitsgegevens lijkt een dergelijke instroming minder waarschijnlijk. Het veenlichaam kan in ieder geval beschouwd worden als onafhankelijk van de gronden ten noorden, oosten en zuidoosten ervan. Toestroming vanaf de landbouwgronden tussen het veen en de Friezenberg lijkt niet waarschijnlijk.
3. De hoogte waar de buizen 28, 29 en 30 gelegen zijn vormt een soort waterscheiding voor het ondiepe grondwater. Water wat hier naar het westen afstroomt kan in het voorjaar echter naar de Hocht en vervolgens richting het veen stromen. In de zomer vindt deze stroming niet meer plaats, maar stroomt het grondwater af naar de grote keileem-afgraving (buis 26).
4. Het keileemgebied van de Hocht wordt gekenmerkt door grondwater met hoge mineralenrijkdom. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door een snelle oplossing van kalk uit de keileem. De keileem in het gebied is echter kalkarm tot kalkloos. Kwel van diep, verrijkt grondwater lijkt hier onwaarschijnlijk, mede omdat de diepe buis 21 tot op 25 meter diepte zeer laag gemineraliseerd water vertoont. Een goede verklaring voor het voorkomen van deze watertype kan niet gegeven worden. Omdat het hier gaat om infiltratiewater (de verrijking treedt pas op onder de keileem) vindt geen beïnvloeding plaats van de vegetatie, zodat kalkminnende vegetaties en/of soorten dan ook ontbreken.
5. Het keileemgebied vormt, voor zover de keileem niet afgegraven is, een gebied met stagnerend regenwater in het voorjaar. De vochtige leemheide, met bijbehorende vegetatie van schrale vochtige omstandigheden wordt hierdoor verklaard. Ook in het landbouwgebied treedt onder zeer vochtige omstandigheden (zoals dit voorjaar) stagnatie van regenwater op.
6. Op de helling van de Friezenberg is een klein kwelgebiedje aanwezig van water dat in de Friezenberg en omgeving infiltreert, vervolgens op de keileem stuit en op de helling uit kan treden. Ondanks de korte verblijftijd wordt dit water gekenmerkt door hoge EGV en hoge calciumgehalten. Wellicht is het voedingsgebied van deze kwelzone groter dan de topografie doet vermoeden. Dit grondwater lijkt tevens sterk onderhevig te zijn aan landbouwinvloeden (hoge chloride en vooral nitraat-concentraties). De omvang van dit kwelgebied moet niet overschat worden. Het gaat slechts om een zeer smalle zone.

7. De overige delen van het gebied kunnen verder worden gekarakteriseerd als infiltratiegebied, met zeer mineraalarm en ook voedselarm, zuur tot zeer zuur grondwater.

In de figuren 14 en 15 werden de stromingsrichtingen van het grondwater en het veenwater in de maanden april en augustus aangegeven, zoals deze op basis van bovenstaande conclusies het meest waarschijnlijk zijn. In de figuren 19 en 20 zijn de conclusies van het hydrologisch onderzoek samengevat in dwarsdoorsneden door het gebied, waarin aangegeven staat:

- de globale grondwaterstand en globale veenwaterstand;
- de hoofdstroomrichtingen van het grondwater;
- de stroomrichting van het veenwater op de rand van het veen en door de veenbodem;
- de ligging van dikke keileempakketten en de stromingsrichting van het hierop stagnerende infiltratiewater;
- de verspreiding van het mineraalrijke watertype en het veenwatertype.

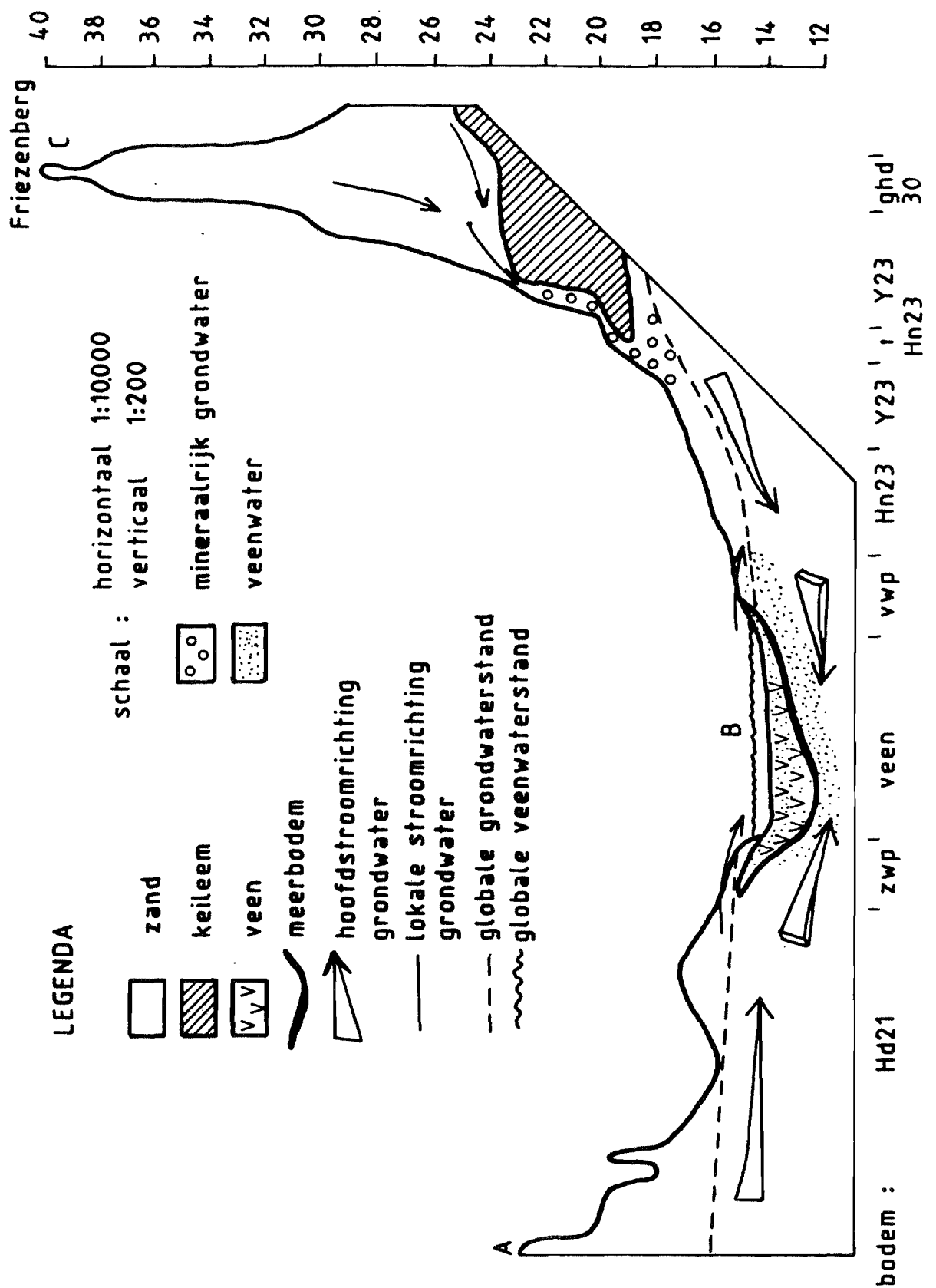
Een belangrijk onderdeel van het hydrologisch onderzoek was het aangegeven van de mogelijkheden voor regeneratie van het hoogveencomplex van het Elzenerveen. In paragraaf 1.2.1. zijn hiertoe de hydrologische randvoorwaarden voor hoogveenvorming uiteengezet.

Op basis van de verzamelde hydrologische gegevens en de hieruit getrokken conclusies blijkt t.a.v. deze randvoorwaarden het volgende:

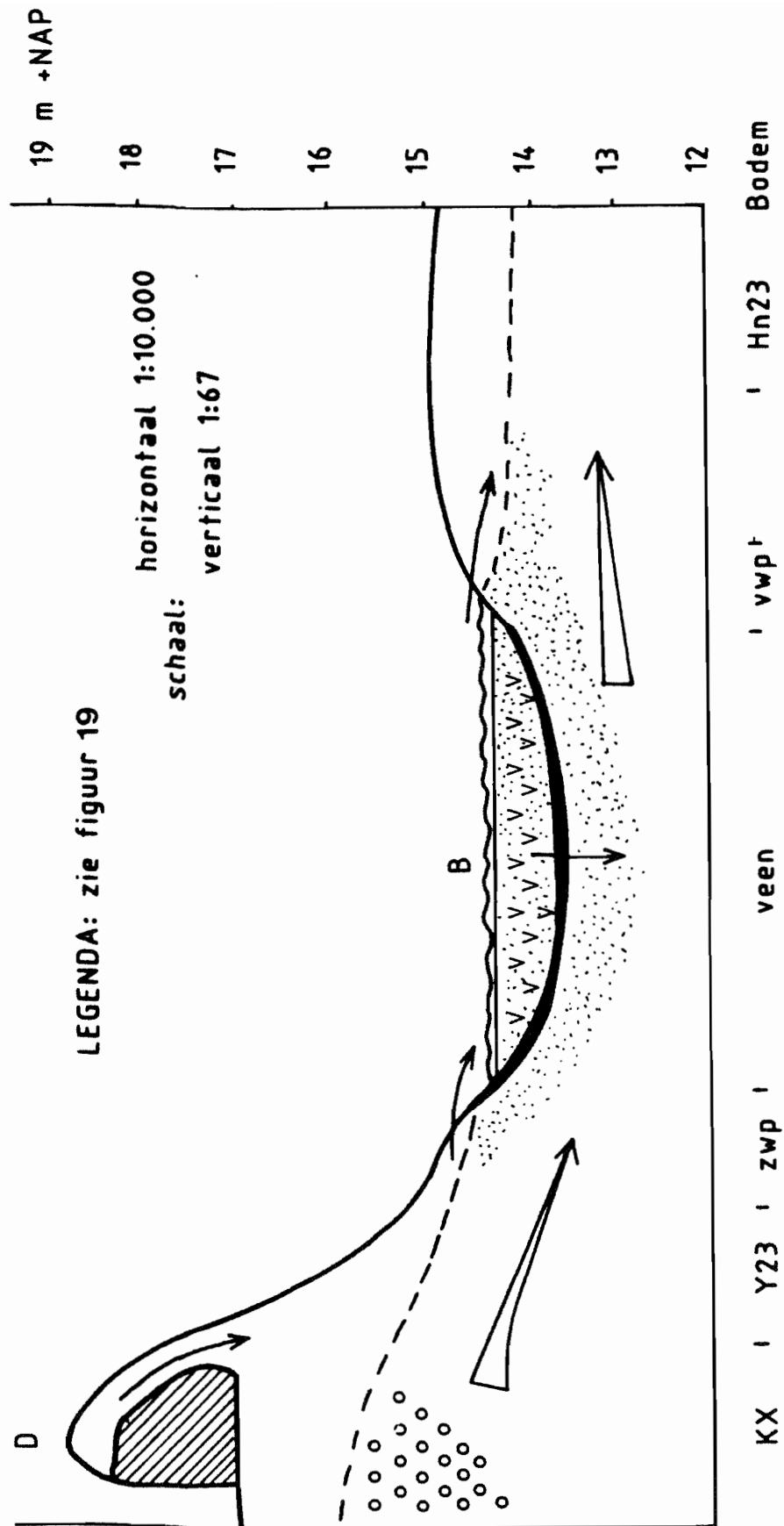
Ombrotrofe condities.

Het Elzenerveen wordt, ook na opzetten van de veenwaterstand, niet uitsluitend gevoed door regenwater. Aan de west- en zuidwestzijde van het veen vindt instroming plaats van grondwater uit de aanliggende zandgronden. Dit grondwater heeft voornamelijk een zeer mineraalarm karakter; de gelijkenis met regenwater is groot. Belasting met hogere fosfaat- en eventueel nitraatconcentraties is in dit toestromende grondwater echter wel aangetoond, waarschijnlijk als gevolg van de ligging van enkele intensief gebruikte landbouwgronden op deze trajecten. Op deze plaatsen kan in de randzones van het veen een nadelige beïnvloeding van de veenwaterkwaliteit optreden, die een optimale groei van veenmossen kan verhinderen. Dit water dringt waarschijnlijk niet ver in het veen door, omdat in het centrale deel van het veen regenwater vast wordt gehouden door het opzetten van de veenwaterstand.

Door de sterk wisselende waterstanden in het veen voor het opzetten van de veenwaterstand is een deel van het organisch materiaal gemineraliseerd, hetgeen een lichte eutrofiëring heeft veroorzaakt. Door het gereduceerde milieu na opzetten van de veenwaterstand, is het toen gevormde nitraat omgezet in ammonium. Deze verhoogde stikstofconcentraties verhinderden alsnog de uitbreiding van veenmossen. Pas na geleidelijke afvoer van deze stikstof, door middel van de geleidelijke afstroming van het veenwater, ontstaat optimale ombrotrofe condities met een geschikte waterkwaliteit voor de veenmosgroei.



Figuur 19: Dwarsdoorsnede tussen de Friezenberg en het heidegebied met stromingsrichtingen van het grondwater



Figuur 20: Dwarsdoorsnede tussen De Hocht en de oostelijke Veeweg met stromingsrichtingen van het grondwater

Catotelm- en acrotelm-condities.

Door het kunstmatig vasthouden van het veenwater is een permanent waterverzadigd veenlichaam bewerkstelligd. Omdat geen waterbalans berekend kan worden, kan de wegzijging naar de ondergrond niet bepaald worden. Deze is waarschijnlijk zeer gering. Gedurende de gehele zomer bleef de waterstand in het veen hoog. Daarnaast fungeert de veenbodem als een slecht doorlatende laag, wat de wegzijging sterk vertraagt. Geconcludeerd kan worden dat de in par. 2.1. beschreven catotelmcondities door het opzetten van de veenwaterstand sterk verbeterd. Hoewel nog niet direct van acrotelmcondities gesproken kan worden, vindt er, behalve aan de west- en zuidwestzijde, een geleidelijke afstroming van het veenwater plaats naar de randzones. Deze stroming kan in eerste instantie dienen voor de verwijdering van het teveel aan nutriënten dat nu nog in het veen aanwezig is (zie ombrotrofe condities). Door de overloopbuis in de damwand te noorden van het veen stromen in de winter duizenden m³ water uit het veen in de afwateringssloot. De hoge veenwaterstand zorgt ervoor dat meer dan 80% van de ruimte door water ingenomen wordt.

Samenvattend kan de conclusie getrokken worden dat een aantal randvoorwaarden voor regeneratie van het Elzenerveen reeds bestaan. Een probleem vormt nog de toestroming van omgevingswater aan de zuid- en zuidwestzijde van het veen.

Tenslotte kan vermeld worden dat een afvoersloot, welke in zeer natte tijden landbouwwater uit het landbouwgebied van De Hocht afvoert naar het veen, een bedreiging vormt. In het kader van de Relatienota wordt getracht middels verwerving van landbouwgronden deze bedreiging weg te nemen.

4.2 SOORTSKARTERING

In bijlage 3 zijn de verspreidingskaarten van de indicatorsoorten opgenomen. In deze paragraaf worden de verspreidingspatronen kort besproken. Voor de ligging van de hierin genoemde vakken wordt verwezen naar bijlage 1.

4.2.1 Soorten van de droge heide

De soorten van de droge heide worden voornamelijk in het westelijke deel van het reservaat (vak 6a, 3c,g, 5c, 1k) aangetroffen. Struikheide komt in het westelijke deel zeer veel voor in de heideterreinen, vooral in vak 5c. De soort wordt verder veel aangetroffen in bospercelen langs de veenweg en bospercelen in het zuid-westelijke deel van het reservaat.

Pilzegge, Kruipbrem, Stekelbrem en Duivelsnaaigaren zijn in het westelijke deel alleen op de heideterreinen aangetroffen. Pilzegge komt veel voor, vooral in vak 6a en op de vochtiger delen van vak 3g. Het voorkomen van Kruipbrem is vrijwel beperkt tot vak 3g. Stekelbrem komt op één plaats in vak 3g, op één plaats in vak 5c en op drie plaatsen in vak 5g voor.

Duivelsnaaigaren is slechts op één plaats in vak 3g aangetroffen. De soort komt hier voor op twee jaar oude heideplanten.

Borstelgras is in het westelijke deel vrijwel beperkt tot de heideterreinen. Deze soort komt met name voor in vak 6a, in mindere mate in vak 3g en slechts op een enkele plaats in vak 5c.

Bochtige smeie wordt in het westelijke deel van het reservaat zowel op de heide als in de bossen veel aangetroffen. Voor wat betreft de heideterreinen komt de soort massaal voor in vak 5c, in mindere mate in 6a en alleen in het zuid-oostelijke deel van vak 3g. In de bospercelen wordt deze soort regelmatig aangetroffen.

In het oostelijke deel van het reservaat worden ook soorten van de droge heide aangetroffen. Struikheide komt met name voor in de ondergroei van de jeneverbesstruwelen en in mindere mate in de ondergroei van de bossen. Pilzegge wordt verspreid aangetroffen op kleine heideterreintjes en sporadisch in de bossen. Kruipbrem komt is op een zevental plaatsen aangetroffen, zowel op de heideterreinen als in de ondergroei van de bossen. Stekelbrem is op één plaats in de berm aangetroffen.

Van de grassen is Borstelgras op een paar plaatsen in de jeneverbesstruwelen en op een heideterrein aangetroffen. Bochtige smeie komt zeer veel voor, met name in de bossen in het zuid-oostelijke deel van het reservaat.

4.2.2 Soorten van de vochtige heide

Van de soorten van de vochtige heide worden Dophei en Pijpestrootje in het hele reservaat aangetroffen. De overige soorten zijn gebonden aan specifieke terreinen in het reservaat.

Dopheide wordt zowel in het westelijke als in het oostelijke deel van het reservaat regelmatig aangetroffen. In het westelijke deel komt de soort met name voor in de heideterreinen van vak 6a en 3g en in mindere mate in de heide van vak 5c; in de bospercelen langs de veenweg en in het zuid-westelijke deel van het reservaat en in het gebied van de leemkuilen. In het oostelijke deel van het reservaat wordt de soort regelmatig in de jeneverbesstruwelen en in de ondergroei van de bossen aangetroffen.

Pijpestrootje komt massaal voor langs de westzijde van het veengebied. De soort wordt regelmatig aangetroffen in de heideterreinen van vak 6a en plaatselijk in vak 3g en 5c. Zowel in het westelijke als in het oostelijke deel van het reservaat wordt de soort

regelmatig in de ondergroei van de bossen aangetroffen.

Tormentil wordt in het westelijke deel aangetroffen op de leemheide in vak 5g, op de heide van vak 6a en plaatselijk vak 3g. In het oostelijke deel komt de soort verspreid in vak 14 voor.

Klokjesgentiaan, Blauwe zegge, Heidekartelblad en Snavelbies komen voor op de leemheide. Veenbies is aangetroffen op de leemheide en op een tweetal plaatsen in het zuid-westelijke deel van vak 3g. Kleine zonnedaauw komt voor op de leemheide, op een vochtige, recentelijk geplagde plaats in vak 3g en op een recentelijk geplagde plaats in vak 7c3. Rondbladig zonnedaauw wordt op de heide van de leemkuilen en op dezelfde plaats als Kleine zonnedaauw in vak 3g aangetroffen. Veldrus komt voor op de overgang van het veengebied naar de heide, vak 7c.

4.2.3 Soorten van (hoog)veen

Eenarig wollegras, Veenpluis, Snavelzegge, Veenbes en Zompzegge komen uitsluitend voor in het veengebied. De drie eerstgenoemde soorten komen verspreid door het veengebied voor. Zompzegge komt met name voor op de voormalige paden. Veenbes wordt slechts op een tweetal plaatsen aangetroffen. Veenmossen, Zwarte zegge en Pitrus komen zowel in het veengebied als op de leemheide voor. In het veengebied is *Sphagnum cuspidatum* aangetroffen in de leemheide *Sphagnum molle*, *S. tenellum*, *S. compactum*, *S. fimbriatum*, *S. palustre*, *S. inundatum* en *S. auriculatum*. Pitrus wordt in het veengebied op de randen van de veenaufgravingen aangetroffen. Zwarte zegge komt vooral voor op de voormalige paden en hier en daar verspreid in het veengebied. Zeer plaatselijk werden Oeverzegge, Melkeppe en Grote lisdodde aangetroffen in het veen.

4.2.4 Soorten van bossen

Van de bossoorten zijn in de bossen de Brede en de Smalle stekelvaren, Grote wolfsklauw en Veelbloemige salomonszegel aangetroffen. Zowel de Smalle stekelvaren als de Brede stekelvaren komen door het gehele reservaat regelmatig in de ondergroei voor. Deze soorten worden veelal gezamenlijk aangetroffen.

Grote wolfsklauw is op een drietal plaatsen aangetroffen, in het jeneverbesstruweel van vak 15a1, in het bosperceel 12n en in het bosperceel 3c.

Veelbloemige salomonszegel is op één plaats aangetroffen, in vak 2j1.

4.2.5 Soorten van akkers

Het voorkomen van deze soorten is opgenomen in tabel 8.

De soorten van droge, matig voedselrijke bodems, Slofhak, Eenjarige hardbloem, Korenbloem, Canadese fijnstraal en Akkerviooltje komen verspreid door het reservaat op de akkers voor. De soorten van vochtiger bodem, Kleine leeuweklauw, Witte krodde, Middelst vergeet-mij-nietje en Veldereprijs komen in het oostelijke deel van het reservaat voor en in vak 6e.

Moerasdroogbloem, een soort van natte tot vochtige bodem komt in vrijwel alle akkers voor.

Rode ogentroost, een soort van leembodems is in vak 5e, 12m en 8g aangetroffen.

Tabel 8
Verspreiding indicatorsoorten van akkers

Soort	Vak en afdeling							
	2k	2r2	2s	4c	5e	6e	7p	12m 8g
Slofhak	*	*			*		*	* *
Akkerviooltje	*				*	*	*	* *
Eenjarige hardbloem	*					*	*	* *
Korenbloem	*	*			*		*	* *
Moerasdroogbloem		*	*	*	*		*	* *
Middelst vergeet-mij-nietje		*					*	* *
Rode ogentroost					*			* *
Bleekgele hennepnetel					*			* *
Veld-ereprijs						*		* *
Canadese fijnstraal						*		
Windhalm	*				*			* *
Witte krodde								* *
Kleine leeuweklauw								* *

5 LANDSCHAPSOECOLOGISCHE BESCHRIJVING

5.1 LANDSCHAPSOECOLOGISCHE GEBIEDSINDELING

Op basis van de beschikbare gegevens t.a.v. geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem en soortverspreiding kan het gebied van De Borkeld onderverdeeld worden in 7 landschapseenheden:

- I Elzenerveen, zeer nat, gekarakteriseerd door hoogveen-soorten.
- II Randzone van het Elzenerveen, nat, gekenmerkt door Pijpestrootje en kleine zeggen-soorten.
- III Gebieden met ondiepe keileem (De Hocht, Friezenberg), gekenmerkt door aan schijngrondwaterspiegels gebonden soorten.
- IV Stuifzandgebied, gekenmerkt door sterke ruimtelijke afwisseling tussen relatief droge en relatief natte omstandigheden, en daaraan gebonden soorten.
- V Relatief natte zandgronden met veld- en haarpodzolen gekarakteriseerd door Pijpestrootje
- VI Relatief droge zandgronden met holtpodzolgronden, gekarakteriseerd door Bochtige Smele
- VII Stuwwal van Rijssen met hoge enkeerdgronden, voornamelijk bestaande uit akkers.

De begrenzing van deze landschapseenheden is weergegeven in figuur 21.

Tabel 9 geeft een overzicht van de karakteristieke elementen van deze landschapseenheden. Daarnaast wordt in tabel 10 een overzicht gegeven van de verspreiding van de gekarteerde soorten over de landschapseenheden. Op grond van de abiotische kenmerken van de standplaatsen van deze soorten in de Borkeld kan de indicatie van deze soorten, zoals die is besproken in par. 3.2. nader toegespitst worden (par. 5.2.).

In paragraaf 5.3. zal een beknopte bespreking van de onderscheiden landschapseenheden worden gegeven.

De in 3.2. genoemde indicatiewaarden voor de gekarteerde soorten is min of meer algemeen geldend. De standplaatsen van soorten kunnen lokaal echter in lichte mate uiteenlopen. Met behulp van de abiotische informatie over de standplaatsen in de Borkeld kunnen de karakteristieke standplaatsen van de soorten, zoals die in de Borkeld gelden, nauwer omschreven worden. Voor de soorten genoemd in tabel 10, d.w.z. soorten waarop de indeling in landschapseenheden van de Borkeld is gebaseerd wordt een nadere standplaatsaanduiding gegeven. Deze is in principe alleen geldig voor de Borkeld en onmiddellijke omgeving.

Een aantal soorten komt voor op slechts een aantal plaatsen, op grond waarvan geen duidelijk standplaatstype geformuleerd kan worden. Bij deze soorten is een vraagteken (?) aangegeven.

<i>Eenarig wollegras:</i>	Gebonden aan het veen met mineraalarm, iets voedselrijk water; is misschien in de Borkeld op te vatten als na-ijlende soort.
<i>Sphagnum cuspidatum:</i>	In mineraalarme, iets voedselrijke, het gehele jaar onder water staande veenputten.
<i>Oeverzegge:</i>	Op venige grond, daar waar met nutriënten belast water toestroomt.
<i>Veenpluis:</i>	Op plaatsen in het veen en de randzone daarvan, met mineraalarm, iets voedselrijk water en/of stagnerend regenwater.
<i>Snavelzegge:</i>	In het gehele jaar onder water staande veenputten met mineraalarm, licht voedselrijk water.
<i>Zompzegge:</i>	Gebonden aan het veen en de randzone daarvan, met mineraalarm tot licht mineraalrijk, iets voedselrijk water.
<i>Veldrus:</i>	Op plaatsen met sterke toestroming van mineraalarm, ondiep grondwater.
<i>Pitrus:</i>	Op plaatsen met (voormalige) storing in de vorm van fluctuerende waterstanden en mineralisatie van organisch materiaal.
<i>Zwarte zegge:</i>	Op plaatsen in het veen en de randzone daarvan en in vochtige heide met op (kei)leem stagnerend grondwater. Het water is mineraalarm tot licht mineraalrijk en voedselarm tot iets voedselrijk.
<i>Blauwe zegge:</i>	In vochtige heide, daar waar grondwater stagneert op (kei)leem.
<i>Heidekartelblad:</i>	Op plaatsen met in de winterperiode op keileem stagnerend, waarschijnlijk zeer licht minerotroof grondwater. In de zomer kan de standplaats uitdrogen.
<i>Bruine snavelbie s:</i>	Op vochtige plaatsen (op keileem stagnerend grondwater) die recent zijn geplagd.
<i>Witte snavelbies:</i>	Als Bruine snavelbies.
<i>Stekelbrem:</i>	Niet bekend.
<i>Kleine zonnedauw:</i>	Als Bruine snavelbies. Komt ook daarnaast ook spaarzaam op niet geplagde plaatsen voor.
<i>Tormentil:</i>	Op vochtige tot matig droge plaatsen in de heide, soms in bossen of graslanden; mijdt de drogere plaatsen.
<i>Veenbies:</i>	Op vochtige plaatsen in de heide, daar waar grondwater stagneert op (kei)leemlagen.
<i>Kruipbrem:</i>	In droge heide.
<i>Gewoon struisgras:</i>	In droge tot iets vochtige heide (buiten de heide niet gekarteerd). Heeft een voorkeur voor veld- en haarpodzolgronden.
<i>Grote wolfsklauw:</i>	Niet bekend.

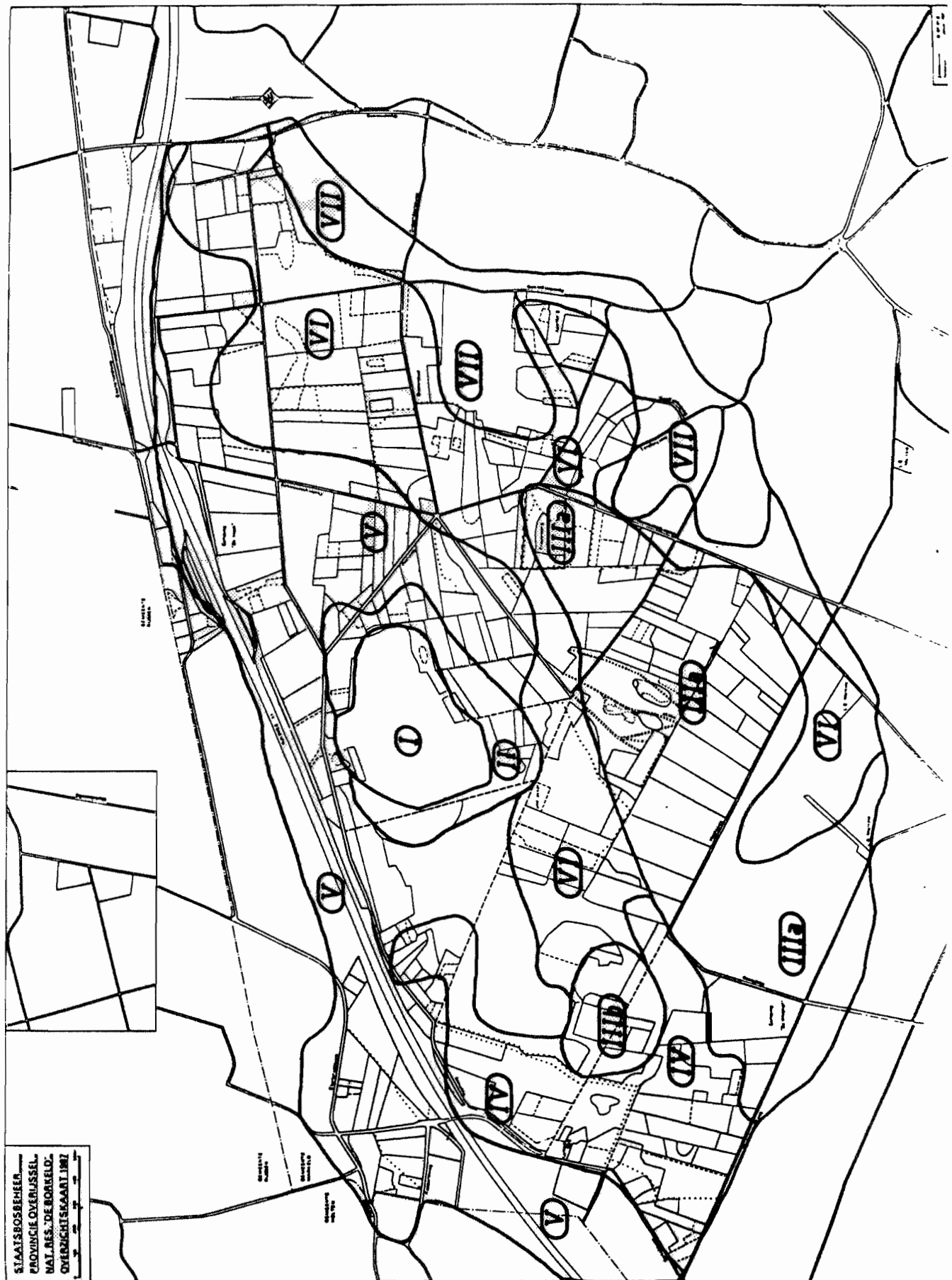
<i>Schapegras:</i>	In droge tot iets vochtige heide (buiten de heide niet gekarteerd).
<i>Jeneverbes:</i>	In droge heides. De verspreiding is waarschijnlijk bepaald door beheersomstandigheden in vroegere tijden.
<i>Trekrus:</i>	Niet bekend.
<i>Pijpestrootje:</i>	Op vochtige tot matig droge plaatsen in de heide, ook op geplagde plaatsen. Heeft een voorkeur voor veld- en haarpodzolgronden.
<i>Borstelgras:</i>	Voornamelijk op droge plaatsen in de heide. Heeft een voorkeur voor veld- en haarpodzolgronden.
<i>Pilzegge:</i>	In droge tot vochtige heide. Heeft een voorkeur voor veld- en haarpodzolgronden.
<i>Dopheide:</i>	Op vochtige tot matig droge plaatsen in de heiden en in bossen; mijdt de meest droge plaatsen. Niet gebonden aan bepaalde bodemtypes.
<i>Struikheide:</i>	In droge tot matig vochtige heide en bossen; mijdt de meest vochtige plaatsen. Niet gebonden aan bepaalde bodemtypes.
<i>Brede stekelvaren:</i>	In droge tot matig vochtige bossen.
<i>Smalle stekelvaren:</i>	Als Brede stekelvaren.
<i>Bochtige smele:</i>	Op droge tot matig vochtige plaatsen in de heide en in bossen; mijdt de meest vochtige plaatsen. Heeft een voorkeur voor holtpodzolgronden.

Tabel 9
Karakteristieke kenmerken van de onderscheiden landschapseenheden

Eenheid	Geologie	Geomorfologie	Hydrologie	Bodem
I	Veenpakket wisselend in dikte met slecht doorlatende meerbodemaflaaiing op zandondergrond.	Moerassige laagte zonder randwal.	Hoge waterstanden (Gt I). Mineraalarm, sulfaatrijk enigszins geëutrofeerd water.	Vlieveengronden
II	Dekzanden, plaatselijk overstoven veen.	Gordeldekzandwelling, vlakte van ten dele verspoelde dekzanden.	Hoge grondwaterstanden. (Gt III en IV). Door veenwater beïnvloede grondwaterkwaliteit.	Moerige podzolgronden.
III	Ondiepe, dikke keileempakketten, plaatselijk afgegraven.	Grondmoreneglooiing bedekt met dekzand, laagtes ontstaan door afgraving en smeltwaterheuvel.	Schijngrondwaterpiegels. Mineraalarm grondwater. Mineraalrijk water onder de keileem.	Vnl. Ondiepe kleigronden. Plaatselijk moerige podzolgronden en haarpodzolgronden.
IV	Stuifzanden en dekzanden.	Lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten.	Wisselende grondwaterstanden t.o.v. het maaiveld. Mineraalarm grondwater.	Vlakvaaggronden en duinvaaggronden.
V	Vnl. fluvioglaciale afzettingen en dekzanden.	Verschillende geomorfologische vormen.	Voornamelijk diepe grondwaterstanden (Gt VII en VII*). Mineraalarm infiltratiewater.	Veldpodzolen en haarpodzolen.
VI	Vnl. fluvioglaciale afzettingen en dekzanden.	Kameterras, smeltwaterglooiing.	Voornamelijk diepe grondwaterstanden (Gt VII en VII*). Mineraalarm infiltratiewater.	Holtpodzolen.
VII	Vnl. fluvioglaciale afzettingen.	Hoge stuwwal met smeltwaterheuvels.	Diepe grondwaterstanden (Gt VII*).	Hoge zwarte enkeerdgronden.

Tabel 10
Karakterisering van de landschapseenheden op grond van de verspreiding van
gekarteerde soorten

Soort	I	II	IIIa	IIIb	IV	V	VI
Eenarig Wollegras	**						
Sphagnum cuspidatum	*						
Oeverzegge	*						
Veenpluis	**	-					
Snavelzegge	**	-					
Zompzegge	**	*					
Veldrus		**					
Pitrus	**	**	*	-	-		
Zwarte zegge	*	**	**	*			
Blauwe zegge			*			-	
Heidekartelblad			*				
Bruine Snavelbies			*				
Witte snavelbies			*				
Stekelbrem			*				*
Kleine zonnedaauw			*	*			
Tormentil		-	*	*		-	-
Veenbies			*	*			
Kruipbrem					*	*	-
Gewoon struisgras (in heide)					-	*	
Grote Wolfsklauw					-	-	-
Schapegras (in heide)						*	*
Jeneverbes						*	**
Trekrus		-			-	-	*
Soorten ter onderscheid van landschapseenheden V en VI:							
Pijpestrootje		*	*	*	*	**	
Borstelgras		-		*	*	**	-
Pilzegge			*	**	-	**	*
Dopheide	-	*	**	**	*	**	**
Struikheide		-	*	**	*	**	**
Brede Stekelvaren			-	-	*	*	**
Smalle stekelvaren		-	*	-	*	*	**
Bochtige smele		-		-	*		**



Figuur 21: Landschapsoecologische gebiedsindeling

Landschapseenheid I. Elzenerveen. Gebied van Eenarig Wollegras.

Geologie: Veenlichaam van variërende dikte, via een meerbodemaafzetting gescheiden van de zandondergrond. Deze laatste bestaat uit fijn zand, op grotere diepte overgaand in grover zand.

Geomorfologie: Moerassige laagte zonder randwal. Het gebied is zeer vlak. Het karakteristieke hoogveen-microreliëf met bulten en slenken is verdwenen. Wel is enig reliëf in de vorm van gegraven veenputten aanwezig.

Hydrologie: Het Elzenerveen wordt voor een belangrijk deel weinig beïnvloed door zijn omgeving. Vrijwel het gehele jaar staat het gebied onder water; ook in de zomer blijft water in de veenputten staan. Aan de zuid- en zuidwestzijde kan mineraalarm, enigszins geëutrofeerd grondwater tot in de randzone van het veen stromen. Aan alle andere zijden stroomt het veenwater geleidelijk naar de randzone van het veen. Ook kan, waarschijnlijk zeer trage wegzijging naar de zandondergrond plaatsvinden. Het veenwater is zuur, mineraalarm, relatief sulfaatrijk en bevat ten opzichte van het omringende grondwater, hoge ammoniumgehalten. Ook in de eerste meters van de zandondergrond wordt dit watertype aangetroffen. In de winter vormt zich op het veen een regenwaterlaag.

Bodem: De bodem bestaat uit vlierveengronden. Dieper dan 30 cm bestaan deze uit heideveen, bovenin uit veenmos-heideveen.

Kenmerkende soorten: Eenarig wollegras en Veenpluis komen abundant voor. Ook Snavelzegge is abundant aanwezig, maar is gebonden aan de onder water staande veenputten. Pitrus komt zeer abundant voor langs de randen van het veen en langs de door het veen lopende paden. Zwarte Zegge en Zompzegge komen hier eveneens veel voor. De veenmos-soort *Sphagnum cuspidatum* is verspreid door het hele veengebied aangetroffen. Ook komen plaatselijk Oeverzegge, Grote Lisdodde en Melkeppe voor.

Synthese: Eenarig wollegras, en in mindere mate Veenpluis, zijn de enige karakteristieke hoogveensoorten die in het veen zijn aangetroffen. Alle andere genoemde soorten wijzen op verstoring van het oorspronkelijke hoogveenmilieu. Eenarig wollegras kan daarom wellicht als naijlende soort beschouwd worden. Pitrus wijst voornamelijk op het voorkomen van wisselende waterstanden, in combinatie met een daardoor ontstane mineralisatie van het veen. Ook Oeverzegge, Grote lisdodde en Melkeppe wijzen hierop. Na het opzetten van de veenwaterstand is het milieu voor deze soorten minder geschikt geworden. Verwacht kan worden dat Pitrus zeer geleidelijk in abundantie zal afnemen, wat de vestiging van andere, meer karakteristieke soorten zal bevorderen. Zwarte zegge en Zompzegge wijzen eveneens op een licht toegenomen trofiegraad van het veenwater.

Snavelzegge treedt op als primaire verlander in de veenputjes, en heeft zich na het opzetten van de veenwaterstand sterk uitgebreid. Vegetatievormend is de soort kenmerkend voor verlandingssituaties onder oligo- tot meso-oligotrofe omstandigheden (Westhoff & Den Held, 1975). De uitbreiding van deze soort kan wellicht beschouwd worden als een eerste teken van regeneratie van het hoogveen. Ook de vestiging van het veenmos *Sphagnum cuspidatum*, hoewel kenmerkend voor relatief minerotrofe omstandigheden, is hiervoor een aanwijzing.

De storing van het hoogveen, het gevolg van verdroging en daardoor ontstane veraarding en mineralisatie van het veen kan geleidelijk worden opgeheven door het opzetten van de veenwaterstand. De in het veen aanwezige nutriënten worden hierdoor geleidelijk uit het systeem verwijderd, middels de radiale afstroming van het veenwater. Daarnaast moet worden vermeden dat in de westelijke en zuidwestelijke randzone van het veen opnieuw nutriënten in het systeem worden gebracht. Een verschrallend beheer van de hier liggende landbouwgronden lijkt hiervoor de enige doeltreffende methode.

Landschapseenheid II. Randzone van het Elzenerveen. Gebied van Veldrus en Kleine zeggen.

Geologie: Ten zuiden, oosten en noorden van het veen bestaat de randzone uit dekzandafzettingen. Aan de westkant komt een met stuifzand overstoven veenpakket in de randzone voor, eveneens rustend op dekzand. Onder het dekzand is matig fijn, glauconiethoudend zand aangetroffen.

Geomorfologie: Het westelijke deel van de randzone bestaat uit een gordeldekzandwieling, met flauwe hellingen en een zwak golvend oppervlak. Aan de andere zijden is het terrein vlakker. Deze bestaan uit vlaktes van ten dele verspoelde dekzanden.

Hydrologie: Door de nabijheid van het veen komen in de randzone hoge grondwaterstanden voor (Gt I en II). Hier is sprake van een contactzone tussen het veenwater en het vanuit de omliggende zandgronden toestromende mineraalarme grondwater. In de waterkwaliteit blijkt duidelijk de invloed van het veen. De samenstelling van het grondwater lijkt veel op die van het veen: relatief hoge sulfaatgehaltes, zuur water. Boven in het profiel is een iets verhoogde calciumconcentratie gevonden. In het westen en zuidwesten vindt doorstroming van grondwater uit de omliggende zandgronden plaats. Dit grondwater heeft in het zuidwesten enigszins verhoogde fosfaat- en stikstofconcentraties als gevolg van beïnvloeding door de hier gelegen landbouwgronden.

Bodem: De bodem bestaat uit moerige podzolgronden. In het westelijke deel is hierop een humushoudend zanddek afgezet.

Kenmerkende soorten: Veldrus komt plaatselijk massaal voor in het zuidwestelijke deel van de randzone. Hier worden enigszins verschaalde hooilanden aangetroffen, waarin ook Zompzegge, Zwarte zegge en Pitrus veel voorkomen. Aan de westzijde gaan de hogere gronden via een Pijpestrootje-vlakte over in het veen. Aan de andere zijden van het veen worden geen of slechts weinig kenmerkende soorten gevonden. Het veen gaat hier over in weilanden en bossen.

Synthese: Deze landschapseenheid vormt de contactzone tussen het veen en de omliggende zandgronden. In hydrologisch opzicht betekent dit dat er een sterke gradiënt kan ontstaan tussen het mineraalrijke en zuurstofrijke water van de zandgronden en het relatief sulfaatrijke water uit het veen. Het massaal voorkomen van Veldrus wijst op het toestromen van het eerste type water, hoewel dit in de hydrologische gegevens niet direct aangetoond is. Het voorkomen van Pitrus kan als een relict beschouwd worden uit de tijd dat in deze zone nog sterk wisselende waterstanden optraden. Verwacht kan worden dat deze soort zich langzaam zal terugtrekken. Zwarte zegge, en met name Zompzegge wijzen op een licht minerotroof, vochtig milieu, en kunnen zich uitbreiden dankzij het verschaalde beheer. Zij wijzen op een ontwikkeling in de richting van kleine zeggen-gemeenschappen. De Pijpestrootje-velden in het westelijke deel geven de geleidelijke overgang van de droge heide naar het veen weer. Op vallend is hier het weinig voorkomen van Dophei. Ook dit is waarschijnlijk een gevolg van de wisselende grondwaterstand in het verleden.

Landschapseenheid IIIa. Keileemgebied van De Hocht en de Friezenberg. Gebied van Snavelbies en Heidekartelblad.

Geologie: Kenmerkend zijn hier de ondiepe, dikke keileemvoorkomens. Op een aantal plaatsen zijn deze echter afgegraven. Voor een belangrijk deel is de keileem bedekt met een naar het noordoosten toe dikker worden de laag fijn, glauconiethoudend zand. Op de Friezenberg ligt boven de keileem, die hier veel dieper ligt, een dik pakket grof, grindhoudend zand.

Geomorfologie: In het zuiden bestaat de eenheid uit een grondmoreneglooïing. Door afgraving van de keileem zijn hierin laagtes ontstaan. De oudere afgravingen vormen kleine kuilen met een sterk hoogteverschil. De grotere afgraving heeft flauw glooiende randen. In het oostelijk deel van het gebied begint het kameterras van de stuwwal van Rijssen, met een zwak tot matig golvend reliëf. De Friezenberg is een hoge smeltwaterheuvel, en steekt zeer geprononceerd boven het omliggende terrein uit.

Hydrologie: De landschapseenheid wordt gekenmerkt door het voorkomen van schijngrondwaterspiegels in de winter en het voorjaar (door het zeer lokale voorkomen hiervan komen deze niet tot uiting in het hydrologisch onderzoek; het voorkomen hiervan is afgeleid uit een aantal veldbezoeken). Gedurende de zomer verdwijnen deze, en droogt de bovengrond uit. De voorkomende grondwatertrap is dan ook Gt V. Het water boven de keileem is waarschijnlijk sterk gelijkend op regenwater. Onder de keileem, of op plaatsen waar deze verdwenen is, wordt een relatief mineraalrijk watertype aangetroffen, waarvan de herkomst onduidelijk is. Door het zeer grillige voorkomen van de keileem is het grondwaterstromingspatroon in dit gebied moeilijk aan te geven. Het lijkt erop dat het water zich in de winter kan verzamelen bij de leemkuilen, om vandaar eventueel verder te stromen naar het Elzenerveen. In de zomer verzamelt het water zich in de grote keileemafgraving.

Het over de keileem afstromende grondwater van de Friezenberg (en wellicht een groter gebied ten oosten hiervan), komt halverwege de helling bijna aan de oppervlakte. Over een strook van enkele meters breedte is de bodem hier plotseling veel vochtiger. Het grondwater is hier mineraalrijk, en sterk belast met fosfaat en nitraat.

Bodem: De Hocht bestaat uit ondiepe keileem gronden. Daar waar de keileem is verdwenen, is waarschijnlijk een weinig ontwikkeld profiel aanwezig. Tussen de Hocht en de Friezenberg bestaat de bodem uit Holtpodzolen; de Friezenberg zelf bestaat uit Haarpodzolgronden.

Kenmerkende soorten: De voor de landschapseenheid kenmerkende soorten worden voornamelijk aangetroffen op de leemheide in De Hocht. Deze heide is een representatief voor de optimale situatie in het gebied. Hier komen o.a. voor: Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blonde zegge, Heidekartelblad, Bruine en Witte snavelbies, Kleine Zonnedaauw, Veenbies, Stekelbrem en Klokjesgentiaan. Ook de niet in de kartering opgenomen soort Gevlekte Orchis is hier aanwezig, evenals een aantal veenmos-soorten (*Sphagnum molle*, *S. tenellum*, *S. fimbriatum*, *S. palustre*, *S. inundatum*, *S. compactum* en *S. auriculatum*). De andere gedeelten van het gebied lijken qua soortensamenstelling op landschapseenheid V.

Synthese: De leemheide vormt het, in vegetatiekundig opzicht, belangrijkste deel van de landschapseenheid. De hier voorkomende soorten wijzen op voedselarme, mineraalarme tot (als gevolg van de leem) iets minerotrofe omstandigheden. Door verdroging als gevolg van afstroming van het stagnerende grondwater en toegenomen verdamping door bosopslag, treedt in de loop van het seizoen een aanmerkelijke verdroging op, wat het voortbestaan van een aantal van de hier voorkomende soorten bedreigt. In de overige delen van de landschapseenheid geeft het op de keileem stagnerende grondwater geen directe aanleiding tot het voorkomen van kenmerkende soorten. Wel is een lichte voorkeur voor de aan iets vochtigere omstandigheden gebonden soorten als Dopheide en Pijpestrooitje merkbaar.

Het "kwelgebied" op de helling van de Friezenberg komt niet tot uiting in de vegetatie-

samenstelling. Wel moet hier in het begin van de eeuw een zeer waardevolle schraalland-vegetatie, met o.a. Parnassia, hebben gestaan. Deze is door ontginning en bebossing verloren gegaan. Daarnaast is de hoeveelheid toestromend water, en ook de kwaliteit daarvan, sterk achteruit gegaan, wat een herstel van deze situatie zal bemoeilijken.

Landschapseenheid IIb. Westelijke keileemgebied langs de Hochtweg. Gebied van Kleine zonnedaauw en Borstelgras.

Geologie: Deze relatief kleine landschapseenheid wordt gekenmerkt door het zeer oppervlakkig voorkomen van keileem. De keileem is waarschijnlijk dunner dan bij landschapseenheid IIIa. Op de keileem is een dunne laag, bestaande uit dekzand en/of stuifzand afgezet. Onder de keileem is matig fijn zand aanwezig.

Geomorfologie: Geomorfologisch wordt de landschapseenheid gerekend tot het stuifzandgebied, en wordt hij omschreven als gebied met lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten. Het gebied helt geleidelijk af naar een ondiepe laagte met flauwe hellingen.

Hydrologie: In de winter komen hoge grondwaterstanden voor. De hierboven beschreven laagte is geïnundeerd. In de loop van het voorjaar valt deze laagte droog, en verdwijnt het grondwater boven de keileem. Het grondwater onder de keileem is hier mineraalarm, i.t.t. de vorige landschapseenheid. Boven de keileem komt hier in het voorjaar relatief mineraalrijk water voor. Het gebied kan als een soort waterscheidingsgebied opgevat worden. Vanaf dit punt stroomt het grondwater min of meer radiaal in alle richtingen af.

Bodem: Het oostelijke deel van de landschapseenheid wordt gevormd door moerige eerdgronden. In het westelijke deel komen Vlakvaaggronden voor.

Kenmerkende soorten: De meeste kenmerkende soorten van landschapseenheid IIIa ontbreken hier. Wel is in het oostelijk deel een goed ontwikkelde vegetatiegradiënt aanwezig. De vegetatie gaat hier over van een droge heide met overheersing van Struikhei, Borstelgras en Pilzegge, via een vochtige heide met overheersing van Dopheide en Veenbies in een pioniervegetatie met veel Kleine Zonnedaauw en Dopheide op een afgeplagd stuk. Vervolgens gaat de vegetatie weer over in Struikheide. Het oostelijk deel is bebost en is qua vegetatie gelijk aan landschapseenheid IV.

Synthese: Met name in het oostelijk deel komen de abiotische kenmerken van de landschapseenheid tot uiting in vegetatie. Het hier op de keileem stagnerende grondwater in de winterperiode, geeft aanleiding tot het voorkomen van vochtige heidetypen met Dopheide, Veenbies en Kleine Zonnedaauw, een soortencombinatie die (behalve op de leemheide) elders in het gebied niet wordt aangetroffen. Door het afplaggen van de vochtige heide kan hier een bijzondere pionier-vegetatie met Kleine Zonnedaauw (en wellicht later ook Snavelbies en Moeraswolfsklauw) gevormd worden. Door de afname van de zandlaag boven de keileem is een geleidelijke gradiënt aanwezig van droge naar vochtige heide.

Het oostelijk deel van de landschapseenheid is door de toenemende dikte van het stuifzandpakket boven de keileem, minder karakteristiek. Dit gebied vormt, ook qua soortensamenstelling een overgang naar landschapseenheid IV.

Landschapseenheid IV. Stuifzandgebied. Gebied van Bochtige Smele en Kruipbrem

Geologie: Het gebied wordt gevormd door een afwisseling van stuifzanden en dekzanden. In het noordelijk deel zijn deze afzettingen dunner, en is daaronder matig fijn tot grof, glauconiethoudend zand aanwezig. In het zuiden komt gedeeltelijk keileem voor onder de stuif- en dekzandafzettingen.

Geomorfologie: De landschapseenheid bestaat voornamelijk uit lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten. Er is, met name in de beboste delen een vrij sterk reliëf aanwezig, door het voorkomen van kleinere en grotere stuifduinen.

Hydrologie: Het gebied wordt gekenmerkt door een afwisseling van matig droge tot zeer droge delen (Gt VI, VII en VII*). Het grondwater is overwegend zeer mineraalarm. Alleen daar waar keileem voorkomt is het iets mineraalrijker.

Bodem: De bodems bestaan voornamelijk uit Vlakvaaggronden en Duinvaaggronden.

Kenmerkende soorten: Het gebied heeft geen eigen kenmerkende soorten. Wel komen alle kenmerkende soorten van de landschapseenheden V en VI hier naast elkaar voor: Dopheide, Struikheide, Pijpestrootje, Borstelgras, Bochtige Smele, Smalle en Brede Stekelvaren, etc.

Synthese: Door de sterke afwisseling van zeer droge en matig droge terreingedeelten (resp. de stuifduinen en de uitgestoven stuifvlakten) kunnen soorten die aan vochtige omstandigheden zijn gebonden (Dopheide, Pijpestrootje), en soorten die aan droge omstandigheden zijn gebonden (Struikheide, Borstelgras, Bochtige Smele) naast elkaar voorkomen. De eerste soorten staan hierbij alsnog op, voor hen relatief droge standplaatsen. Het gebied is in zijn geheel te kenmerken als relatief droog infiltratiegebied, hetgeen in de voedselarme vegetatie tot uiting komt.

Landschapseenheid V. Zandgronden met overwegend veld- en haarpodzolen. Zandgebied van Pijpestrootje

Geologie: Deze landschapseenheid bestaat voor het grootste deel uit dekzandafzettingen. Plaatselijk komen kleine stuifzandcomplexen voor. In het uiterste westen bestaat de ondergrond uit matig fijne tot grove, grind- en glauconiethoudende zanden.

Geomorfologie: Het gebied bestaat uit verschillende geomorfologische terreinvormen. Wijd verspreid zijn de zgn. gordeldekzandwelvingen. Plaatselijk komen lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten voor. In het oosten omvat de landschapseenheid een gedeelte van het kameterras van de stuwwal van Rijssen.

Hydrologie: Vrijwel de gehele landschapseenheid wordt gekenmerkt door relatief droge omstandigheden (Gt VII en VII*). Alleen ten noorden van het veen komt een iets vochtiger gedeelte voor. Het grondwater is steeds mineraalarm, en sterk gelijkend op regenwater. Dit grondwatertype zet zich tot op grote diepte voort, en vormt dus een dik pakket.

Bodem: De bodem bestaat overwegend uit veldpodzolen en haarpodzolen.

Kenmerkende soorten: Min of meer kenmerkend voor de landschapseenheid zijn: Kruipbrem, Gewoon struisgras. Deze soorten komt echter niet algemeen verspreid voor. Ten opzichte van landschapseenheid VI onderscheidt deze zich door het abundanter optreden van Pijpestrootje, Borstelgras en Pilzegge. Dopheide en Struikheide komen beide veel voor. Ook Jeneverbes wordt vooral in het oostelijke deel veel aangetroffen. Plaatselijk komen op wat vochtigere percelen Kleine Zonnedauw, Tormentil, Heidekartelblad en Kruipwilg voor.

Synthese: De landschapseenheid wordt gekenmerkt door het voorkomen van zowel vocht als droogte indicerende soorten. Het feit dat Pijpestrootje en Borstelgras sterk tot deze landschapseenheid beperkt zijn kan niet direct verklaard worden uit de vochttoestand. Dit wordt bevestigd door de voorkomende hoge grondwatertrappen. Ook in het veld werden geen uitgesproken vochtige plaatsen aangetroffen, behalve direct ten noorden van het

Elzenerveen. Veel eerder lijkt hier de bodemgesteldheid een rol te spelen. De veld- en haarpodzolbodems vormen een uitgesproken voedselarm milieu, waarop deze soorten goed gedijen. Zeer plaatselijk kunnen kleine verschillen in vochttoestand van de onverzadigde zone optreden door het eventuele voorkomen van kleine leembandjes en/of ijzerhardlaagjes. Deze bevorderen het voorkomen van Pijpestrootje en Dopheide.

Landschapseenheid VI. Zandgronden met overwegend holtpodzolen. Zandgebied van Bochtige Smele.

Geologie: Voor het grootste deel bestaan de afzettingen uit meestal fijn, glauconiethoudend zand, dat veelal grindhoudend en zwak lemig is. Plaatselijk, meestal op grote diepte is keileem aangetroffen.

Geomorfologie: De landschapseenheid is vrijwel in zijn geheel gelegen op het kameterras van de stuwwal van Rijssen. Langs de noordwestrand hiervan zijn gordeldekzandwellingen en vlaktes van ten dele verspoeld dekzand aanwezig. Het gebied is licht glooiend en loopt geleidelijk af naar het noordwesten.

Hydrologie: De gehele landschapseenheid wordt gekenmerkt door relatief droge omstandigheden (Gt VII en VII*). Het grondwater is steeds mineraalarm, en sterk gelijkend op regenwater. Dit grondwatertype zet zich waarschijnlijk tot op grote diepte voort.

Bodem: De landschapseenheid bestaat in zijn geheel uit holtpodzolbodems.

Kenmerkende soorten: De landschapseenheid kent geen duidelijke kenmerkende soorten. Ten opzichte van landschapseenheid V komen Bochtige smele, Smalle stekelvaren en Brede stekelvaren meer voor. Ook Jeneverbes komt veel, op enkele plaatsen dichte struwelen vormend voor in het noordoostelijke deel. Dopheide en Struikheide komen beide veel voor.

Synthese: Voor deze landschapseenheid geldt in feite hetzelfde als voor landschapseenheid V. De hydrologische omstandigheden lijken niet bepalend voor het voorkomen van soorten. De aanwezigheid van holtpodzolen met amorfe humus leidt wellicht tot een iets betere nutriëntenvoorziening, wat het massaler optreden van Bochtige smele en de beide Stekelvarens kan verklaren. Het grondwater is op zeer grote diepte aanwezig, hetgeen ook kenmerkend is voor de vorming van holtpodzolen. In dit verband is het vele voorkomen van dopheide opmerkelijk. Wellicht speelt de fosfaatarmoede van het substraat hier een rol in.

Landschapseenheid VII. Stuwwal van Rijssen met akkers.

Deze landschapseenheid is net gelegen buiten de reservaatsgrenzen op de stuwwal van Rijssen en onderscheidt zich voornamelijk door het voorkomen van hoge zwarte enkeerdgronden, die voor akkerbouw gebruikt worden. Het hier infiltrerende water, dat aanzienlijk verrijkt kan zijn met nutriënten, stroomt wellicht gedeeltelijk over de keileem af, om op de westhelling van de Friezenberg bij de oppervlakte te komen. De uit de stuwwal van Rijssen afkomstige grondwaterstromen beïnvloeden het Elzenerveen niet, maar voeden een diepere grondwaterstroom onder het veen door.

LITERATUUR

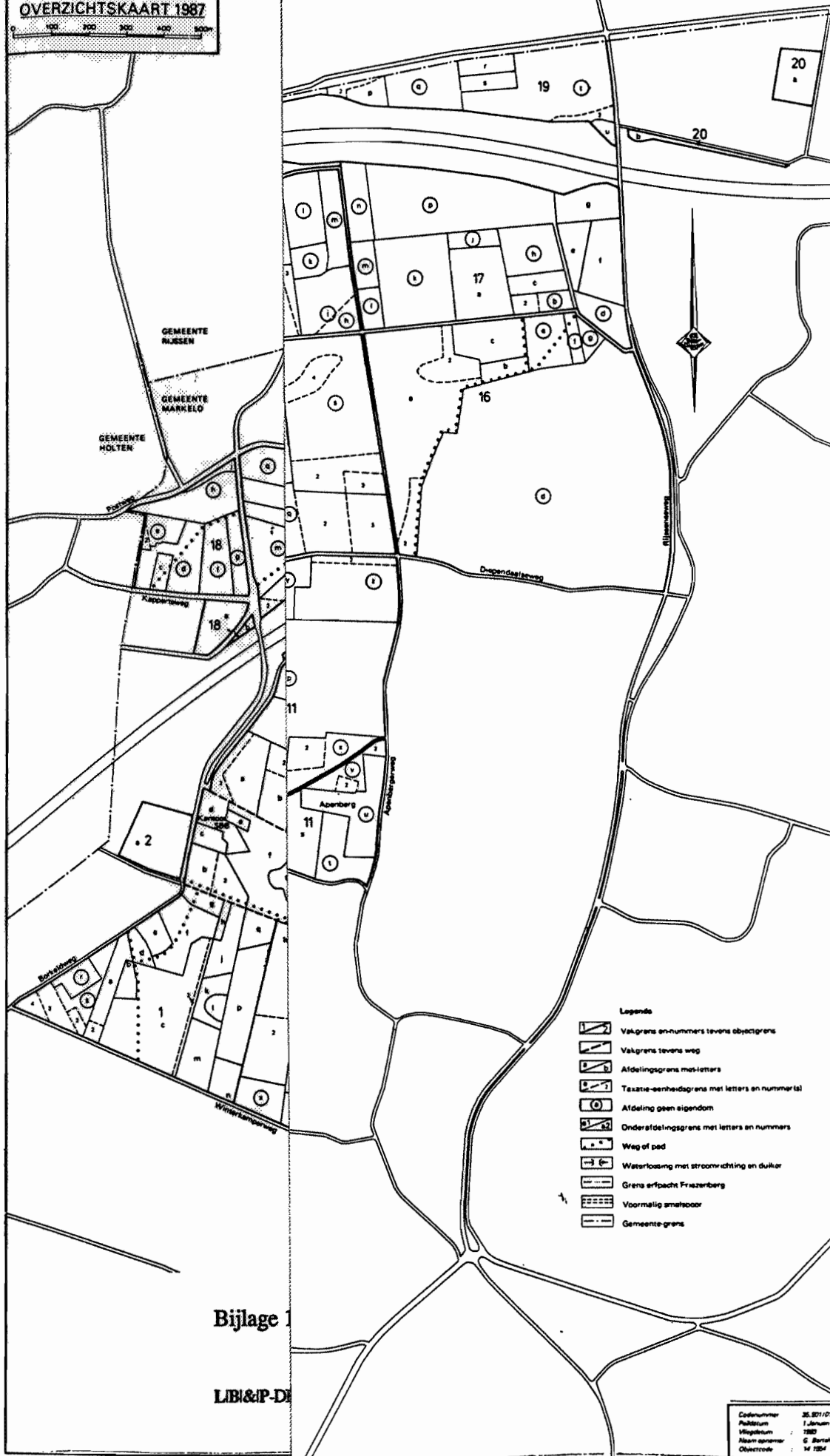
- BAKKER, T.W.M. (1984): Het Dwingelderveld, deelrapport geohydrologie. Staatsbosbeheer, Utrecht.
- BAKKER, T.W.M., I.I.Y. CASTEL, F.H. EVERTS & N.P.J. DE VRIES (1986): Het Dwingelderveld, een Drents heidelandschap. Reeks landschapsstudies no. 8. PUDOC, Wageningen.
- BANNINK, J.F. & J.C. PAPE (1968): De bodemgesteldheid van het natuurreservaat "De Borkeld en het Elzenerveld". Stiboka, Wageningen.
- BANNINK, J.F., H.N. LEYS & I.S. ZONNEVELD (1974): Akkeronkruidvegetatie als indicator van het milieu, in het bijzonder de bodemgesteldheid. Stiboka, Wageningen.
- BARTELD, G. (1972): Afdelingslegger en terreintypenindeling van De Borkeld en het Elzenerveld. Staatsbosbeheer, afd. statistiek.
- BARTELD, G. (1987): Afdelingslegger en terreintypenindeling van De Borkeld en het Elzenerveld. Staatsbosbeheer, afd. statistiek.
- CATE, J.A.M. TEN & G.C. MAARLEVELD (1977): Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1:50.000. Toelichting op de legenda. Stiboka, Wageningen; RGD, Haarlem.
- EBBERS, G. & R. VISSCHERS (1983): Bodemkaart van Nederland. Toelichting bij kaartblad 28 West, Almelo. Stiboka, Wageningen.
- EVERTS, F.H., A.P. GROOTJANS & N.P.J. DE VRIES (1984): Vegetatiekartering Drentse Aa. Laaglandbekenproject no. 5. SBB/R.U. Groningen.
- EVERTS, F.H. & N.P.J. DE VRIES (1986): Landschapsoecologisch onderzoek "Roden-Norg". Van er Wal en Langbroek, Leeuwarden.
- HULSHOF, J. (1975): De vegetatiekartering van het Natuurreservaat "De Borkeld en het Elzenerveld". Stage-verslag Rijks Middelbare Tuinbouwschool, Utrecht/RIN Leersum.
- JANSEN, A.J.M. & R. VAN DIGGELEN (1987): Landschapsoecologische methoden-studie naar de effecten van grondwaterwinning. Deel 1,2 en 3. Langbroek, Leeuwarden.
- JANSEN, A.J.M. & E. OOSTERVELD (1987): Een veenmoskartering en landschapsoecologische interpretatie daarvan voor een deel van het Meerstalbok. Langbroek, Leeuwarden.
- KOP, L.G. & W. VAN ZEIST (1960): Twente-natuurhistorisch: II de bodem en de bossen. KNNV med. nr. 37. Hoogwoud.
- LAAN, K. VAN & F. VAN WESTREENEN (1976): De correlatie tussen bodem en vegetatie. Stage-verslag HBCS, Arnhem.
- POELJE, H.A.C. VAN (1987)(in voorb.): Bodem en hydrologie van De Borkeld en het Elzenerveld. Wageningen.
- RIJKS GEOLOGISCHE DIENST. Boorgegevens en concept geologische kaart van de Borkeld en omgeving (niet gepubliceerd). RGD, Lochem.
- RUNHAAR, C.L.G., L. GROEN, R. VAN DER MEIJDEN & R.A.M. STEVERS (1987): Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria 13, 11/12:276-359.
- SMIDT, J.T.DE (1981): De Nederlandse heidevegetaties. Wetensch. med. KNNV nr. 144, Hoogwoudt.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING (1983): Bodemkaart van Nederland, kaartblad 28 West, Almelo. Stiboka, Wageningen.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING/RIJKS GEOLOGISCHE DIENST (1978): Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1:50.000, bladen 28 en 29: Almelo/Denekamp. Stiboka, Wageningen; RGD, Haarlem.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING/RIJKS GEOLOGISCHE DIENST (1978):

Geomorfologische kaart van Nederland schaal 1:50.000, bladen 34 en 35:
Enschede-Glanerbrug. Stiboka, Wageningen; RGD, Haarlem.
STREEFKERK, J.G. & W.A. CASPARIE (1987): De hydrologie van hoogveensyste-
men. Staatsbosbeheer, Utrecht.
WESTHOFF, V. & A.J. DEN HELD (1975): Plantengemeenschappen in Nederland.
Tweede druk. Thieme Zutphen.

BIJLAGEN

STAATSBOSBEHEER
PROVINCIE OVERIJSEL
NAT. RES. "DE BORKELD"
OVERZICHTSKAART 1987

0 100 200 300 400 500m



Legenda

- Vakgrens en nummers tevens objectgrens
- Vakgrens tevens weg
- Afdelingsgrens met letters
- Taxatie-eenheidsgrens met letters en nummeral
- Afdeling geen eigendom
- Onderafdelingsgrens met letters en nummers
- Weg of pad
- Waterlooping met stroomrichting en duiker
- Grens erfpacht Friezenberg
- Voormalig smalspoor
- Gemeente-grens

Bijlage 1

LIB&P-D

Codenummer 35.9011/01 O
 Publicatum 1 Januarij 1987
 Vingetium 1987
 Afschafte 6. Borsels
 Objectcode 14 1984 01

Bijlage 2: Bodemprofielen boorpunten.

Buis 1.

0-70	veen
70-120	smeerlaag, sterk lemig en humeus
120-180	sterk lemig fijn zand
180-	grof zand en grind

Buis 2.

0-70	veen
70-140	smeerlaag + sterk lemige laag
140-160	zwak lemig, matig grof zand
160-	grind en grof zand

Buis 3.

als buis 2.

Buis 4.

in sloot, sloot ca. 1.00 m.

110-150	veen
150-	zand en grind (geen smeer of leemlaag, uitgegraven bij slootaanleg)

Buis 6.

0-20	sterk weinig humeus materiaal
20-80	licht humeus matig grof zand
80-100	sterk lemig fijn zand
100-	grof zand met grind

Buis 7.

0-20	humeus dek
20-80	inspoelingslaag met ijzer en humus
80-200	leemarm grof zand met grind

Buis 8.

0-50	zwart humeus zand
50-200	matig grof zand met iets grind
200-220	matig lemig fijn zand
220-230	sterk lemig fijn zand
230-400	grof zand

Buis 10.

20-40	veraard veen
40-80	smeerlaag, inspoeling humus
80-110	leemarm matig grof zand
110-140	grof zand met veel grind
140-	matig grof leemarm zand

Buis 12 en 13.

0-15	leem/zand (opgeworpen)
0-20	humeus leem/zand
20-250	matig fijn tot grof zand
250-400	matig fijn glauconiethoudend zand

Buis 14.

0-300	matig fijn tot grof zand
300-400	matig fijn tot grof zand (gereduceerd)

Buis 15.

0-10	humeus zand
10-190	matig grof zand met ijzer (oranje-kleuring)]
190-	keileem

Buis 16 en 17.

0-75	humeus zand
75-120	grof zand
120-125	grindlaag
125-600	grof zand

Buis 18 en 19.

0-30	eedr laag
30-360	grof zand, naar beneden toe glauconiethoudend

Buis 22.

0-40	humeus matig fijn zand
40-250	matig fijn zand
250-350	sterk lemig zand met 2 leemlaagjes
350-450	grof zand

Buis 23.

0-10	humeus matig fijn zand
10-50	matig fijn geel zand
50-350	matig fijn zand
350-400	leemhoudend matig fijn zand met leemlaagjes
400-500	grof zand

Buis 25.

5-10	leilaagje
10-350	matig grof zand
350-503	idem, gereduceerd

Buis 26.

0-150	lemig zand
150-250	leem
250-450	lemig zand
450-600	matig fijn zand

Buis 27.

0-503	naar beneden toe lemiger worden zand met podzolprofiel
-------	--

Buis 28.

0-50	humeus zand
50-370	grof zand
op ca. 220:	grondlaag van ca. 10 cm

Buis 29 en 30.

0-50	humeus zand
50-90	zwarte gliede-laag
90-190	zand
190-	keileem

Buis 31.

0-140	zand
140-350	keileem
350-	matig grof zand

Buis 32.

0-30	humeus zand
30-50	fijn zand
50-350	grof zand, op 300 een grindlaag
350-520	lemig zand met grind

Buis 34.

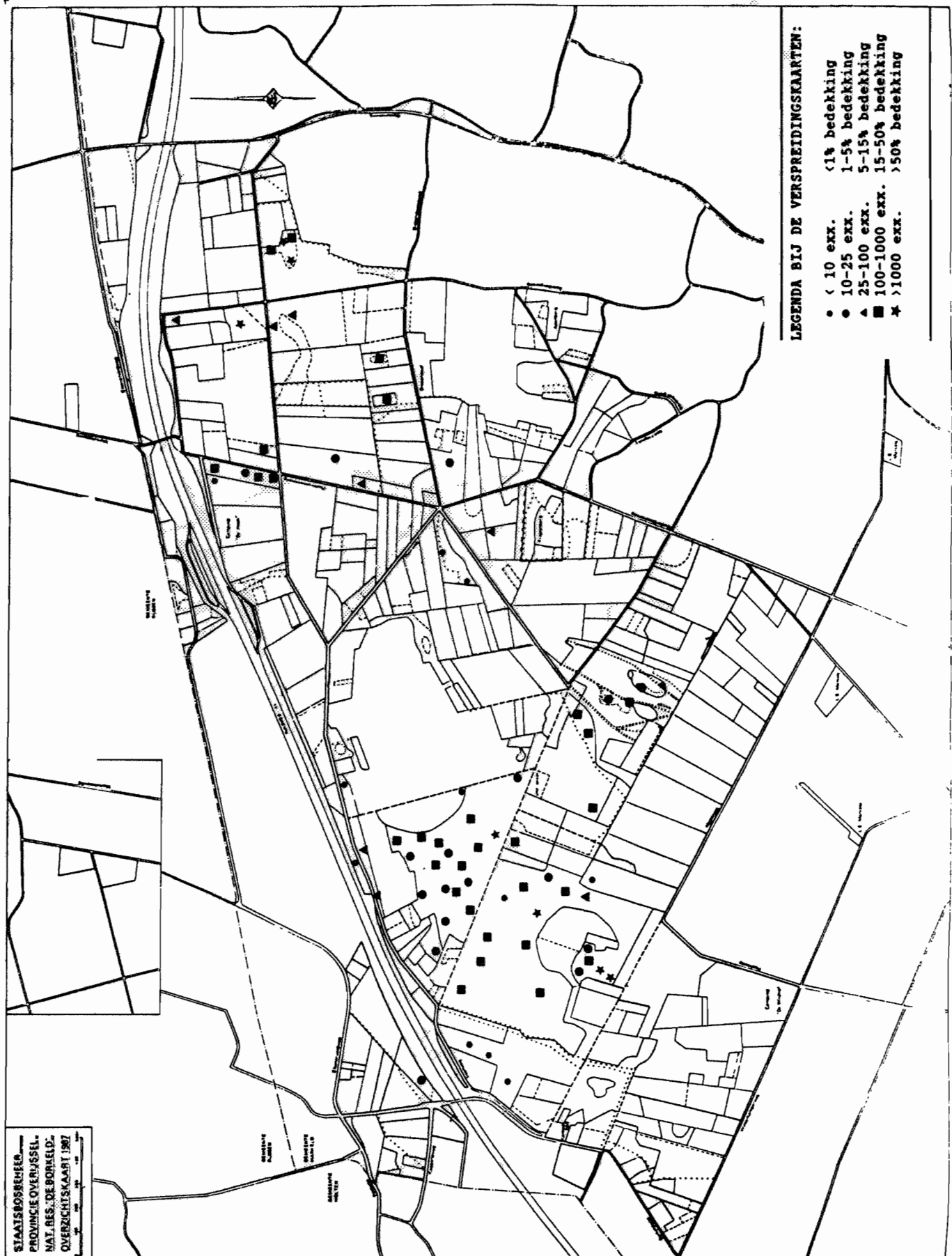
0-100	veen, gliede, gyttja
100-150	lemig, matig fijn
150-250	keileem - klei
250-400	matig fijn glauconiethoudend zand

Buis 35.

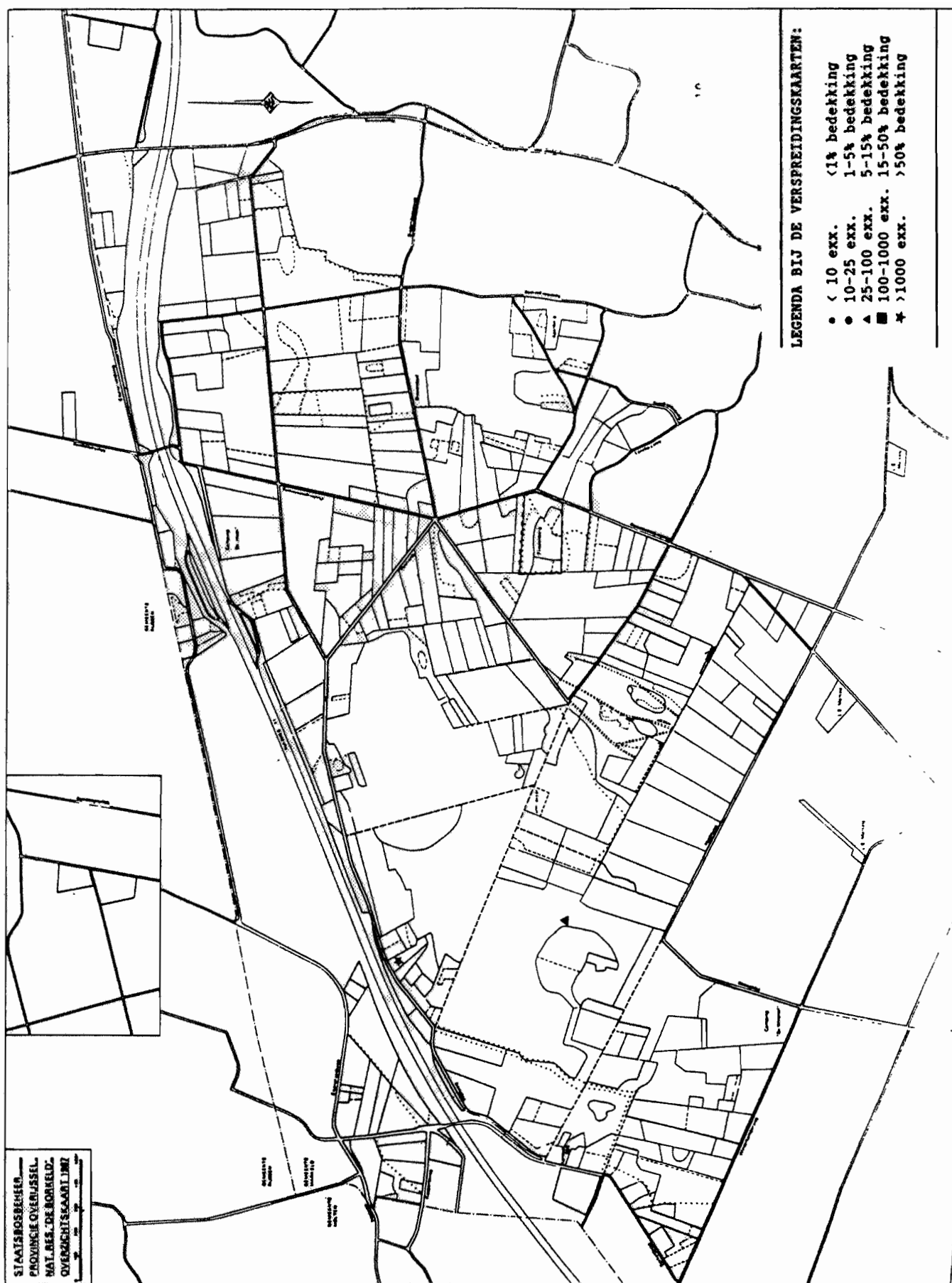
0-75	veen, gliede, gyttja
75-150	weinig glauconiethoudend zand
150-550	glauconiethoudend zand

BIJLAGE 3

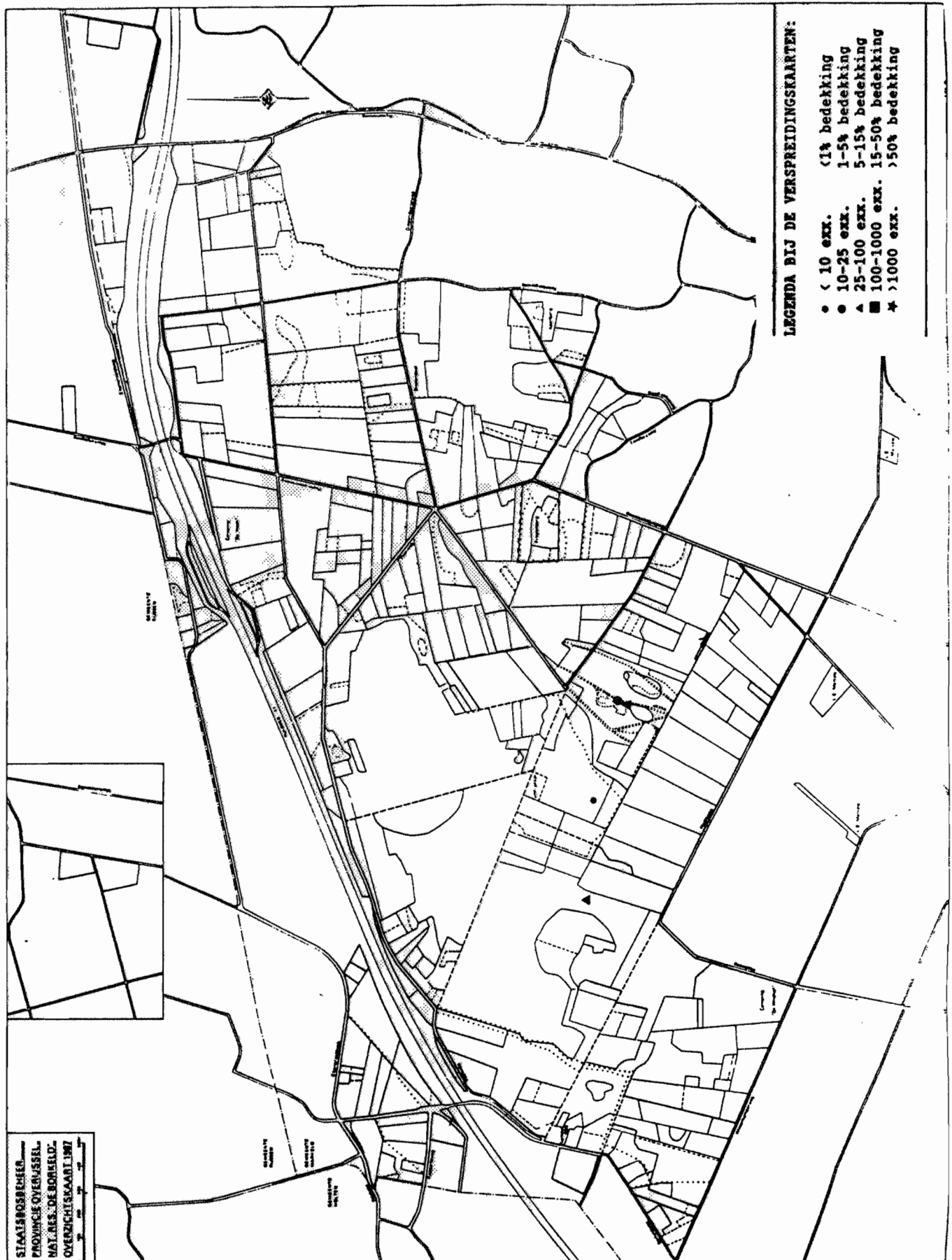
VERSPREIDINGSKAARTEN GEKARTEERDE SOORTEN



Bijlage 3b: Verspreiding van Pilzegg



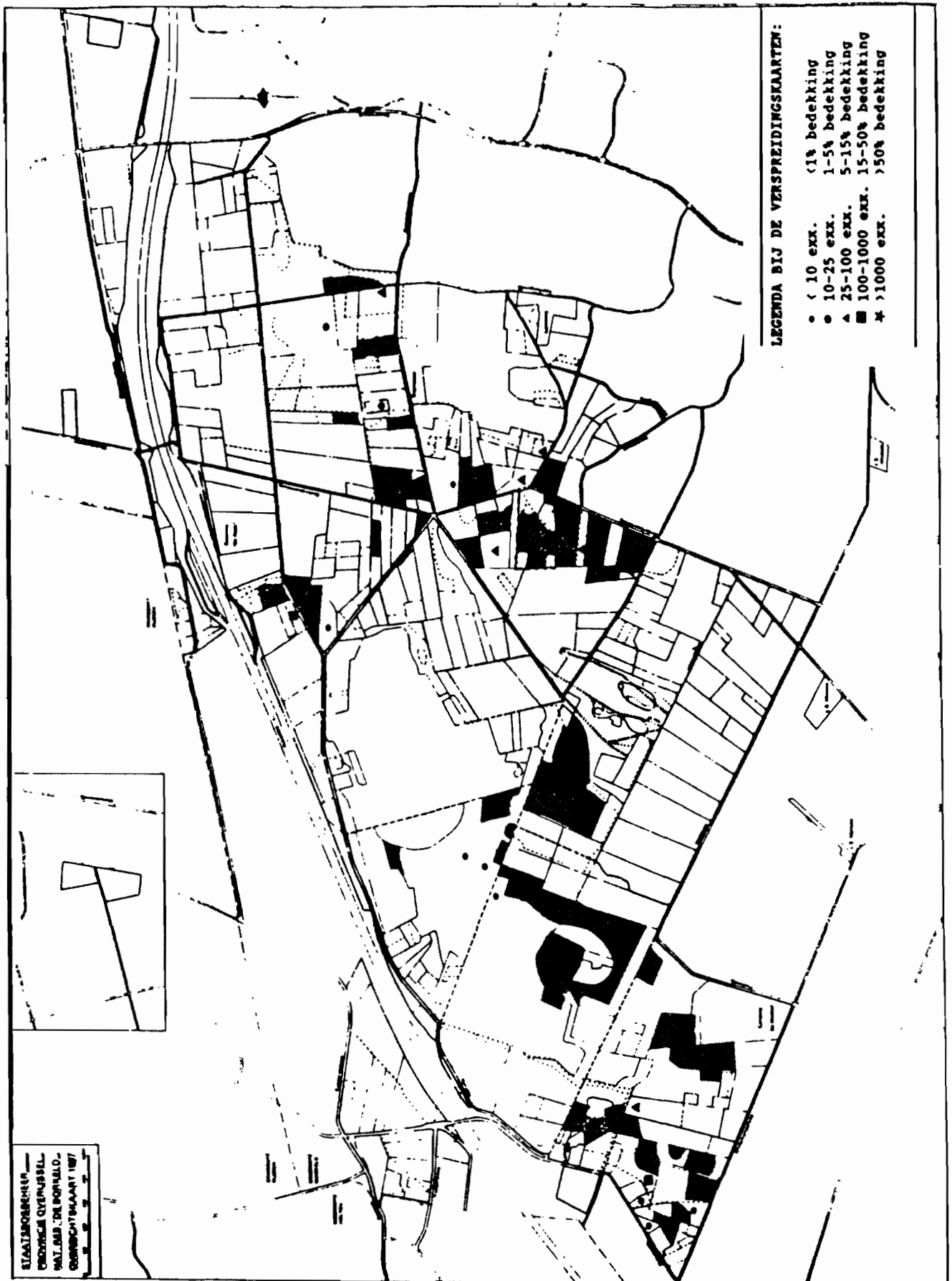
Bijlage 3c: Verspreiding van Duivelsnaaigaren



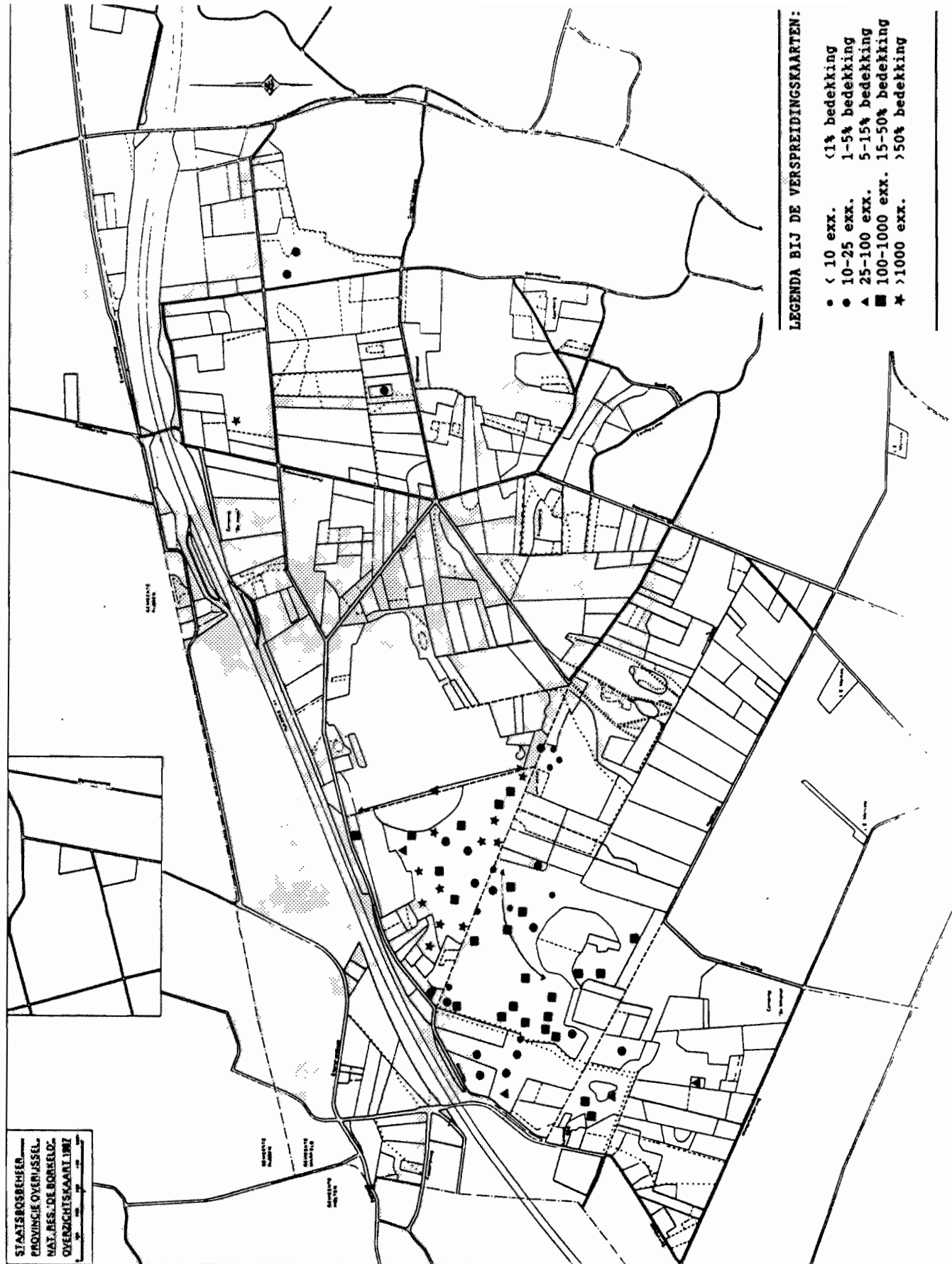
Bijlage 3d: Verspreiding van Stekelbrem



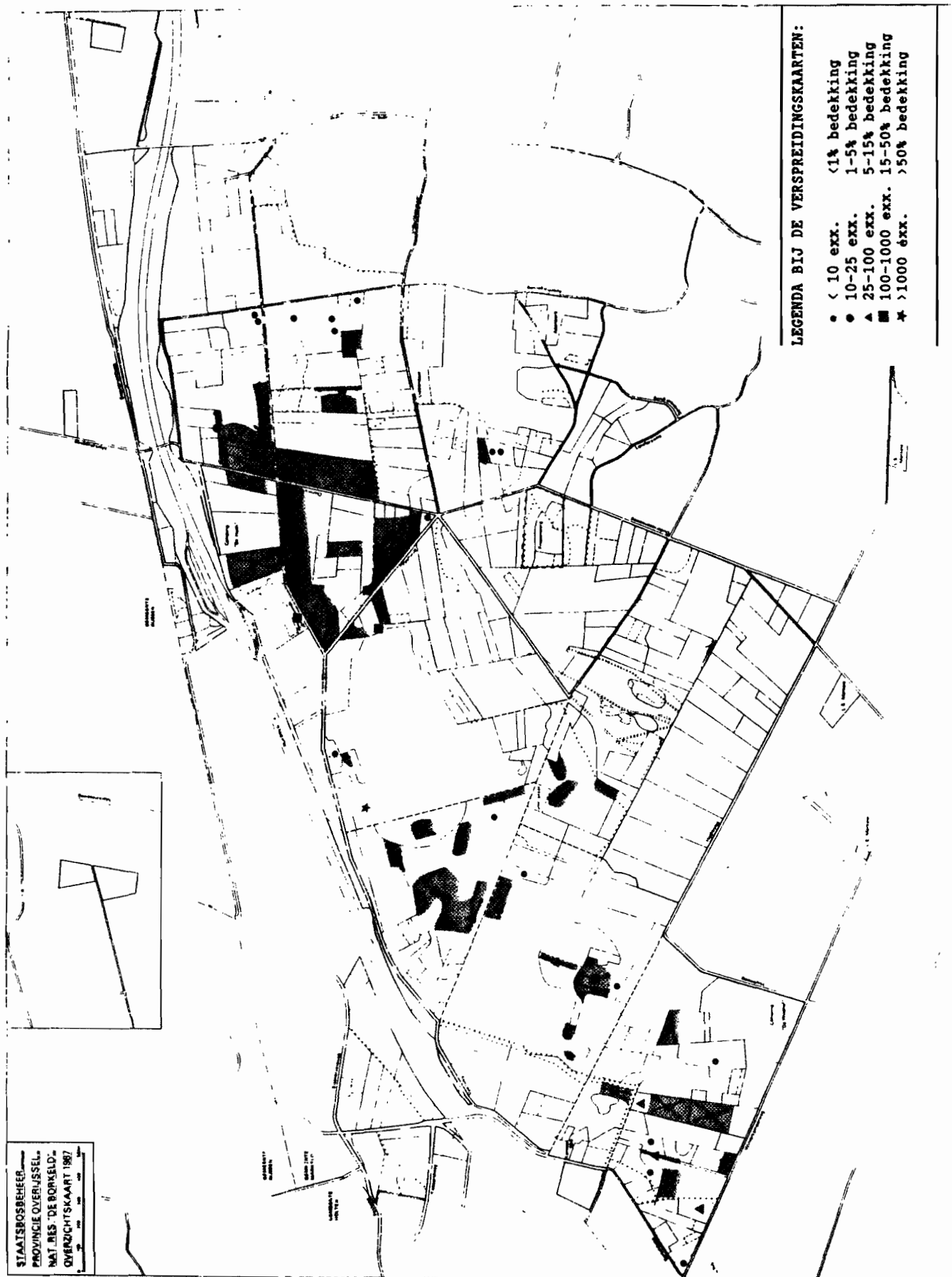
Bijlage 3e: Verspreiding van Kruipbrem



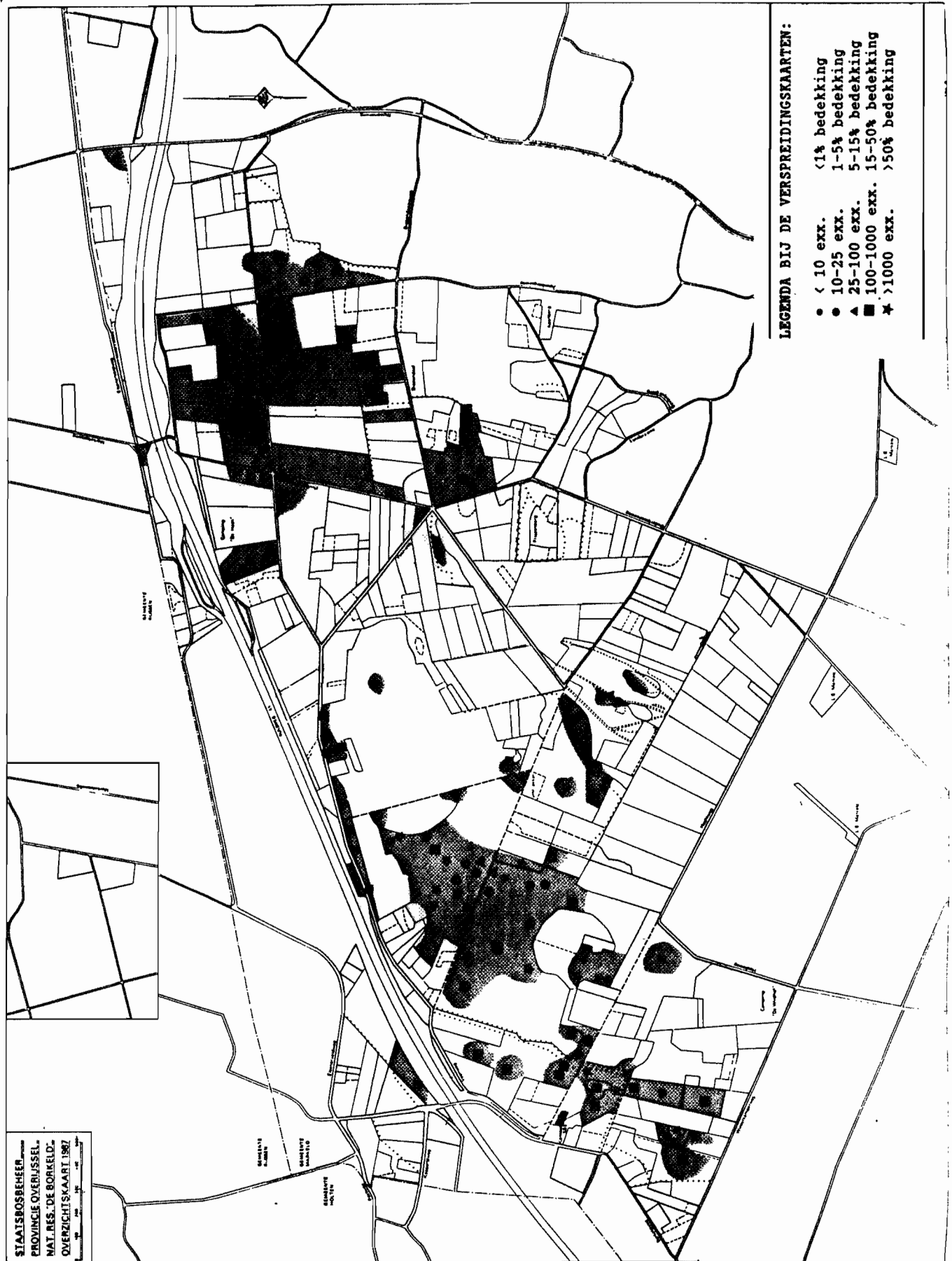
Bijlage 3f: Verspreiding van Bochtige smele



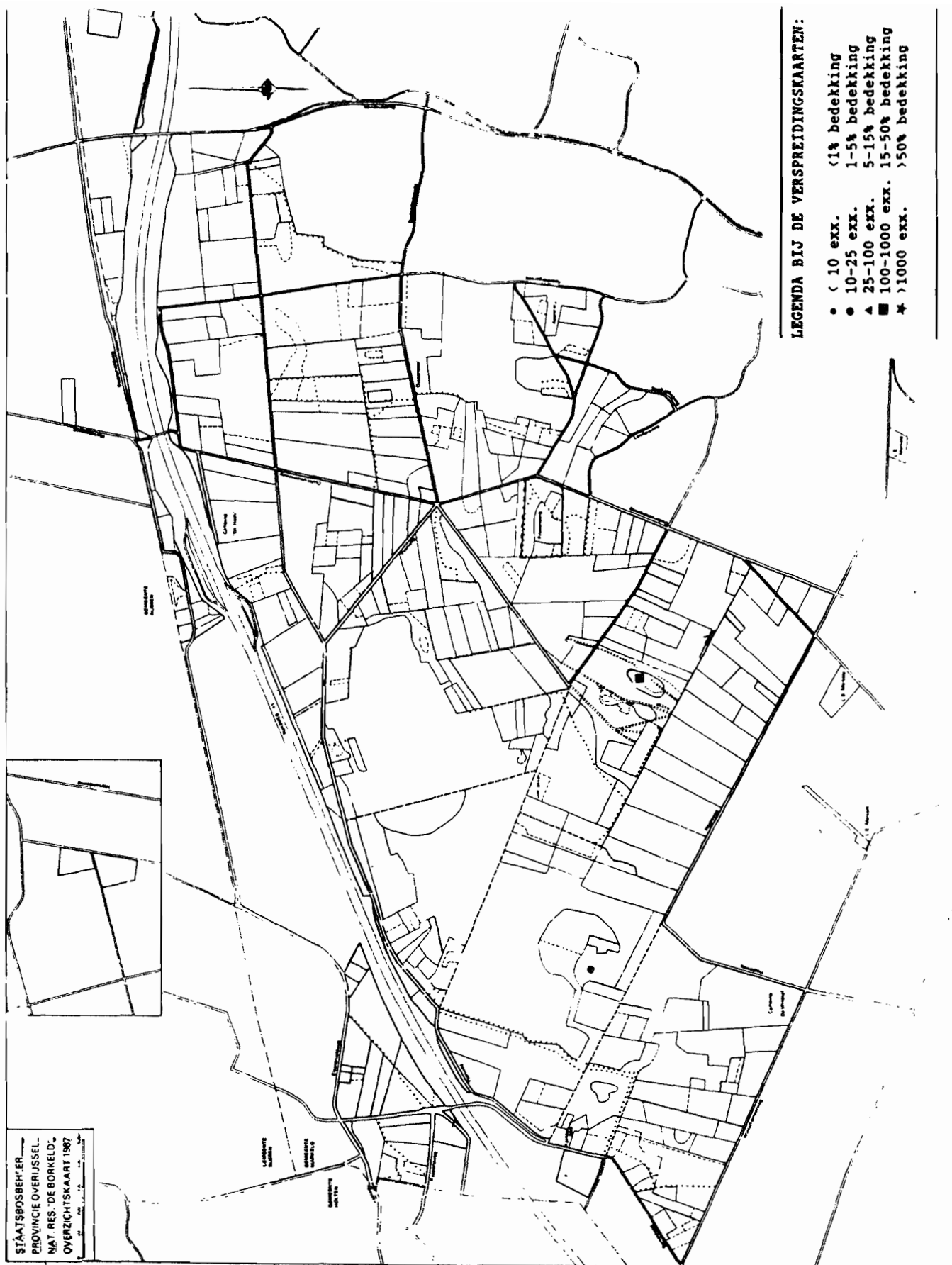
Bijlage 3g: Verspreiding van Borstelgras



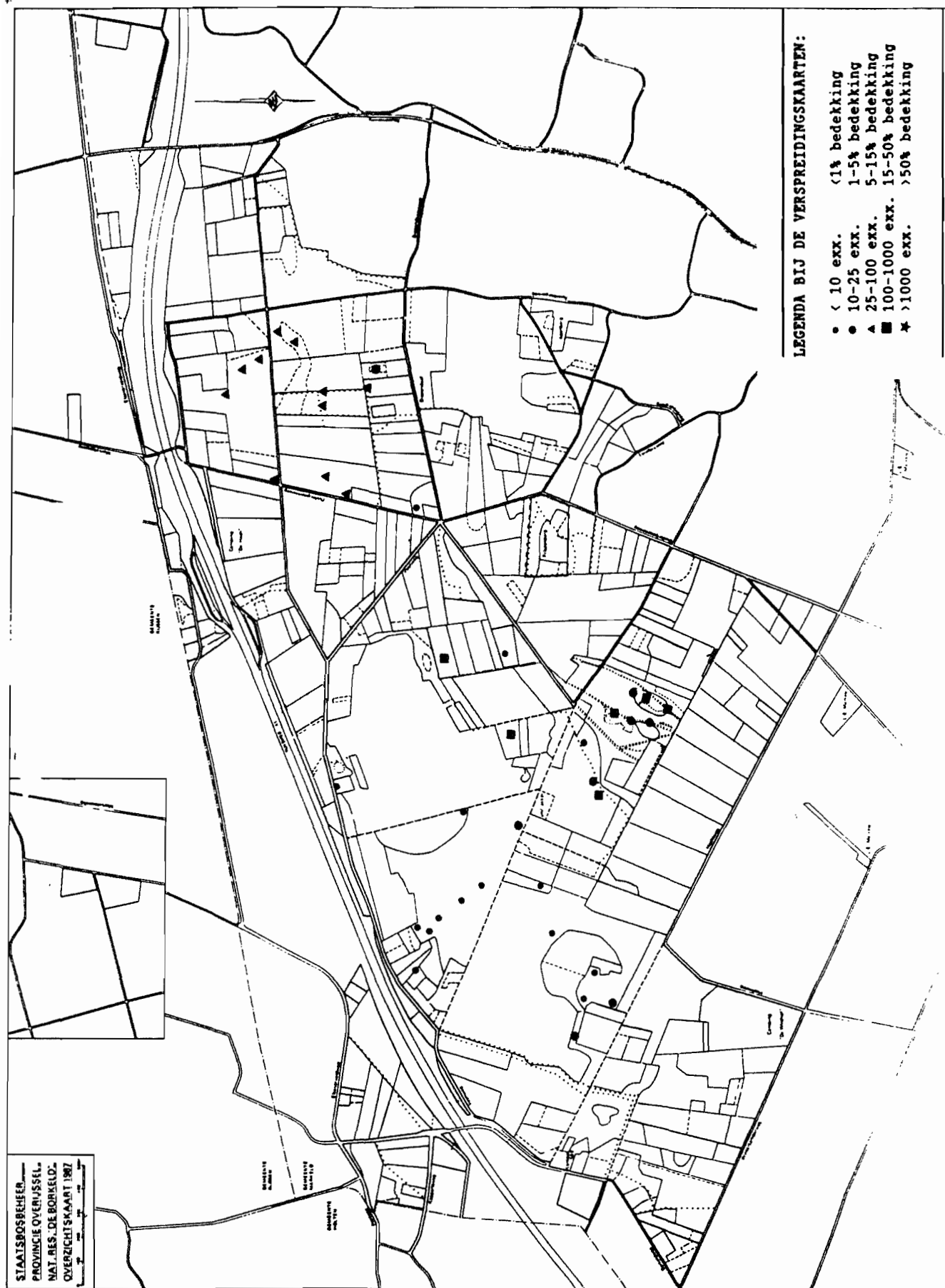
Bijlage 3i: Verspreiding van Pijpestrootje



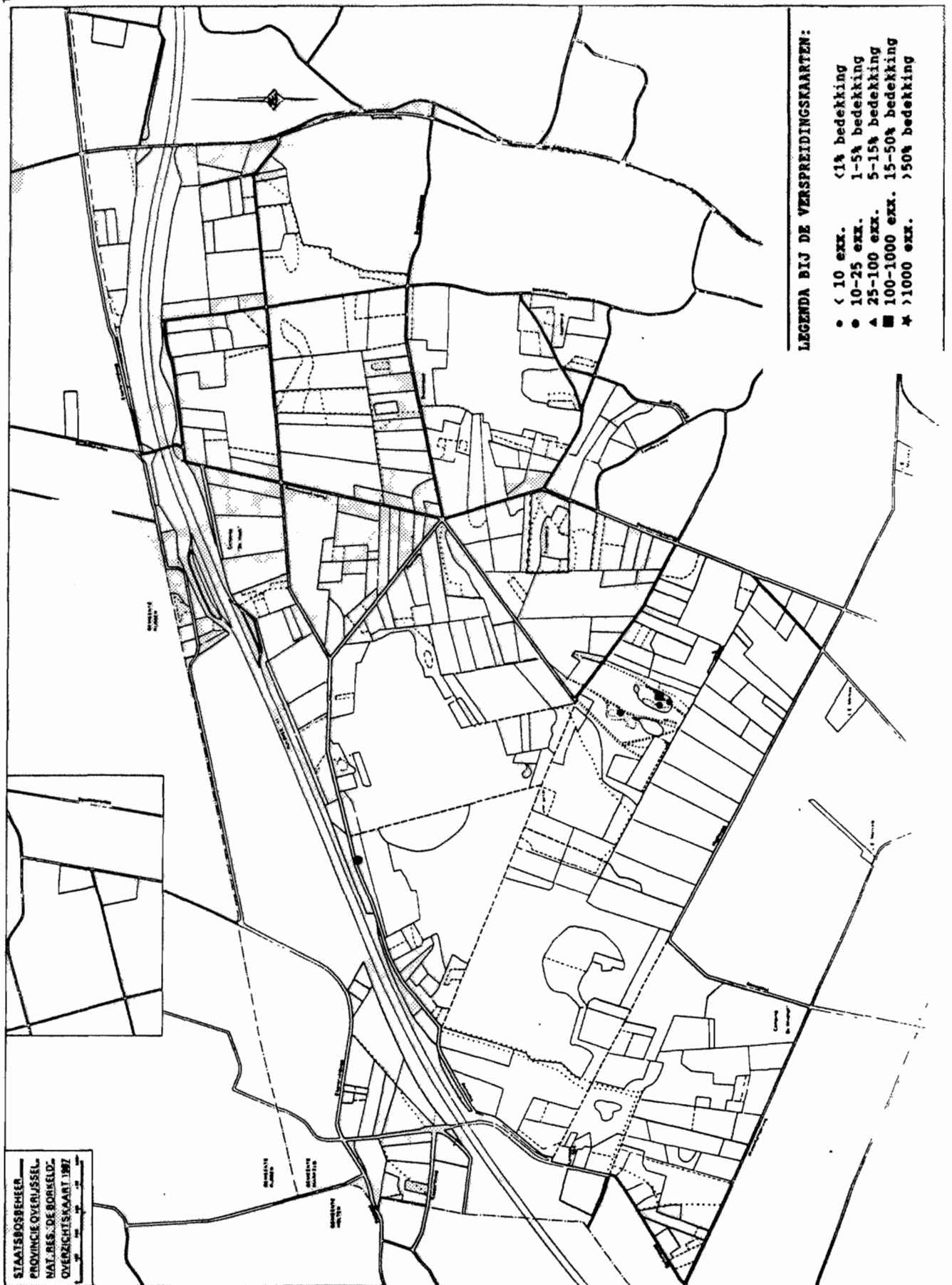
Bijlage 3h: Verspreiding van Dophei



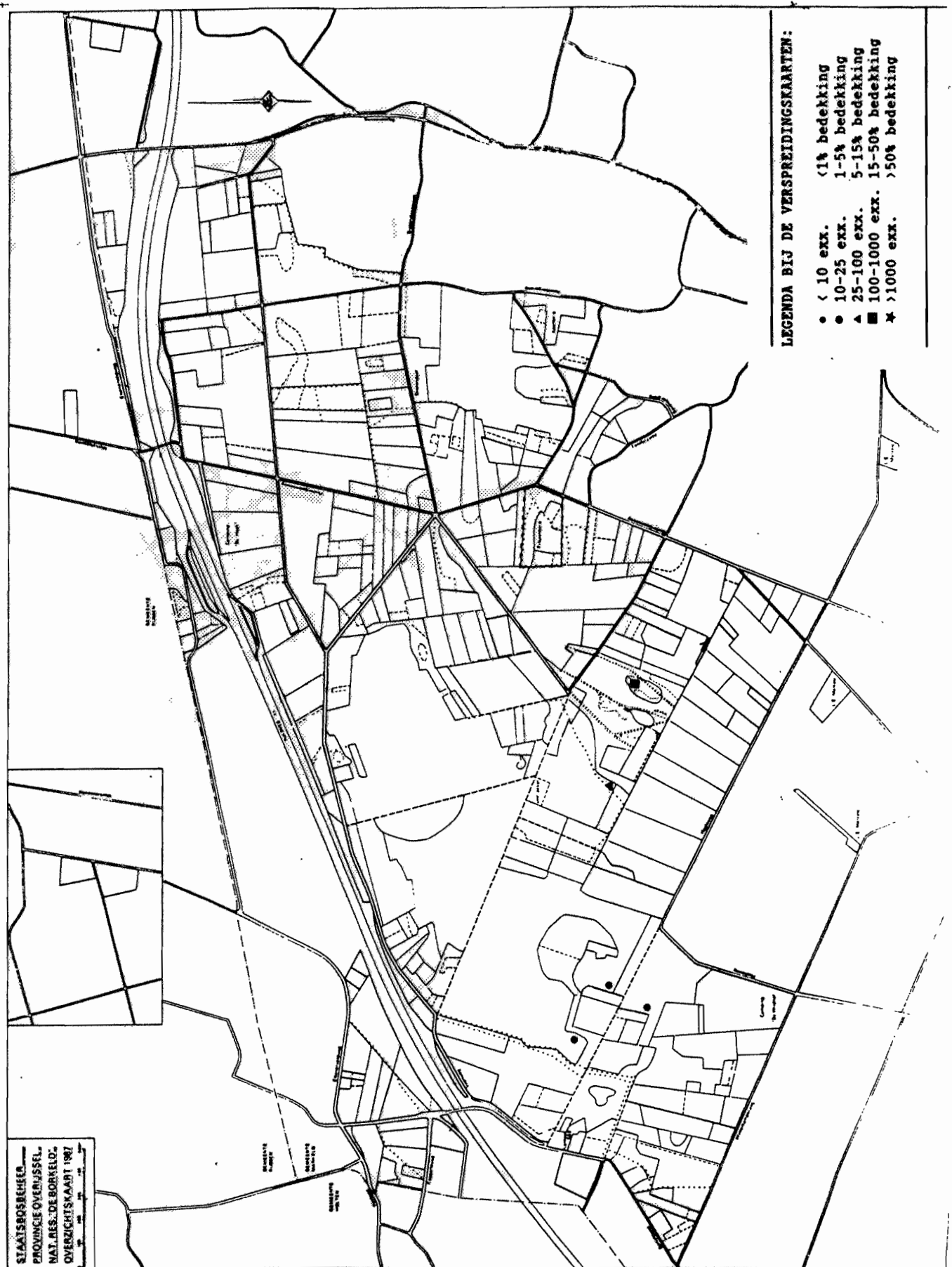
Bijlage 3k: Verspreiding van Klokjesgentiaan



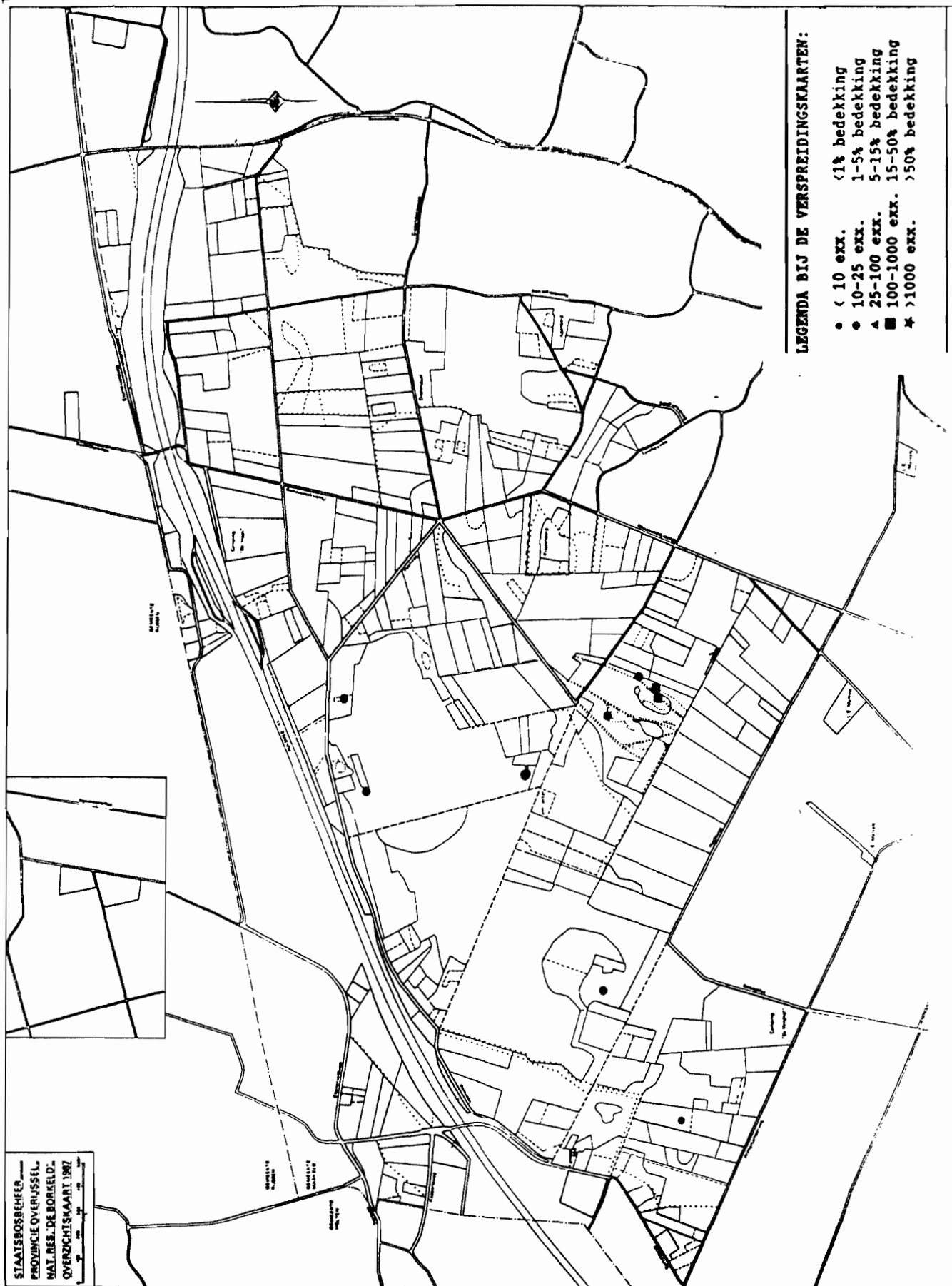
Bijlage 3j: Verspreiding van Tormentil



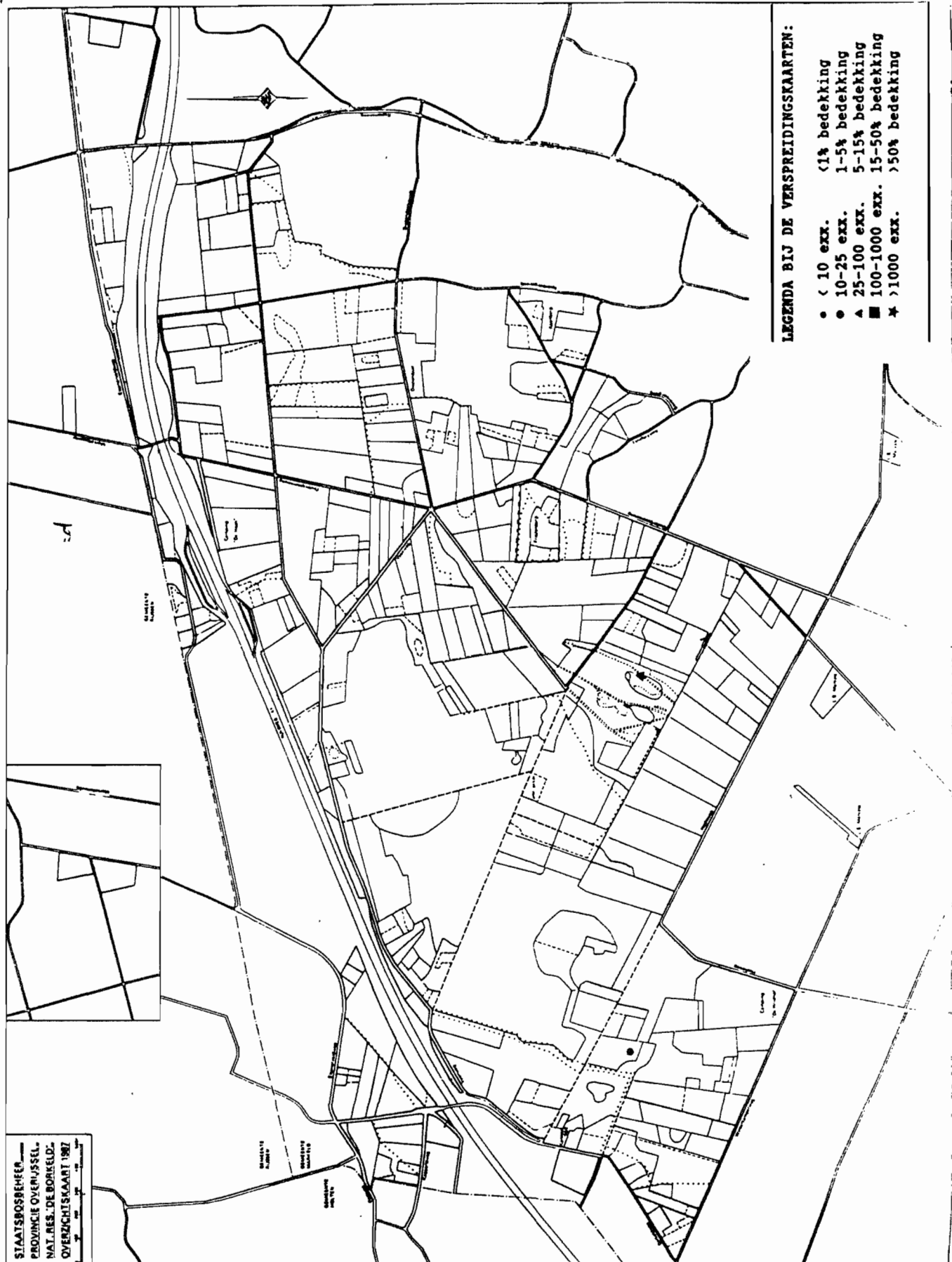
Bijlage 3m: Verspreiding van Blauwe zegge



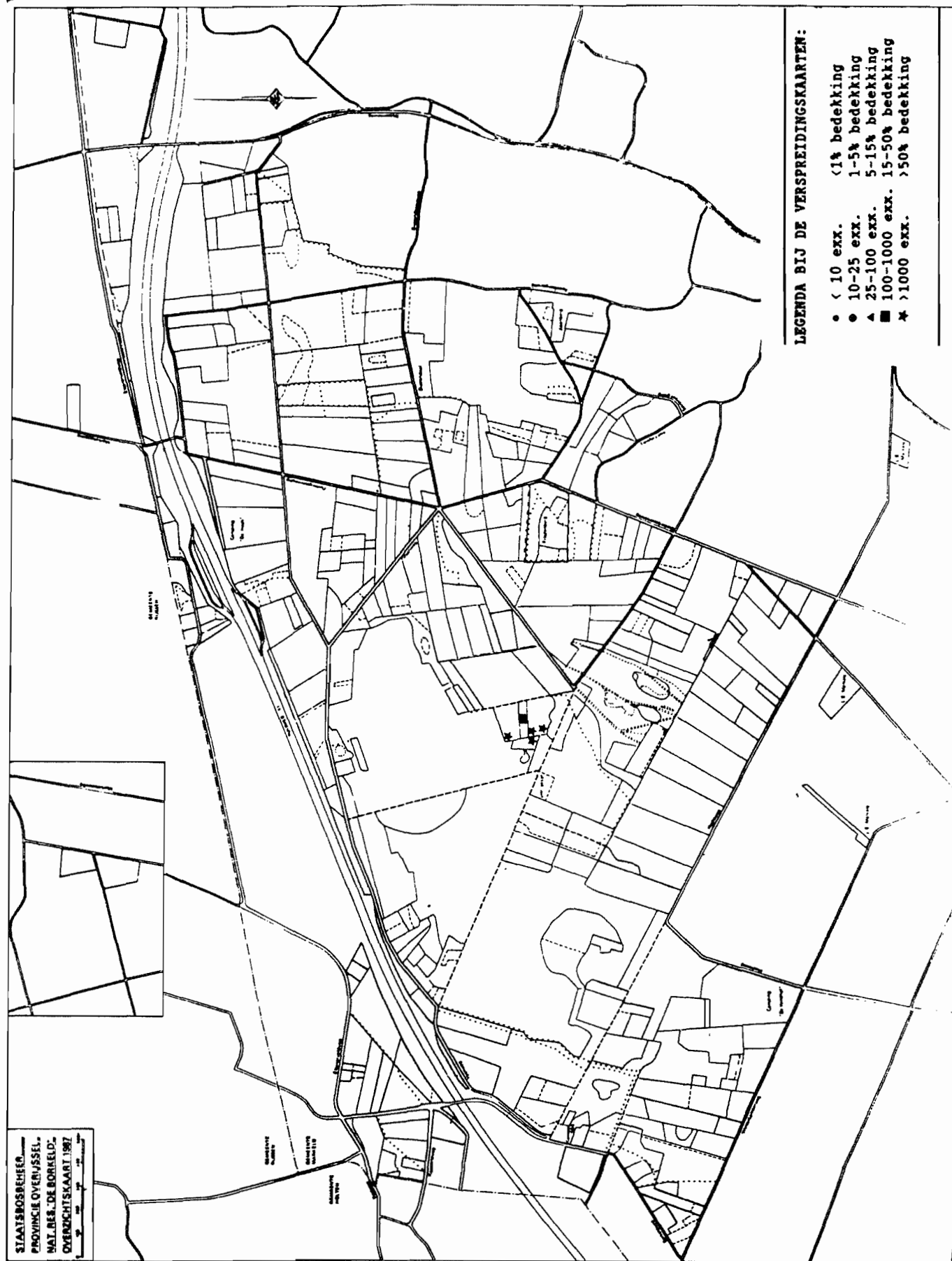
Bijlage 31: Verspreiding van Veenbries



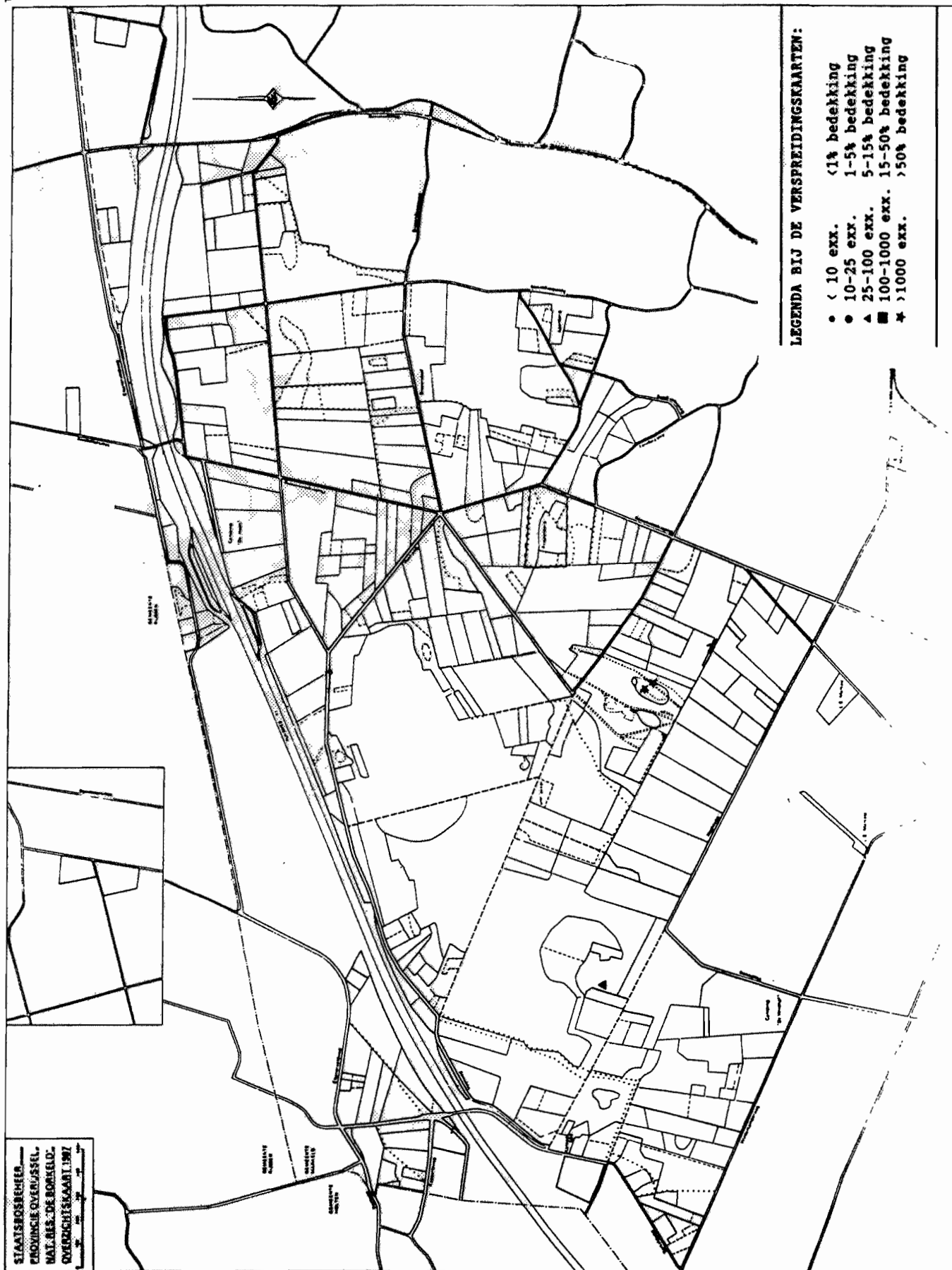
Bijlage 3o: Verspreiding van Kleine zonnedauw



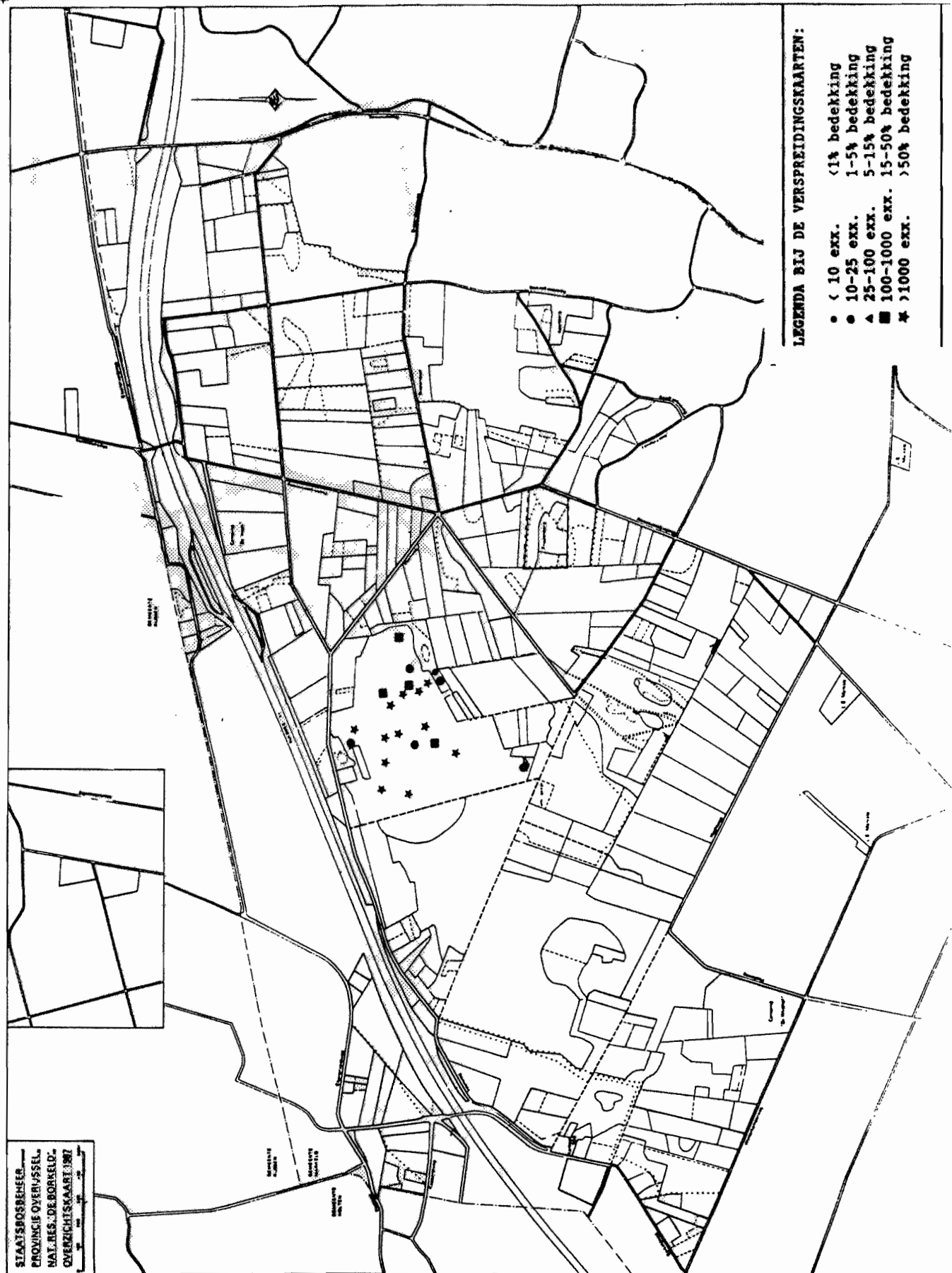
Bijlage 3n: Verspreiding van Heidekartelblad



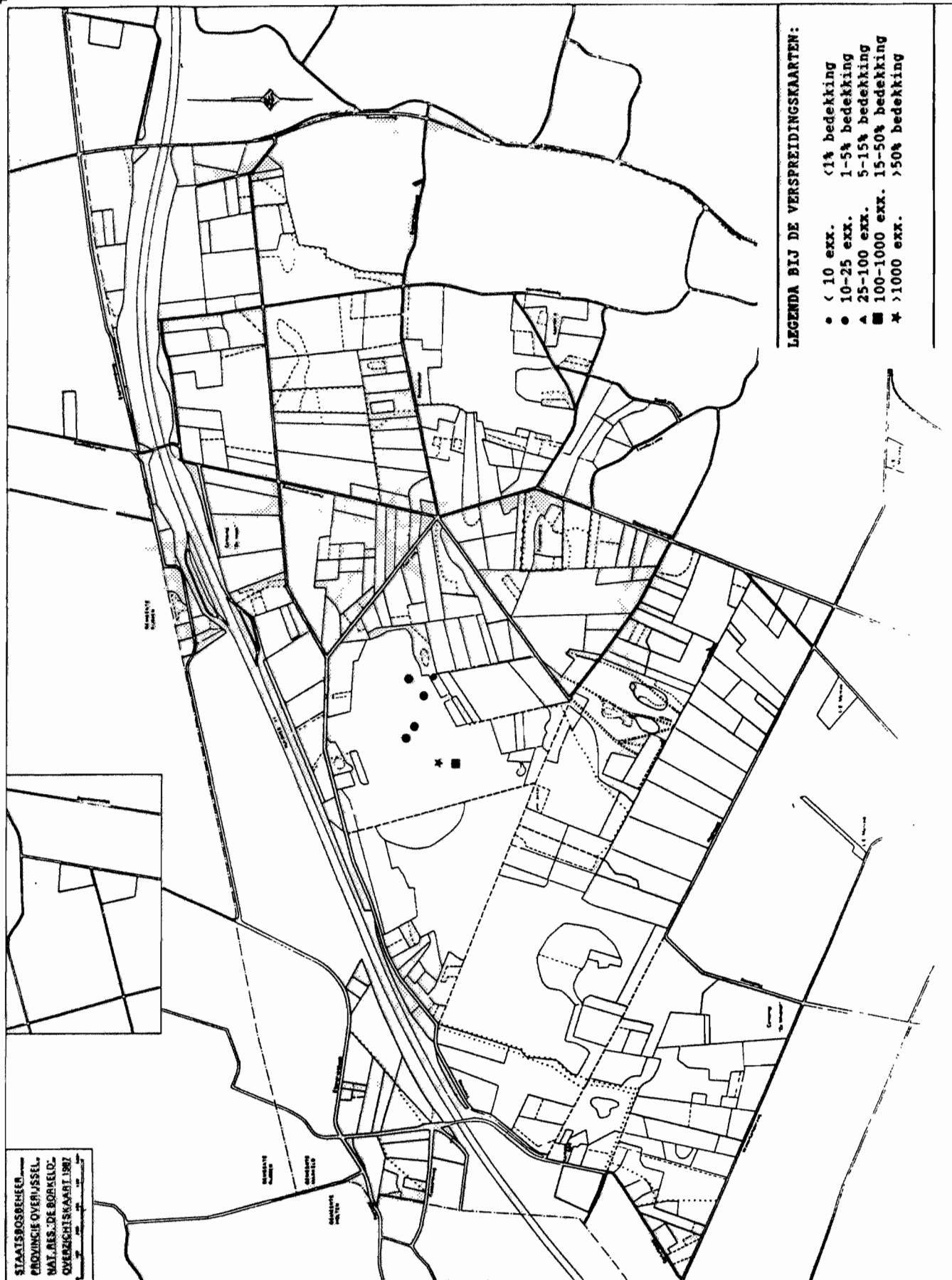
Bijlage 3q: Verspreiding van Veldrus



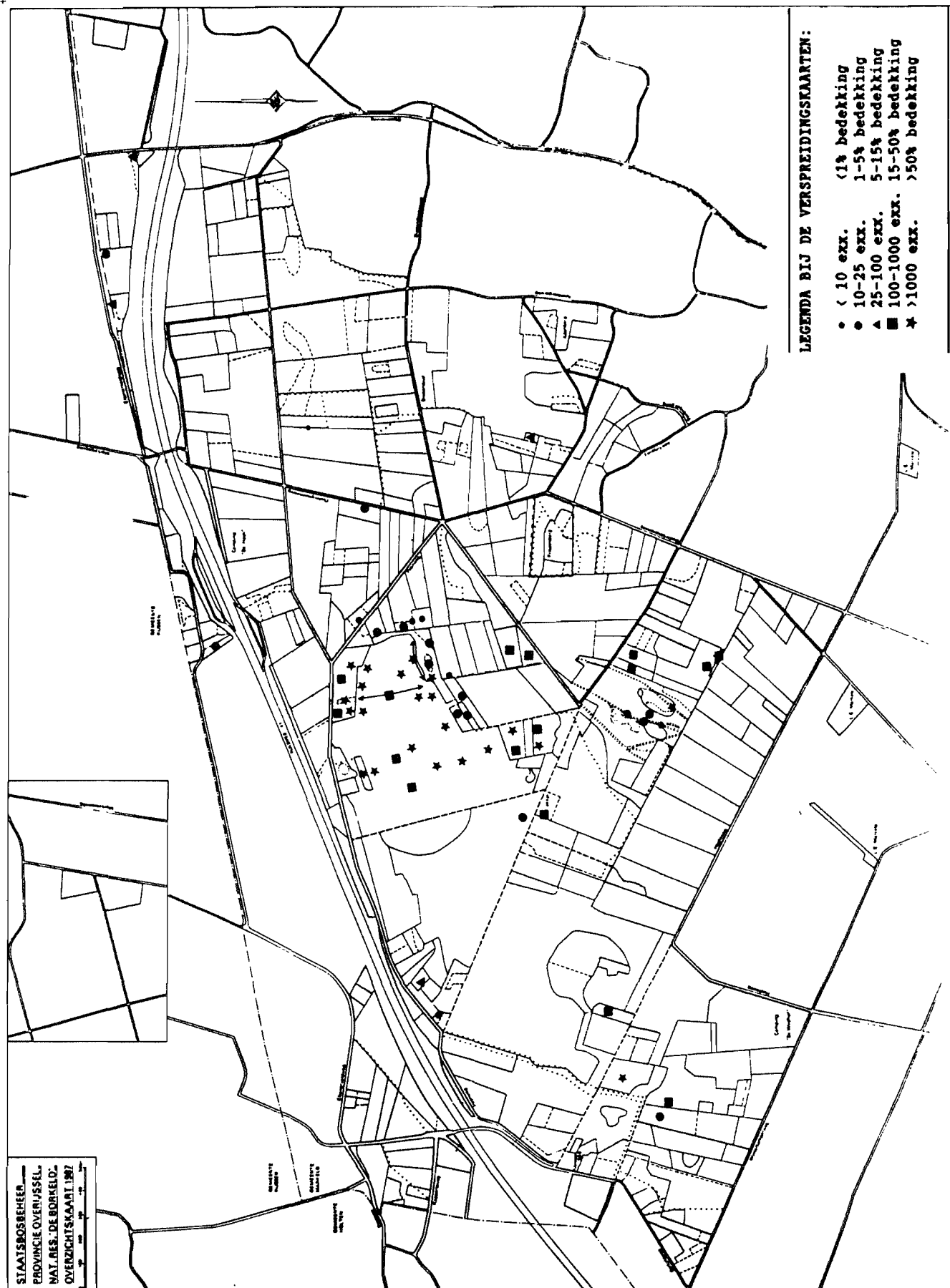
Bijlage 3p: Verspreiding van Bruine snavelbies



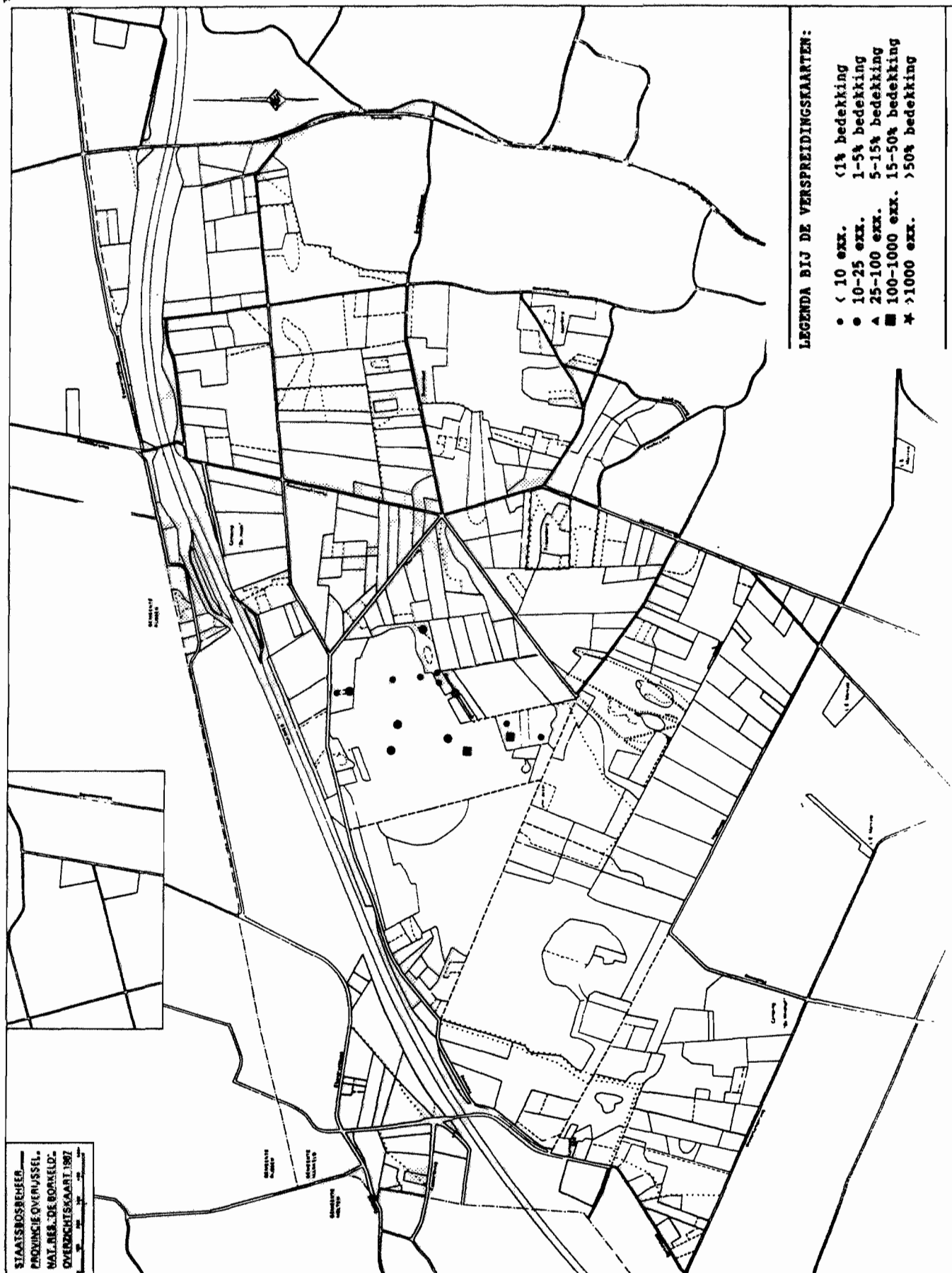
Bijlage 3t: Verspreiding van Veenpluis



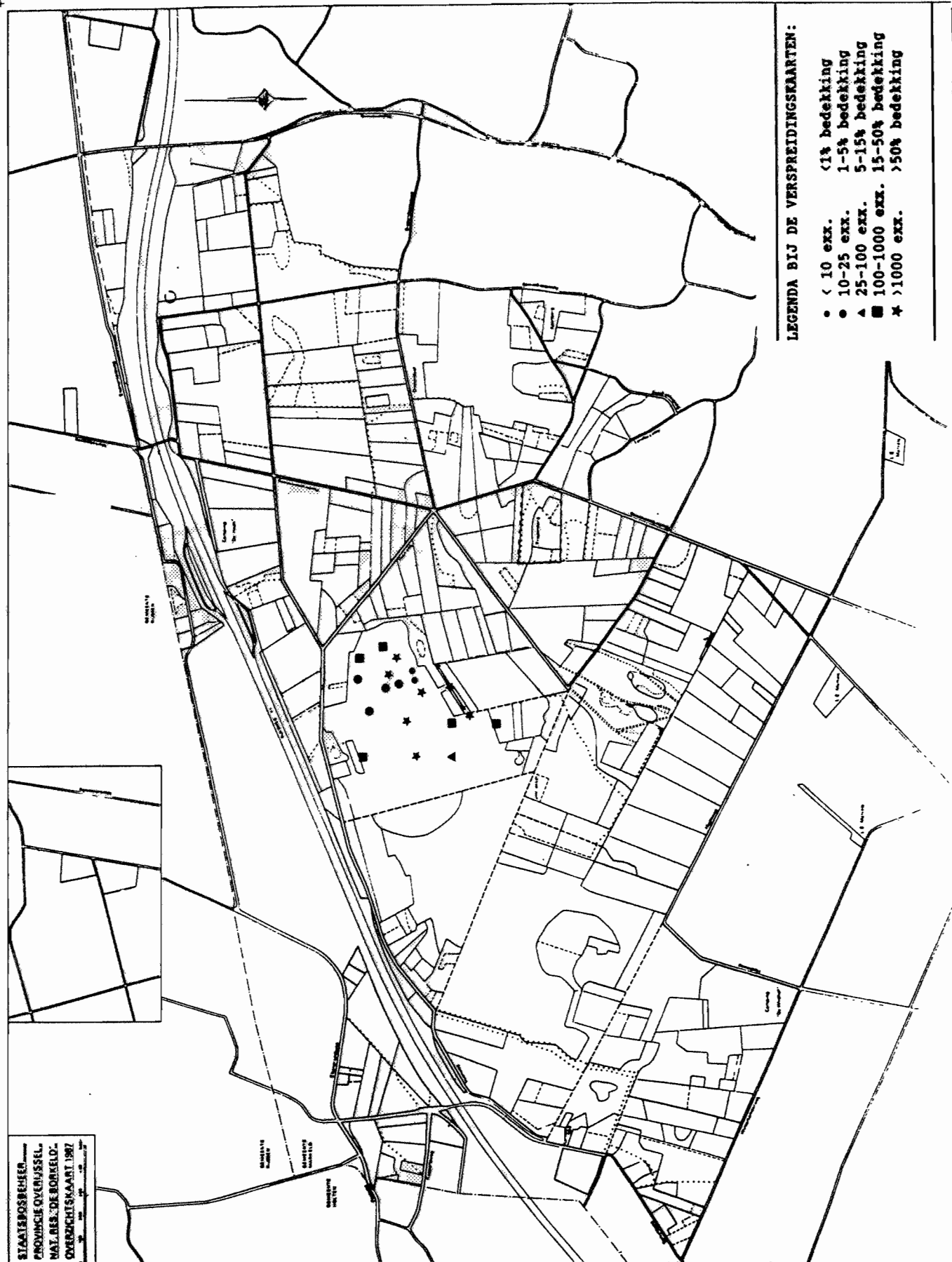
Bijlage 3s: Verspreiding van Eenarig wollegras



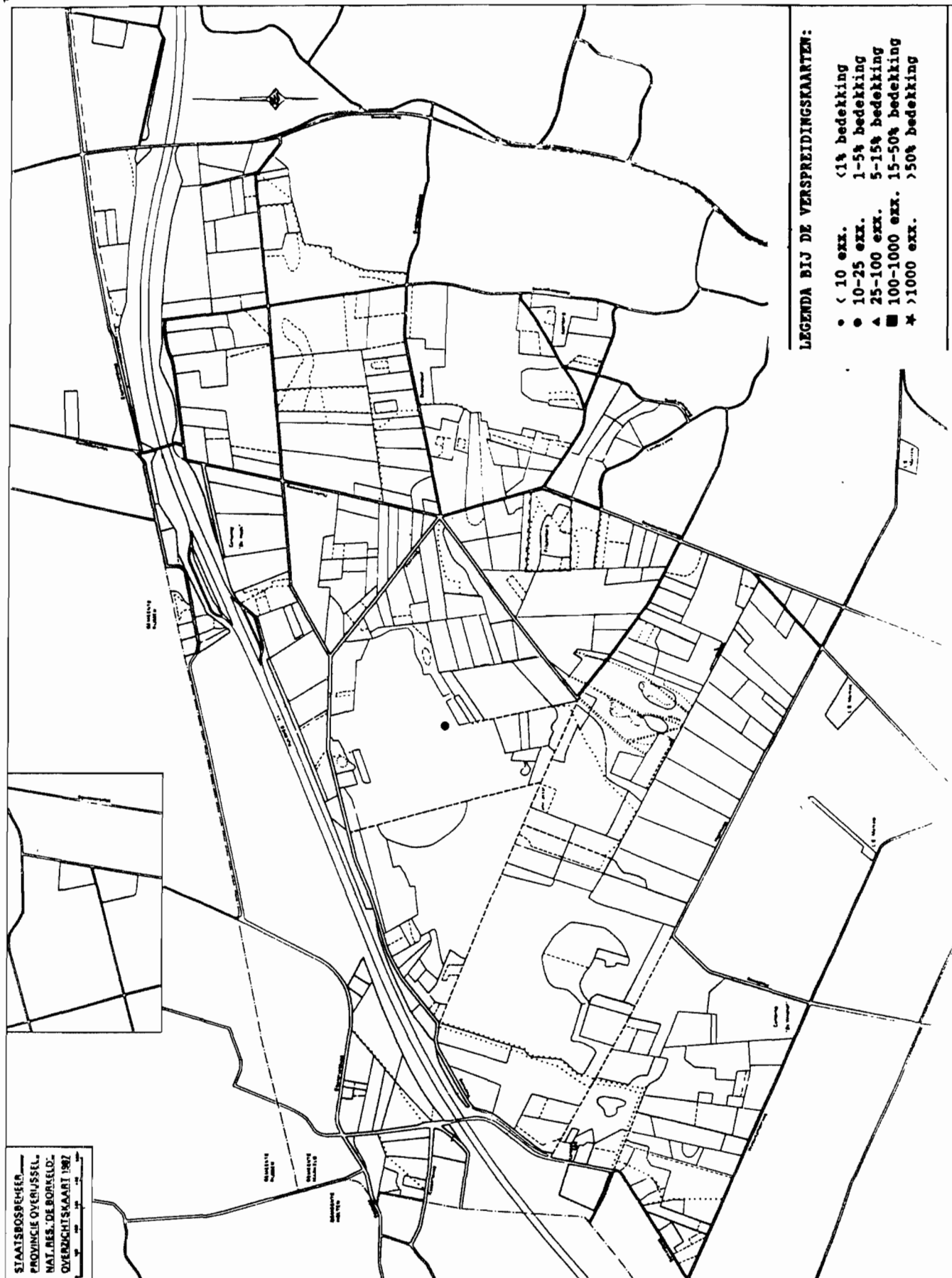
Bijlage 3v: Verspreiding van Pitrus



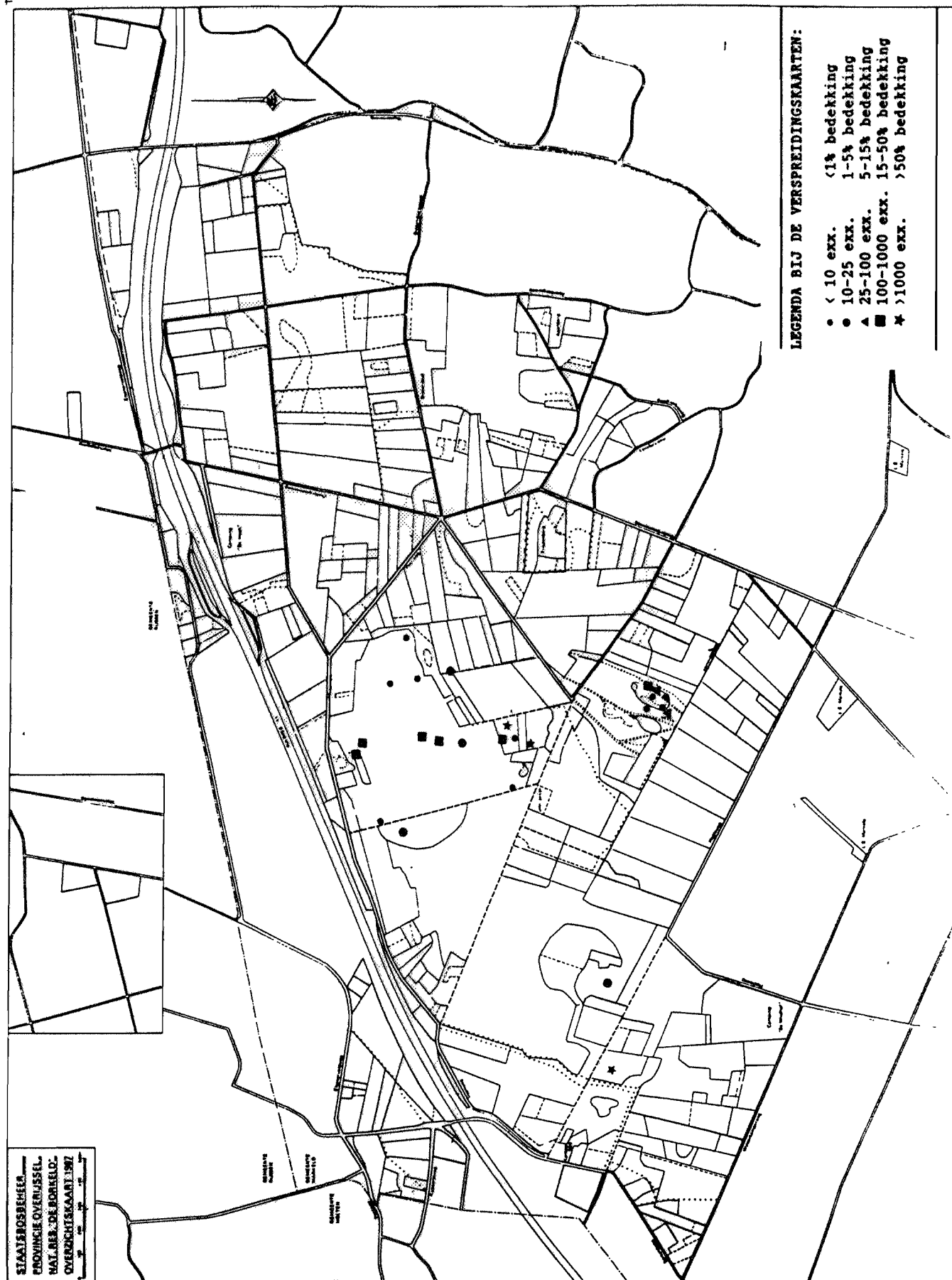
Bijlage 3x: Verspreiding van Zompzegge



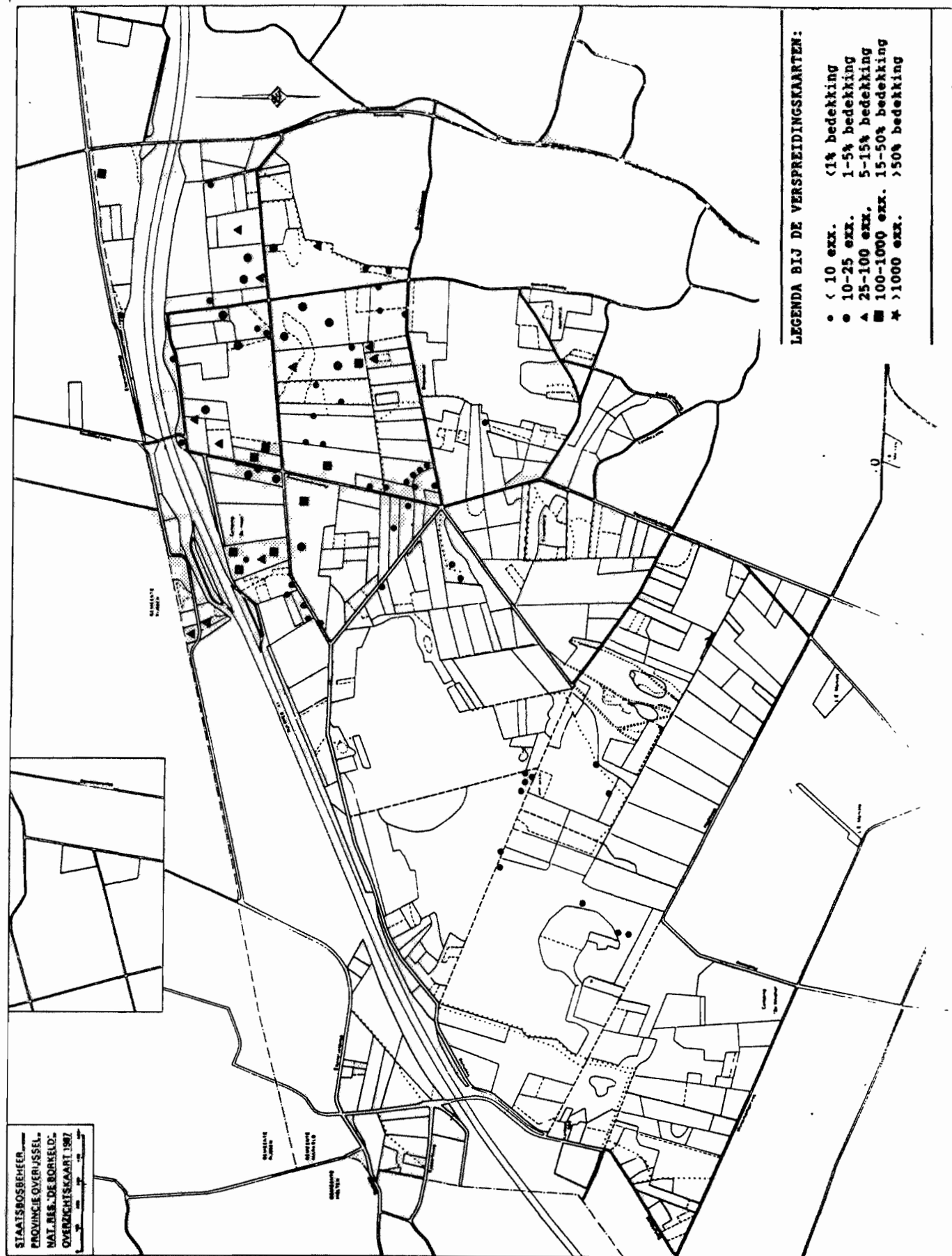
Bijlage 3w: Verspreiding van Snavelzegge



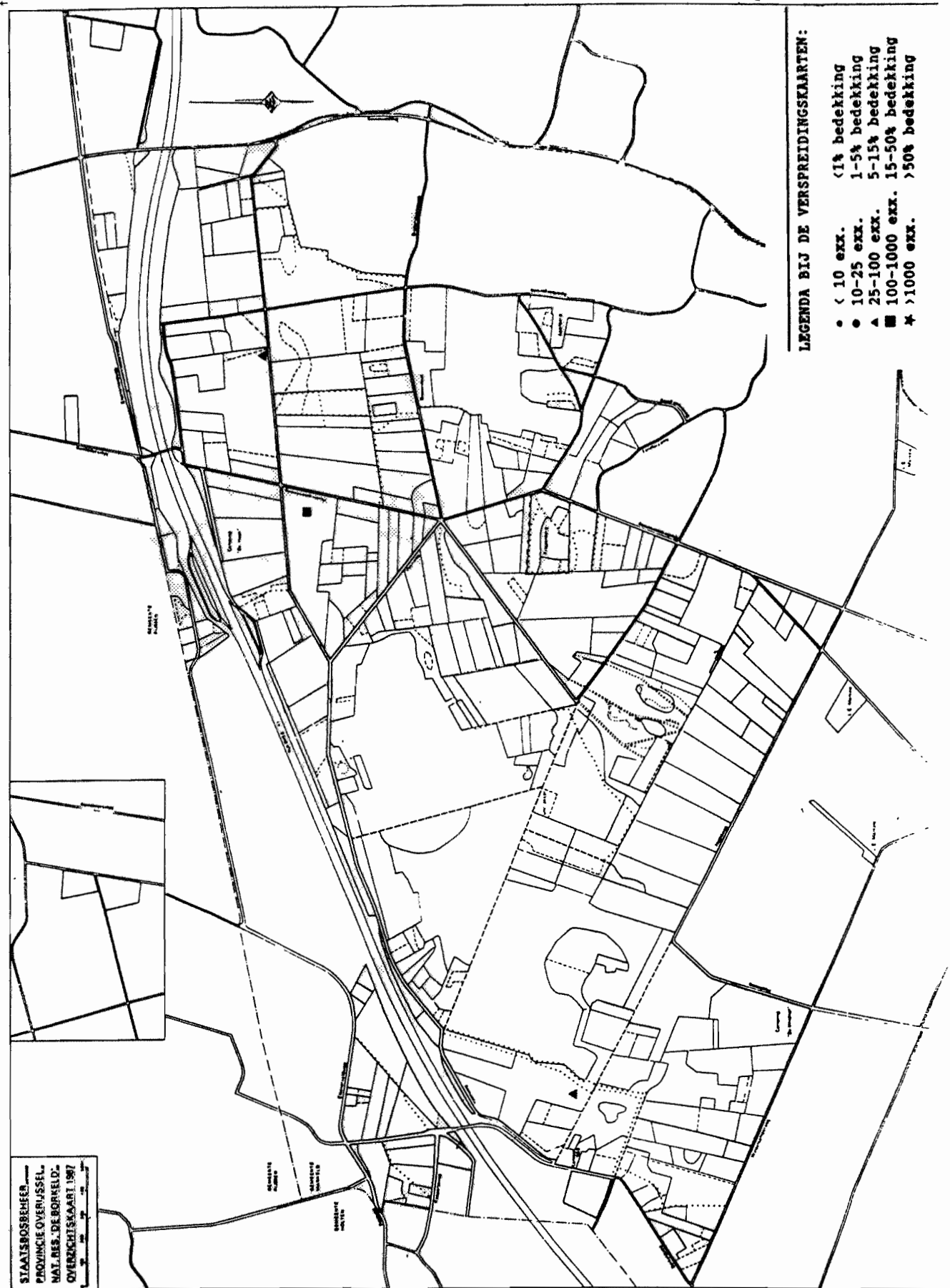
Bijlage 3z: Verspreiding van Oeverzegge



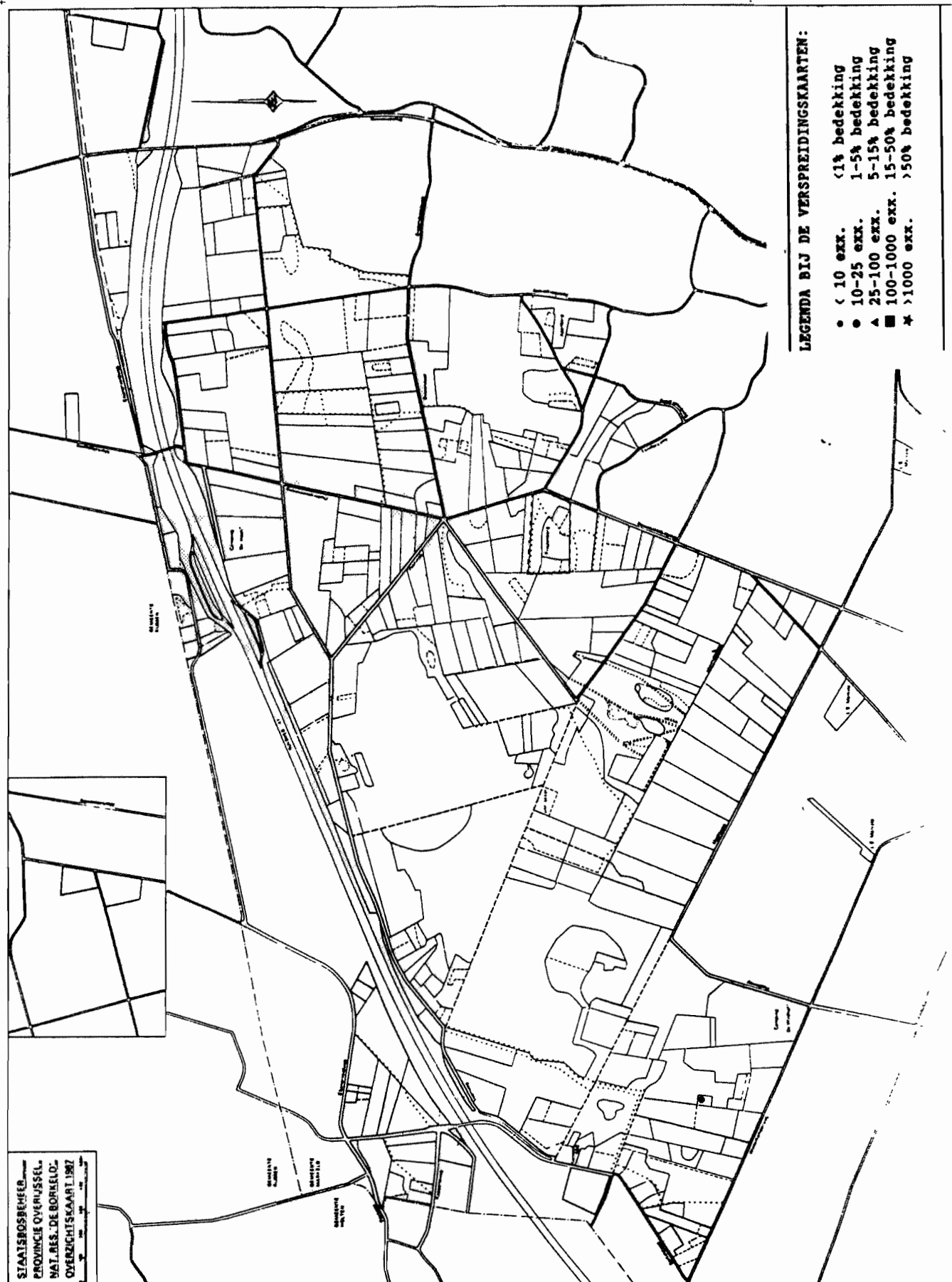
Bijlage 3y: Verspreiding van Zwarte zegge



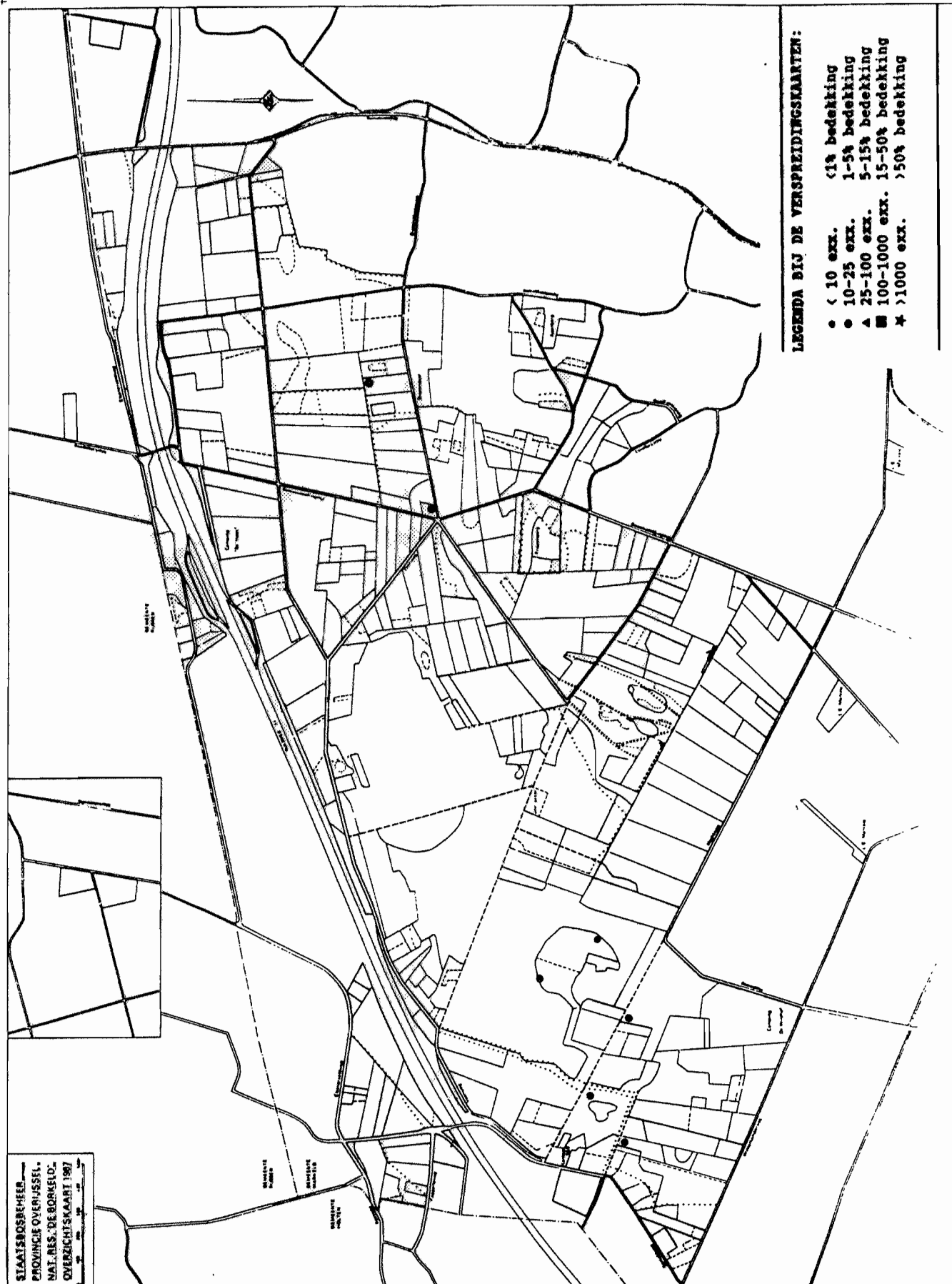
Bijlage 3aa: Verspreiding van Jeneverbes



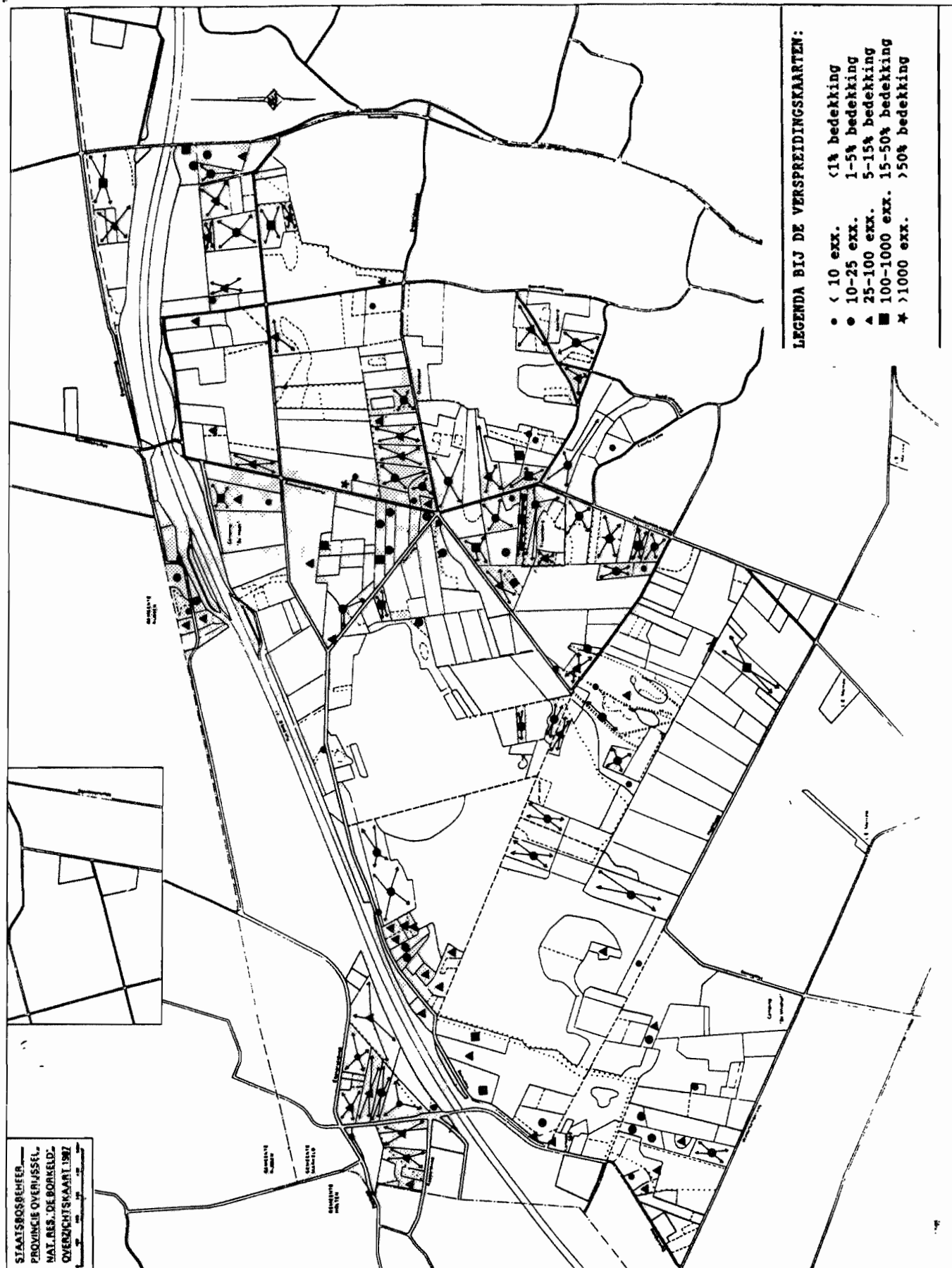
Bijlage 3ab: Verspreiding van Grote wolfskloauw



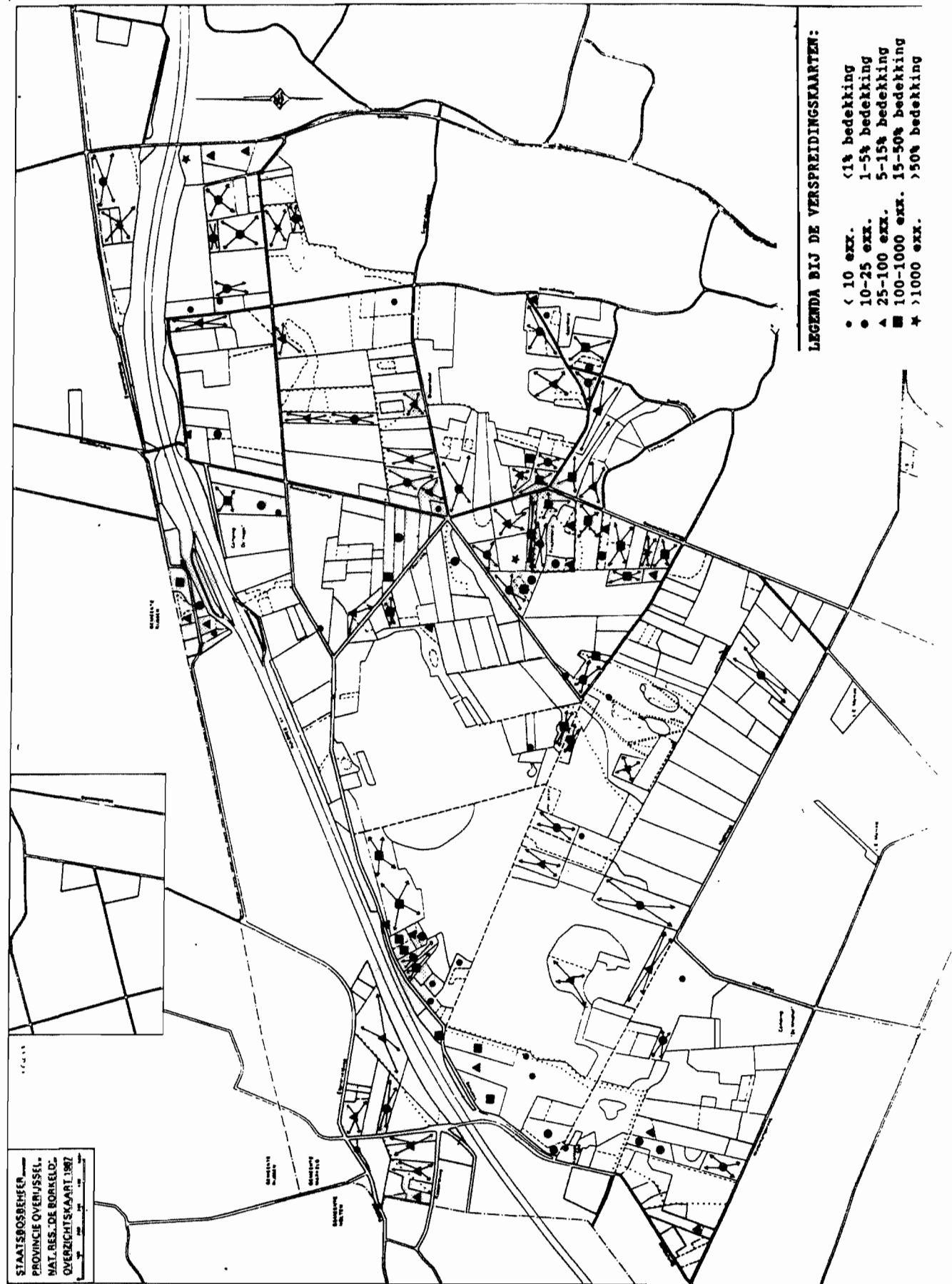
Bijlage 3ac: Verspreiding van Veelbloemige salomonszegel



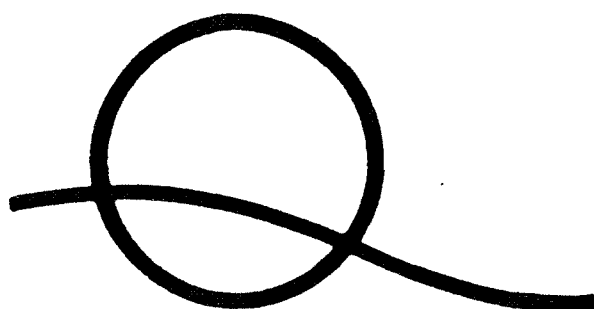
Bijlage 3ad: Verspreiding van Blauwe bosbes



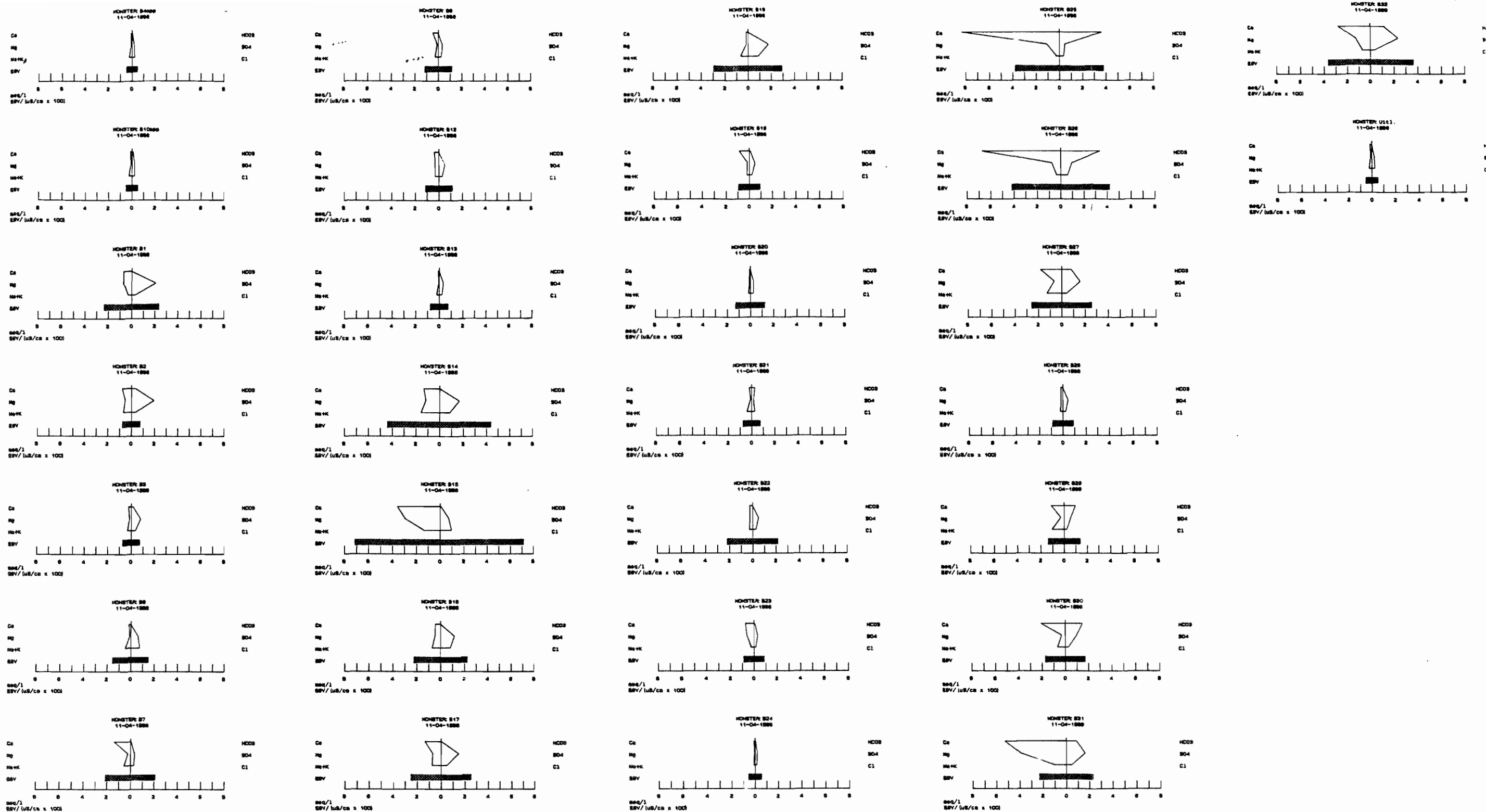
Bijlage 3ae: Verspreiding van Smalle stekelvaren



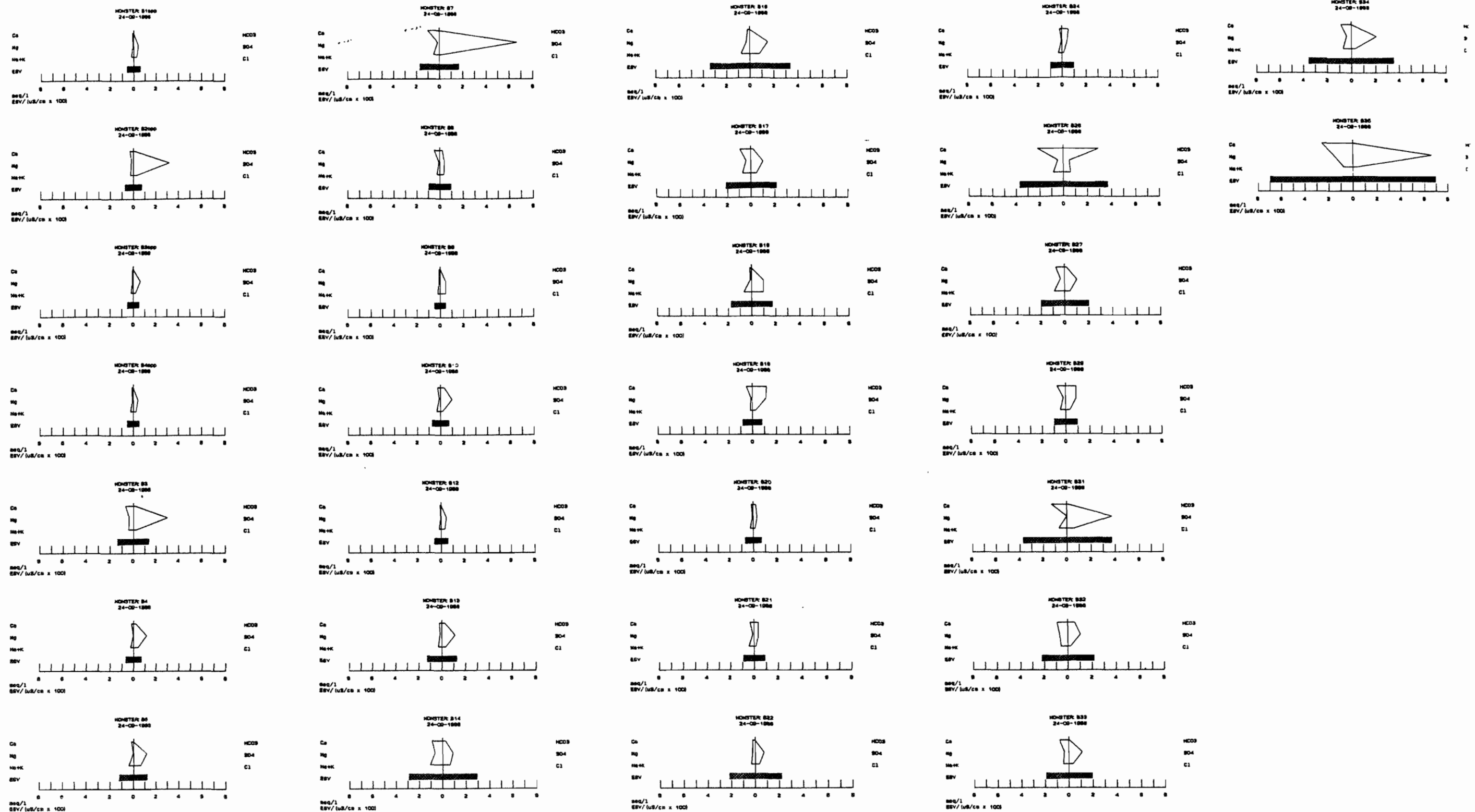
Bijlage 3af: Verspreiding van Brede stekelvaren



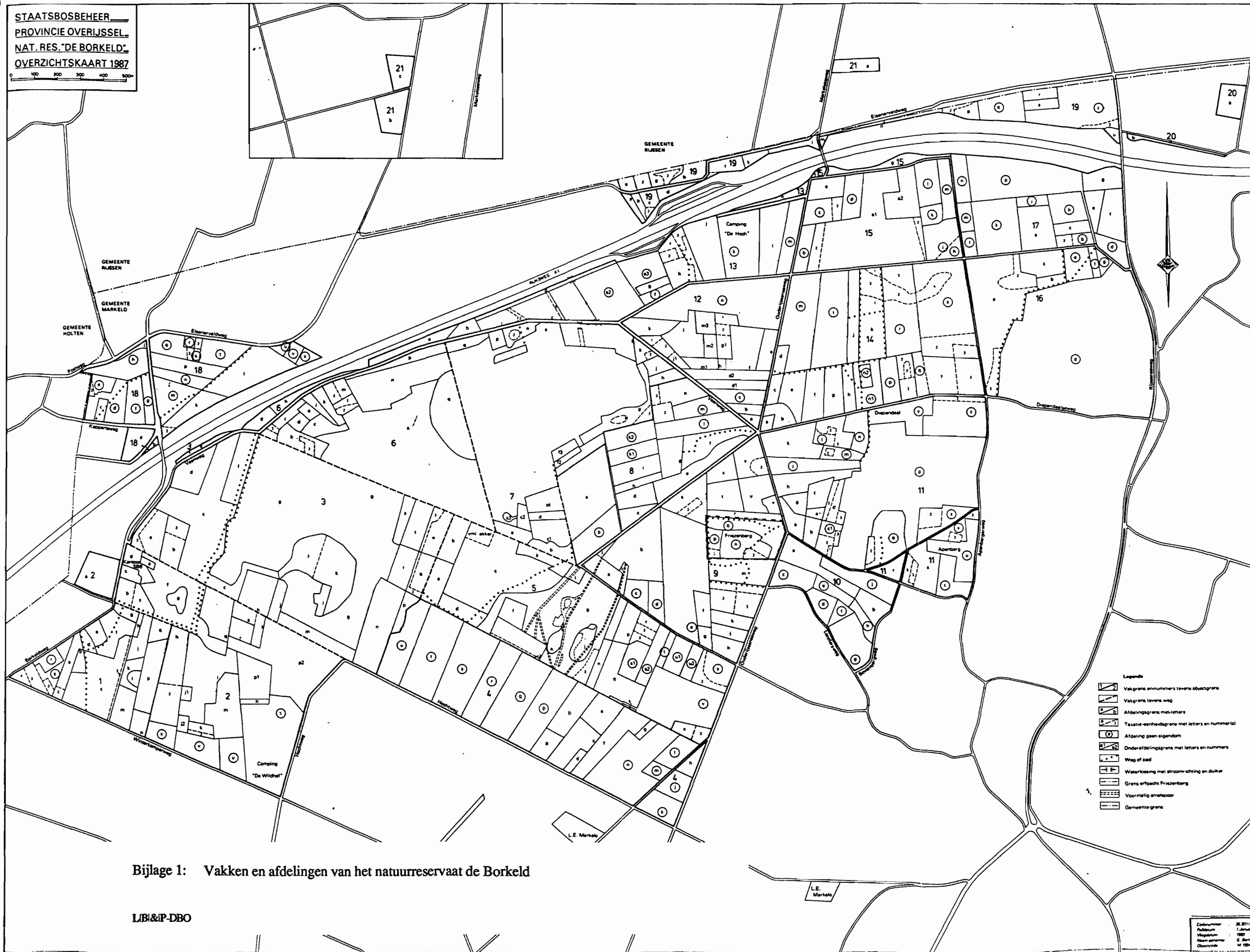
**L|B|&|P is een landelijk werkend, onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau.
Het bureau is werkzaam op het vlak van natuur, milieu en landschap
en heeft daarbij drie invalshoeken: de landschaps-oecologie,
de sociale en historische geografie en het sociaal-wetenschappelijk onderzoek.**



Figuur 17: Stiff-diagrammen, monsternamen 11 april 1988



Figur 18: Stiff-diagrammen, monsternavn 24 september 1988



Bijlage 1: Vakken en afdelingen van het natuurreservaat de Borkeld

