

S: 1731

Rapport nr. 1731

**BIBLIOTHEEK  
STADSGEBIED**

VERGELIJKING VAN DRIE FOSFAATKARTERINGSMETHODEN  
IN TWEE PUTTEN VAN DE OPGRAVING OP  
DE HORDEN IN WIJK BIJ DUURSTEDEN

Drs. R. Steenbeek

23 MAART 1983

ISBN 90 327 0170 3

Wageningen, januari 1983

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering.

JSN182846-01

## INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	3
1. INLEIDING	4
2. DOEL VAN HET ONDERZOEK	5
3. DE BEMONSTERING	6
4. DE ONDERZOEKSMETHODEN	9
4.1 Inleiding	9
4.2 Methode Oosterbeek	9
4.3 Veldmethode	13
5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	14
6. BESPREKING VAN DE RESULTATEN	16
7. CONCLUSIES	22
DANKWOORD	23
LITERATUUR	24

### LIJST VAN FIGUREN

1	Ligging van de putten 588 en 589 t.o.v. elkaar, tevens voorbeeld van aanduiding van de coördinaten	7
2	Schematische weergave van de visuele fosfaatkartering	15
3	Histogram van de chemisch bepaalde fosfaatgehalten	17
4	Chemisch bepaalde fosfaatgehalten en hun verdeling over de onderzochte putten	18
5	Situering van de huisplattegronden t.o.v. het fosfaatverloop in de putten 588 en 589	19

### LIJST VAN TABELLEN

1	Overzicht fosfaatbepalingen volgens methode Oosterbeek
2	Vergelijking puntmonsters en overeenkomende mengmonsters

## WOORD VOORAF

In het kader van het fosfaatonderzoek ten dienste van de archeologie werden in de zomer van 1981 twee putten van de opgraving "De Horden" in Wijk bij Duurstede bemonsterd met het doel om enkele methodieken met elkaar te kunnen vergelijken en te kunnen toetsen op hun waarde voor de archeologen.

De bemonstering en de visuele kartering werden uitgevoerd door drs. R.Steenbeek en W.J.M.v.d.Voort. De monsters werden door eerstgenoemde op het chemische laboratorium van Stiboka geanalyseerd. Ook de verslaggeving is van zijn hand. Het geheel stond onder leiding van ir. J.N.B.Poelman.

De directeur,  
Ir. R.P.H.P.v.d.Schans

## 1. INLEIDING

De archeologische wetenschap gebruikt een aantal hulpmiddelen om het bodemarchief leesbaar te maken. Een van die hulpmiddelen, het fosfaat-onderzoek, wordt in het buitenland al veel gebruikt. In Nederland is dit onderzoek pas begonnen.

Door menselijke invloed komt extra organisch afval in de bodem terecht. Hierdoor ontstaat een aanrijking van fosfaat, die ten opzichte van normale gehalten duidelijk is waar te nemen. Deze is chemisch-analytisch vast te stellen. Onder bepaalde nog nauwelijks bekende omstandigheden zijn fosfaten ook met het blote oog waarneembaar. Waar deze omstandigheden zich voordoen bestaat de mogelijkheid aan de hand van fosfaatvlekken voormalige nederzettingen te karteren (v.d.Voort e.a. 1979). De juiste betekenis van de zo omliggende nederzetting vormt nog een belangrijk brok problematiek. In dit kader rees o.a. de vraag in hoeverre het mogelijk is iets meer te zeggen over de plaats van de huisplattegronden. In het raam van de samenwerking op dit terrein tussen de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek en de Stichting voor Bodemkartering werd besloten een bemonstering voor chemische analyse uit te voeren, voorafgaand aan het vaststellen en tekenen van de nederzettingssporen in twee putten op het terrein "de Horden" bij Wijk bij Duurstede.

## 2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

De bedoeling van het onderzoek was om in een beperkt vlak de visuele fosfaatkartering te vergelijken met de via chemische analyse verkregen fosfaatgehalten. Daarbij kan de vraag gesteld worden of de fosfaatkartering iets kan zeggen over de plaats van de voormalige huizen of boerderijen. De uitvoering van de chemische analyse had ook tot doel met de analysemethodiek ervaring op te doen en ze bruikbaar te maken voor eigen (R.O.B.) gebruik of voor een goedkope uitbesteding (snellere methodiek) van monsters elders.

### 3. DE BEMONSTERING

Op het terrein van de Horden bij Wijk bij Duurstede zijn de opgravingsputten 588 en 589 onderzocht. Beiden hebben één hoekpunt gemeenschappelijk (zie fig. 1). De monsters zijn genomen in een niveau, onmiddellijk onder het bewoningsniveau gedurende de Romeinse tijd.

Uit eerder onderzoek (v.d.Voort e.a., 1979) is gebleken hoe heterogeen de verdeling van fosfaat in de bodem van oude nederzettingen kan zijn. Daar het de bedoeling was van de opgravingsvlakken een zo representatief mogelijk beeld van de fosfaatgehalten te krijgen is over de putten van 20 bij 40 meter elk, een ruitennet gelegd. Hierdoor werden beide putten verdeeld in 800 vlakjes van één vierkante meter. Volgens een bepaald patroon (paardesprong) zijn uit iedere put 100 van deze vlakjes bemonsterd, (zie fig.4). Elk vlakje is bemonsterd door met een spatel langs de denkbeeldige diagonalen willekeurig 21 maal een kleine hoeveelheid grond te nemen en die te mengen. Daarnaast zijn nog enkele aanvullende monsters genomen, voornamelijk puntmonsters. Ieder monster is aangegeven door zijn coördinaten. Bij de mengmonsters, uit een vlakje van één bij één meter, worden de coördinaten aangegeven door 4 cijfers. De eerste twee cijfers geven de oost-west-coördinaat, de laatste twee de noord-zuid-coördinaat. De westzijde van put 588 is als basis gebruikt voor de oost-west-coördinaten; de noordzijde van iedere put afzonderlijk heeft als basis voor de noord-zuid-coördinaten gediend. Het aantal meters dat de zuidoosthoek van een vierkante-meter-vlak van de basislijnen verwijderd is, bepaalt de coördinaten. Bijvoorbeeld van vlak 5312 is het zuidoosthoekpunt 53 meter van de westzijde van put 588 gelegen, ofte wel 13 meter van de westrand van put 589 (putlengte 40 meter) en 12 meter van de noordzijde van put 589 (zie fig.1). De puntmonsters wijken hiervan enigszins af; hun coördinaten worden aangegeven door acht cijfers. De eerste vier cijfers vormen de oost-west-coördinaat en de laatste vier de noord-zuid-coördinaat. Hierbij zijn dezelfde assen gebruikt als bij de mengmonsters, alleen is nu de afstand van het punt zelf genomen en uitgedrukt in centimeters. Bijvoorbeeld punt 5288-1133 is gelegen 52,88 meter van de westrand van put 588 en 11,33 meter van de noordrand van put 589; dit punt is gelegen in vlak 5312.

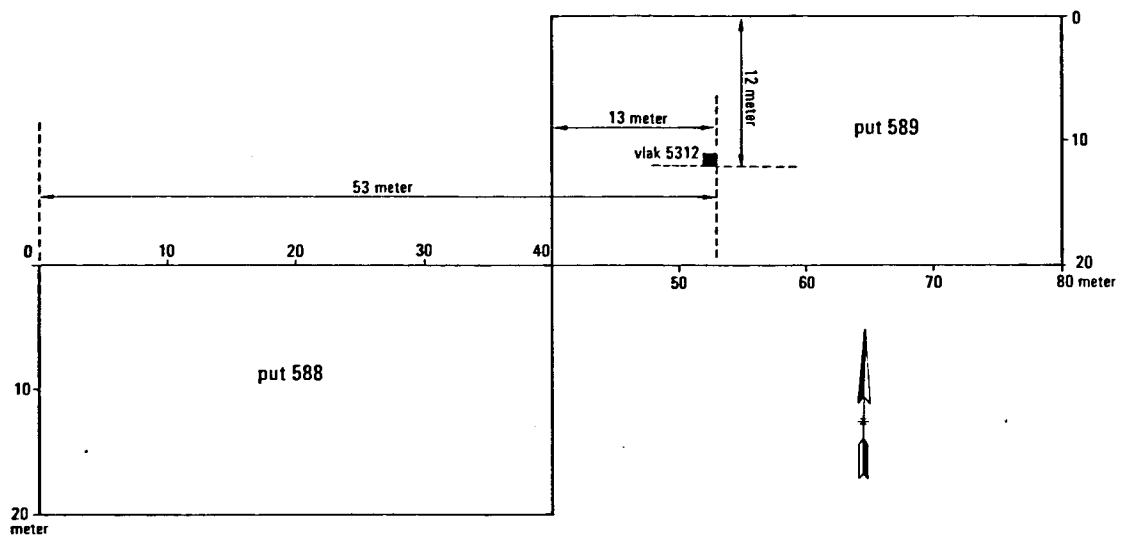


Fig. 1 Ligging van de putten 588 en 589 t.o.v. elkaar, tevens voorbeeld van aanduiding van de coördinaten

De bedoeling van de puntmonsters is tweërlei. In de eerste plaats hebben zij een aanvullende functie, in de tweede plaats een controlerende. Van een viertal vlakjes zijn behalve mengmonsters ook twee of vier puntmonsters onderzocht.

Tijdens de monsternamen waren enkele recente greppels te zien. Afgezien van enkele puntmonsters zijn uit deze greppels geen monsters verzameld. In gevallen dat de greppel een gedeelte omvatte van een te bemonsteren vlakje van een vierkante meter, is het materiaal uitsluitend buiten de greppel verzameld. Op deze wijze konden verstoringen ten gevolge van deze greppels uitgesloten worden.



## 4. DE ONDERZOEKSMETHODEN

### 4.1 Inleiding

In totaal zijn drie methoden beproefd voor het bepalen van het fosfaatgehalte. Voorafgaande aan de monsternamen ten behoeve van de chemische methoden zijn de beide putten visueel op fosfaat gekarterd. Naast de visuele kartering zijn twee chemische methoden gebruikt, nl. een kwantitatieve en een semi-kwantitatieve. Kwantitatief zijn 228 grondmonsters spectrofotometrisch bepaald volgens de methode Oosterbeek (zie paragraaf 4.2). Na deze bepalingen zijn ook een aantal monsters op hun fosfaatgehalte onderzocht met behulp van een semi-kwantitatieve veldmethode (zie paragraaf 4.3).

### 4.2 Methode Oosterbeek

De bepalingen van het zgn. totaalfosfaatgehalte volgens de methode Oosterbeek zijn uitgevoerd in het bodemchemisch laboratorium van de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) in Wageningen. De bepalingwijze berust op het principe dat, indien een bepaald kleurmengsel wordt toegevoegd, er een blauwkleuring optreedt. Hoe hoger het fosfaatgehalte des te sterker de blauwkleuring. De kleurintensiteit wordt gemeten. Het principe van deze bepaling is beschreven door Murphy en Riley (1962). De methode kan alleen voor oplossingen gebruikt worden.

De bepaling kan in drie fasen worden gesplitst:

- de voorbehandeling van de grond;
- de destructie en het vrij maken van het fosfaat
- de bepaling van het fosfaatgehalte.

De voorbehandeling begint met het drogen van de grond. De monsters moeten luchtdroog zijn. Veldvochtige monsters kunnen gedurende een nacht in een droogstoof worden gezet bij een temperatuur van 80°C. Vervolgens worden de monsters fijn gemaakt; in dit geval zijn ze fijn gestampt in een mortier (een alternatief is: veldvochtige monsters te vriesdrogen; hiermee is echter geen ervaring opgedaan). Tot de standaardbehandeling behoort ook het zeven van het monster met behulp van een twee-milimeter-zeef. Is het een groot monster dan wordt een representatief deel genomen van ongeveer 40 gram.

Vervolgens worden de (deel-)monsters gemalen in een kogelmolen. Na deze handelingen zijn de monsters goed rul en is de voorbehandeling afgerond.

De tweede fase van de bepaling bestaat uit het afbreken van de grond (destrueren) waardoor het fosfaat vrijkomt. In een maatkolfje van 100 ml. wordt ongeveer 0,5 à 1,0 gram grond afgewogen met een nauwkeurigheid van 0,1 mg. (Deze hoeveelheid kan variëren: voor kleimonsters is dit een redelijke maat; voor zandmonsters, zonder visueel herkenbare fosfaatvlekken moet gedacht worden aan het vijfvoudige). Voeg hierbij 10 ml. Fleischmannzuur (d.i. één deel salpeterzuur waaraan onder voortdurende afkoeling één deel zwavelzuur is toegevoegd). De kolfjes moeten geschud worden, zodanig dat de grond los van de bodem komt. (Dit moet onmiddellijk na de toevoeging van het Fleischmannzuur). De maatkolfjes worden verhit op een kookplaat. Bij het koken ontstaat een bruine nitreuze damp. Als deze damp verdwenen is, worden zo nu en dan enkele druppels salpeterzuur toegevoegd met behulp van een steekpipet. Vooral na enige tijd kan geknetter ontstaan. De temperatuur moet voldoende hoogte bereiken voor het openbreken van de grond; echter door de toevoeging van salpeterzuur treedt afkoeling op. Hoewel salpeterzuur bij de benodigde temperatuur vluchtig is, wordt het toch gebruikt als ontsluitingsmiddel. De destructie is klaar als de kleur van de vloeistof niet meer verandert; bij kleimonsters is deze dan te omschrijven als zeer bleek groengeel. De vloeistof geeft dan een heldere indruk. Deze handeling vergt enige ervaring.

Als de monsters enigszins afgekoeld zijn wordt 25 ml. gedemineraliseerd (demi-)water toegevoegd. Om de laatste resten salpeterzuur te laten verdwijnen, worden de maatkolfjes één uur in een kokend waterbad gehouden (in de keuken spreekt men van "au-bain-marie" verwarmen). Hierna moeten de kolfjes en hun inhoud afgekoeld worden tot 20°C. Bij deze temperatuur wordt de oplossing aangevuld tot exact 100 ml. Vervolgens worden de "grond"-oplossingen gefiltreerd en overgebracht in een plastic flesje met schroefdop. De monsters zijn nu gereed voor de eigenlijke bepaling.

Voor de kleurvloeistof dienen de volgende oplossingen gemaakt te worden:

- 140 ml. geconcentreerd zwavelzuur per liter (5 N);
- 40 gram ammoniummolybdaat per liter;
- 0,88 gram ascorbinezuur per 50 ml (één dag houdbaar);
- 2,743 gram kalium-antimonyltartraat per liter.

Voor één liter kleurvloeistof dienen de oplossingen in onderstaande volgorde en hoeveelheid samengevoegd te worden. Na iedere toevoeging de vloeistof homogeniseren door middel van zwenken:

- 80 ml 5 N zwavelzuuroplossing;
- 24 ml ammoniummolybdaatoplossing;
- 48 ml ascorbinezuuroplossing;
- 8 ml kalium-antimonyltartraatoplossing.

Vervolgens aanvullen tot één liter met demi-water en goed homogeniseren. Door het ascorbinezuur is de vloeistof maar één dag houdbaar.

Voor de standaardoplossing dient 2,3966 gram "kaliumfosfaat nach Sörensen" ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) in 500 ml demi-water opgelost te worden. In deze vloeistof komt 1,0 ml overeen met 2,50 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Verdun een deel van deze standaardoplossing zodanig dat 1,0 ml overeenkomt met 0,01 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Uit deze verdunde oplossing wordt een standaardreeks gevormd van 0,0 mg, 0,02 mg, 0,04 mg, 0,06 mg, 0,08 mg en 0,10 mg.  $\text{P}_2\text{O}_5$  (resp. 0, 2, 4, 6, 8 en 10 ml van de verdunde oplossing).

Pipetteer 5 ml uit de plastic flesjes met de "grond"-oplossing in een maatkolfje van 100 ml met ingeslepen dop. Voeg hierbij èn bij de kolfjes met de standaardreeks 50 ml kleurvloeistof. Gedurende tien minuten kan de blauwkleuring tot volledige ontwikkeling komen. Pas hierna moeten de blauw gekleurde oplossingen aangevuld worden tot exact 100 ml. Na de homogenisering wordt een scheiding gemaakt tussen de oplossingen die een sterkere blauwkleuring hebben ondergaan dan de donkerste van de standaardreeks, èn de oplossingen die een minder sterke blauwkleuring kennen. De donkere monsters moeten verdund worden. Tijdens deze bepalingen was 5 maal extra verdunning veelal voldoende. Voor de verdunning wordt een deel van de blauw gekleurde oplossing gepipetteerd in een ander maatkolfje van 100 ml. Hier wordt opnieuw ongeveer 20 à 30 ml kleurvloeistof toegevoegd. Opnieuw moet tien minuten gewacht worden ten behoeve van de kleurontwikkeling alvorens de maat-

kolfjes aangevuld worden tot exact 100 ml met demi-water. Hierna moeten deze nog gehomogeniseerd worden.

De monsters zijn nu klaar om gemeten te kunnen worden. De meting geschiedt met behulp van een spectrofotometer. Er werd gemeten bij een golflengte van 820 nanometer. Met behulp van de metingen aan de standaardreeks wordt uitgerekend wat de gemiddelde uitslag is van 0,01 mg fosfaat per 100 ml oplossing. Voor ieder monster wordt met behulp van de volgende formules het fosfaatgehalte berekend:

$$- \frac{a}{b} \times c \times \frac{1}{100} \times \frac{100}{5} = d \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ in de oplossing,}$$

a: uitslag spectrofotometer

b: gemiddelde uitslag 0,01 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (standaardreeks)

c: extra verdunning (indien geen: dan c = 1),

$\frac{1}{100}$  : omdat b per 0,01 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is,

$\frac{100}{5}$  : omdat 5 ml uit 100 ml "grond"-oplossing is genomen:

$$- \frac{d}{e} \times 100 \times 1000 = \text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ per 100 gram grond ( mg/hg),}$$

d: zie hierboven;

e: mg ingewogen grond.

100: om er percentages van te maken

1000: om van procent mg/hg te maken.

Nog enkele losse opmerkingen aangaande deze bepalingmethode:

- de hoeveelheid kleurvloeistof, toegevoegd aan de te bepalen oplossingen, dient een overmaat te zijn;
- de kleurvloeistof kan men ook bereiden op het moment dat men al 5 ml uit de "grond"-oplossing gepipetteerd heeft;
- als de extra verdunning vijf maal is, dan is bij het uitrekenen van de gehalten in de eerste formule: c = 5. Hierdoor vallen een aantal termen tegen elkaar weg;
- bij iedere hoeveelheid kleurvloeistof dient opnieuw een standaardreeks gemaakt te worden. Hierbij kan echter wel van dezelfde standaardoplossing gebruik worden gemaakt;
- de monsters zijn in duplo bepaald. Als maximaal toelaatbaar verschil tussen de beide bepalingen is 10% van de hoogste waarde genomen.

#### 4.3 Veldmethode

Nadat de monsters op bovenstaande wijze (zie 4.2) op hun fosfaatgehalte waren geanalyseerd, is nog enige aandacht besteed aan de in het laboratorium uitgevoerde veldmethode zoals beschreven door Eidt (1973). Bij deze methode worden twee oplossingen gebruikt. De eerste bestaat uit 5 gram ammoniummolybdaat en 30 ml zoutzuur van 5 N, aangevuld tot 100 ml met demi-water. De tweede bestaat uit 1 gram ascorbinezuur opgelost in 200 ml demi-water (is slechts één dag houdbaar).

Een mespuntje grond (ongeveer 50 mg) wordt op een filterpapier gelegd. Hierop worden twee druppels van de eerste oplossing gebracht. Na dertig seconden worden ook twee druppels van de tweede (ascorbinezuur-)oplossing toegevoegd. Hierdoor treedt een blauwkleuring van het filter op. Na twee minuten wordt de reactie stopgezet met een natriumcitraatoplossing. De grootte van de vlek is een maat voor het fosfaatgehalte in de grond. (Zonder stopzetting van de reactie zouden na verloop van enige uren de blauwkleuringen even sterk zijn, onafhankelijk van het fosfaatgehalte.

Uit de aanwezige monsters is een standaardreeks samengesteld, waarin het fosfaatgehalte van 100 tot 600 mg/hg toeneemt; het fosfaatgehalte was bepaald met de methode Oosterbeek. Het monster met 100 mg/hg gaf een kleine verkleuring in het filterpapier.

De monsters met 500 en 600 mg/hg veroorzaakten een blauwe vlek van nauwelijks dezelfde grootte. De overige monsters (200, 300 en 400 mg/hg) lieten een opklimmende reeks in de blauwkleuring van het filterpapier zien.

## 5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

### Visuele fosfaatkartering

Voorafgaande aan de monsternamen zijn beide putten visueel gekarteerd. De resultaten zijn vastgelegd in figuur 2. Daarbij is naast het vastleggen van de groene kleur ook getracht de zgn. rode fosfaten te onderscheiden (zie v.d.Voort e.a. (1979)). In de legenda is een indeling gemaakt naar toenemend zichtbaar fosfaat, hetzij groene, hetzij rode of een combinatie van beide in termen als geen, zeer weinig, weinig, matig en veel tot zeer veel.

### Chemische analyse volgens Oosterbeek

Tabel 1 (bijlage 1) geeft de resultaten van de bepalingen.

Tabel 2 (bijlage 2) geeft de resultaten van de puntmonsters.

Het fosfaatgehalte van de mengmonsters varieerde van 90 tot 1330 mg/hg. Bij de puntmonsters bleek dit nog hoger te zijn, nl. tot 4532 mg/hg. De waarde van drie van de vier mengmonsters kwam goed overeen met de gemiddelde waarde van de puntmonsters. De grote verschillen in vlak 3611 kunnen nog niet afdoende verklaard worden.

### De veldmethode

De resultaten van de veldmethode kan men als volgt samenvatten:

- monsters tussen 100 en 500 mg/hg kunnen door de toename in blauwkleuring goed geschat worden;
- er is geen duidelijk waarneembaar verschil tussen de blauwkleuring van een monster met 500 en één met 1500 mg/hg als men gebruik maakt van deze methode;
- de methode is alleen te gebruiken bij windstil weer, tenzij er speciale voorzieningen worden getroffen (i.v.m. het wegwaaien van het filtreerpapier).

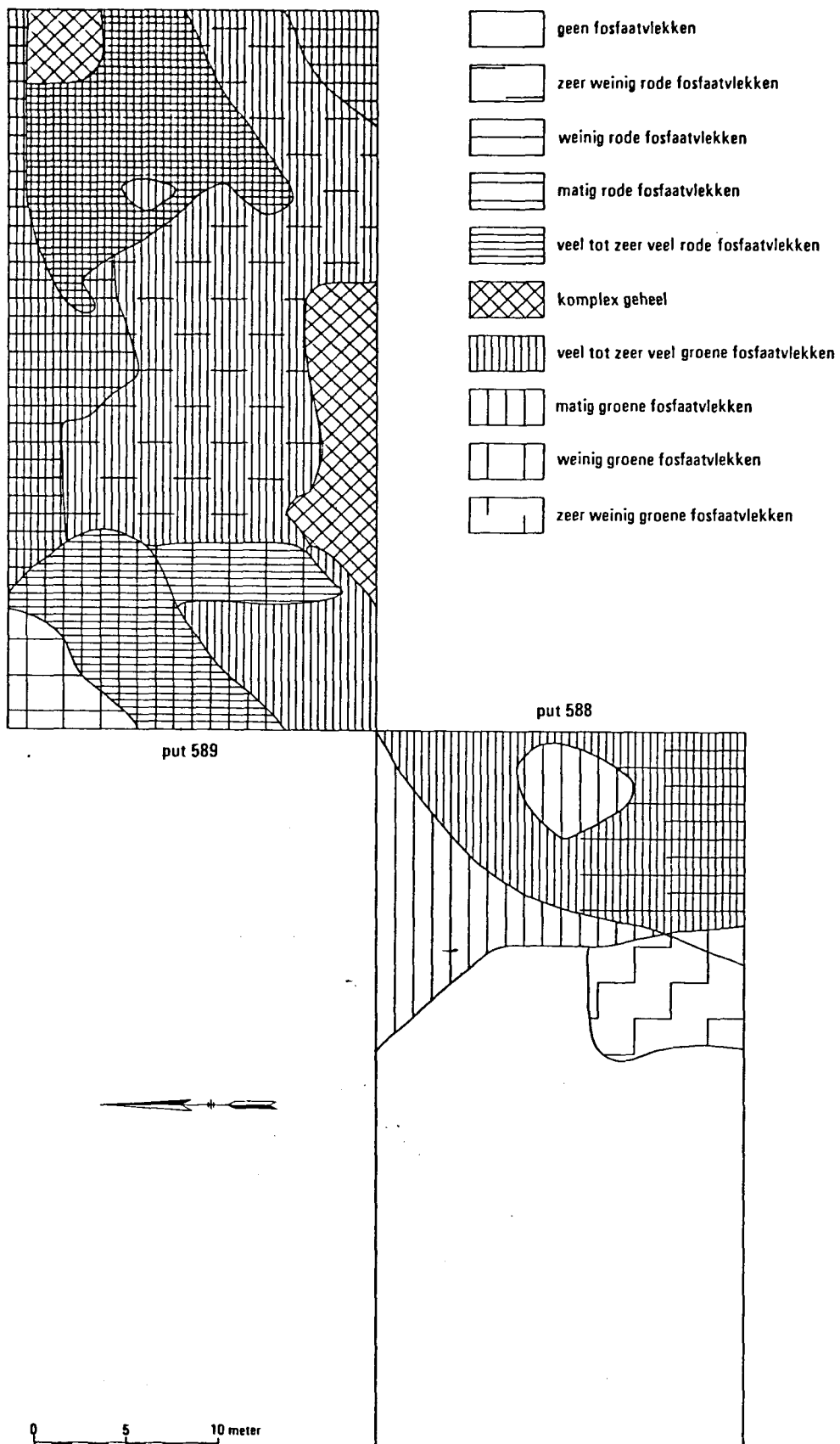


Fig. 2 Schematische weergave van de visuele fosfaatkartering

## 6. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

Wanneer een histogram gemaakt wordt van de fosfaatgehalten in de mengmonsters (zie fig. 3) blijkt het gehalte op een enkele uitzondering na beneden 210 en boven 300 mg per 100 gram grond te liggen. Het histogram vertoont twee toppen, de een bij ongeveer 125 mg en de ander rond 625 mg per 100 gram. De verdeling rond 125 mg is zeer hoog en steil, de andere rond 625 mg breed en tamelijk vlak. Het zijn twee vrij normale verdelingen die significant van elkaar verschillen, ze overlappen elkaar nauwelijks.

Bij het in kaart brengen van de gevonden chemische waarden (fig. 4) blijkt echter een indeling in drie gebieden zinvol te zijn. Het westelijk gedeelte van put 588 heeft een fosfaatgehalte tot 150 mg in een vrij willekeurige verdeling. Naar het oosten volgt dan een smalle strook van 2 tot 8 meter waar de fosfaatgehalten variëren tussen 150 en 200 mg als overgang naar het oude woongebied. Zo'n overgang is ook te vinden in de noordwestelijke hoek van put 589. Binnen het oude woongebied zelf liggen de gehalten op een veel hoger niveau, maar geven ook weer een sterke variatie te zien.

Hieruit valt af te leiden dat het normale natuurlijke fosfaatgehalte voor rivierklei rond 125 mg ligt, met een variatie van 50 tot 150. Van elke waarde boven 150 mg kan dan gezegd worden dat er anthropogene aanrijking heeft plaatsgevonden.

Nadat de monsters voor de fosfaatbepalingen waren genomen, is het archeologisch onderzoek in de beide putten voortgezet. Hierbij bleek dat er niet één maar een aantal huisplattegronden geheel of gedeeltelijk in put 589 aanwezig waren (zie fig. 5). Bij het onderzoek in put 588 kon geen structuur herkend worden die een onderdeel vormt van een huisplattegrond.

Het feit dat niet één, maar een aantal huisplattegronden zijn aangetroffen, maakt de probleemstelling minder eenvoudig. Hierdoor moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat er een interferentie kan optreden tussen de invloedssferen van de verschillende huisplattegronden. Door deze ingewikkelde situatie kan de invloed op het fosfaatge-



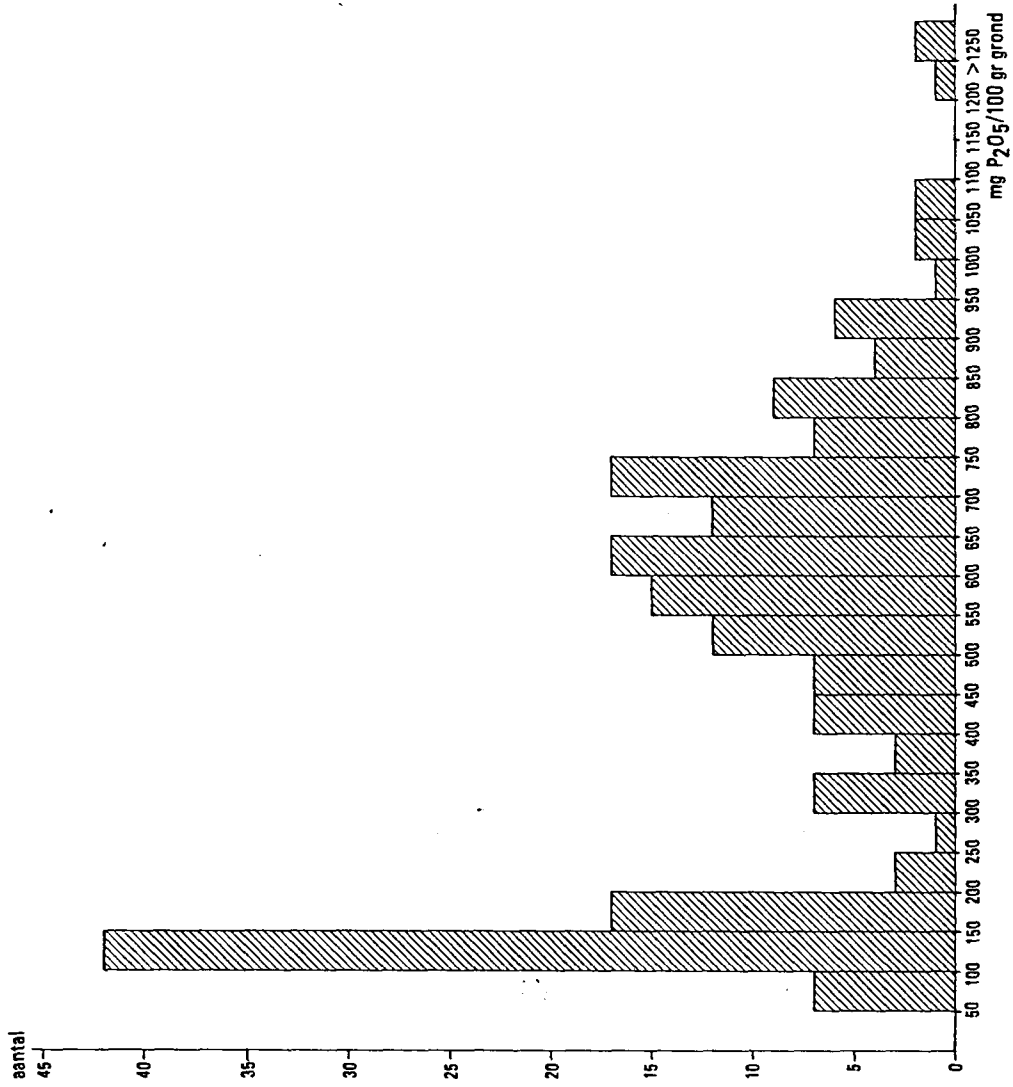


Fig. 3 Histogram van de chemisch bepaalde fosfaatgehalten

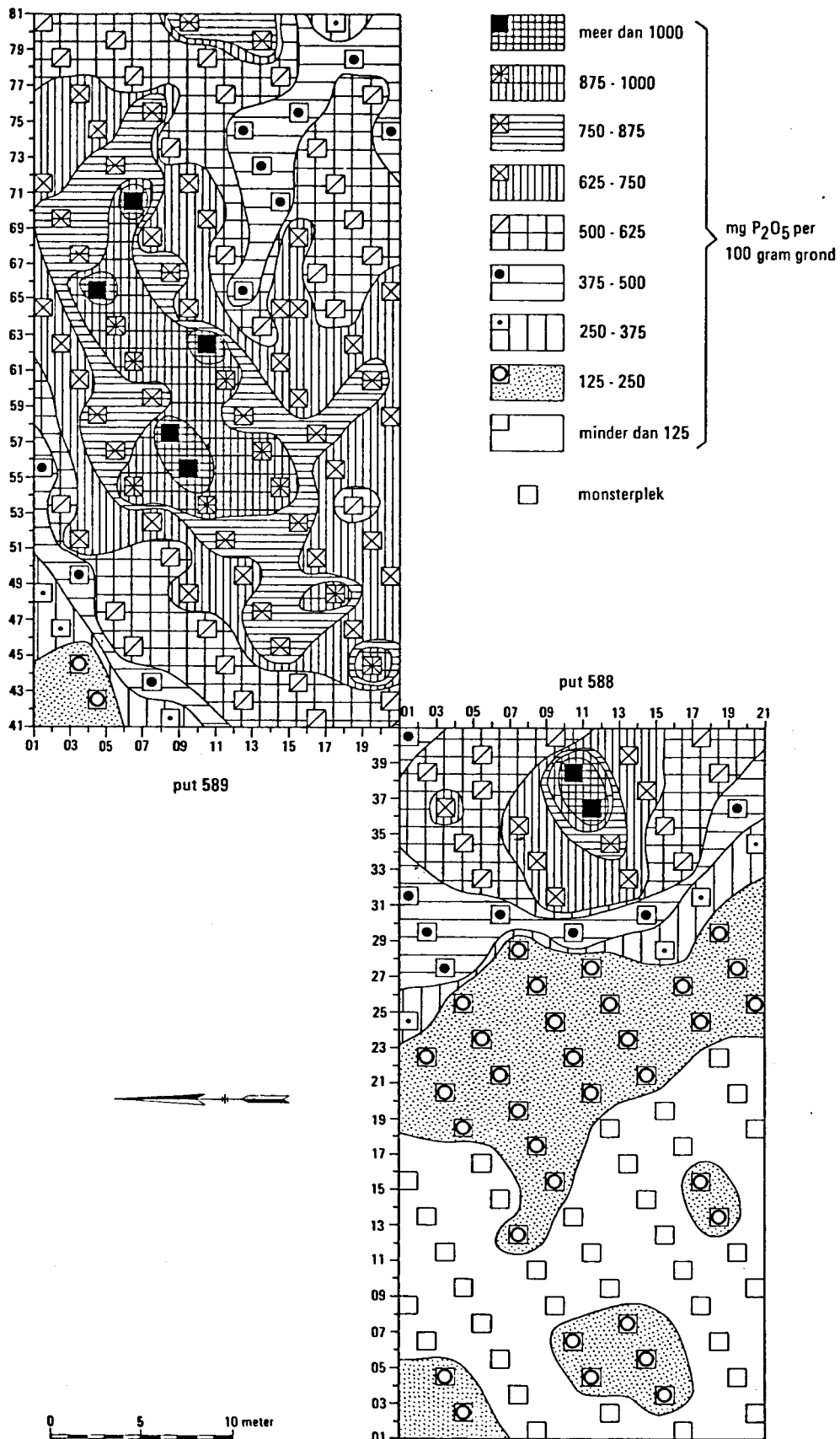


Fig. 4 Chemisch bepaalde fosfaatgehalten en hun verdeling over de onderzochte putten

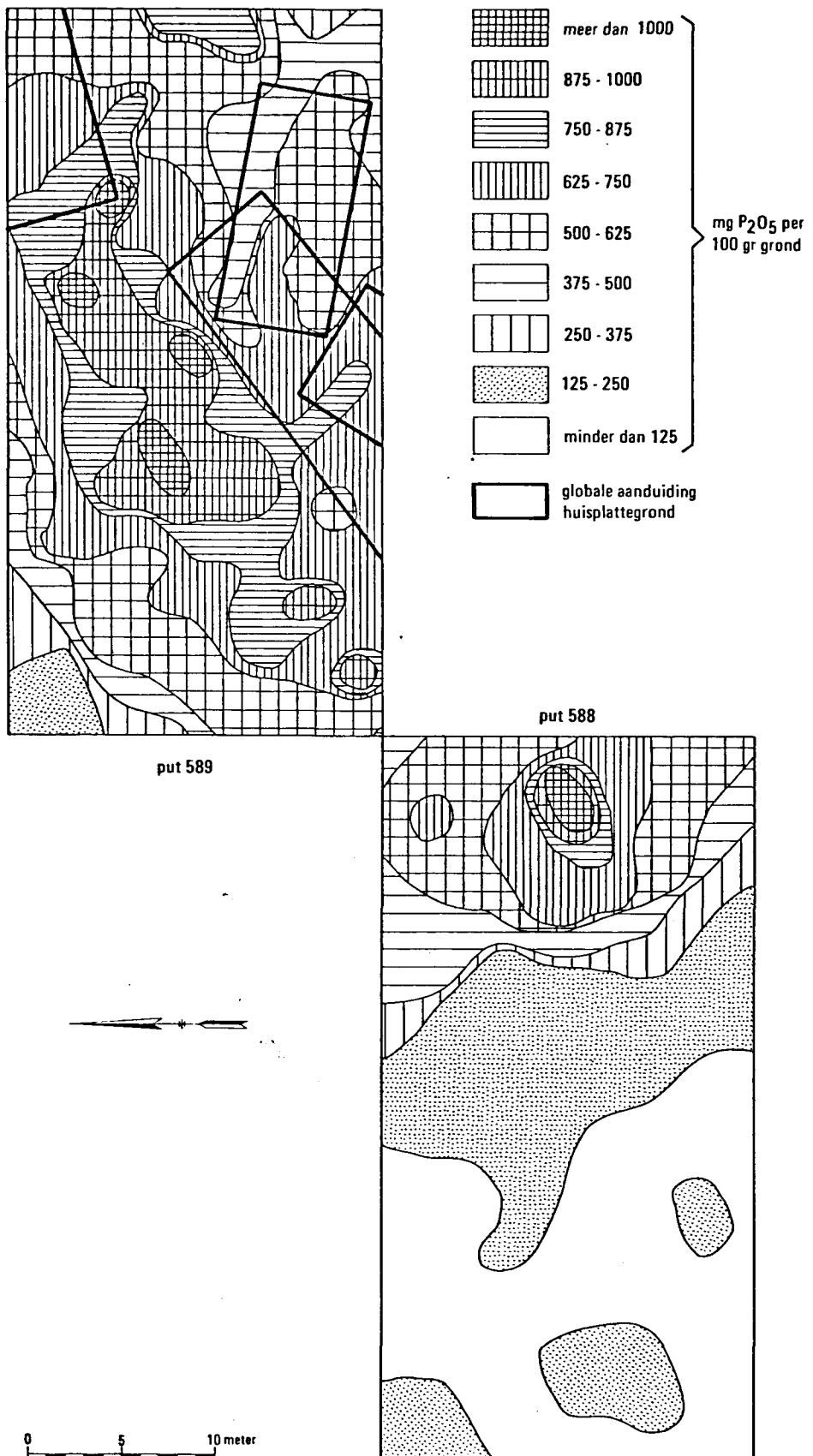


Fig. 5 Situering van de huisplattegronden t.o.v. het fosfaatverloop in de putten 588 en 589

halte van afzonderlijke structuren, zoals greppels, afvalkuilen e.d. veelal niet apart bestudeerd worden.

Archeologisch kan binnen de putten 588 en 589 een driedeling worden gemaakt nl. een complex huisplattegronden, de directe omgeving van die huisplattegronden en alles wat daar buiten valt. Zowel bij de visuele kartering als bij de chemische analyse komt vooral de laatste grens tot uiting. De toch vrij scherpe grens in de fosfatenwaarden roept vragen op met betrekking tot zijn archeologische betekenis.

Wanneer de huizen ook een stal zouden hebben, zou juist daar binnen de huisplattegronden een hoger fosfaatgehalte te verwachten zijn. Dit is echter niet gevonden. Binnen de huisplattegronden zijn de gehalten relatief niet buitengewoon hoog, ze zijn eerder vrij laag te noemen. Wel wisselt het fosfaatgehalte er zeer sterk over korte afstand en vormt een grillig patroon.

De hoogste fosfaatgehalten (meer dan 800 mg per 100 gram) worden juist buiten de huisplattegronden aangetroffen. Ze zijn te vinden langs de zuidwest-noordoost diagonaal van put 589. Deze strook verloopt haast parallel met de langste zijde van de jongste (meest westelijke) huisplattegrond. Klaarblijkelijk was dit de plaats waar de meeste organische afval terecht kwam.

De plaats met een zeer hoge fosfaatconcentratie in put 588 komt vrijwel overeen met de plaats van een afvalkuil. Dit verklaart mogelijk de geïsoleerde ligging. Buiten deze hoge concentraties is het fosfaatgehalte in de nabije omgeving van de huisplattegronden tamelijk gelijkmatig.

Met betrekking tot de visuele kartering kon vastgesteld worden dat de grens tussen zichtbaar en niet zichtbaar voor zware klei rond 180 mg en voor zavel rond 140 mg ligt. Deze scheiding komt opvallend goed overeen met de grens tussen het natuurlijk aanwezige fosfaat en de aangerijkte fosfaten.

Het onderscheid tussen visueel veel en zeer veel fosfaat komt niet tot uiting in een differentiatie in de chemische analyses. De verhouding tussen rood- en groen gekleurde fosfaatvlekken komt evenmin in de chemische gehalten tot uiting.

Het bereik van de veldmethode (zie par. 4.3) ligt tussen 100 en 500 mg/hg. Dit traject komt vrijwel overeen met de waarden waarbij de visuele kartering ook goed te gebruiken is. Hierdoor levert de veldmethode, in de situatie van de Horden, nauwelijks meer gegevens op dan een visuele kartering. Alleen in twijfelgevallen kan de veldmethode iets meer zekerheid geven dan de visuele kartering.

## 7. CONCLUSIES

Vergelijking van de visuele fosfaatkartering en de chemisch-analytische geeft een goede overeenstemming. De grens tussen de visueel wel en niet waarneembare fosfaten is vrijwel identiek met die tussen de natuurlijke en de aangerijkte chemische waarden.

Met de veldmethode van Eidt (1973) kan vooral het overgangsgebied in de waarden van 100 tot 500 mg per 100 gram grond worden beschreven. Daarboven is alles even sterk blauw gekleurd en de methode geeft dan geen differentiatie meer. Alleen met de chemische-analytische methode kunnen duidelijk verschillen in het direkte woongebied worden aangetoond. Het blijkt dat de grootste fosfaatophoping in een strook ligt evenwijdig aan de lange zijde van de jongste (meest westelijke) huisplattegrond.

De chemisch-analytische methode is echter de meest arbeidsintensieve en daardoor de duurste.

## DANKWOORD

Bij de chemische analyses, die door de auteur op het chemisch laboratorium van Stiboka zijn uitgevoerd, werd veel hulp ondervonden van de staf van dat laboratorium. In het bijzonder zijn we de heer R.A.Koning zeer erkentelijk voor zijn praktische aanwijzingen en raadgevingen.

## LITERATUUR

- Eidt, Robert C. : A rapid chemical field test for archeological site surveying. *American Antiquity* 38, 206-210, 1973.
- Murphy I. and J.P.Riley: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27, 31-36, 1962.
- Voort, W.J.M.v.d., J.N.B.Poelman, W.A.van Es: Wijk bij Duurstede, De Horden: geologische Erkundung und Phosphatuntersuchung im Rahmen einer Ausgrabung: vorläufiger Bericht (1977-8). *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 29, 433-458, 1979.



Tabel 1. Overzicht fosfaatbepalingen volgens methode Oosterbeek ( gehalten in: mg fosfaat per 100 gram grond; analist Rommert Steenbeek)

A. Mengmonsters vlakjes van één vierkante meter.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
0108	112	108		110
0116	114	124		119
0204	127	128		128
0212	104	109		107
0220	118	(141)	122	120
0307	100	91		95
0315	139	125		132
0403	142	152		147
0411	131	123		127
0419	97	105		101
0506	93	86		90
0514	144	137		141
0602	108	103		106
0610	139	125		132
0618	95	91		93
0705	98	92		95
0713	134	123		129
0801	(101)	117	119	118
0809	122	(103)	120	121
0817	110	109		110
0904	125	113		119
0912	108	108		108
0920	88	92		90
1008	122	122		122
1016	108	105		107
1103	105	111		108
1111	93	95		94
1119	119	107		113
1207	132	139		136
1215	124	118		121
1302	(75)	103	115	109
1310	102	96		99
1318	127	(96)	126	127

Tabel 1. Vervolg.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
1406	112	102		107
1414	118	119		119
1501	105	106		106
1509	141	132		137
1517	124	135		130
1605	108	101		105
1613	110	104		107
1708	145	143		144
1716	98	107		103
1804	189	178		184
1812	116	105		111
1820	117	121		119
1907	184	179		182
1915	112	113		113
2003	195	186		191
2011	135	143		139
2019	125	124		125
2106	187	198		193
2114	154	153		154
2202	173	179		176
2210	127	123		125
2218	124	120		122
2305	189	195		192
2313	205	197		201
2401	333	333		333
2409	160	151		156
2417	141	139		140
2504	168	163		166
2512	204	211		208
2520	155	147		151
2608	159	171		165
2616	161	155		158
2703	466	451		459
2711	200	196		198
2719	171	158		165
2807	170	168		169

Tabel 1. Vervolg

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
2815	279	275		277
2902	415	518	445	459
2910	433	473		453
2918	205	194		200
3006	436	483		460
3014	477	461		469
3101	386	415		400
3109	765	702		732
3117	311	313		312
3205	616	599		608
3213	710	739		720
3308	706	686		696
3316	521	534		528
3404	588	596		592
3412	796	817		807
3420	299	302		301
3507	589	805	708	701
3515	(641)	569	574	572
3603	687	598	625	637
3611	1272	1387		1330
3619	421	409		415
3705	567	584		575
3714	755	697		726
3802	549	544		547
3810	1153	1277		1215
3818	509	526		518
3905	556	504		530
3913	693	627		660
4001	599	594		597
4009	550	511		531
4017	599	594		597
4108	341	322		332
4116	555	549		552
4204	156	149		153
4212	521	521		521
4220	601	568		585
4307	427	382	406	405

Tabel 1. Vervolg.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
4315	640	577		609
4403	157	154		156
4411	592	583		588
4419	921	967		944
4506	529	560		545
4514	747	790		768
4602	330	321		326
4610	549	581		565
4618	(160)	688	747	718
4705	630	604		617
4713	727	800		764
4801	340	324		332
4809	642	646		644
4817	875	942		909
4903	493	493		493
4912	620	652		636
4920	720	743		732
5008	589	591		590
5016	683	752		718
5103	624	679		652
5111	861	819		840
5119	743	645	689	692
5207	728	738		733
5215	814	860		837
5302	665	564	603	611
5310	904	890		897
5318	553	543		548
5406	903	941		922
5414	894	930		912
5501	430	422		426
5509	1056	1119		1088
5517	660	635		648
5605	832	864		848
5613	(1057)	944	868	906
5708	1212	1324		1268
5716	829	811		820

Tabel 1. Vervolg.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
5804	(683)	856	893	875
5812	738	799		770
5820	678	672		675
5907	748	797		773
5915	735	725		730
6003	716	760		738
6011	890	949		920
6019	(940)	814	738	776
6106	890	871		881
6114	734	702		718
6202	679	662		671
6210	1100	1002		1051
6218	761	719		740
6305	962	1008		985
6313	560	530		545
6401	662	(742)	651	657
6409	749	749		749
6414	712	(841)	720	716
6415	645	716		681
6417	605	560		583
6504	1015	1054		1035
6512	418	462		440
6520	661	730		695
6608	817	826		822
6616	590	(1257)	630	610
6703	830	803		812
6711	544	602		573
6719	561	617		589
6807	658	753	687	693
6815	767	723		745
6902	760	751		756
6910	716	736		726
6918	620	618		619
7006	1015	1038		1027
7014	395	378		387
7101	641	699		670
7109	631	630		631

Tabel 1. Vervolg.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
7117	521	505		513
7205	765	757		761
7213	383	373		378
7308	604	644		624
7316	565	566		566
7404	(750)	657	635	646
7412	452	409		431
7420	414	407		411
7507	919	847		886
7515	395	428		412
7603	758	733		746
7611	693	627		660
7619	530	481		506
7706	582	644		613
7714	602	601		602
7802	598	611		605
7810	521	565		543
7818	474	505		490
7905	614	619		617
7913	794	872		833
8001	564	555		560
8009	801	886		844
8017	332	329		331

Tabel 1. Vervolg.

## B. Puntmonsters.

Koördinaten	Eerste bepaling	Tweede bepaling	Evt. derde bepaling	Eindwaarde
2205-0095	185	183		184
2305-1650	148	143		146
2345-0175	575	555		565
2350-1610	136	135		136
3500-0545	207	204		206
3500-1050	1096	1108		1102
3550-1005	1681	1668		1675
3580-1100	910	975		948
3600-1050	409	408		409
4600-0400	209	209		209
4665-1400	1028	1028		1028
4800-1400	671	(824)	708	690
5050-1330	4404	4660		4532
5800-1547	473	560	502	512
5800-1600	692	694		693
5800-1645	378	406		392
6035-1395	(177)	203	200	202
6290-1185	155	163		159
6900-0550	971	990		981
6950-0500	1076	1106		1096
6950-0600	756	755		756
7000-0550	1041	1120		1081
7000-1650	667	731		699
7050-1600	429	459		444
7050-1700	484	534		509
7100-1650	569	617		593

Tabel 2. Vergelijking puntmonsters en overeenkomende mengmonsters.  
 ( zie ook tabel 1 ) ( waarden in mg/hg.).

Koördinaten vlakje	Waarde puntmonsters				Gemiddeld	Waarde mengmon- ster
	1	2	3	4		
3611	1102	1675	948	409	1034	1330
2417	146	136			141	140
7006	981	1096	756	1081	979	1027
7117	699	444	509	593	561	513