

A METHOD FOR THE INTERPRETATION OF POLYMORPHIC SPECIES
(SYSTEMATICAL NOTES ON *CARDIUM EDULE* L. AND *C. GLAUCUM* BRUG. IN THE NETHERLANDS II)

by

R.M. van Urk,
Leiden.

Urk, R. M. van. A method for the interpretation of polymorphic species (Systematical notes on *Cardium edule* L. and *C. glaucum* Brug. in The Netherlands II). - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 14 (2): 51 - 60, 6 diagr. Leiden, June 1977.

A numerical method is described for treating variable species or groups. It presents advantages over existing methods because it is based on a uniform set of characteristics, so that different forms can be compared with each other in an adequate way. The numbers, which represent the characteristics and form together a description, make it possible to work more objectively in variable species. For such reasons the method, which is certainly not meant as a possible solution to every problem, may be useful as an additional system, where other approaches do not give satisfying results.

R. M. van Urk, c/o Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Raansteeg 2, Leiden, The Netherlands.

Contents: Samenvatting, p. 52
Introduction, p. 54
Attacking the problem, or: some ways of interpretation, p. 55
A numerical approach, the hybrid-index, p. 55
The consequence: every form its fixed number, p. 56
Acknowledgements, p. 60
Literature, p. 60.

SAMENVATTING

Ieder die zich wel eens met kokkels heeft bezig gehouden, zal getroffen worden door de grote variabiliteit van de twee bij ons voorkomende soorten, een variabiliteit die de normale grenzen verre overschrijdt. Een eigenschap van dergelijke complexe soorten als *Cerastoderma edule* en *C. glaucum* (vroeger bekend als resp. *Cardium edule* en *Cardium glaucum*) is, dat drie tot zeven kenmerken in hoge mate kunnen variëren, waarbij als complicatie het feit, dat enkele van deze kenmerken bij andere soorten van het geslacht dikwijls als onderscheidingskenmerk kunnen dienen. Bij al hun variatie hebben dergelijke soorten één kenmerk met elkaar gemeen, namelijk dat er een onoverzichtelijke reeks van vormen ontstaat, waarin het moeilijk is enige systematische orde te scheppen. Wanneer we in publicaties termen ontmoeten als s.lat., agg., c.s., sens. ampl. of complex, voorafgegaan door een soortnaam, dan weten we dat er sprake is van zulke veelvormige soorten, die leiden tot de vorming van een complex! *Cerastoderma edule* L./*C. glaucum* Brug., *Spisula subtruncata* (Da C.) en *Ensis arcuatus* (Jeffer.)/*E. magnus* Schum. zijn onder de Nederlandse mariene bivalven enkele van de meest markante voorbeelden.

Een dergelijke grote variabiliteit leidt historisch tot het onderscheiden van variëteiten. Mars (1951) geeft een overzicht hiervan in de literatuur en komt in zijn index tot 71 namen, waarmee de mogelijkheden overigens nog lang niet zijn uitgeput. De weg der variëteiten is, althans voor zeer variabele soorten, duidelijk een weg zonder eind.

Als reactie op deze wijze van werken is men er toe overgegaan enkele karakteristieke vormen uit een dergelijk vormen-complex te beschrijven, hetzij de meest voorkomende vormen, hetzij de uitersten van de variatie-reeks met resp. één of enkele tussenvormen daaruit. Deze laatste methode is in feite gevolgd in The genus *Ensis* in Europe (Van Urk, 1964), waar *E. magnus* Schum. en *E. arcuatus* (Jeffer.) f. *ensoides* Van Urk waarschijnlijk de uitersten vormen van één complex met *E. arcuatus* (Jeffer.) f. *norvegica* Van Urk ongeveer in het midden van de variatie-reeks. Een voordeel van deze nog steeds veel toegepaste methode is het overzichtelijke beeld dat van de variatie als geheel verkregen wordt. Als nadeel mag gelden dat de vaak talrijk aanwezige tussen- of overgangsvormen niet bevredigend op naam gebracht kunnen worden.

Meer gedetailleerde resultaten zijn te verkrijgen door het gebruik van grafieken, in de eerste plaats door de afzonderlijke kenmerken en hun variatie-wijdte te bepalen en daarna deze kenmerken twee aan twee in een horizontale en verticale as uit te zetten, zonder twijfel een zeer nuttige wijze van werken. Toch kan men zich wat dit betreft met recht afvragen, of er niet een wijde marge ligt tussen de afzonderlijke kenmerken in een grafiek en de combinatie van zulke kenmerken in een exemplaar of soort.

Een combinatie wordt wel bereikt in de zogenaamde "hybrid-index", die we hier in zijn eenvoudigste vorm mogen weergeven. Wanneer we twee soorten op vijf mogelijke verschil-kenmerken onderzoeken, dan krijgt soort A als "index-number" 0.0.0.0.0.= 0 en soort B 1.1.1.1.1.= 5. Index-nummer 2 zal dan een exemplaar aangeven met drie kenmerken van A en twee van B. Intermediaire kenmerken kunnen aangegeven worden door $\frac{1}{2}$, zodat een volmaakte tussenvorm zal beantwoorden aan de formule $\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.$ = 2 $\frac{1}{2}$. We kunnen op deze wijze ieder exemplaar voorzien van een getal, dat aangeeft of we al dan niet met een tussenvorm te doen hebben en waarin bovendien de verhouding van de kenmerken tot uiting komt.

Het is duidelijk, dat hiermee een grote stap vooruit is gedaan in de

richting van een meer nauwkeurige interpretatie -zo men wil: systematische waardering- van de vormen. Het bezwaar ligt niet zozeer in het werken met getallen als wel in het gebruik van te weinig getallen. Zo bezit een exemplaar met index-nummer 4 (de halfjes verder buiten beschouwing gelaten) één kenmerk van A en vier van B, maar we weten niet of dit het resultaat is van de formule 1.1.1.1.0., 1.1.1.0.1. of wat dan ook; er zijn vijf verschillende mogelijkheden. Bij de index-nummers 2 en 3 is het aantal mogelijke combinaties opgelopen tot 10 voor elk van de twee en dit houdt in, dat onder één index-nummer tien verschillende vormen komen te liggen. Het is een onvermijdelijk gevolg van het werken met $2^5 = 32$ combinaties, waarvoor maar vijf cijfers ter beschikking staan.

Bij het zoeken naar een systeem voor *C. edule* en *C. glaucum*, dat aan deze en voorgaande bezwaren tegemoet komt, is uitgegaan van vijf te onderzoeken verschillenmerken. Ze zijn terwille van het schematische voorbeeld kort omschreven en op de aangegeven wijze van getallen voorzien (diagram A). Dit leidt rechtstreeks naar het volgende schema met hetzelfde voorbeeld, maar nu in zijn meest vereenvoudigde vorm (diagram B).

Met behulp van deze constructie is het mogelijk iedere combinatie van een eigen nummer te voorzien: 0 en 31 voor de beide soorten, 1-30 voor afwijkende exemplaren, resp. tussenvormen. Als voorbeeld: nummer 25, formule 16.8.0.0.1., vertegenwoordigt op deze wijze een ongelijkzijdige kokkel met kort ligament, naar beneden gerichte linker cardinale tand in de linkerklep, nauwe groeven resp. brede ribben en doorlopende sculptuur op ribben en groeven. Het geval is overigens denkbeeldig.

De herleiding is eenvoudig:

$$25 - \underline{16} \text{ (de hoogste macht van 2 onder 25)} = 9$$

$$9 - \underline{8} \text{ (de hoogste macht van 2 onder 9)} =$$

$$\underline{1} \\ \text{of: } 25 = \underline{16} + 9 = \underline{16} + \underline{8} + 1$$

Daar alle machten van 2 (16.8.4.2.1.) in de bovenste regel staan en de nullen (0.0.0.0.0.) in de onderste, is het gemakkelijk de formule 16.8.0.0.1. te vinden en de bijbehorende kenmerken af te lezen.

We zagen dat *C. edule* beantwoordt aan de formule 0.0.0.0.0.= 0 en *C. glaucum* aan de formule 16.8.4.2.1.=31. Wanneer alleen deze nummers voorkomen, dan zijn de soorten voor 100% gescheiden. Komen alle combinaties voor in (min of meer) gelijke hoeveelheden, dan is er sprake van 100% intergradatie, m.a.w. dan lopen de soorten volledig in elkaar over.

De 30 mogelijke tussenvormen zijn niet gelijkwaardig: zie diagram C. We zien hier op de eerste regel het aantal *edule*-kenmerken, op de tweede regel het aantal *glaucum*-kenmerken en onderaan het aantal mogelijke combinaties bij de genoemde verhouding. De twee combinaties in het centrum zijn het sterkst intermediair, de combinaties links en rechts daarvan vertegenwoordigen exemplaren met maar één afwijkend kenmerk. Enkele van zulke laatste gevallen kunnen natuurlijk altijd voorkomen, maar wanneer er teveel optreden en de combinaties in het centrum ook talrijk vertegenwoordigd zijn, dan is er waarschijnlijk sprake van een variatie-reeks met "typische" *C. edule* en *glaucum* als uiterste vormen.

Onderzoek aan Nederlands materiaal leverde, naast de beide soorten, de in diagram D aangegeven vormen op. Wanneer we hierbij de juveniele exemplaren (nrs. 8,

10, 15) buiten beschouwing laten, dan blijven er niet meer dan drie vormen over, ieder met maar één afwijkend kenmerk. Het resultaat pleit sterk voor het onderscheiden resp. handhaven van twee soorten, weliswaar met enige variatie in de richting van elkaar, maar duidelijk gescheiden op een combinatie van kenmerken. Uitvoerige beschrijvingen kunnen dit soort verhoudingen (waarvan we ons werkelijk niet behoeven voor te stellen dat ze alleen bij *Cerastoderma* optreden!) maar al te gemakkelijk maskeren.

De talrijke variëteiten van beide soorten zijn, uitzonderingen daargelaten, in wezen gebaseerd op ondergeschikte kenmerken: de dikte van de schelp, de grootte, de min of meer gekielde bovenrand, de lengte/breedte-verhouding, de grotere of mindere verlenging achteraan en verschillende andere, al dan niet in combinatie met elkaar of met kleurvariëteiten en monstrositeiten.

Het boven gegeven schema is niet meer dan een voorbeeld en kan op alle mogelijke manieren worden gewijzigd en uitgebreid: zie diagram E en F, hier in het kort aangegeven zonder verdere uitwerking. We behoeven ons ook niet te bepalen tot twee verwante soorten, maar kunnen op dezelfde wijze één variabele soort onderzoeken dan wel een groep van b.v. drie of vijf nauw verwante soorten. In het laatste geval zullen de exemplaren zich rondom drie of vijf getallen groeperen.

Het zou teveel gevraagd zijn in dit systeem een middel te vinden tot oplossing van alle systematische moeilijkheden in alle kritische groepen - als zo'n middel al bestaat, wat op zijn minst twijfelachtig mag heten.

Aan de andere kant lijkt het zeker de moeite waard om in bepaalde gevallen op deze manier te werken. Voordelen zijn dat iedere variatie een bepaald nummer krijgt dat gebaseerd is op een vast schema. De kenmerken waarom het gaat, behoeven maar éénmaal in dit schema te worden vastgelegd: de cijfers doen de rest en vergemakkelijken tevens het onderling vergelijken van de verschillende vormen. Het is op deze manier ook mogelijk om de *Cerastoderma*-fauna van verschillende gebieden of verschillende stratigrafische horizons met elkaar te vergelijken. Misschien zelfs is de aanduiding met nummers systematisch gesproken te verkiezen boven het eindeloos benoemen van variëteiten en vormen.

Belangrijk is in ieder geval dat de bovenbeschreven methode aan de beperkingen van een twee-dimensionaal schema voorbijgaat, gezien het feit dat nu minstens een tiental kenmerken in combinatie met elkaar onderzocht kunnen worden.

INTRODUCTION

When speaking about *Cerastoderma edule* L. and *C. glaucum* Brug. (previously known as *Cardium edule* L. and *Cardium glaucum* Brug., respectively) as variable species, we must distinguish between the normal variation to which every species is more or less subjected and highly variable species. Those of the first category may show more or less variation in one, two or even more characteristics, but generally spoken the variation keeps within certain limits and does not present more than the usual difficulties. A feature of highly variable species is, that three to seven characteristics may be involved, which show a wide variation and give rise to a seemingly endless number of forms. A further complication is that at least some of these characteristics are of value in distinguishing other species in the same genus. *Cerastoderma edule* L./*C. glaucum* Brug., *Spisula subtruncata* (Da C.) and *Ensis arcuatus* (Jeffr.)/*E. magnus* Schum. are the three most noteworthy examples among Dutch

marine bivalves.

Such species or even groups of species present one of the most difficult tasks for the taxonomist and by consequence have been treated in the most different ways by various authors.

ATTACKING THE PROBLEM, OR: SOME WAYS OF INTERPRETATION

The oldest way is perhaps to describe every single form as a variety, giving it a more or less appropriate name. Mars (1951) gives a review of the varieties in *Cerastoderma edule* and *C. glaucum* mentioning 71 names in his index. Still this does not seem enough and the author himself says in the beginning of his paper: "Malgré le grand nombre de formes il est fréquent de reconstruire des échantillons ne correspondant à aucune d'entr'elles." It would not be right, however, to criticize the result. We must consider this work primarily as a documentation of the forms and varieties mentioned in literature and as such it is a most useful publication. On the other hand it will be clear that, continuing along these lines, there will be no end or almost no end to the number of varieties that could be described.

A better system seems to describe a few selected forms, which may be the extremes of the variation series and the intermediate(s). This is in fact what has been done in the genus *Ensis* in Europe (Van Urk, 1964), where *E. magnus* and *E. arcuatus* f. *ensoides* Van Urk are the extreme forms of what is probably one complex, while *E. arcuatus* f. *norvegica* Van Urk is the intermediate form. This system is still widely applied in taxonomic literature, no doubt because it gives us such a good impression of the variation involved. A disadvantage is that only a small part of the material can be named accurately, since the transitional forms usually predominate. One may be inclined to ask whether it would not be better then to name every specimen of the complex as *E. arcuatus* s. lat. But this is not satisfying either, since it will bring too many different forms under one name. Thus *E. magnus* and *E. arcuatus* f. *ensoides* are so different, that one would not easily guess they may belong to the same complex. In fact some species in the genus differ less from each other than the extremes forms of the *E. arcuatus*-complex.

When one wants to find out, whether two related forms are connected by intermediates or not, the single characters, supposed to be of more or less taxonomical importance have often been plotted in a diagram. If there is any separation it should arise from the diagram by at least 2 or 3 characters. Whatever the results will be, they are very useful and more exact than in one of the preceding methods. Still one question remains, for it may well be, that single characters plotted in a diagram and the combination of characters represented in a specimen or species will prove to be different things.

A NUMERICAL APPROACH, THE HYBRID-INDEX

The combination of characters is achieved in the so-called hybrid-index, with which we enter the field of numerical taxonomy. When two species are supposed to differ in e.g. five characters, species A may get the index-number 0.0.0.0.0.=0 and species B index-number 1.1.1.1.1.=5. An index-number 2 indicates an intermediate form with 3 characters of A and 2 of B. Intermediate characters may be indicated by $\frac{1}{2}$, so that a perfect intermediate between A and B will get the formula $\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}.\frac{1}{2}$. = index-number 2 $\frac{1}{2}$. There are many possible extensions and variations (see e.g. Heywood, 1967).

but this is the idea in its basic form.

The hybrid-index means a large step forward towards a more accurate interpretation, for now we can provide every form of a highly variable species with an index-number indicating its pure resp. its more or less intermediate status. An objection is, that the system does not reach far enough. A specimen with an index-number 4 possesses one characteristic of A and four of B, but we do not know if this is the result of the formula 1.1.1.1.0., 1.1.1.0.1. or whatever. In other words: we do not know the combination of characteristics that is involved. Actually there are five possibilities. With index-numbers 2 and 3 there are ten possible combinations each and this means that ten different forms may be brought together under one index-number. If we want to know the exact combination of characteristics, we have to write down the formula, e.g. 1.0.1.1.0. = 3 or 1.1.0.1.0., 1.0.1.0.1. etc. Working with 20 of such formula's is not an easy matter, though writing out the characteristics in full is still much worse for that!

THE CONSEQUENCE: EVERY FORM ITS FIXED NUMBER

I was confronted with these problems when studying *C. edule* and *C. glaucum* in The Netherlands, trying to find some improved system. In order to illustrate the variation of both species five important characteristics have been selected here. With these five characteristics one can make $2^5 = 32$ combinations and theoretically it should be possible to give each combination its fixed number, which would avoid writing out all these combinations in words or in formula's. The problem has been solved in the following way. To each characteristic a number has been assigned, 0.0.0.0.0. in the left column, powers of 2 -16.8.4.2.1- in the right column:

SHELL	equilateral to slightly inequilateral	0	16	moderately to strongly ineq.
LIGAMENT	long, ca. 2/3 of lateral hinge part	0	8	short (1/2 or less of lateral hinge part
HINGE	left car. tooth in left valve directed downwards	0	4	-- parallel to dorsal shell margin
FURROWS	narrow (less than 1/2 of the ribs)	0	2	broad (1/2 of the ribs or more)
SCULPTURE	scales on the ribs only	0	1	continuous sculpture on ribs and furrows

diagram A

This results in the following diagram:

SHELL	LIGAMENT	HINGE	FURROWS	SCULPTURE	
ineq.	1/2	c.t.	broad	contin.	<i>C. glaucum</i>
16	8	4	2	1	
0	0	0	0	0	
eq.	2/3	c.t.	narrow	scales	<i>C. edule</i>

Diagram B

With the aid of this construction we can number every possible combination - $2^5 = 32$ - in this example and we can deduct from the number the set of characteristics. The numbers 0 and 31 refer to typical *C. edule* and *glaucum* respectively, all other numbers indicate deviating or intermediate specimens. Thus no. 25 would apply to a cockle-shell which is inequilateral, with short ligament, the left cardinal tooth in the left valve directed downwards, narrow furrows and continuous sculpture on ribs and furrows!

The reduction is simple:

$$\begin{aligned}
 &25 - 16 \text{ (the highest power of 2 under 25)} = 9 \\
 &9 - 8 \text{ (" " " " " " 9)} = \\
 &= 1 \\
 \text{or: } &25 = 16 + 9 = 16 + 8 + 1.
 \end{aligned}$$

Since all powers of 2 (16.8.4.2.1.) are in the first line, the noughts (0.0.0.0.0.) in the second line, it is easy to find the construction or formula 16.8.0.0.1. and read the characteristics which correspond to it.

Two other examples:

$$\begin{aligned}
 13 &= 8 + 5 = 8 + 4 + 1: \text{ formula } 0.8.4.0.1. \\
 20 &= 16 + 4 \quad \quad \quad : \quad \quad \quad " \quad 16.0.4.0.0.
 \end{aligned}$$

Now typical *C. edule* corresponds to the formula 0.0.0.0.0. giving number 0, typical *C. glaucum* to the formula 16.8.4.2.1. giving number 31; specimens between 0 and 31 want investigation because of their possible intermediate status. If only 0 and 31 occur, there is 100% separation; if all 32 combinations are found in (more or less) equal numbers there is apparently 100% intergradation, assuming that the five characteristics mentioned are of primary systematic importance.

The 30 possible intermediates are not of equal value. This depends on the number of *edule*-, resp. *glaucum*-characteristics that are represented:

number of <i>C. edule</i> characteristics	5	4	3	2	1	0
" " <i>C. glaucum</i> "	0	1	2	3	4	5
number of possible combinations	1	5	10	10	5	1

=
=

diagram C	typical	typical
	<i>edule</i>	<i>glaucum</i>

The two combinations in the centre are most intermediate, those to the left and the right of it represent specimens with one aberrant characteristic, resp. "*edule*" with one "*glaucum*"-characteristic and "*glaucum*" with one "*edule*"-characteristic. A few of these latter may be accepted as being of no influence on the distinction of two species, but if there are too many of them and the central combinations are also widely represented, we would probably have a gradual variation, *C. edule* and *C. glaucum* being the extreme forms linked by all kinds of intermediates.

In the Dutch material I found -apart from the "typical" forms (nrs. 0 and 31)- the following "intermediates":

number	formula	number of characteristics <i>edule - glaucum</i>	form	short description
8	0.8.0.0.0.	4 - 1	<i>C. edule</i> , juv., fossil form	equilateral with short ligament and broad ribs, h > br.
10	0.8.0.2.0.	3 - 2	<i>C. edule</i> , juv.	equilateral with short ligament and broad furrows
15	0.8.4.2.1.	1 - 4	<i>C. glaucum</i> , small "beltica" form	nearly equilateral
16	16.0.0.0.0.	4 - 1	<i>C. edule</i> var. <i>loppensi</i> and some "altior" forms	medium to strongly inequilateral
27	16.8.0.0.1.	1 - 4	<i>C. glaucum</i>	left cardinal tooth in left valve directed downwards
29	16.8.4.0.1.	1 - 4	<i>C. glaucum</i>	fossil shells with broad ribs

Excluding the young/small forms (nrs. 8, 10 and 15), only three intermediate combinations out of 30 are realized, each with one aberrant characteristic only. The result is strongly in favour of two species with some variation towards each other in single characteristics, but well separated by a combination of characteristics. From a description where the variation is included, it would not be easy to realize the real relation between such species!

The differences which have been used to establish the many varieties of *C. edule* and *C. glaucum* are, with a few exceptions, of a minor order compared with the distinguishing characteristics used here. They are found in the dimensions of the shell, its thickness, the more or less densely set scales on the ribs of *C. edule*, the flat or more inflated shell, the length/breadth ratio, the elongation of the posterior end and such like. The picture is completed by a series of colour-varieties and monstrosities, often occurring in combination with one or more variations, a point which has not always been recognized by authors

We may also wish to compare the *Cerastoderma* fauna of different localities or different stratigraphic levels by putting these specific variations into such a scheme, giving each specimen its appropriate number. It may even be more convenient and taxonomically more correct to number the many varieties of *C. edule* and *C. glaucum* instead of giving them names. Of course such numbers should always be based on a scheme, in which the distinguishing characteristics are well-defined.

I may say a few more words on the above described method. The example used here for *C. edule* and *C. glaucum* should be regarded as a basic scheme that can be extended or modified in many ways according to what is needed/required in a special case. Since all such extensions and variations are based on the same general principle, a few examples will do here.

When intermediate characteristics are used (shell large - medium - small etc., of course precizing what is meant), the scheme for four characteristics will be

54	18	6	2
27	9	3	1
0	0	0	0

diagram E

with $3^4 = 81$ combinations, while e.g. five gradations in three characteristics will give $5^3 = 125$ combinations. Or one may desire a mixture such as:

18	12	3	2
	6		1
0	0	0	0

diagram F

giving 36 possible combinations ($2 \times 3 \times 2 \times 3$). The next step will always be a scale from 1 - n (n being 36 in the case just mentioned) on which it is possible to mark the existing intermediate forms. These two examples are given here without further comment, since a full treatment of all possible combinations and their mathematical reduction would reach beyond the scope of this paper.

Species and groups of species can be treated in a similar way. In the case of three or five related, but distinct species, using e.g. the scheme of $2^7 = 128$ combinations, the material will group around certain numbers on the scale of 0-127. In the opposite case when many numbers are represented, we will probably have a complex of forms which pass one into the other even though the extreme types may look as different as true species in the same genus.

I have extensively worked with this system in one more case: *Spisula subtruncata* (Da C.), another of our most variable species. Two forms are described:

1. Shell flat, rather thin, elongate, strongly inequilateral, more or less irregular in outline, anterior and posterior ends equally rounded.
2. Shell convex, thick, more or less compressed, slightly inequilateral, rather triangular in outline, posterior end more or less tapering.

The question arises whether these two forms are more or less separated so that they can be regarded as subspecies, or whether they are connected by intermediates.

Neither of the two proved to be the case. Material from Scheveningen beach where a 1000 specimens have been collected at random, demonstrated that five forms predominate. They are connected by intermediates, which comparatively form a minority. Further collections from the same locality gave very few additional forms; about 25,000 specimens collected earlier gave the same general picture. Another result has been that the difference equilateral resp. slightly inequilateral / inequilateral -both occur- does not hold to get a natural division into forms. This is especially interesting since the characteristics have formerly been used to distinguish *S. subtruncata* from *S. solida* (L.)!

It has not been my intention to give here a survey of all possible extensions and variations, which would easily fill up the size of a text book and reach far beyond the scope of a simple article. Still less did I intend to present a system, which could solve every remaining problem in any group. The author doubts

if such a system could even exist! But it seems worthwhile trying along these lines where other methods fail, as the results with *Cerastoderma* and *Spisula* indicate. Advantages are that every variation gets its fixed number based on the same set of characteristics, so that the forms can be compared with each other, and also that the characteristics used need to be mentioned only once in the basic scheme.

More important is perhaps, that the method escapes the limitations of a two dimensional scheme, since at least ten characteristics can be studied now in combination.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am indebted to Mr. A.F.E. van der Horst M.Sc. (Leiden) for his assistance with reference to mathematical subjects, to Mr. A.W. Janssen (Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden) for reading the manuscript and giving me valuable suggestions, and to Ir. A. Verduin (Leiden) for his information on, and help with, mathematical and biological problems.

LITERATURE

- Heywood, V.H., 1967. Plant Taxonomy. (The Institute of Biology's Studies in Biology, 5). London.
- Mars, P., 1951. Essai d'interprétation des formes généralement groupées sous le nom de *Cardium edule* Linné - Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 11: 1 - 31.
- Urk, R.M. van, 1964. The genus *Ensis* in Europe. - *Basteria* 28: 13 - 44.
- Urk, R.M. van, 1973. Systematical notes on *Cardium edule* L. and *Cardium glaucum* Brug. in the Netherlands I. - *Basteria* 37: 95 - 112.