Vol. / Bd. VI 1938 No 2

Soil Research

Bodenkundliche Forschungen

Recherches sur le Sol

Supplements to the Proceedings of the International Society of Soil Science
Beiheft zu den Mitteilungen der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft
Suppléments aux Comptes Rendus de l'Association de la Science du Sol

Edited by the Executive Committee of the International Society of Soil Science — Herausgegeben vom Vorstand der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft — Publiés par la Présidence de l'Association Internationale de la Science du Sol — Editor in chief — Schriftleiter — Rédacteur en chef: F. Schucht, Berlin — Assistant
ner, Harpenden,

The Conference of Commission IV in Stockholm will be held from **July 3rd to 8th** 1939. The programme will be published in our next red number.

La Conférence de la Commission IV à Stockholm aura lieu le **3–8 juillet** 1939. Le programme paraîtra dans le prochain numéro rouge.

Die Tagung der IV. Kommission in Stockholm
is 8. Juli 1939 statt. Pro-
Heft.

the publication are to
nvalidenstr. 42
reffenden Mitteilungen
4, Invalidenstr. 42
ant la rédaction et la
N 4, Invalidenstraße 42

RIC LIBRARY
02 1928.02

The Executive Committee; Der Vorstand; La Présidence
President; Präsident; Premier Président: Prof. Dr. F. Schucht, Berlin
Acting President; Stellvertretender Präsident; Premier Président adjoint:
Dr. D. J. Hissink, Groningen
Vice-Presidents; Vizepräsidenten; Vice-Présidents:
Prof. Dr. A. A. Jarilov, Moscou; Dr. A. Demolon, Versailles
Representative of the International Institute of Agriculture in Rome; Vertreter des Internationalen Landwirtschafts-Instituts in Rom; Représentant de l'Institut International d'Agriculture à Rome: The General Secretary of the Institute
Honorary General Secretary; Ehrenamtlicher Generalsekretär;
Secrétaire Général Honoraire: Dr. D. J. Hissink, Groningen
Editor of the Review; Redakteur d. Zeitschrift; Rédacteur de la publication périodique:
Prof. Dr. F. Schucht, Berlin
Members ex officio; Mitglieder ex officio; membres ex officio:
Prof. Dr. G. De Angelis d'Ossat, Roma; Prof. Dr. Jacob G. Lipman, New Brunswick; Sir E. John Russell, Harpenden

---

Contents — Inhalt — Contenu

pp. S.

de Vries, O. and Hetterschij, C. W. G., Phosphate solubility in three types of light soil in different acids and at different pH (a contribution to Mitscherlichs Gemeinschaftsarbeit). — (Solubilité de l'acide phosphorique dans trois types de sol léger dans des acides différents et à un pH variable. [Une Contribution au travail en coopération de Mitscherlich]. — Phosphatlöslichkeit in verschiedenen Säuren und bei verschiedenem pH in drei verschiedenen Typen leichten Bodens. [Ein Beitrag zu Mitscherlichs Gemeinschaftsarbeit] 65

Hollstein, W., Beiträge zur Bodenkunde des Mittelmeergebietes. — (Contribution to the Soil Science of the Mediterranean Region. — Contribution à la Science du Sol des Pays Méditerranéens) 91

Amar Nath Puri and Anand Sarup, Extraction of Humus from Soil with Alkalies and its Colorimetric Estimation. — (Extraktion von Humus aus dem Boden mit Alkalien und seine kolorimetrische Bestimmung. — Extraction de l'humus du sol par les alcalis et son dosage colorimétrique) 122

de Angelis d'Ossat, G., Geo-pedogenesi delle terre sul delta del Tevere. — (Géo-pédogenèse des sols du Delta du Tevere. — Geological and Pedological Genesis of the Soils of the Tevere Delta. — Die geologisch-bodenkundlichen Verhältnisse im Gebiet des Tiberdeltas) 138

Soil Research — Bodenkundliche Forschungen
Recherches sur le Sol

Supplements to the Proceedings of the International Society of Soil Science — Beiheft zu den Mitteilungen der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft — Suppléments aux Comptes Rendus de l'Association de la Science du Sol

Vol./Bd. VI 1938 No 2

Phosphate solubility in three types of light soil in different acids and at different pH (a contribution to Mitscherlichs Gemeinschaftsarbeit)

(Solubilité de l'acide phosphorique dans trois types de sol léger dans des acides différents et à un pH variable. [Une Contribution au travail en coopération de Mitscherlich]. — Phosphatlöslichkeit in verschiedenen Säuren und bei verschiedenem pH in drei verschiedenen Typen leichten Bodens. [Ein Beitrag zu Mitscherlichs Gemeinschaftsarbeit])

by

O. de Vries and **C. W. G. Hetterschij**
(Rijkslandbouwproefstation, Groningen, Netherlands)

The Report of the round the table conference, held in Königsberg in 1936[1]), during which the results were discussed of comparative testing of soil samples in a number of institutes, contains — amongst other items of great interest to all workers on soil fertility problems — an incitement[2]) to study the different methods of phosphate determination by acids more closely by

a) comparing phosphate solubility more systematically at different pH and for different acids;
b) determining the other substances, brought into solution by those different acids, and their possible influence on phosphate solubility.

[1]) Erster Bericht über die Arbeiten und über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft zur Prüfung der Laboratoriumsmethoden für die Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedürfnisses der Böden, Königsberg 12—19 Juli 1936. Obtainable from Dr. D. J. Hissink, Groningen, fl. 4.—.

[2]) l. c. page 90 point 4.

As a contribution to this topic from our side, we discuss in the following the results obtained by three acids — citric, lactic and hydrochloric — on three types of light soil, for which we have taken a moor-colonial soil[3]), a heath reclamation soil[4]) and an iron containing sandy soil[5]), three types in which we studied the phosphate regime in detail during several years, partly on experimental fields with increasing amounts of phosphate, and partly in pots.

Description of the three types of soil

The three types of soil, used for this comparative study, have been described in the publications referred to above; for the benefit of the present reader we bring together the principal data in Table I, in which the terms have the following meaning:

humus: the loss on ignition of the soil after air drying, sieving through a 1 mm sieve, and drying at 105° C; calculated as % on the soil dried at 105° C.

pH: pH in water (1 : 5) after 24 hours standing at 25° C and reading electrometrically according to the chinhydron method (reading within $^1/_2$ minute after addition of the chinhydron).

Sand and clay: soil treated according to International Method A; separation of fractions according to the Kopecky method (upper limit for clay fraction 0.015 mm).

P-number: mg P_2O_5 per 100 g soil, dissolved by CO_2-containing distilled water at 50° C (1 : 10), description see [6]).

P-citr: mg P_2O_5 par 100 g soil, dissolved by 1 % citric acid, description see [6]).

P-total: according to the Lemmermann method (aqua regia).

P-fixation: determined by adding $Ca(H_2PO_4)_2$ solution, description see [6]).

P-unit: indicates the number of kg of (added) P_2O_5 corresponding with one unit in P-number or P-citr. This figure, of course,

---

[3]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkolonialem Boden. Die Phosphorsäure 5, 46 (1935).

[4]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden (1935). Copies obtainable at the Rijkslandbouwproefstation, Groningen.

[5]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Fosfaathuishouding in een ijzerhoudenden zandgrond (mit deutscher Zusammenfassung). Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 43, 171 (1937); the Hague, Landsdrukkerij.

[6]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkolonialem Boden, Die Phosphorsäure 5, 40 (1935).

depends upon the thickness of the surface layer and its weight per unit of volume.

Fe: dissolved by boiling the soil for one hour with 25% hydrochloric acid.

Table I

Principal data about the three types of soil

Wichtigste Daten für die drei Bodentypen (Versuchsfeld Pr 87 auf moorkolonialem Boden; Pr 113 auf neu urbar gemachtem Heidesand; Heino, eisenhaltiger Sandboden)

	Pr 87 moor-colonial	Pr 113 sandy	Heino, iron containing sand
Humus %	3.8	3.0	6.9
pH	5.2	4.6	5.7
pH of limed plot	—	5.5	—
Sand > 0.015 mm %	94.7	93.5	82.6
Coarse sand > 0.09 mm %	70.7	76.0	64.2
Fine sand 0.09—0.015 mm %	24.0	17.5	18.4
clay < 0.015 mm %	1.5	3.5	10.5
P-number, mg P_2O_5/100 g of plots without phosphate	$2^1/_2$	0	0
P-citr, „ „ of plots without phosphate	10	7	10
P-total, „ „ of plots without phosphate	18	18	120
P-fixation % of plots without phosphate	18	98	88
P-unit, kg/ha P_2O_5	15	15	15
Thickness of upper layer, cm	12	10	$12^1/_2$
Weight per volume	1.25	1.5	1.2
Fe %	0.12	0.14	2.2

Note. The plot on experimental field Pr. 87, from which soil was taken for this investigation, had been limed in 1929; the Heino soil had probably been limed several years ago.

The original Heino soil, before sieving, contained pieces of bog ore; the amount of Fe was 6½%.

A preliminary survey of phosphate solubility in water, citric acid and aqua regia for these three soils was given in a paper[7]), in which we compared the "total" phosphate content according to the Lemmermann method (aqua regia) with the phosphate in 1% citric acid (P-citr) and the phosphate in distilled water containing the ordinary amount of carbonic acid (P-number), both after our usual routine methods. For this comparison, the values, obtained according to these three methods, were plotted against pH; the curves, obtained in that way

[7]) O. de Vries, C. W. G. Hetterschij und F. v. d. Paauw, Zeitschr. Bodenk. u. Pflanzenern. 6 (51), 144 (1938).

and depicted in figs 5—7 of the above named publication, give a certain insight into phosphate solubility and phosphate availability in those three types of soil; but they should be regarded, as was already pointed out, with a certain reserve, because they bring into relation the figures obtained by three heterogeneous methods, as we use them in our routine research and soil testing work. These curves do not represent phosphate solubility curves in the strict sense of the word; a solubility curve, of course, relates to one acid only. The curves, as given in the above named publication, served to give a preliminary insight into the phosphate problem for these soils; they do not represent systematic data on a scientific basis. Aqua regia, citric acid and water have different dissolving power for the different soil constituents; the amount of phosphate, brought into solution at a certain pH, may be influenced by the nature of the acid, and the figures for the different acids are not strictly comparable.

To study the characteristic differences between these soils, we have, therefore, determined P_2O_5-pH curves for different acids separately, namely for hydrochloric acid, lactic acid and citric acid of different strengths.

Extraction by hydrochloric acid of different strengths

In the first place we determined phosphate solubility for these three types of soil in hydrochloric acid of different strengths, shaking 5 gr of soil with 50 cc of liquid for two hours at room temperature and determining the end-pH of the mixture. The figures are found in Table II and depicted in Fig. 1—4; the curves are fairly regular and do not show marked undulations and maxima, but follow, as we will see, the well known course of logarithmic curves.

There is a marked difference in type between the three sets of curves. The moorcolonial soil with its large phosphate solubility, shows (Fig. 1) only a moderate decrease in phosphate solubility as the acidity of the extraction liquid decreases, and a considerable vertical distance between the curves at higher pH; a type as one might expect for a soil with little phosphate fixation and good solubility also at higher pH. We add that, for this soil with a P-unit of 15 (see Table I), 1000 kg of added P_2O_5 mean a theoretical increase in the phosphate figures of 66.7, so that a certain amount of phosphate fixation is apparent from Fig. 1 and Table II.

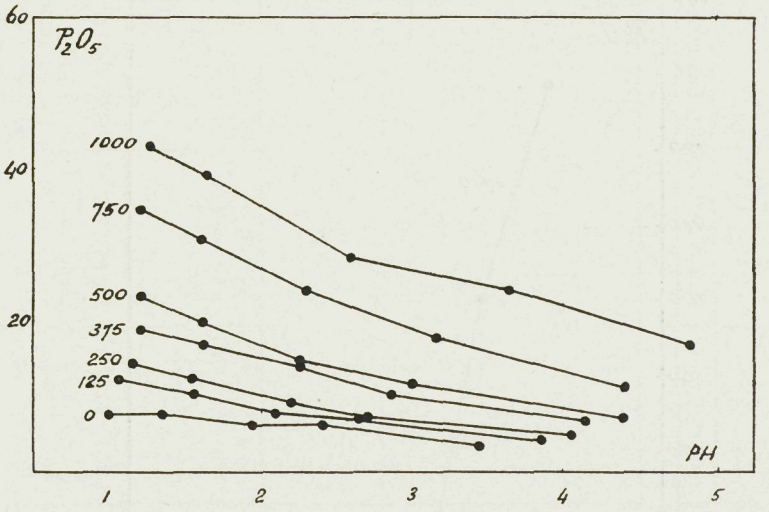

Fig. 1. Phosphate solubility in hydrochloric acid of different strengths, for plots with increasing amounts of phosphate of experiment field Pr. 87 on moorcolonial soil, plotted against end pH of the extraction liquid.
Phosphatlöslichkeit in Salzsäure verschiedener Verdünnungen für verschiedene Phosphatstaffeln des Versuchsfeldes Pr. 87 auf moorkolonialem Boden. Abszisse: End-pH der Extraktionsflüssigkeit.

For the sandy soil (Pr 113, Figs 2 and 3) the figures for P-number are, in the slightly acid extracts, much lower, only 10 or less, even after large applications of phosphate. In the acid extracts they rise to very high values, up to 130 for the plots that had received 2700 kg/ha P_2O_5 in the course of four years (in three applications). This soil, therefore, shows considerable phosphate fixation at the higher pH's, that is in ordinary soil.

The iron containing sand of Heino (Fig. 4) shows a similar picture: only very large applications, such as 2700 and 3600 kg/ha P_2O_5, have sufficiently saturated the power of fixation for phosphate of the soil, so that higher figures for phosphate solubility in slightly acid extracts result. The increase in phosphate solubility in the more acid extracts, which dissolve part of the fixed or difficultly available phosphate, is considerable, but not so large as in the case of the sandy soil.

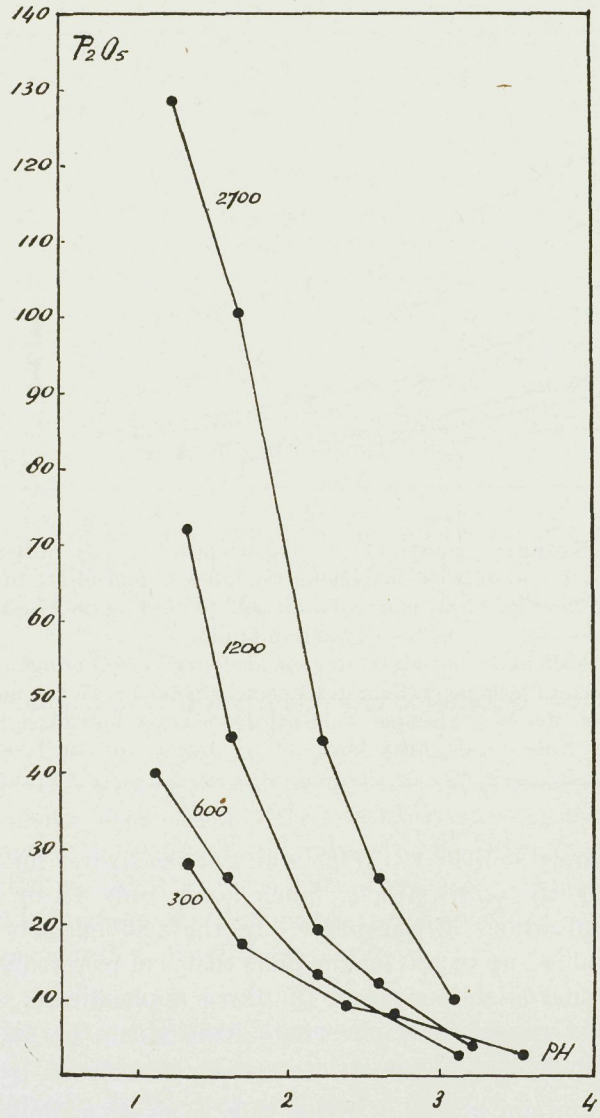

Fig. 2.
Phosphate solubility in dilute hydrochloric acid of different strengths, as in Fig. 1. for unlimed plots with increasing amounts of phosphate on experiment field Pr. 113, sandy soil.
Phosphatlöslichkeit in verdünnter Salzsäure wie in Fig. 1, für verschiedene Parzellen des Versuchsfeldes Pr. 113 (sandiger Boden), ungekalkte Parzellen mit steigenden Phosphatgaben.

Table II

Extraktion by different amounts of hydrochloric acid. Extraktion mit verschiedenen Mengen Salzsäure

Pr 87, moorcolonial soil

Normality of HCl	pH extraction liquid	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure	end pH suspension	P-figure
		no phosphate		125 kg/ha P_2O_5		250 kg/ha P_2O_5		375 kg/ha P_2O_5		500 kg/ha P_2O_5		750 kg/ha P_2O_5		1000 kg/ha P_2O_5	
0.2	0.9	1.0	7¼	1.05	12	1.15	14	1.2	18½	1.2	23	1.2	34½	1.25	42½
0.05	1.3	1.35	7½	1.55	10	1.55	12	1.6	16½	1.6	19½	1.6	30½	1.65	39½
0.01	2.0	1.95	6	2.1	7	2.2	9	2.25	13½	2.25	14½	2.3	24	2.6	28
0.005	2.3	2.4	6	2.7	6½	2.75	7	2.85	10	3.0	11½	3.15	17½	3.65	24
0.001	3.0	3.45	3¼	3.85	5	4.05	4½	4.15	6¼	4.4	7	4.4	11	4.85	16½

Pr 113, Sandy soil, unlimed

		300 kg/ha P_2O_5		600 kg/ha P_2O_5		1200 kg/ha P_2O_5		2700 kg/ha P_2O_5	
0.2	0.9	1.35	28	1.15	40	1.35	72	1.25	128
0.05	1.3	1.7	17	1.6	26	1.65	44	1.7	100
0.01	2.0	2.4	9	2.2	13	2.2	19	2.25	44
0.005	2.3	2.75	8	2.55	9	2.6	12	2.6	26
0.001	3.0	3.6	2½	3.15	2½	3.25	3½	3.1	10

Pr 113, Sandy soil, limed

0.2	0.9	1.3	28	1.15	40	1.05	88	1.15	128
0.05	1.3	1.7	16	1.6	26	1.6	64	1.6	104
0.01	2.0	2.35	9	2.4	10	2.35	26	2.4	50
0.005	2.3	2.9	5	2.7	7	2.75	15	2.8	24
0.001	3.0	3.9	1¾	3.55	2½	3.9	4½	3.85	10

Heino, iron containing sandy soil

		no phosphate		600 kg/ha P_2O_5		900 kg/ha P_2O_5		1200 kg/ha P_2O_5		1800 kg/ha P_2O_5		2400 kg/ha P_2O_5		2700 kg/ha P_2O_5	
0.2	0.9	0.75	12	1.05	17	0.7	22½	0.8	31	0.95	46	1.1	52	0.9	84
0.05	1.3	1.7	7	1.8	7½	1.5	12	1.7	15	1.65	17½	1.75	22	1.8	38
0.01	2.0	2.55	5	2.7	5½	2.75	7½	2.75	8½	2.55	10½	2.8	13	2.95	24
0.005	2.3	3.4	4	3.6	4	3.55	6	3.65	5	3.65	6	3.9	9	4.05	17
0.001	3.0	5.3	1	5.15	1½	5.0	1½	5.15	2	4.85	3	5.35	4¼	5.3	7½

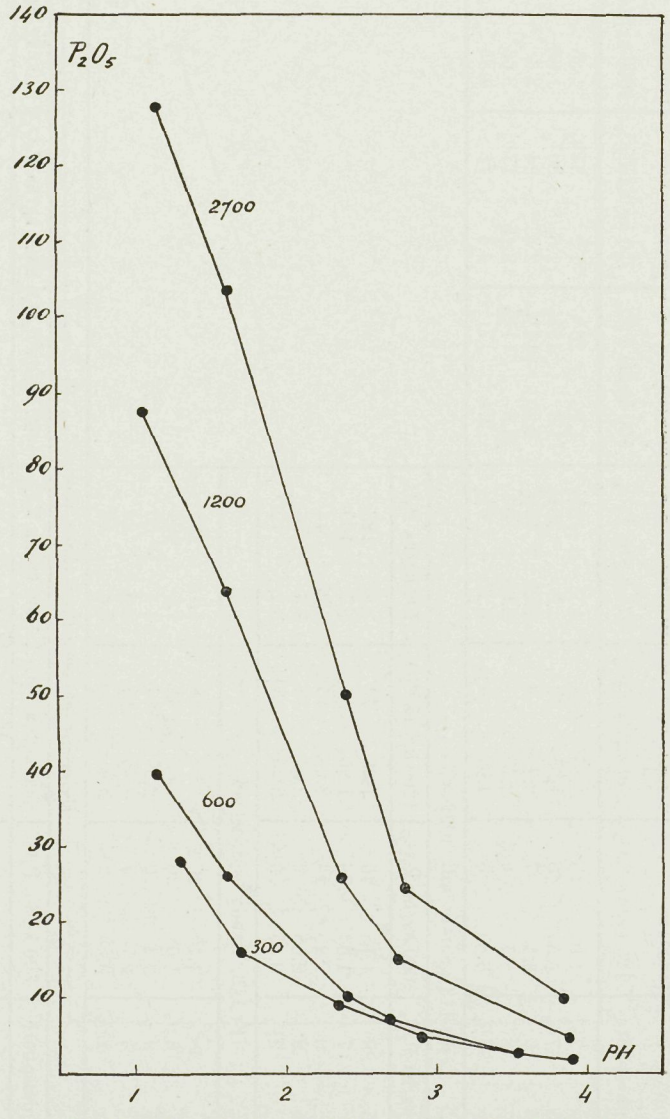

Fig. 3. Phosphate solubility as in Fig. 2, for limed plots of the same experiment field.
Phosphatlöslichkeit wie in Fig. 2, für gekalkte Parzellen desselben Versuchsfeldes Pr. 113 (sandiger Boden).

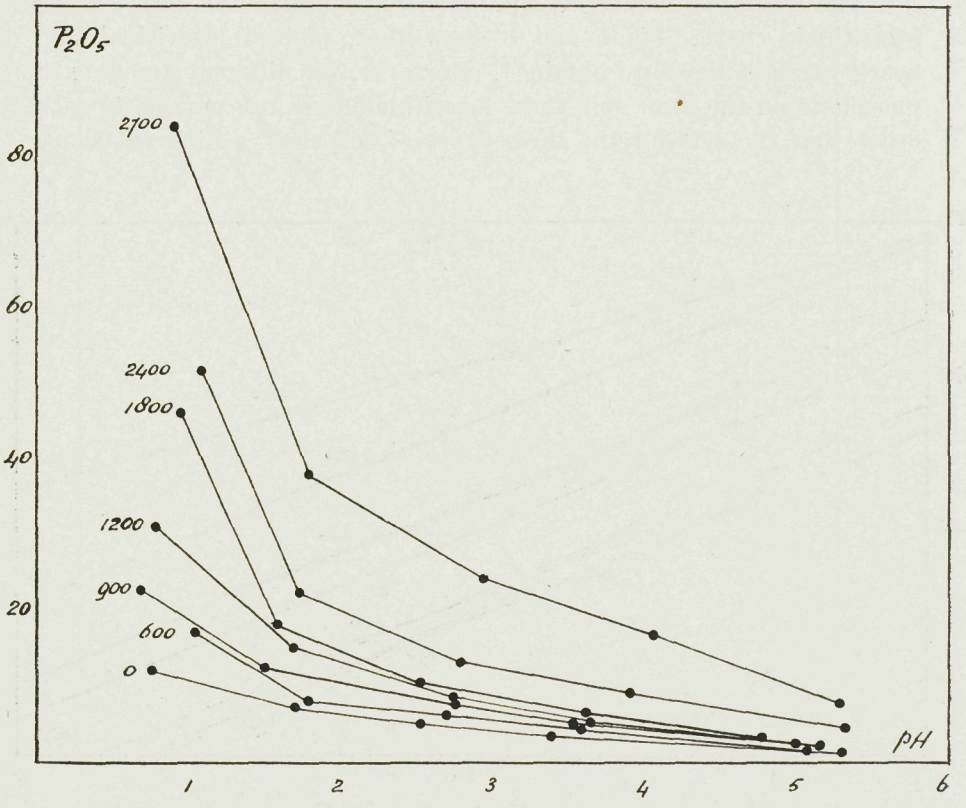

Fig. 4. As Fig. 1—3, for the iron-containing sandy Heino soil.
Wie Fig. 1—3, für den eisenhaltigen Sandboden aus Heino.

As a whole, the course of the HCl-extraction curves strikes one as very regular and simple, compared with those obtained for Norwegian types of soil by T. Gaarder and O. Grahl-Nielsen[8]) (extraction 1 : 20 by mixtures of water and 0.1 n HCl or 0.1 n NaOH during four days): in our three types of soil the phosphate solubility increases gradually with increasing acidity, without the minima and undulations found by Gaarder and Grahl-Nielsen. The curves, found for five samples of New Zealand soils by H. O. Askew[9]), have below pH 6 a similar simple type as ours; these samples show increasing phosphate solubility at higher pH (obtained by addition of NaOH), a part of the curve that was not investigated by us.

[8]) T. Gaarder und O. Grahl-Nielsen, Medd. Nr. 18, Vestlandets Forstlige Forsøksstation, Bergen 1935, p. 92—94.

[9]) H. O. Askew, N. Zealand Journ. of Science and Technology 16, 145 (1934).

The solubility curves, in our case, have nearly the form of the logarithmic curve. Fig. 5 and 6 show that, plotted logarithmically, nearly straight lines are obtained. Moreover, for different amounts of phosphate on the same soil, these logarithmic lines run parallel to each other; but the sets for the three types of soil show a different slope.

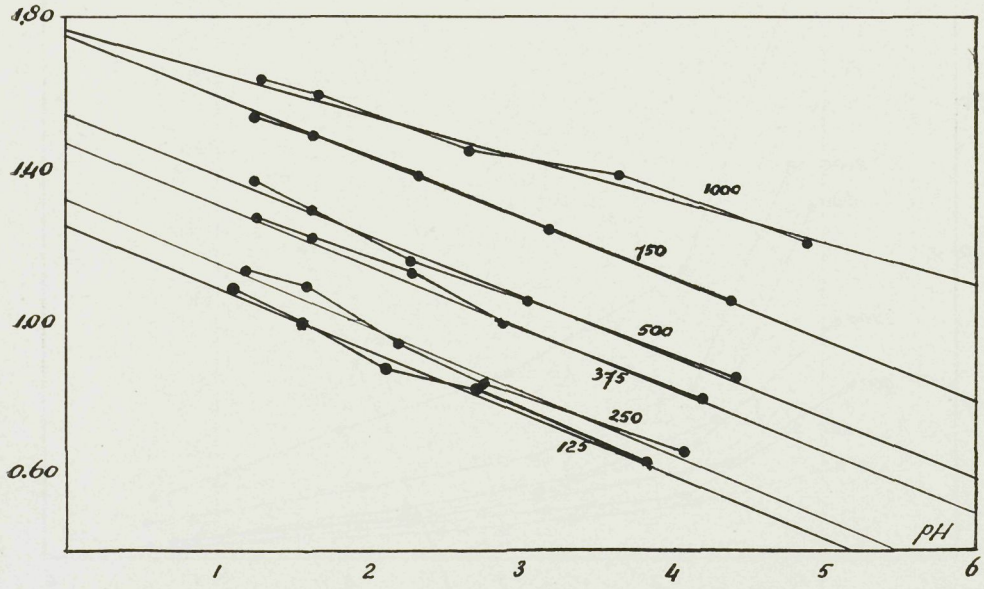

Fig. 5. Logarithmic curves (log. of phosphate in HCl against end pH of mixture) for different plots (incraesing amounts of phosphate) of Pr. 87, moorcolonial soil.

Logarithmen von Phosphatlöslichkeit in Salzsäure von verschiedenen Verdünnungen, gegen End-pH der Flüssigkeit, für den moorkolonialen Boden aus Fig. 1. Die Linien sind nahezu gerade und, mit Ausnahme derer von der Parzelle mit 1000 kg/ha P_2O_5, einander parallel.

As an example we represent in Fig. 5 the logarithmic curves for the moorcolonial soil of Pr 87, in which only the upper curve (1000 P_2O_5) has a somewhat deviating slope. Fig. 6 depicts the average curves for the limed and the unlimed plots of the sandy soil (Pr 113): small experimental errors are eliminated by taking the two cases together, and we get curves which very nearly run parallel to each other, but with a much steeper slope than those in Fig. 5. We postpone a closer study of the relatively simple relationships, that present themselves from these graphs, till a larger material, from different types of soil, has been collected.

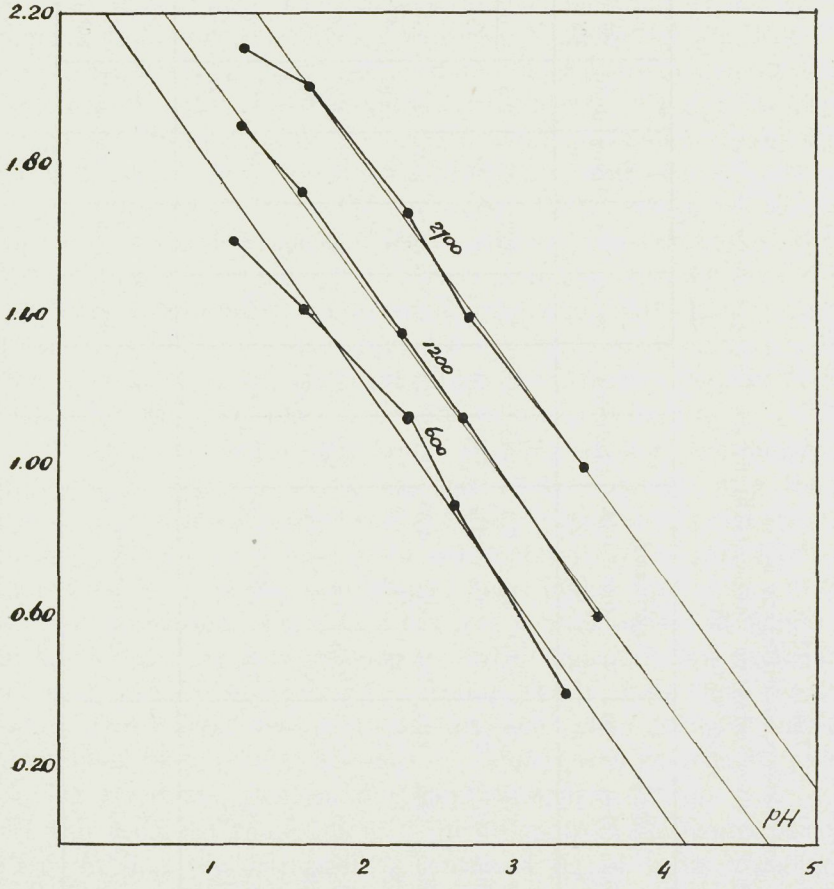

Fig. 6. Logarithmic curves (log. of phosphate in HCl), averages of the limed and the unlimed plots of Pr. 113 (Figs. 2 and 3).
Logarithmen wie in Fig. 5, für Mittelzahlen aus den Figuren 2 und 3, sandigem Boden von Versuchsfeld Pr. 113.

Comparison of solubility in different acids

To proceed in a systematic way, we have compared the solubility in citric acid and that in lactic acid with the HCl-solubility curves described above, for one of the phosphate amounts of each type of soil, using for all three acids the same method of extraction (5 gr soil and 50 cc liquid, shaken for two hours at room temperature). The object, chosen for each soil, was one that represented a reasonable phosphate supply. The results are given in Table III and depicted in Figs 7—10. We added the figures for our usual extracts (P-number and P-citr); as the P-number is determined in a different way (24 hours at 50° C),

Table III
Extraktion by different acids
Extraktion von je einer Bodenprobe pro Bodentyp, mit verschiedenen Extraktionsmethoden, siehe Table IV

Objekt		hydrochloric acid			lactic acid			citric acid			P-numb.	P-citr.	P-water	P-Egn	P-Truog	P-Bond.	P-Amm. acet.
		0.01 n	0.005 n	0.001 n	0.1 n	0.01 n	0.001 n	1 %	0.01 %	0.001 %							
Pr 87, 800 P_2O_5	end pH	2.35	2.8	4.25	2.4	3.25	4.4	2.45	4.5	5.0	5.25	2.3	5.1	3.55	3.0	2.5	4.6
	P_2O_5	14	10½	7	19½	10½	7½	20	9½	6¼	7½	21	5¾	15	28	11	9½
Pr 113, unlimed, 1200 P_2O_5	end pH	2.2	2.6	3.25	2.55	2.95	4,05	2.4	3.7	4.35	4,75	2.25	4.55	3.5	3.05	2.5	4.6
	P_2O_5	19	12	3½	30	6	2	43	7½	2½	4	52	2	26	39	26	8
Pr 113, limed, 1200 P_2O_5	end pH	2.35	2.75	3.9	2.55	3.1	4.6	2.45	4.15	5.2	5.35	2.2	5.45	3.5	3.0	2.5	4.6
	P_2O_5	26	15	4½	36	7	3	56	8	3½	7	61	4	29	52	39	8
Heino, 1800 P_2O_5	end pH	2.55	3.65	4.85	2.5	3.65	5.75	2.4	3.45	4.75	6.5	2.4	5.85	3.7	3.05	2.5	4.6
	P_2O_5	10½	6½	3	12	6½	2	50	12	4	5	51	2¾	25	52	12½	12
Versuchsobjekt		Salzsäure			Milchsäure			Zitronensäure			P-Zahl	P-Zitr	P-Wass.	P-Egn	P-Truog	P-Bond	P-Amm. acet.

we also determined phosphate solubility in water (P-water) after shaking two hours at room temperature. In Table III and Figs 7—10 we further added the figure obtained according to the calcium lactate — hydrochloric acid buffer methode of Egnèr[10]) (P-Egn), the Truog-method[11]), the nitric acid extraction according to Bondorff and Steenbjerg[12]), and an extraction by an ammonium acetate — acetic acid buffer with pH 4.6, which we use in our work. The P-figures are plotted in each case against the end-pH of the mixture and not against the pH of the extraction liquid. To facilitate a comparison, we give a brief review of the principal points in the different methods of testing in Table IV; besides the extraction medium, there are differences in quantity of liquid, duration and temperature of extraction, that are undoubtedly responsible for part of the differences in P-figures.

It will be seen from Figs 7—10 that for the iron containing sand (Fig. 10) the curve for lactic acid practically coincides with that for hydrochloric acid; the sandy soil of Pr 113 (Figs 8 and 9) and the moor-colonial soil (Fig. 7) give, at lower pH, higher P-figures with lactic acid than with hydrochloric. Citric acid gives higher figures in all cases, with the exception, perhaps, of the iron containing soil at higher pH. It may be assumed that, while lactic and hydrochloric acid act in about the same way, the pH (correctly speaking, the H+-ions) being the active agent, other reactions come into the play with citric acid, the formation of complex phosphate compounds or complex iron compounds perhaps playing a role and causing the higher phosphate figures.

Our usual determination of P-citr differs from the figures discussed above in that the extraction is continued for 27 hours, shaking the extraction bottles at first during 2 hours, leaving them at room temperature for about 24 hours and finally shaking during 1 hour in the machine, before drawing of the liquid. In general, higher phosphate solubility figures may be expected from this treatment than those mentioned above, obtained after two hours shaking; this is indeed the case for all four soils. This difference between citr and P-citr is largest in the case of the sandy soil (Pr 113); whether this is connected with the difference in phosphate solubility in lactic and hydrochloric acid

[10]) H. Egnèr. Metod att bestämma lättlöslig fosforsyra i åkerjord. Medd. No. 425 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordsbruksområdet, 1932, p. 30.

[11]) E. Truog. J. Am. Soc. Agron. 22, 874 (1930). The determination of readily available phosphorus in soils.

[12]) K. A. Bondorff og F. Steenbjerg. Tidsskrift for Planteavl 38, 273 (1932). Studier over Jordens Fosforsyreindhold. I. Jordfosforsyrens Oplöselighed.

Table IV.

Principal points in the different methods of extraktion
Vergleich zwischen den wichtigsten Punkten bei den verschiedenen Extraktionsmethoden

Abbreviation	Sign.	Extraktion liquid	pH of same	Ratio soil : solution	Duration	Temperature	
HCl	×	Hydrochloric acid, 0.01 n	2.0	1:10	2 hours	room	Salzsäure
		„ „ 0.005 n	2.3	1:10	„	(Zimmer)	„
		„ „ 0.001 n	3.0	1:10	„	„	„
Lact	+	Lactic acid, 0.1 n	2.1	1:10	2 hours	room	Milchsäure
		„ „ 0.01 n	2.9	1:10	„	„	„
		„ „ 0.001 n	4.3	1:10	„	„	„
Citr	•	Citric acid, 1 %	2.1	1:10	2 hours	room	Zitronensäure
		„ „ 0.01 %	3.25	1:10	„	„	„
		„ „ 0.001 %	3.9	1:10	„	„	„
P-water	⊙	Water	5.7	1:10	2 hours	room	Wasser
P-number	□	Water	5.7	1:10	24 hours	50° C	Wasser
P-citr	∅	Citric acid, 1 %	2.1	1:10	2+24+1 hours	room	1 % Zitronensäure
P-Egn	△	Egnèr-liquid, Ca-lactate 0.02 n HCl 0.01 n	3.5—3.6	1:50	2 hours	room	Kalziumlactat—HCl nach Egnèr
Tr	■	0.002 n H_2SO_4 + $(NH_4)_2$ SO_4 (Truog)	3.0	1:200	½ hours	room	Schwefelsäure — Ammonsulfat nach Truog
Bo	○	HNO_3 div conc. (Bondorff)	div	1:25	3 hours	room	Salpetersäure nach Bondorff
Amm	⊗	0.2 n ammon. acetate + 1 vol 0.2 n acetic acid	4.6	1:10	2 hours	room	Ammoniumazetat und Essigsäure
Abkürzung	Zeichen	Extraktionsflüssigkeit	pH derselben	Verhältnis Boden zu Flüssigk.	Zeitdauer der Extraktion	Temperatur der Extraktion	Extraktions-Flüssigkeit

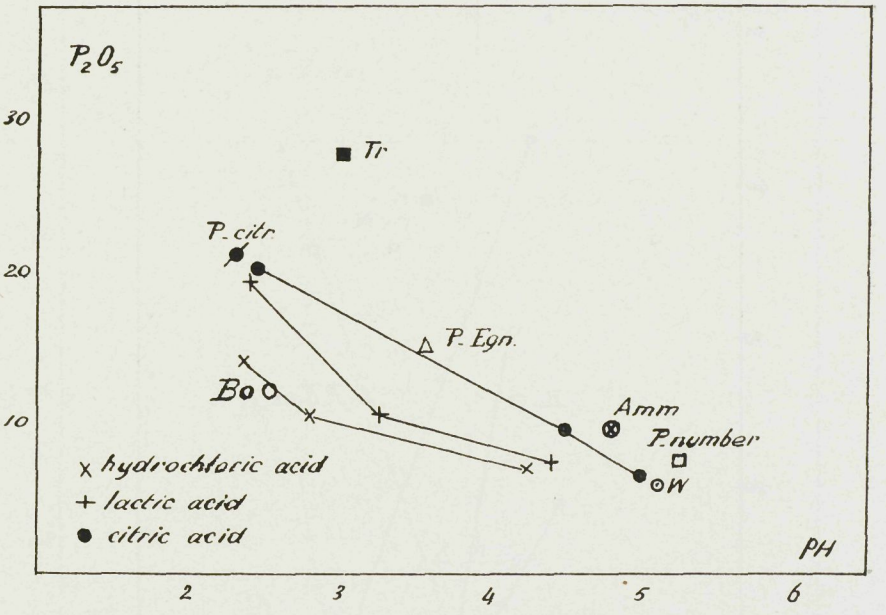

Fig. 7. Phosphate solubility for one plot (800 P_2O_5) of Pr. 87 in different acids, using different strengths for hydrochloric, lactic and citric acid, see tables II and IV.

Phosphatlöslichkeit für eine Parzelle von Pr. 87 (800 P_2O_5) in verschiedenen Säuren bei verschiedenem PH: Salzsäure (×), Milchsäure (+) und Zitronensäure (●).

Daneben P-Zitr. (P-citr.) und P-Zahl (P-number) nach unserer gewöhnlichen Methode, P-Egnèr, P-Bondorff, P-Truog, P-Ammoniumazetat und P-Wasser, siehe Tabelle IV.

stated above, can only be considered when a comparative study of a much larger number of examples has been made.

The P-number (squares in Figs 7—10) is determined in ordinary distilled water, containing some carbonic acid and showing a pH of about 5.7—5.8; the mixture is shaken during a short time by hand and then kept at a temperature of 50° C for 24 hours. The P-number may therefore be expected to be higher than the figure for the water extract after two hours shaking (W in Fig. 7—10); this is indeed the case with all four samples.

It will further be seen from Table III and Figs 7—10 that the Egnèr buffer solution (P-Egn. in the figures; extraction during two hours at room-temperature — not exactly 20° C, as prescribed by Egnèr — with constant shaking on the machine; pH of the mixture 3.5—3.6) gives a much higher phosphate solubility than is the case with lactic acid

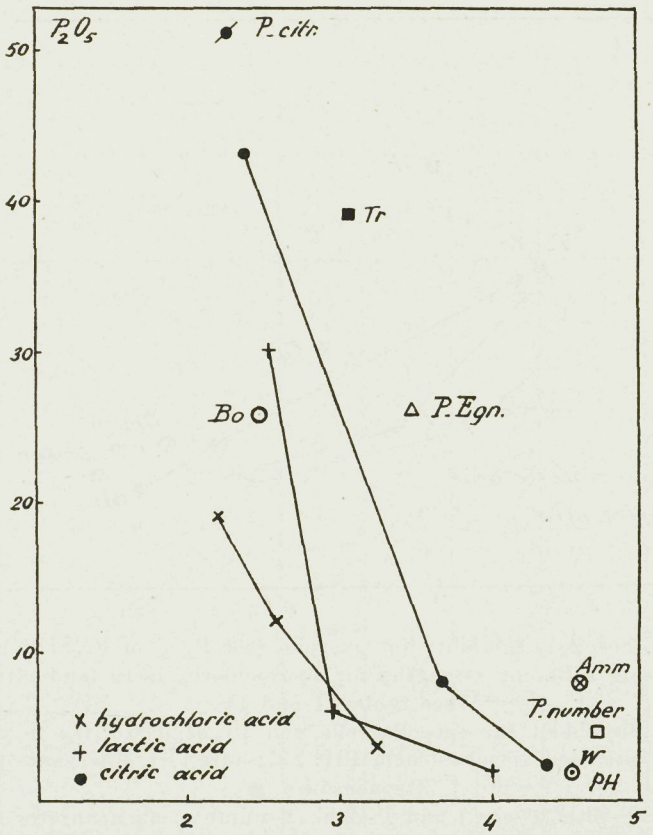

Fig. 8. Phosphate solubility in different acids, as in Fig. 7 for one unlimed plot (1200 P_2O_5) of Pr. 113.
Phosphatlöslichkeit in verschiedenen Säuren und nach verschiedenen Methoden bestimmt, eingebracht nach End-pH der Extractionsflüssigkeit, für eine ungekalkte Parzelle (mit 1200 P_2O_5) von Versuchsfeld 113 auf sandigem Boden.

or hydrochloric acid at the same pH, and also higher than citric acid. The reason for this behaviour will have to be sought in the first place in the larger quantity of extraction liquid (50 to 1); in how far complex formation, which Egnèr considers desirable in phosphate determination in soils, or other special factors play a role, would have to be investigated by making a comparison with other acids or buffer solutions, using the same ratio of liquid to soil.

A similar remark holds for the figures obtained according to Truog's method, in which the largest ratio of liquid to soil (200 : 1) is used and which gives higher figures than citric acid.

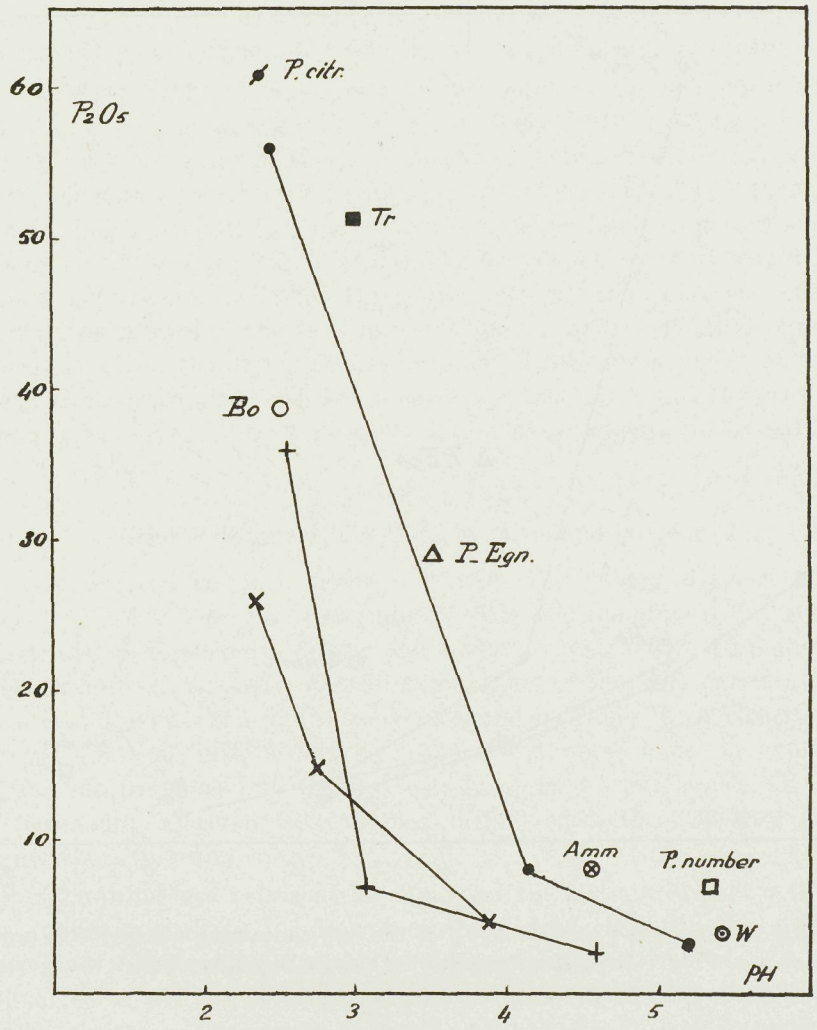

Fig. 9. As Fig. 8, for the limed plot with 1200 P_2O_5.
Wie Fig. 8, für die gekalkte Parzelle mit 1200 P_2O_5.

Nitric acid extraction at pH 2.5, according to Bondorff and Steenbjerg's method, gives figures which fall in the neighbourhood of the hydrochloric and the lactic acid curves, mostly practically coinciding with the latter. The ammonium acetate — acetic acid buffer solution at pH 4.6 gives in all four cases higher figures than citric acid (same ratio, same duration and temperature).

Taken as a whole, five figures (P-citr, Truog, P-Egnèr, Amm and P-number) fall practically in a curve or zone that follows approximately

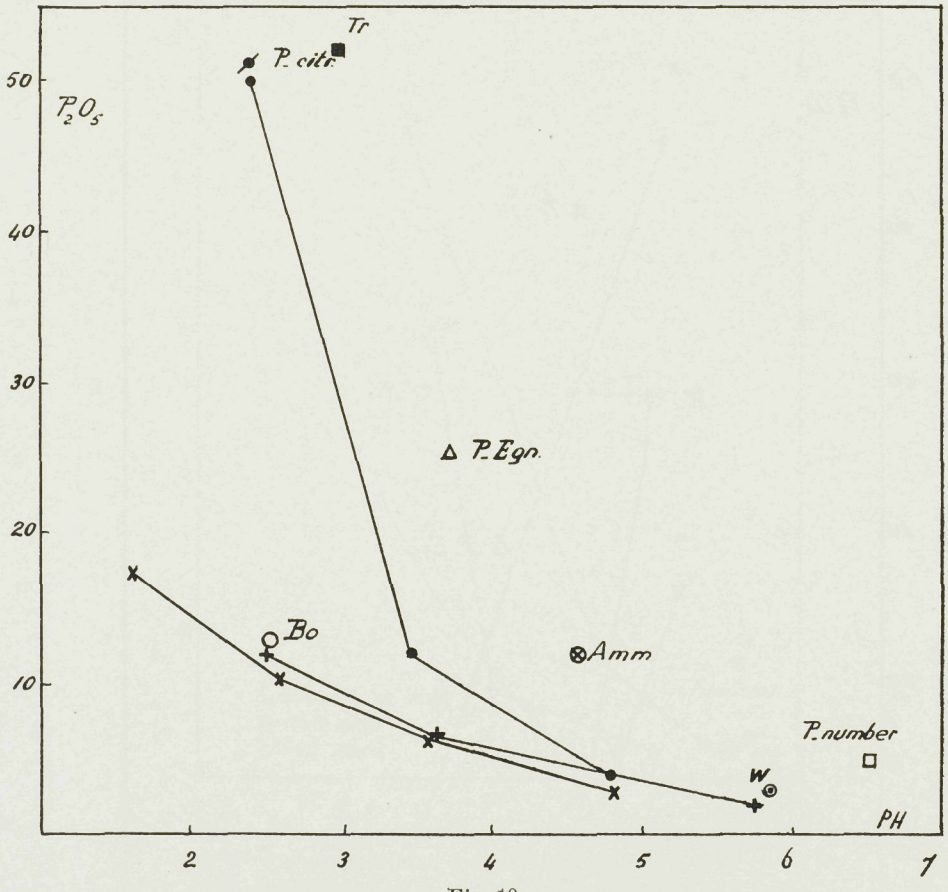

Fig. 10.
Same as Fig. 7—9 for one plot (1800 P_2O_5) of the iron-containing sandy Heino soil.
Selbe Daten wie in Fig. 7—9 für eine Parzelle vom eisenhaltigen Sandboden von Heino.

the same course as those for extraction during two hours by increasing amounts of citric acid, but lies somewhat higher.

When this should be the case, not only in the four examples treated in this paper, but in general, this would mean that these methods teach us about the same thing when only the right correction for pH of the end-mixture could be applied. Only in the case of Pr 87 (Fig. 7) is the Truog-figure found considerably higher than the zone in which the other four lie. This would mean that in such a case the Truog method gives quite another indication about the phosphate status of the soil than the Egnèr-method or our P-citr and P-number method. Which of the two pictures is the most correct in such a case, or rather the most useful

from the standpoint of the agricultural adviser, will have to be decided by means of experimental fields, as will be discussed later on.

Further light can be thrown on this point by the samples used for the Königsberg comparison, in so far as these represented light soils in which we applied our methods of phosphate determination. The results for 22 samples are plotted in Fig. 11; it will be seen that, taken as a whole, P-citr, P-Truog, P-Egnèr and P-number follow for each sample a similar course as in Fig. 8—10. Some deviations occur; it would have to be investigated whether these are relevant and represent characteristic properties of the soils in question. It may be pointed out that the end-pH for the Truog figures is taken at 3 for all samples; it would have to be controlled whether in cases such as Nos 9 and 16 (for which the pH-water is 7.4 and 7.2 respectively) this represents the actual state of the extract.

Other substances, dissolved by citric and lactic acid

In accordance with point b of the Königsberg desiderata (see page 65) we made some determinations of the amount of Ca, Mg, Fe + Al and Si dissolved by citric and by lactic acid, to get a preliminary idea in how far this may offer an explanation of the differences in phosphate solubility. The figures may be found in Table V. A closer study of the question, in how far the "other substances" cause or explain a difference in phosphate figures, will have to be postponed till more experimental material is available; at first sight the following points draw the attention.

The difference between the citric and the lactic acid curves (Figs 7 to 10) is greatest in the iron containing sand (Fig. 10), especially at pH 2—3. This coincides with the greatest difference in $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ dissolved at pH $2^1/_2$ (119 against 28), the amount of CaO + MgO being about the same (226 against 231). At pH $3^1/_2$ the difference in phosphate solubility is much smaller, and it disappears at higher pH: the course of iron-aluminium solubility is the same. The high figure for dissolved CaO in 0.01 n lactic acid (116) as compared with citric ($21^1/_2$) is striking; the same ratio is, however, found in the other soils (Pr 87 and Pr 113 limed, not in Pr 113 unlimed).

The difference in iron + aluminium in the extract of pH about $2^1/_2$ is 75 and 71 for the sandy soil of Pr 113, unlimed and limed; therefore smaller than in the Heino soil. The difference between phosphate in citric and in lactic acid is also much smaller. In the moorcolonial soil of Pr 87 the figures for iron + aluminium are 50 and 24 or a difference

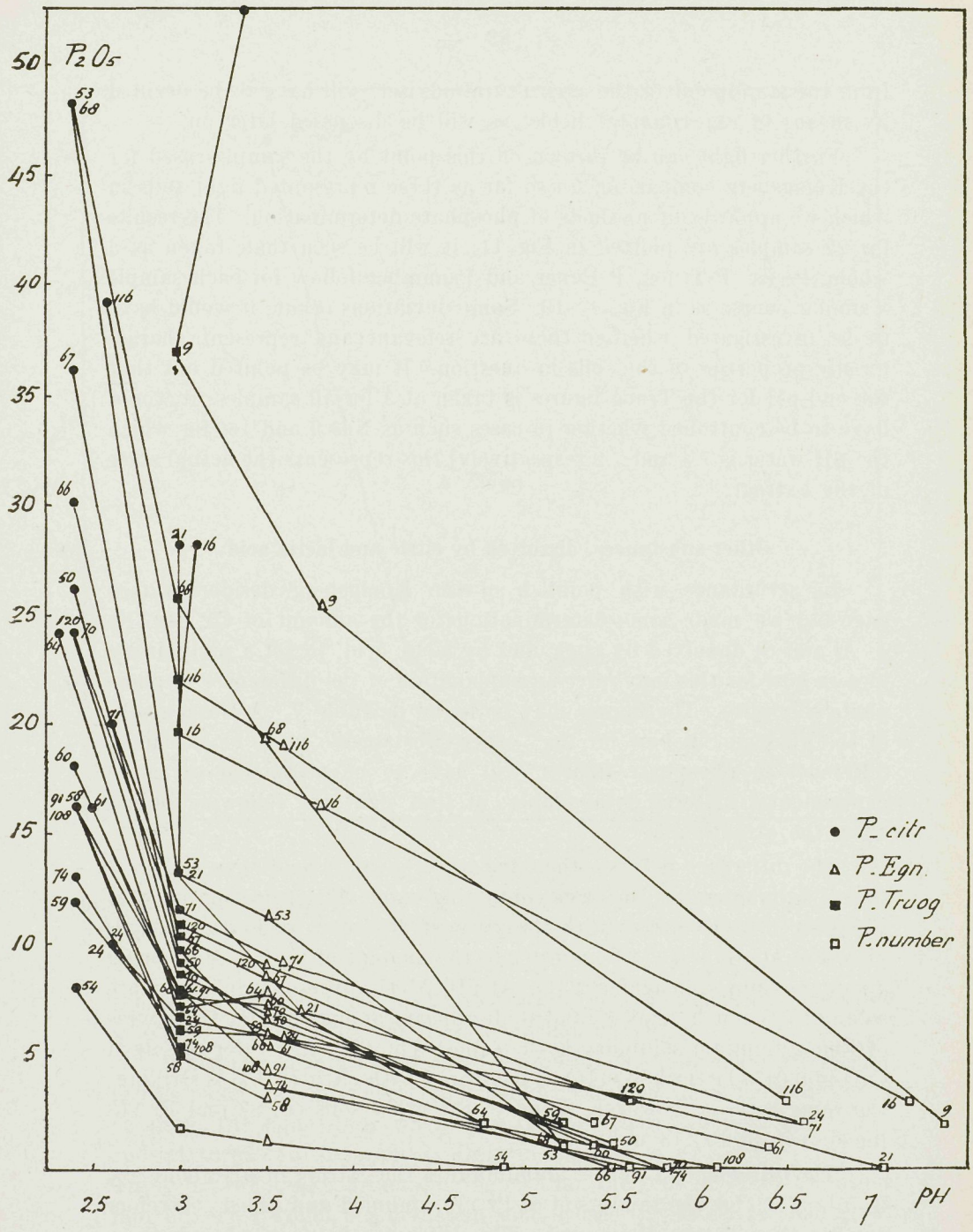

Fig. 11. P-citr, P-Truog, P-Egnèr and P-number for 22 samples of light soil from the Mitscherlich Gemeinschaftsarbeit, plotted against pH of the extract.

P-Zitr, P-Truog, P-Egner und P-Zahl für 22 Proben von leichten Böden aus der Mitscherlich'schen Gemeinschaftsarbeit, gegen pH des Extraktes. Für jede Probe haben die Verhältnisse einen ähnlichen Zusammenhang wie in Fig. 8—10, obgleich hier und da Abweichungen vorkommen.

Table V

Substances (mg per 100 g soil), dissolved by citric and lactic acid of different strength from the four soils

Substanzen (mg per 100 g Boden) im Zitronen- bzw. Milchsäure-Auszug der vier Böden bei verschiedener Säurekonzentration

	Pr 87, 800 P_2O_5				Pr 113, unlimed, 1200 P_2O_5				Pr 113, limed, 1200 P_2O_5				Heino, 1800 P_2O_5			
	SiO_2	Fe_2O_3 + Al_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3 + Al_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3 + Al_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_5 + Al_2O_3	CaO	MgO
1% citric acid	6	50	103	12	24	176	14	11	26	192	31	20	13	119	197	29
0.01% citric acid . . .	13	29	15	3	4	22	10	8	4	26	8	13	6	26	22	14
0.001% citric acid . .	18	9	5	1	3.5	1	0.5	4	4	1	0	5	3.5	5	13	1
0.1 n lactic acid . . .	26	24	109	8	15	101	14	38	17	121	29	15	7.5	28	202	29
0.01 n lactic acid . . .	8	5	80	6	5	4	8	21	6	3	25	10	6	8	116	7
0.001 n lactic acid . .	13	1	23	3	3	1	6	11	4	1	9	9	6.5	4	13	0

of 26, coinciding with practically no difference in phosphate dissolved in the citric and the lactic extracts.

At pH about $3^1/_2$ the differences in the sesquioxydes are 18 and 23 for the sandy soil; at pH $4^1/_2$ the difference is 28 for the moorcolonial soil; the difference in phosphate figures is only a few units.

Suitability of the different methods for judging the fertiliser requirement of the soil

It is one thing to state a difference in the behaviour of different types of soil, when they are treated by different acid extraction media, but quite another and a much more complicated thing to say what is the significance of such a difference in behaviour from an agricultural point of view and what it means in advice work on manuring. For this latter purpose the picture, obtained by chemical investigation, must be brought into correlation with agricultural points of view obtained from practical experience and from field experiments or pot cultures. In the three cases, to which the above investigations relate, we know the phosphate regime from the results of field experiments, in which different phosphates in different quantities were added yearly or with intervals (to study the after-effect). We have described the picture that our usual methods of testing (P-number, P-citr, and occasionally P-total and P-fixation) give of the phosphate supply and requirement of the crop in the publications indicated above. One of the results of our comparison was that citric acid gives much higher figures at the same pH than lactic and hydrochloric acid in the case of the iron containing sand at lower pH, but very much less so for the moorcolonial soil and the heath sand. Whether this fact represents a general characteristic feature, can only be said when an appropriate number of cases has been investigated and compared. And even if citric acid should be found always to dissolve from iron containing sand more phosphate than the other two acids, the all-important question from an agricultural point of view is whether this picture, obtained by citric acid, gives us a better basis for agricultural advice work — that is to say whether it represents the reaction of the plant more closely and more correctly — than the other acids, or not. To solve this point, a sufficient number of cases (preferably field experiments) of known phosphate regime will have to be studied and compared from this point of view.

Summary

In three types of light soil (a moorcolonial soil, a sandy heath reclamation soil, and an iron containing sandy soil) phosphate solubility was investigated with different acids (hydrochloric, lactic and citric) at different strengths, and also according to different methods (Egnèr, Truog, Bondorff and Steenbjerg, ammonium acetate buffer). The results are brought together in Figs 7—10, plotted against pH of the extract, which is found to play a prominent role in the results. The ratio soil: extraction liquid and other circumstances (duration and temperature of extraction, see Table IV) and the characteristics of the acid play a further role.

The figures found by the Egnèr and the Truog methods lie, with our P-citr and P-number, and also the ammonium acetate buffer extract figure, in one zone or curve, which lies somewhat higher than that for the citric acid extracts. When the influence of pH is eliminated, these methods therefore seem to teach us the same things. A similar relationship is found in 22 soil samples of the Königsberg comparative testing (Fig. 11).

The nitric acid extract according to Bondorff and Steenbjerg gives a figure which coincides approximately with hydrochloric and lactic acid extracts of the same end pH; this group of figures is lower than those for the citric acid extracts.

The phosphate solubility curves for hydrochloric acid of different strengths show a logarithmic form; plotting logarithms of dissolved P_2O_5 against pH, straight lines are obtained which run parellel for plots of the same field manured with increasing quantities of phosphate. The slope of these lines are different for the three soil types.

In extracts obtained by citric and lactic acid of different strengths, different substances were determined. There was some parallellism between the difference in dissolved iron + aluminium and the difference in phosphate figure in the two acids. There were some striking differences in the course of CaO solubility, which did not, however, seem to be in relationship with phosphate solubility.

Zusammenfassung

Löslichkeit von Phosphat bei drei leichten Bodentypen in verschiedenen Säuren und bei verschiedenem pH

von

O. de Vries und **C. W. G. Hetterschij**

(Rijkslandbouwproefstation, Groningen, Niederlande)

Die Mitscherlich'sche Gemeinschaftsarbeit verlangte, wie im überaus interessanten Bericht[1]) über die Königsberger Konferenz (1936) auseinandergesetzt wird, ein näheres, systematisches Studium der Phosphatlöslichkeit in verschiedenen Säuren und bei verschiedenen pH-Staffeln, und weiter eine Untersuchung über die Substanzen, welche in diesen verschiedenen Extrakten, neben Phosphat, gelöst werden.

Als Beitrag zu diesem Problem wurde die Phosphatlöslichkeit in Zitronensäure, Milchsäure und Salzsäure untersucht bei drei verschiedenen leichten Böden, deren Phosphathaushalt durch ausführliche Untersuchungen bei Feld- und Topfversuchen bekannt war, und zwar ein moorkolonialer Boden[2]), ein neu urbar gemachter Heidesandboden[3]) und ein eisenhaltiger Sandboden[4]). Einige Daten über diese Böden sind in Tabelle I enthalten; eine Betrachtung über den Zusammenhang zwischen P-Zahl und P-Zitr, bzw. P-Zitr und P-Total wurde an anderer Stelle[5]) gegeben, wobei es sich herausstellte, daß für ein und denselben Boden der Zusammenhang fast gradlinig ist, und daß, nach End-pH der Extraktionsflüssigkeit zusammengestellt, die Punkte für jeden Bodentyp charakteristische Kurven bilden. Diese Kurven haben jedoch nur orientierende Bedeutung, da die verschiedenen Säuren in verschiedener Weise einwirken können (Komplexbildung, In-Lösung-Bringen von anderen Bestandteilen usw.). Es wurden darum zunächst Löslichkeitskurven in Salzsäure von verschiedenen Verdünnungen bestimmt für verschiedene

---

[1]) Erster Bericht über die Arbeiten und über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft zur Prüfung der Laboratoriumsmethoden für die Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedürfnisses der Böden, Königsberg 12.—19. Juli 1936. Zu erhalten von Dr. D. J. Hissink, Groningen, fl. 4.—.

[2]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkolonialem Boden. Die Phosphorsäure 5, 46 (1935).

[3]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Der Phosphorsäure-Haushalt im Heidesandboden (1935). Exemplare erhältnich bei der Rijkslandbouwproefstation, Groningen.

[4]) O. de Vries und C. W. G. Hetterschij: Fosfaathuishouding in een ijzerhoudenden zandgrond (mit deutscher Zusammenfassung). Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 43, 171 (1937); den Haag, Landsdrukkerij.

[5]) O. de Vries , C. W. G. Hetterschij und F. van der Paauw, Zeitschr. Bodenk. u. Pflanzen ern. 6 (51), 144 (1938).

Phosphatstaffeln der genannten drei Bodentypen; die Resultate sind in Fig. 1—4 abgebildet und in Tabelle II zusammengebracht. Es fällt auf, daß die Löslichkeitskurven sehr regelmäßig verlaufen, ohne die Minima und Wellen zu zeigen, welche T. Gaarder und O. Grahl-Nielsen (l. c.) fanden. Logarithmisch gegen pH ausgesetzt, sind die Kurven fast gradlinig, während die Linien für denselben Bodentyp einander praktisch parallel sind (Fig. 5 für Pr 87; Fig. 6 für Mittelzahlen von gekalkten und ungekalkten Parzellen von Pr 113).

Es läßt sich nun das Studium der Phosphatverhältnisse weiter ausbauen, indem man die Resultate vergleicht, welche unter gleichen Umständen mit verschiedenen Säuren erhalten werden, und diese in Zusammenhang bringt mit der Zusammensetzung der verschiedenartigen Extrakte, welche diese Säuren geben. Ein Vergleich zwischen der Geeignetheit von Milchsäure mit derjenigen von Zitronensäure z. B. wird sich mit der Möglichkeit der Bildung von komplexen Eisenverbindungen und deren Einfluß auf die Löslichkeit des Phosphat-Ions zu beschäftigen haben. Es liegt da noch ein großes Untersuchungsgebiet offen, das wertvolle Aufklärungen bringen könnte und das die Aufmerksamkeit einer größeren Zahl von Forschern verdient.

Das Verhalten gegen verschiedene Säuren verschiedener Stärke wurde nun für je eine Parzelle (Phosphatstaffel mit ausreichender Phosphatgabe) pro Bodentyp bestimmt und in Fig. 7—10 abgebildet; in diesen Figuren wurden außerdem die Zahlen für einige von den gebräuchlichen Extraktionsmethoden angegeben. Tabelle III gibt die erhaltenen Zahlen, Tabelle IV zeigt die Unterschiede bei der Ausführung der verschiedenen Methoden.

Salzsäure und Milchsäure, in derselben Weise angewandt, geben bei dem eisenhaltigen Sandboden (Fig. 10) und dem moorkolonialen Boden (Fig. 7) praktisch zusammenfallende Löslichkeitskurven; beim Heidesandboden fallen die Zahlen für verdünnte Extrakte zusammen, aber Milchsäure löst bei größerer Stärke mehr als Salzsäure.

Zitronensäure löst bei jedem pH mehr als die beiden anderen Säuren. Unsere P-citr-Zahl liegt immer etwas höher als die Zitronensäure-Kurve, wohl weil die Extraktionsdauer (27 Stunden gegen 2) länger und die Temperatur höher ist (vgl. Tabelle IV).

Das Kalziumlaktat-Salzsäure-Gemisch von Egnèr gibt merklich höhere Zahlen als Milchsäure, sogar meistens etwas und manchmal deutlich mehr als Zitronensäure.

Unsere P-Zahl (Wasser, 24 Stunden; P-number in Fig. 7—10) gibt etwas höhere Phosphatzahlen als eine zweistündige Extraktion mit Wasser (W in Fig. 7—10), wie zu erwarten war.

Die Phosphatlöslichkeit in einem Schwefelsäure-Ammonsulfat-Gemisch (200 Vol.) nach Truog ist derjenigen in 1 % Zitronensäure ungefähr gleich; dagegen löst Salpetersäure (25 Vol.) bei pH 2.5 nach Bondorff und Steenbjerg in den vier Fällen ungefähr ebensoviel als Milchsäure bei demselben pH. Es ist klar, daß, neben pH der End-Mischung, das Verhältnis Boden : Extraktionsflüssigkeit eine bedeutende Rolle spielt.

Eine Ammoniumazetat-Essigsäure Puffermischung, welche wir bei unseren Untersuchungen manchmal benutzen, gibt bei pH 4.6 und bei denselben Extraktionsverhältnissen wie oben (1 : 10, zwei Stunden, Zimmertemperatur), Zahlen für die Phosphatlöslichkeit, welche mit der P-Zahl, P-Egnèr, P-Truog und P-citr ziemlich in eine Kurve oder Zone fallen, welche der Zitronensäure-Kurve parallel verläuft und etwas höher liegt. Die Unterschiede zwischen diesen Extraktionsmitteln scheinen daher in der Hauptsache durch das pH des Extraktes bestimmt zu werden, wobei etwaige Eigentümlichkeiten der Lösungsmittel durch die Wahl der Extraktionsbedingungen (Extraktionsverhältnis, Dauer, Temperatur) teilweise ausgeglichen sind.

Ähnliche Zahlen (P-citr, P-Truog, P-Egn und P-Wasser) für 22 leichte Böden aus der gemeinschaftlichen Untersuchung (Konferenzbericht 1936, Tabelle III Seite 118) zeigt Abb. 11; mit einigen Ausnahmen ist der Verlauf der Kurven ziemlich kongruent und denjenigen in Fig. 7 bis 10 ähnlich, so daß dieses Verhältnis der gegenseitigen Lage ziemlich allgemein vorzukommen scheint.

Nur beim moorkolonialen Boden von Pr 87 (Abb. 7) liegt die Truog-Zahl bedeutend höher als die anderen. Inwieweit dies für den betreffenden Bodentyp charakteristisch ist, wäre durch die Untersuchung von mehr Proben auszumachen. Welches Extraktionsmittel aber die Verhältnisse, wie die Pflanze sie empfindet, für alle Bodentypen am eindeutigsten und am schärfsten wiedergibt, wäre nur festzustellen an einem umfangreichen Material von Feldversuchen, in denen der Phosphathaushalt auf verschiedenen Bodenarten, bei verschiedenen Phosphatzuständen und für die wichtigsten Gewächse, ausführlich verfolgt wird.

Tabelle V gibt Zahlen für die chemische Zusammensetzung des Zitronensäure- und des Milchsäure-Extraktes verschiedener Konzentration. Unterschiede in Phosphatzahlen zwischen beiden Säuren gehen ziemlich parallel mit Unterschieden in gelöstem Eisen + Aluminium. Es zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede im Verlauf der CaO-Löslichkeit, welche sich aber nicht in den Phosphatzahlen wiederfinden lassen.

Beiträge zur Bodenkunde des Mittelmeergebietes

(Contribution to the Soil Science of the Mediterranean Region
Contribution à la Science du Sol des Pays Méditerranéens)

von

W. Hollstein

In dieser Arbeit sollen eine Reihe von Beobachtungen, Analysen und Gedanken zu den Böden des Mittelmeergebietes zusammengestellt werden, die vor einigen Jahren im Anschluß an eine Reise vom kroatischen Karst bis zum Peloponnes gewonnen worden sind. Die Bearbeitung der Böden des Mittelmeergebietes ist seit etwa einem Jahrzehnt kräftig in Gang gekommen, doch gibt es immer noch eine Reihe voneinander abweichender Ansichten, denen gegenüber der Verf. glaubt, zur Klärung beitragen zu können.

Kalkstein-Roterde = Terra rossa = Mediterran-Roterde in Griechenland

Im Vordergrund steht wohl trotz ihrer Sonderstellung immer noch die Kalkstein-Roterde oder Terra rossa. Kennzeichnend dafür ist, daß Reifenberg (39) unter der Überschrift „Soil formation in the Mediterranean" sich überwiegend mit dem Bildungsvorgang der Kalkstein-Roterde beschäftigt hat. Es ist nun wohl richtig, daß die Gedankengänge von Reifenberg bei einer Reihe von Forschern stark beachtet worden sind, allein von einer Übereinstimmung und Klärung der Ansichten kann doch in manchen Punkten noch keineswegs gesprochen werden. Auf solche Punkte hat Reifenberg an der genannten Stelle selbst hinweisen müssen.

Die Klärung der Ansichten wird einmal dadurch sehr erschwert, daß die meisten Bearbeiter der Terra rossa-Frage diesen weit verbreiteten Boden nur in einem Teilgebiet seines Vorkommens genauer kennen, dann aber auch dadurch, daß bei der bekannten Bodenzerstörung im Mittelmeergebiet noch keine genügend begründete Übereinstimmung darüber besteht, wie denn nun eigentlich das „Normalprofil" der Kalkstein-Roterde in den verschiedenen Ländern beschaffen sei bzw. welche der früheren Arbeiten sich mit dem kennzeichnenden Profil befaßt haben. Die Forderung von Harrassowitz (22), daß es nötig sei, nach Profilen in der Roterde zu suchen, besteht meines Erachtens immer noch zu recht. Der Erfolg dieser Anregung ist bisher

2646

Tabelle 1. Kalkstein-Roterde (

	cm	Beschreibung	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO
1	0—2	Trockene Waldstreu mit Pilzfäden	—	—	—	—	—
2	2—12	Locker, krümelig, humusgrau mit rötlichem Ton, mit HCl stark aufbrausend, Aufbrausen hört mit der Humusfarbe nach unten plötzlich auf, keine sichtbaren Kalkkonkretionen	0,25	3,88	6,20	0,19	6,28
3	12—40	Rotbraun, toniger, schwach kalkhaltig, leicht in eckige Krümel zu zerdrücken, auffällige kolloidale Anflüge auf den Krümeln sind nicht zu erkennen, Aufbrausen mit HCl sehr schwach. Probe von 25—40	0,26	7,18	7,02	0,09	2,05
4	40—150	Roterde derselben Beschaffenheit in einer Spalte darunter. Probe bei 150	0,30	6,42	6,18	0,05	1,53

recht gering gewesen, und auch der Verf. muß bestätigen, daß es ungemein schwierig ist, solche Profile zu finden. Auch Liatsikas (30) hat infolge dieser Schwierigkeit sich zum Problem der Kalksteinroterde nicht zusammenfassend geäußert, und del Villar (17) ist sogar zu der Ansicht geführt worden, dieser Boden sei nur eine durch gewaltsame menschliche Eingriffe entstandene Abart der sonst unter dem Namen Rendzina zusammengefaßten Kalksteinböden.

Die verschiedenen Erklärungsversuche für die Terra rossa werden weiter unten behandelt. Hier folgt jetzt zunächst die Beschreibung eines Profiles, das nach längerem Vergleichen als das vermutlich vollständigste erkannt wurde. Die Einzelangaben sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Es handelt sich um ein Profil in Mittelgriechenland, nach Philippson (31) im Gebiet mit eigentlicher Mittelmeervegetation und fast regenlosem Sommer, an der Straße von Athen nach Theben gelegen. Die Straße durchzieht ein von Dolinen durchsetztes Bergland aus Kreidekalkstein, auf dem die Kalkstein-Roterde überall entwickelt ist. Zwischen den Dörfern Mandra und Masi liegt ein größerer lichter Wald aus Pinus halepensis, dem Charakterbaum der küstennahen Mittelmeerwälder, mit Unterholz von Dornsträuchern und lückiger Grasdecke und einzelnen Kräutern, darunter Cyclamen europaeum. Das Bild entsprach etwa der Abb. 54 bei del Villar (17, S. 188).

stein-	Roterde (HCl-Auszüge)									
P_2O_5	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	H_2O b. 105°	H_2O geb.	CO_2	Org. Subst.	pH
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,19	6,28	3,58	0,35	0,18	0,08	5,79	9,90	7,53	11,79	8,4
0,09	2,05	1,67	0,36	0,47	0,26	5,78	7,69	1,24	1,52	8,4
0,05	1,53	1,50	0,24	0,13	0,18	5,74	7,00	1,03	1,11	8,4

Es ist dort stellenweise wenig geneigtes Gelände mit einer Bodendecke von etwa 30 cm Mächtigkeit, z. T. aber auch erheblich tiefer vorhanden, zwar von einzelnen Kalksteinblöcken durchsetzt, aber doch nicht so, daß der Eindruck einer Bodendecke verloren ging. Bei 30 cm liegt der Boden entweder dem Kalkstein unmittelbar auf, besonders wo dieser horizontal geschichtet liegt, oder er greift in der bekannten Weise tief hinab.

Die Analysen sind Salzsäureauszüge, und zwar nach dem von Blanck (10) angegebenen Verfahren ausgeführt (vierfache Menge einer 10prozentigen Säure auf dem Wasserbade unter Rückflußkühlung vier Stunden einwirkend). Da die Möglichkeit zu analytischer Arbeit beschränkt war, wurde auf die Untersuchung des Kalksteins, der ein gewöhnliches helles, rückstandarmes Gestein war, verzichtet, da die geringen feststellbaren Unterschiede in der Zusammensetzung dieser Kalksteine für die noch offenen Fragen der Terra rossa-Bildung ohne Belang sind. Dagegen ist absichtlich auf die Untersuchung mehrerer Bodenhorizonte über dem Gestein Wert gelegt worden, ein Verfahren, das bisher bei der Untersuchung dieses Bodens mehr als gut außer Acht gelassen worden ist.

Aus bestimmten Gründen wurde versucht, die Farbe der Horizonte nach der Ostwaldschen Farbenskala festzulegen. Obgleich das Ver-

fahren in der Bodenkunde keineswegs besonders befriedigt, sei doch angegeben, daß Horizont 3 am nächsten 5 ng steht, während Horizont 2 nicht leicht unterzubringen ist. Vergleiche zwischen 5 pi, 5 lg, 5 pl und 4 ng zeigen immer wieder, daß trotz der Abstumpfung durch hohen Humusgehalt ein roter Ton durchschlägt, wenn auch die erste Betrachtung den obersten Horizont als braun gegenüber den unteren roten empfindet.

Die Analysen seien etwas genauer betrachtet und mit einigen anderen verglichen, die gleichfalls mehrere Horizonte innerhalb des Bodens untersucht haben. $CaCO_3$ ist in der Krume mit scharfer Begrenzung angereichert, wie schon die Salzsäureprobe ergab, ebenso $MgCO_3$. Das entspricht dem von Liatsikas (30, S. 431) angegebenen Profil, während in dem von Reifenberg angegebenen Profil von Nablus (36, S. 73) zwar auch eine Anreicherung von CaO und MgO im obersten Horizont vorhanden, jedoch kein Anhalt für höheren Karbonatgehalt gegeben ist. Für die Alkalien ist ein klares Bild nicht vorhanden, höchstens daß bei beiden eine gleichsinnige Veränderung erkennbar ist. Der Gehalt an organischer Substanz im obersten Horizont ist sehr hoch. Er ist das Mittel von drei Bestimmungen, die alle in der gleichen Höhe lagen. Es ist darauf zu verweisen, daß bereits im Horizont 3 der Gehalt an organischer Substanz zu einem Anteil absinkt, der oft in Roterden gefunden worden ist. Der hohe Gehalt im obersten Mineralbodenhorizont ist ein Anhalt dafür, daß die Profilstelle, in einem lichten Wald gelegen, als so unversehrt gelten darf, wie nur wenige bisher untersucht worden sind. Es ist aber darauf hinzuweisen, daß doch immerhin einige Male schon erhebliche Gehalte an organischer Substanz gefunden worden sind, so z. B. von del Villar (17, S. 165), bei dem der Unterschied zwischen einer Stelle mit erhaltener und mit zerstörter Pflanzendecke das Vierfache beträgt (6,12 bzw. 1,49 %). Auch von Blanck (10, S. 58) sind bis zu 8% organische Substanz angegeben worden. Der Anteil Humus + H_2O bei Liatsikas ist wenigstens z. T. so hoch, daß wohl auch dort eine erhebliche Menge an organischer Substanz beteiligt sein muß. Mag nun auch die in unserem Falle gefundene Menge als außergewöhnlich hoch erscheinen, so ist doch zu betonen, daß die morphologischen Eigenschaften des Profiles auf größerem Raum überall vorhanden waren. Die Angabe über SiO_2 enthält nicht die laugelösliche, sie entspricht in der Menge der von Reifenberg festgestellten. Die Sesquioxyde zeigen eine mäßige Anreicherung in 3, und zwar Al_2O_3 eine stärkere als Fe_2O_3, was auch dem von Reifenberg festgestellten Verhältnis entspricht.

An morphologischen Einzelheiten ist noch zu erwähnen, daß unter der Streu etwas einer Mullerde oder einem Auflagehumus Ähnliches nicht vorhanden ist. Der Mineralboden war zu der Betrachtungszeit (Anfang Oktober, vor den Herbsttagen) gleich unter der Streu von erheblicher Festigkeit und in der Aufsicht von heller, gelbbrauner Farbe; diese Schicht ist aber so dünn, daß sie im Profil nicht hervortritt. Der humose, kalkreiche Horizont ist verhältnismäßig gleichmäßig ausgebildet und gut nach unten abgesetzt. Augenscheinlich verdankt er seine Entstehung hauptsächlich dem Wurzelwerk der Bodenvegetation, die im Frühjahr wohl ziemlich reichlich ist. Bei Berücksichtigung aller sonstigen, im folgenden noch anzuführenden Beobachtungen ebenso wie aller sonst vorliegenden Feststellungen, auch auf anderen Böden, scheint es mir klar, daß ein oberer, humusführender Horizont den Böden des Mittelmeergebietes ebenso zukommt, wie denen humiderer Gebiete, wenn sie vollständig erhalten sind und soweit die Feuchtigkeit unter natürlichen Verhältnissen ausreicht, eine Pflanzendecke zu schaffen. Welche Ausbildung des oberen humusführenden Horizontes bei den verschiedenen Trockenheitsstufen des Mittelmeerklimas jeweils als „normal" zu betrachten sei, kann nicht entschieden werden. Die immer wieder betonte Bodenzerstörung im Mittelmeergebiet zwingt aber dazu, der Auswahl vollständiger Profile größere Aufmerksamkeit zuzuwenden, als bisher im allgemeinen geschehen ist.

Die Analyse hat eine gewisse Anreicherung leichtlöslicher Fe_2O_3 und Al_2O_3 im Horizont 3 gegenüber dem Horizont 2 und 4 ergeben. Nun ist bei der Terra rossa insbesondere der Herkunft und dem Erhalten der Eisenverbindungen seit langem besondere Beachtung geschenkt worden. Aber abgesehen von der bei einem Karbonatgestein nicht überraschenden Tatsache, daß der Gesamtgehalt an Eisen im Boden gegenüber dem im Gestein sehr erhöht ist, sind wohl noch nicht alle Fragen geklärt. Diese Klärung wird auch nur zu schaffen sein, wenn die Verteilung des Eisens im Lockerboden in möglichst eingehender Weise verfolgt wird. Es soll wegen der Wichtigkeit dieser Frage hier schon kurz Stellung genommen werden zu den Ansichten über die Bedeutung illuvialer Vorgänge für die Terra rossa-Bildung, wenn auch die hier vorgetragene Ansicht auf der Verwertung aller Beobachtungen, die z. T. erst folgen, gewonnen worden ist. Die Ansicht, daß die Terra rossa ein Illuvialhorizont sei, ist an der nördlichen Grenze ihrer Verbreitung gewonnen worden und zuerst von Stremme (42) vertreten worden. Weiter ist dann diese Auffassung von Blanck und Harrassowitz ausgebaut worden, während Reifenberg (39) nachdrücklich widersprochen hat und andere Forscher, die sich mit der Entstehung

der Terra rossa befaßt haben, kein Urteil über diese Auffassung abgeben. Blanck (9) hat allerdings seine Ansicht nur in eingeschränkter Form aufrecht erhalten und darauf hingewiesen, daß nur Untersuchungen aus dem Kerngebiet der Terra rossa weitere Klärung bringen könnten. Dem Verf. scheint auf Grund der ihm bekannten Literatur und der eigenen Untersuchung, besonders des Vergleichs zwischen dem kroatischen Karst und Griechenland, die Auffassung nicht angängig, „die Terra rossa ist ein Illuvialhorizont". Diese Fassung schließt die Ansicht ein, es sei einmal ein anders aussehender und anders beschaffener Boden vorhanden gewesen, in dem sich durch die Umlagerungsvorgänge ein Horizont mit den Eigenschaften der heutigen Terra rossa gebildet habe. Zu der Terra rossa gehörten also eigentlich noch anders aussehende höhere Horizonte. Die Annahme ist gezwungen, es seien überall im Mittelmeergebiet, in anderen Räumen mit Mittelmeerklima und auch in den sonstigen Gebieten mit Terra rossa die oberen Horizonte so vollständig verschwunden, daß sie bisher nirgends mehr aufgefunden werden könnten. Andere Böden des Mittelmeergebietes haben sich oft genug vollständige Profile bewahrt, obgleich die oft lockere, wenig bindige Bodenart ihrer oberen Horizonte auf einem zäheren, tieferen Horizont die Abwaschung begünstigt hätte. Besonders wichtig ist, daß der heute noch beobachtbare humusgefärbte Horizont der Terra rossa den roten Farbton immer noch durchscheinen läßt. Das ist in unserem Profil der Fall und ist auch von Reifenberg für das Profil von Nablus berichtet worden, das Harrassowitz als Stütze für seine Ansicht herangezogen hat. Gegenüber allen bis heute vorliegenden Feststellungen aus Kerngebieten von Terra rossa-Vorkommen scheint dem Verf. die Ansicht den Tatsachen am besten zu entsprechen, daß Terra rossa-Bildung und Umlagerungsvorgänge als getrennte Probleme zu betrachten sind. Umlagerungsvorgänge sind nachgewiesen, aber sie bilden nicht die Roterde, sondern sie verlaufen in ihr. Diese Anschauung entspricht am meisten der von Graf zu Leiningen (28). Es wird darauf bei der Besprechung der Profile aus dem Karstgebiet noch zurückzukommen sein. Hier sei nur noch angefügt, daß der Verf., wenn er auch den Widerspruch von Reifenberg gegen die Illuvialhorizonttheorie für berechtigt hält, doch dessen Ansicht über die Bildung eines Anreicherungshorizontes von unten her (33) nicht als erwiesen ansehen kann.

Vor der näheren Begründung der eigenen Ansicht seien zunächst einige Beobachtungen aus dem kroatischen Karst mitgeteilt.

Beobachtungen im kroatischen Karst

Soviel die Terra rossa aus dem Karst, dem Gebiet ihrer ersten näheren Untersuchung, auch behandelt worden ist, so findet man doch kaum eine deutliche Profilbeschreibung. Es sei daher als Gegenstück zu den Profilen aus Griechenland zunächst ein Profil genau aufgeführt.

In der Nähe des Bahnhofes Generalski Stol südwestlich von Karlovac, etwa 30 km von der Küste der Adria entfernt, Karstlandschaft, hügelig, wenig geneigter Hang. Die Hügel sind beweidet, üppiger Gras- und Krautwuchs. Altes Waldland, wie an einzelnen Eichen und der Bodenflora noch zu erkennen ist. Pteridium aquilinum, Rubus, Juniperus communis, Crataegus, Calluna vulgaris sind herrschende Gewächse, einzelne Kalksteinblöcke verstreut.

0—22 Graubraun, humos, schwer lehmig, krümelig, reiche Durchwurzelung durch Gräser.

22—50 Rostig-gelbbraun, schwerer als oben, mit polyedrischer Struktur, Humuseinwaschung gut als Anflüge zu erkennen, dadurch der ganze Horizont fleckig und in der Farbe stellenweise abgestumpft.

50—75 Dieselbe Struktur, im ganzen deutlich rotbraun, „terra rossa-farbig", sich schon auf den ersten Blick von dem höheren Horizont abhebend. Auf den Flächen der Polyeder stärkere rötliche, bräunliche und schwärzliche Anflüge und Flecken. Sticht man den Boden scharf ab, so entstehen rote und schwarze verschmierte Striche, von kleinen Konkretionen herrührend, wie sie in Unterböden Mitteleuropas etwas Gewöhnliches sind.

Diese Profilbeschaffenheit ist typisch für die Terra rossa in der Adria nicht ganz benachbarter Lage, soweit also der mitteleuropäische Einfluß von Pflanzenwelt und Klima noch deutlich vorwiegt. Die Mächtigkeit der Horizonte ist wohl von Neigung und Hangrichtung abhängig, doch ist es unnötig, solchen Unterschieden durch besondere Beschreibungen Rechnung zu tragen.

Das beschriebene Profil ist nach Ansicht des Verfs. die Unterlage für jene Auffassung, die sagt, im Karste läge „Braunerde" über „Roterde". Dieser Farbeneindruck ist tatsächlich vorhanden, und zwar ist nicht etwa nur ein bräunlicher, humoser Horizont über einem rötlichen, humusarmen Horizont vorhanden, sondern es läßt sich zwanglos ein bräunlicher Humushorizont von einem bräunlichen Mineralbodenhorizont und dieser vom „roten" Mineralbodenhorizont abtrennen.

Die Ausdrucksweise „Braunerde über Roterde" ist aber zweifellos unglücklich gewählt und sollte zur Veranschaulichung der Auffassung, daß dort offenbar „Roterde" sich in „Braunerde" verwandelt, besser nicht verwendet werden. Wenn „Braunerde" und „Roterde" als Bezeichnungen selbständiger Bodentypen gelten sollen, kann bei den Bodenbildern im Karstgebiet wohl nur gesagt werden, daß eine braune Erde über einer roten Erde liege. Diese Unterscheidung ist ebenso berechtigt, wie es die früher von Blanck mit Recht verfochtene Unterscheidung von „Roterde" und „roten Erde" war.

Es ist auf die Eigenart dieses Profiles mit Rücksicht auf die abweichende Beschaffenheit der Terra rossa in Griechenland, im eigentlichen Mittelmeergebiet, besonders eingegangen worden. Der braune Mineralbodenhorizont, der durch seine Farbe und seine Umlagerungserscheinungen am deutlichsten den mitteleuropäischen Einschlag andeutet, findet sich nämlich im Süden nicht mehr. Ramann hat seinerzeit vermutet, daß die „Roterde mit braunrotem oder dunkelrotem Unterboden" auf der Balkanhalbinsel weiter nach Süden vordränge. Das Bodenbild „brauner Oberboden über rotem Unterboden" wird in Übereinstimmung mit dieser Ansicht allmählich ausklingen. Bräunung ist dann nur noch in geringem Maße festzustellen, soweit der Humus reicht, wie das auch Reifenberg für Palästina noch angibt.

Profile, wie das beschriebene, können dann wohl der Ausgangspunkt für Bleichungen sein, die schon früher erwähnt und auf die besonders von Stremme wieder hingewiesen worden ist. Später ist von Comel (13) die Auffassung ausgesprochen worden, daß die Terra rossa des Karstes allgemein in den Podsol übergehen würde, wenn die Bodenbildung unter natürlichen Umständen lange genug vor sich gehen könnte. Das besprochene Bodenbild kann auch leicht zu der Vorstellung führen, daß die Terra rossa als Illuvialhorizont gebildet worden ist. Aber es begegnet scheinbar nur in den nördlichen und östlichen Randgebieten der Terra rossa-Verbreitung. Als Normalfall kann es nicht betrachtet werden.

Der Verf. hatte keine Möglichkeit, solche Böden analytisch zu untersuchen. Es ist ihm auch keine vergleichende ausführliche Untersuchung mehrerer Bodenhorizonte bekannt geworden, während es Vergleiche zwischen Gestein und irgendeinem Lockerbodenhorizont genügend gibt.

Böden auf Silikatgesteinen

Neben der Kalksteinroterde haben in letzter Zeit auch die Böden auf Silikatgesteinen und kalkarmen Sedimentgesteinen stärkere Be-

rücksichtigung erfahren, wenn über sie auch längst noch nicht so viele Untersuchungen vorliegen, wie über die Kalkgesteinsböden. Als Beitrag zur Kenntnis der kalkfreien Silikatgesteine sollen hier zwei Profile mit teilweisen Analysen veröffentlicht werden, die auch ein gewisses Licht auf die Kalksteinböden werfen. Eine zusammenfassende Auswertung ist schon früher an anderer Stelle (23) gegeben worden. Die beiden Profile stammen aus Nordgriechenland und gehören nach Philippson in das Gebiet der regenarmen Sommer, nach dem Charakter der Pflanzenwelt schon in die eigentliche Mittelmeerzone. Der Niederschlag der drei Sommermonate beträgt zusammen 50—100 mm.

Die erste Beobachtungsstelle liegt in der Nähe der Stadt Xanthi. Dort erhebt sich inmitten von Schwemmland, nur wenige Kilometer von der Küste des Ägäischen Meeres entfernt, ein niedriges Hügelland aus Neogen. Das Gestein ist ein grober, karbonatfreier, arkoseartiger Sandstein und enthält viele Bruchstücke kristalliner Schiefer. Das Hügelland ist unkultiviert und weist eine dünne Moos- und Grasdecke mit Gebüsch von Dornsträuchern, Weißdorn, Rosen, Brombeeren auf. Es war noch durchzogen von gut erhaltenen Schützengräben aus dem Balkankriege, in denen das Profil der Tabelle 2 zu beobachten war. Das Profil war auf rund 100 m Länge zu beobachten und machte nach seiner völligen Gleichmäßigkeit den Eindruck voller Ursprünglichkeit. Bei der geringen Neigung ist es trotz Fehlens der ursprünglichen Walddecke gut erhalten.

Zu der in der Tabelle gegebenen Beschreibung ist zu betonen, daß das Profil wegen der lebhaft roten Färbung des Horizontes 3 aus der Ferne für Roterde gehalten wurde. Genauere Untersuchung erwies dann, daß es in seiner Morphologie durchaus einem Podsolprofil glich. Alle kennzeichnenden Horizonte waren wohl erhalten.

Die Analyse zeigt die relative Anreicherung an SiO_2 in der Bauschanalyse, im Horizont 2 dagegen eine absolute Anreicherung an säurelöslicher SiO_2 im Horizont 3. Die laugelösliche ist nicht bestimmt. Al_2O_3 und Fe_2O_3 sind deutlich im B-Horizont angereichert, ebenso CaO. Die Alkalien als leichtest lösliche Bestandteile zeigen, wenigstens im HCl-Auszug, eine geringe Anreicherung im A-Horizont und entsprechen in dieser Hinsicht anderen Untersuchungen. Die Zahlen für Glühverlust, geb. H_2O und organische Substanz entsprechen dem, was schon die Beobachtung zeigt. CO_2 ist in keinem der Horizonte vorhanden, auch im Gestein nicht.

Gleichartige Profilbildung wurde auch im Gebiete kristalliner Schiefer festgestellt, und zwar 20 km südlich des Doiransees dicht an der Eisenbahnlinie Saloniki—Seres, bei dem Dorfe Kilkis. Kilkis

Tabelle 2. Xanthi (obere Reihe in jedem

	cm		Beschreibung	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO
1	0—25	A_1	Lehmig-grusiger Sand, mässig, humusbraun, kalkfrei, Wurzelschicht	—	—	—	—	—
2	25—40	A_2	Dieselbe mechanische Beschaffenheit, heller, weißlichgrau mit ganz schwachem, rötlichem Schimmer. Gegen oben und unter deutlich abgesetzt	83,78	8,97	1,85	Sp.	0,38
				0,08	0,97	0,70	Sp.	0,06
3	40—80	B	Fester, lebhaft hellrotbraun, die gröberen Bestandteile durch tonige Substanz verkittet. Färbung in Flecken und Anflügen auftretend, nimmt von oben nach unten erst zu, dann wieder ab. Kalkfrei	71,41	14,70	3,10	0,26	0,94
				0,23	5,96	5,96	u. b.	0,09
4	ab 80	Zersatz	Grober, arkoseartiger Sandstein mit erhaltenem Gefüge, aber Zersetzungsspuren in Form rostroter und rotgelber Anflüge und Flecken. „Rot" ist die Farbe besonders in der Außenzone der Bruchstücke	—	—	—	—	—

liegt in den Vorbergen des aus kristallinen Schiefern gebildeten Massivs, das sich zwischen Saloniki und der unteren Krume hinzieht. Nach W gehen die Vorberge in die weite Mulde über, die zur Ebene von Saloniki führt und in die das Wardartal eingeschnitten ist. Sie ist in der Umgebung von Kilkis von alten Anschwemmungen aus rotbraunem Lehm erfüllt, dessen Mächtigkeit an einzelnen Aufschlußpunkten zu mehr als 10 m festgestellt werden konnte und dessen Natur durch Anzeichen von Schichtung und Führung kristalliner Gerölle offenkundig ist.

Das Profil (Tabelle 3) liegt am Hang, zeigt aber trotzdem außer dem Gestein drei gut unterscheidbare Horizonte. Die Pflanzendecke ist in weitem Umkreis eine dünne Grasnarbe mit stacheligen Kräutern, doch handelt es sich nach Aussage des Botanikers der Universität Saloniki, Prof. Oikonomopulos, um alte Waldgegend. Das Gestein ist un-

Horizont Bauschanalyse, untere HCl-Auszug)

MgO	K_2O	Ka_2O	SO_3	Glüh-verlust	Summe	H_2O b. 105°	H_2O geb.	CO_2	Org. Subst.	pH
—	—	—	—	3,97	—	0,81	1,36	—	1,80	5,8
0,26	2,32	0,49	0,04	2,84	100,93	0,43	2,26	—	0,15	6,2
0,04	0,12	0,31	u. b.	—	—	—	—	—	—	—
0,26	2,02	1,51	u. b.	6,28	100,48	1,13	5,10	—	0,06	6,2
0,12	0,14	0,21	u. b.	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

einheitlich, die meisten Bruchstücke sind ein hellgrünlicher Quarzitschiefer, dessen mikroskopisches Bild ausgesprochene Kataklasstruktur und Ausheilungserscheinungen zeigt und dessen Haarrisse mit lebhaft rotbraunem Beschlag erfüllt sind, auch im Bleichhorizont. Im C-Horizont sind auch Bruchstücke eines Serizitschiefers vorhanden.

Es konnten zwei Bauschanalysen des A- und B-Horizontes ausgeführt werden. Sie zeigen im allgemeinen die gleichen Erscheinungen wie das erste Profil; die Anreicherung in B ist für Fe_2O_3 besonders deutlich. K_2O ist im Gegensatz zu Na_2O wieder oben angereichert. Der starke Unterschied im Glühverlust weist auf die Natur des rotbraunen Horizontes hin.

Diese beiden Profile zeigen durch das Vorhandensein eines Ausbleichungshorizontes die Verwandtschaft zu den podsoligen Böden des feuchten gemäßigten Klimas am deutlichsten. Es seien nun noch die

Tabelle 3

	cm		Beschreibung	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO
1	0—20	A_1	Feinsandig-lehmig, humusgraubraun, durchwurzelt, mit Gesteinsbruchstücken	—	—	—	—	—
2	20—35	A_2	Stellenweise etwas mächtiger, dieselbe mechanische Beschaffenheit, hellgrau mit rötlichem Ton und Humusflecken. Streifen ziehen sich in den tieferen Horizont	75,35	12,09	2,60	0,07	0,39
3	35—115	B	Leuchtend hellrotbraune, feste, tonige Bröckel aufweisend mit Anflügen, Farbe sich nach unten verstärkend	61,32	13,58	9,64	0,16	0,82
4	ab 115		Darunter Gesteinsersatz, Quarzitschiefer und Serizitschiefer, grau bis grünlich	—	—	—	—	—

Beschreibungen von einigen anderen Böden des gleichen Types aus Griechenland gebracht.

Westlich Xanthi, bei Toxote, wo die Eisenbahn in das Tal des Nastus eintritt, Lehmgrube in einem Hügel, Grasnarbe mit Sträuchern, Gestein Tonschiefer.

0—25 cm sandig-lehmig, Farbe mittleres Graubraun.

25—60 cm bindiger, stärker bröckelig, Farbe im ganzen rotbraun mit grauen und hellbraunen Anflügen; kleine, schwarze Flecke, allmählicher Übergang nach oben und unten.

60—80 cm gleiche mechanische Beschaffenheit, Farbe in mittleres Braun übergehend, mit weniger rötlichen Anflügen.

ab 80 cm hellgelblichgrauer Grus, Schieferzersatz.

Auf den schon erwähnten Lehmausfüllungen des Wardartales zeigt die Bodenbildung die gleichen Züge. Der rote Lehm ist hier selbstverständlich keine „Roterde", sondern als Absatz des fließenden Wassers, wie durch die fremden Gerölle angezeigt, als Muttergestein zu betrachten. Das beschriebene Profil ist auf große Erstreckung zu beobachten.

Kilkis (Bauschanalysen)

CaO	MgO	K_2O	K_2O	SO_3	Glüh-verlust	Summe	H_2O b. 105°	pH
—	—	—	—	—	—	—	—	5,8
0,39	0,39	4,36	0,72	n. b.	4,26	100,18	1,13	6,3
0,82	1,15	1,71	1,32	0,18	11,13	101,01	5,92	6,4
—	—	—	—	—	—	—	—	—

0—30 cm sandiger, steiniger Lehm, graubraun durch Humus.
30—120 cm rotbraun, toniger, mit schwach polyedrischer Struktur, oben mit ziemlich scharfer Grenze, bei 100 cm mit zahlreichen Kalkkonkretionen und mürben Kalkanhäufungen.
ab 120 cm hellerer, rötlichbrauner Lehm.

Die Deutung des rotbraunen Horizontes als B-Horizont wird hier gestützt dadurch, daß das Profil 2 mit seinem Bleichhorizont nur einige hundert Meter entfernt ist. Dieses Profil zeigt in seinem Bau eine trotz des abweichenden Gesteins nicht zu verkennende Ähnlichkeit mit dem Terra rossa-Profil von Mandra.

Auch in den metamorphen Schiefern des Berglandes östlich Saloniki ist, wenn auch weniger deutlich, diese Profilausbildung vorhanden. Wo sich eine erhebliche Bodendecke infolge der Entwaldung nicht gebildet oder nicht erhalten hat, sind im Gestein dicht unter der Oberfläche rötlichbraune Anflüge vorhanden, die weiter abwärts fehlen. Wo eine tiefere Lockerbodenschicht vorhanden ist, sieht das Profil etwa so aus:

0— 25 cm lehmiger, steiniger Sand bis sandiger Lehm, sattbraun mit wenig Humus.

25— 50 cm mechanische Zusammensetzung etwa die gleiche, Farbe rotbraun, nach oben und unten allmählicher Übergang.

50—100 cm Färbung geht in dunkles Braun über, darunter Schieferzersatz. Vielfach grünliche, z. T. verkieselte, bankige oder dünnschichtige Schiefer, steil einfallend und von Quarzadern durchzogen.

Schließlich noch eine Angabe aus Mittelgriechenland, nicht weit von dem beschriebenen Terra rossa-Profil entfernt. Nördlich des Badeortes Lutrakion am Isthmus von Korinth erstreckt sich eine von einem niedrigen Gebirgszuge durchzogene Halbinsel in die Bucht von Korinth hinein. Mesozoische Schiefer sind das Gestein. Die Berge sind von niedrigem Wald bedeckt, Pinus halepensis und Quercus coccifera reichlich vorhanden. Unterholz aus vielen Straucharten, ziemlich reichliche Nadelstreu. Es ist eine lockere graubraune Krume von 10 bis 20 cm zu beobachten, darunter ist der Boden tonig, von rotbrauner Farbe, polyedrischer Struktur und mit lebhaften, rostroten Anflügen. Der Serpentin hat gleichfalls rotbraune und rostrote Verwitterungsfarben, der Kalkstein der Gegend zeigt Terra rossa.

Die beschriebenen Profile schließen sich gut an die von Liatsikas (30) und del Villar (17) schon früher veröffentlichten an. Liatsikas hat die Übereinstimmung seiner eigenen Untersuchungen mit denen von del Villar schon erwähnt und auch auf ähnliche Ergebnisse von Agafonoff (1, 2, 3) hingewiesen. Es ist mehrfach auf die Podsolierungsvorgänge in diesen Böden hingewiesen worden. Der von Liatsikas gebrauchte Name „Mediterrane Waldböden mit rötlichem oder rotbraunem B-Horizont“ ist seinerzeit vom Verf. als morphologische Kennzeichnung der Waldböden mit B-Horizont vorgeschlagen worden, als er bei der Planung der Bodenkarte von Europa mit den Böden des Mittelmeergebietes bekannt wurde. Er ist dann von Liatsikas als brauchbar einstweilen beibehalten worden, obgleich es natürlich wünschenswert wäre, eine weniger unhandliche Bezeichnung zu besitzen. Es hat sich unabhängig davon herausgestellt, daß auch del Villar eine Trennung von den „feuchten“ Böden ähnlichen Profilbaues für nötig gehalten hat, als er die Gruppe der trocken-siallitischen Böden von der der feucht-siallitischen Böden abtrennte. Sowohl nach der Beschreibung, wie nach den Analysen können diese Böden als gleichartig betrachtet werden. Auch bei del Villar kommt Ausbleichung vor, ebenso wie bei Liatsikas. Die griechischen Böden mit echtem Bleichhorizont sind nun durch Liatsikas ebenso wie durch den Verf. bisher nur in Nordgriechenland bekannt geworden. Die

Angabe von del Villar stammt aus der Nähe von Madrid. Der 40. Breitengrad bildet auf beiden Halbinseln die südliche Grenze, soweit bisher festgestellt. Allerdings liegen sie bei Madrid gegen 600 m hoch, in Griechenland sind sie dagegen auch nur wenige Meter über dem Meer aufgefunden worden.

Man darf vermuten, daß diese Böden trotz des abweichenden Klimatypus und der abweichenden Niederschlagsmenge der von Jenny (25) in Nordamerika unterschiedenen Gruppe der Gelb- und Roterden nahestehen.

Das Vorhandensein eines Ausbleichungshorizontes macht die Ähnlichkeit mit den podsoligen Böden des feucht-gemäßigten Klimas besonders deutlich. Die Ähnlichkeit ist aber auch schon durch den Illuvialhorizont gegeben. Dieser ist oft rötlich oder rotbraun, wie auch von del Villar erwähnt. Wenn nun Harrassowitz einmal gesagt hat, daß die rote Farbe an sich nicht das Merkmal mittelmeerischer Verwitterung sei, so ist das ja insofern richtig, als rote Verwitterungsfarbe in weiter Verbreitung auch in den Tropen herrscht. Es ist aber nicht richtig, wenn es bedeuten soll, daß die rote Farbe im Mittelmeergebiet nur in dem Sonderfalle der Kalksteinböden anzutreffen sei. Es ist im Gegenteil eine ständig zu wiederholende Beobachtung, daß auf vielen Gesteinen, auf denen in Mitteleuropa „Braun" als Verwitterungsfarbe herrscht, im Mittelmeergebiet „Rot" auftritt. Selbstverständlich ist, daß das nicht überall, nicht auf allen Gesteinen und nicht in jeder Lage der Fall sein kann, die Übergangserscheinungen werden schon durch die allmähliche Änderung und das Zusammenspiel der Bodenbildungsfaktoren bedingt. Kenner des Mittelmeergebietes haben in den letzten Jahren aber mehrfach betont, daß oft auch auf nichtkarbonatischen Gesteinen rotgefärbte Böden auftreten.

Zur Entstehung der Terra rossa

Nach Mitteilung der Beobachtungen und Untersuchungen, soweit sie im folgenden verwertet werden sollen, seien jetzt noch einige Gedanken über die Entstehung dieser viel erörterten Bodenbildung ausgesprochen. Am meisten ist wohl, ausgehend von der auffälligen Färbung, an der Erklärung der Herkunft der Eisenverbindungen gearbeitet worden. Man kann vier Ansichten unterscheiden:

1. Das Eisen gehört zu dem Verwitterungsrückstand des Kalksteins. Diese Ansicht wird besonders von Graf zu Leiningen (27, 29) vertreten. 2. Der hohe Eisengehalt ist durch Anreicherung von oben her entstanden. Die an Eisen verarmten Horizonte sind nicht mehr vorhanden, die jetzt vorliegende Terra rossa ist ein B-Horizont. Diese

Ansicht, zuerst von Stremme (42) aufgestellt, ist mehr oder weniger nachdrücklich, allerdings nur für das nördliche Randgebiet der Terra rossa-Verbreitung, später von Blanck in Verbindung mit 3 und Harrassowitz (7, 22) aufgenommen worden. 3. Eisen ist während des Bodenbildungsvorganges durch zuwandernde, nicht aus dem Kalkstein stammende Lösungen zugeführt worden. Diese Ansicht ist von Blanck (5, 8, 9) in einer Reihe von Arbeiten vertreten worden. 4. Eisen ist nicht nur relativ durch Entfernung der leichter löslichen Gesteinsbestandteile, sondern auch absolut durch Aufsteigen aus dem Gestein im Boden angereichert worden. Diese Ansicht ist in den letzten Jahren von Reifenberg (36) aufgestellt worden und hat viele Zustimmung gefunden.

Die verschiedenen Auffassungen sind an Hand der Literatur von Blanck vor einigen Jahren kritisch behandelt worden und brauchen deswegen nicht ausführlich besprochen zu werden. Der Verf. ist der Meinung, daß die „Rückstandstheorie“ ausreicht, den Eisengehalt zu erklären, und daß die anderen Ansichten nicht genügend durch die Tatsachen gestützt werden können. Es ist deshalb erforderlich, auf die sogenannte Rückstandstheorie und die Schwierigkeiten, die ihr entgegenstehen sollen, etwas näher einzugehen.

Von Graf zu Leiningen (29) ist in seiner letzten Arbeit über diesen Gegenstand wieder darzutun versucht worden, daß die Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes einer Terra rossa so ähnlich ist, wie man das nur erwarten kann. Mit einer besonders guten Übereinstimmung wird man gar nicht rechnen dürfen, denn einmal müssen selbstverständlich bei der anerkanntermaßen langen Bildungsdauer der Terra rossa in dem Verwitterungsrückstand Veränderungen vor sich gegangen sein, wie auch Blanck annimmt, und anderseits kann die einzelne Kalksteinanalyse für die Zusammensetzung der Terra rossa gar nicht maßgebend sein, da in jedem Falle erst eine Kalksteinschicht von vielen Metern die heutige Bodendecke ergeben haben kann. Die vorliegenden Analysen von reinem Kalkstein, und zwar die Gesamtanalysen und die des in HCl löslichen und unlöslichen Anteils, zeigen aber zur Genüge, daß ihre Zusammensetzung erheblich schwankt. Man wird also höchstens bei Vergleichen von Durchschnittsgehalten annähernde Entsprechung verlangen dürfen.

Nun ist von Blanck gerade die Ansicht, daß der Eisengehalt der Terra rossa sich aus der Zusammensetzung der Kalksteine erklären lasse, in einer Reihe von Arbeiten nachdrücklich abgelehnt worden. Blanck stützt sich dabei auf die Tatsache, daß die Zusammensetzung des in HCl unlöslichen Rückstandes in vielen Fällen mit einer Terra

rossa keine Ähnlichkeit hat. Allerdings hat Blanck selbst schon angenommen, daß nicht nur der HCl-unlösliche Rückstand für die Terra rossa-Bildung in Form kommt, sondern neben etwa vorhandenem $FeCO_3$ auch nichtkarbonatische, aber HCl-lösliche Bestandteile, entweder zum Teil oder ganz. Damit kann um so mehr gerechnet werden, als ja bekanntermaßen in diesem Boden ein bemerkenswert hoher Anteil des Fe_2O_3 HCl-löslich ist. Wenn man diesen Gedanken weiter verfolgt, so kann man zu Schlüssen kommen, die auf die „Eisenbilanz" der Terra rossa wohl ein beachtenswertes Licht werfen. Es seien zunächst die Dinge an Hand der von Blanck selbst gelieferten Analysen näher betrachtet.

In einer ihrer Arbeiten (10) haben Blanck und Giesecke in sehr ausführlicher Weise die Zusammensetzung von Kalksteinen untersucht, die Terra rossa-Bedeckung zeigen. Bauschanalyse sowie Analyse des HCl-löslichen und -unlöslichen Anteils sind gesondert angegeben. Aus der Zusammensetzung des unlöslichen Anteils hat Blanck in einer Reihe von Fällen hier wie schon öfter den Schluß gezogen, daß er einen für eine Terra rossa viel zu geringen Eisengehalt habe. Das Bild ändert sich jedoch, wenn man den nichtkarbonatischen Anteil des in HCl löslichen zu dem unlöslichen Rückstand hinzuzieht. Dann kommt die Tatsache zur Geltung, daß der Rückstand nur einen sehr geringen Anteil des Kalksteins ausmacht. Der Gesamteisengehalt wird also, in absolutes Gewicht umgerechnet, durch die in HCl-löslichen Eisenverbindungen sehr beträchtlich erhöht, auch wenn diese an sich nur geringe Bruchteile von Prozenten ausmachen. Zahlenmäßig wird das Bild klar, wenn man einzelne Fälle durchrechnet. Das ist allerdings nur möglich, wenn Fe_2O_3 im Rückstand und im löslichen Anteil gewichtsmäßig festgestellt ist. Im folgenden ist das Ergebnis nach den Blanckschen Analysen für einige Fälle zusammengestellt. Die Zahlen der ersten Spalte entsprechen den Gesteinen der angezogenen Blanckschen Arbeit.

Von dem löslichen Anteil ist SiO_2, Al_2O_3 und Fe_2O_3 berücksichtigt worden. Aus dem neuen theoretischen „Rückstand" ist dann der Anteil an Fe_2O_3 berechnet. Man sieht, wie besonders bei den rückstandarmen Gesteinen der Eisengehalt des berechneten „Rückstandes" hoch ansteigt. Von dem Gesamteisengehalt liefert in mehreren Fällen der lösliche Anteil die größere Menge, was insofern bemerkenswert ist, als er für gewöhnlich gar nicht berücksichtigt wird. Auch sonst ist dieser Anteil beträchtlich. Diese Tatsache stimmt mit der hohen Salzsäurelöslichkeit des Eisens gut überein. Sie erklärt vielleicht, daß das Eisen in der Terra rossa mit so hoher Färbekraft auftritt, da ja nun

	Rückstand in % des Gesteins	Fe_2O_3 darin %	Fe_2O_3 im löslichen Anteil %	Fe_2O_3 in % im Rückstand + nichtkarbonat. Anteil des Löslichen	Fe_2O_3 in Bauschanalyse des Bodens %
1	3,43	1,75	0,28	7,7	2,66—8,37
5	0,50	1,80	1,45	36,3	6,25
6	6,03	7,85	0,21	10,1	5,69
17[3]	2,32	4,35	0,29	19,1	7,11—8,46
22	0,60	7,40	0,32	30,0	8,35
20	10,78	2,80	1,07	12,0	—
23	0,95	5,95	0,20	18,8	—
				19,1	

Eisen in oxydischer Form trotz noch vorhandenen Gehaltes an $CaCO_3$ anwesend ist und nicht erst aus frischen Mineralien freigemacht werden muß. Auch etwa vorhandenes Eisenkarbonat tritt natürlich im Boden dann in oxydischer Form auf. Der Durchschnittseisengehalt ist höher als bei vielen Terra rossa-Proben, so daß sogar mit einem gewissen Verlust gerechnet werden könnte.

Auch bei Gesteinen, in deren unlöslichem Rückstand gar kein Fe_2O_3 gefunden worden ist, kann allein aus dem HCl-löslichen Anteil herrührend in dem wie vorstehend berechneten theoretischen „Rückstand" der Eisengehalt noch einen beträchtlichen Wert erreichen, so z. B. bei Gestein 21 5,3%. Da in diesen Fällen alles Eisen leicht in die Oxydform übergeht, erklärt sich damit, daß gerade die rückstandsärmsten Gesteine besonders lebhafte Farben ihres Bodens zeigen können.

Nun muß natürlich auch erwähnt werden, daß nicht in allen Fällen die Rechnung zu dem gleichen Ergebnis führt. So z. B. nicht beim Gestein 7. Hier enthält der Rückstand (0,88% des Gesteins) 4,70% Fe_2O_3, der bei der gleichen Berechnung auch dann auf 2,8% sinkt, wenn man die kleinste gewichtsmäßig einsetzbare Menge (0,01% Fe_2O_3 im löslichen Anteil des Gesteins) an Stelle von „Spur" annimmt. Es kann aus dem vorstehend ausgeführten Gedankengang also sicher keine Gesetzmäßigkeit abgeleitet werden, sondern nur eine Wahrscheinlichkeit. Da ja unbedingt die Auflösung einer erheblich mächtigen Gesteinsschicht bei der Bildung der Terra rossa angenommen werden muß, kann aus dem Ergebnis einer einzelnen Gesteinsanalyse weder für noch wider ein Beweis abgeleitet werden, es kommt nur darauf an, ob man im Durchschnitt sich so eine Erhöhung des Fe_2O_3-

Gehaltes in der Terra rossa gegenüber dem Gestein erklären kann. Bei den geringen Mengen, die analytisch festgestellt werden, können schon kleine Unterschiede das Bild ändern. Da aber, wie unten noch näher ausgeführt wird, allen anderen Erklärungsversuchen Schwierigkeiten im Wege stehen, wird mit diesem Gedankengang die sogenannte Rückstandstheorie zu stützen gesucht.

Es sei noch bemerkt, daß die Anreicherung des Rückstandes mit Fe_2O_3 (und Al_2O_3) durch den HCl-löslichen Anteil dieser beiden Stoffe gleichzeitig zu einer Erniedrigung des SiO_2-Gehaltes führt. So sinkt bei den in der Tabelle angegebenen Gesteinen der Durchschnittsgehalt von 79,4 auf 59,2%, was natürlich immer noch etwas hoch ist. Aber auch die SiO_2-Gehalte der Terra rossa wechseln ja erheblich.

Es soll nun die oben vertretene Ansicht noch auf etwas andere Weise gestützt werden. Sieht man z. B. die Kalksteinanalysen bei Dienemann und Burre (18) durch, so stellt man fest, daß im allgemeinen die Kalksteine, gleichgültig aus welcher Gegend sie stammen und welcher Formation sie angehören, verhältnismäßig um so reicher an Eisen werden, je ärmer sie an nichtkarbonatischen Bestandteilen überhaupt sind. Benutzbar sind für den vorliegenden Zweck nur Bauschanalysen mit Trennung von Al_2O_3 und Fe_2O_3. Die in Frage kommenden 68 Analysen wurden in drei Gruppen geteilt, mit weniger als 95, 95—98 und 98—100% karbonatischen Bestandteilen. Auf Gruppe 1 entfallen 34, Gruppe 2 19, Gruppe 3 15 von der Gesamtzahl. Berechnet man in jeder Gruppe den Durchschnittsgehalt an Fe_2O_3 + FeO in Hundertteilen des nichtkarbonatischen Anteils aus, so ergibt sich:

Gruppe 1	7,6%
Gruppe 2	23,3%
Gruppe 3	46,7%.

In allen Gruppen kommen sehr große Unterschiede vor, es sind in Gruppe 3 sogar Gesteine enthalten, deren Analyse gar kein Eisen angibt. Auch hier ist nur der Durchschnitt maßgebend. Die Schwankungen der Gesteinszusammensetzung finden ihr Gegenstück in der von Harrassowitz hervorgehobenen Verschiedenheit der Zusammensetzung der Terra rossa.

Auch bei der Durchsicht anderer Analysenreihen gelangt man zu Ergebnissen, die in gleiche Richtung weisen. Die bei Tućan (43) angeführten zahlreichen Analysen lassen sich zwar nicht in der gleichen Weise auswerten, machen aber den gleichen Schluß wahrscheinlich. Es handelt sich bei ihnen um Salzsäureauszüge, wobei Al_2O_3 und Fe_2O_3 nicht getrennt worden sind. Die im folgenden durchgeführte Über-

legung soll einen Anhalt liefern, wie hoch man die Fe_2O_3-Anteile in dem theoretischen Rückstand etwa annehmen darf. Es ist in Beziehung gesetzt worden die Summe aus unlöslichem Rückstand + nichtkarbonatischem löslichen Anteil zu der Hälfte von salzsäurelöslicher $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO$ als dem ungefähren Gehalt an Fe_2O_3. Da in rückstandarmen Kalksteinen mal der Anteil an Al_2O_3, mal an Fe_2O_3 größer ist, so wird mit der Halbierung der Summe beider sicher größenordnungsmäßig ein Anhalt gewonnen, wie hoch der Eisengehalt etwa ist. Es ist dabei angenommen, daß der Lockerboden aus dem in HCl unlöslichen Rückstand + dem nichtkarbonatischen Anteil des löslichen entstanden ist. Wenn man die Kalksteine wieder wie oben in drei Gruppen teilt, so ergibt sich

	Zahl der Analysen	x
Gruppe 1	7	13,1
Gruppe 2	11	16,8
Gruppe 3	167	25,1

$$x = \frac{\text{Rückstand löslicher Anteil } (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO}{\frac{1}{2} \text{ löslicher Anteil } (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO}$$

Die für x erhaltenen Werte bedeuten nach dieser Ableitung den ungefähren Prozentsatz an Fe_2O_3 in dem gesamten nichtkarbonatischen Anteil der Gesteine. Der Rückstand selbst ist dabei überhaupt als eisenfrei angenommen worden, so daß die unter x angegebene Zahl für den ungefähren Eisenanteil allein durch die HCl-lösliche Menge zustandekommt. Selbst wenn der Eisenanteil mit der gleichen Menge wie Al_2O_3 wesentlich zu hoch angenommen sein sollte, wird dadurch das Ergebnis nicht umgestoßen, da auch die Hälfte des x-Wertes der Gruppe 3 als Anteil an Fe_2O_3 in der Terra rossa genügt. Der Fehler ist in den Gruppen 1 und 2 natürlich erheblich größer, da dort der Rückstand in der Regel größer ist als die Menge der löslichen Sesquioxyde. Diese rückstandreicheren Gruppen sind nur der Vollständigkeit wegen hinzugenommen. Es sei noch erwähnt, daß unter den Analysen der Gruppe 3 eine ganze Reihe sind, bei denen außer den Karbonaten nur Spuren löslicher Bestandteile angegeben sind, so daß sie zahlenmäßig im Ergebnis nicht in Erscheinung treten. Andere sind darunter, bei denen nur Rückstand oder nur Sesquioxyde zahlenmäßig angegeben sind. Alle sind gleichmäßig berücksichtigt, denn, wie schon öfter betont, kann ein Einzelfall weder nach der einen, noch nach der anderen Seite als Beweis angesehen werden.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man übrigens auch nach den von Kramer (26) veröffentlichten Analysen. Bei seinen 16 hochprozentigen Kalksteinen (über 95% Karbonatgehalt) ist in allen Fällen die Summe löslicher $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ größer als der unlösliche Rückstand, und $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ist in allen Fällen mehr als lösliche SiO_2 vorhanden. Es würde also eine wesentliche Erhöhung des Rückstandes an Sesquioxyden eintreten. Wenn auch hier wieder die Trennung von Al_2O_3 und Fe_2O_3 fehlt, so hat der Schluß, auf den es ankommt, doch im Zusammenhang mit den übrigen Tatsachen eine hohe Wahrscheinlichkeit für sich.

Der Versuch, eine besondere Anreicherung des Eisengehaltes in der Terra rossa als nicht notwendig zu erweisen, sei damit abgeschlossen. Es soll nur noch darauf hingewiesen werden, daß auch andere Forscher nicht nur die Beteiligung des Verwitterungsrückstandes an der Bodenbildung, wie selbstverständlich, annehmen, sondern die sogenannte Rückstandstheorie als ausreichend ansehen. Besonders ist das von Graf zu Leiningen geschehen. Die ältere Literatur darüber ist von Blanck zusammengestellt worden.

Etwas eingeschränkt ist die Zustimmung von Reifenberg (33 u. a.). Er erkennt die große Bedeutung der Rückstandstheorie an, glaubt aber darüber hinaus noch eine besondere Anreicherung des Eisens durch aus dem Gestein während der trockenen Jahreszeit aufsteigende Lösungen annehmen zu müssen. Die im Gestein vorhandenen Eisenoxyde sollen durch die Kieselsäure peptisiert, gegen die ausfallende Wirkung des Kalkes geschützt und so zum Aufsteigen befähigt werden. Der Bewegungsvorgang wird also mit dem für den Laterit angenommenen in Beziehung gesetzt, mit dem Unterschied, daß die Kieselsäure in der Terra rossa auch an dem Aufsteigen teilnehmen muß, da ja auch diese eine sehr starke Anreicherung gegenüber dem Gestein erfahren hat. Es ist gegen die Vorstellbarkeit dieses Vorganges schon von Harrassowitz (22) Zweifel ausgesprochen worden, da der Profilbau der Terra rossa mit dem des Laterites keine Ähnlichkeit besitzt. Reifenberg (35) hat sich wohl dagegen verwahrt, doch geht aus seiner Erwiderung selbst hervor, daß nicht alle Einwendungen beseitigt werden können. Ob aus dem Kalkstein heraus wirklich eine nennenswerte Anreicherung des Rückstandes stattfinden kann, dürfte schwer erweisbar sein, wenn die Ansicht auch nicht bündig zu widerlegen ist. Man könnte hier vielleicht anführen, daß nach Vageler (44) u. a. die Bodenbildung auf Kalkstein auch in den wechselfeuchten Tropen kaum jemals zur Ausbildung der Lateritkruste zu führen scheint wie auf anderen Gesteinen, daß also doch wohl aus irgendeinem Grunde das Ansteigen von kolloiden

Lösungen aus dem Gestein oder durch den Boden behindert ist. Jedenfalls macht aber die Höhe des Eisengehaltes eine solche Annahme nicht nötig. Es gibt aber auch noch eine Reihe von Gesichtspunkten, die sie fraglich erscheinen lassen. So kommt die Terra rossa auch nahe dem Innern des Mittelmeergebietes in enger Nachbarschaft von Böden auf anderen Gesteinen vor, die ganz andere Vorgänge erkennen lassen. Es soll hier noch einmal ausdrücklich festgestellt werden, daß der Verf. nicht der Ansicht ist, die Terra rossa sei ein Illuvialhorizont. Farbe, Eisengehalt, mechanische Zusammensetzung, Profilbau, erfordern im inneren Mittelmeergebiet sicher nicht diese Deutung. Es bleibt aber die Tatsache zu berücksichtigen, daß Böden mit typischen podsolierten Profilen, also mit absteigender Bewegung, bis in dies Gebiet hineingehen. Solche sind in dieser Arbeit beschrieben, sie sind von Liatsikas bis auf die Halbinsel Chalkidike bei 500—700 mm Jahresniederschlag und von del Villar bis 40° nördl. Breite bekannt geworden. Der Verf. hat sie in abgeschwächter Form bis in die Gegend von Athen feststellen können. Bei solchen Profilen kann man für die Sesquioxyde innerhalb des eigentlichen Bodenprofiles eine aufsteigende Bewegung nicht annehmen. Alkalien und Erdalkalien zeigen dessenungeachtet bei ihnen wie bei der Terra rossa öfter eine Erhöhung in den oberen Horizonten gegenüber dem Gestein. Der Kalkgehalt und die mechanische Beschaffenheit der Terra können nun wohl diese Vorgänge beeinflussen und auch unmöglich machen, es wird aber schwer sein, eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung für die Sesquioxyde zu erweisen. Absolute Bewegungsvorgänge im Boden sind ja sehr schwer mit Sicherheit aus den Befunden zu erschließen. Man sollte annehmen, daß eine Zunahme des Eisengehaltes im inneren Mittelmeergebiet gegenüber den Randgebieten sich bemerkbar machen würde, wenn die aufsteigende Bewegung eine bodenkundlich bedeutungsvolle Rolle spielte. Demgegenüber hat Blanck (9) gerade darauf hingewiesen, daß besonders hohe Eisengehalte bei den istrischen und kroatischen Böden vorkommen, also im Randgebiet des Mittelmeerklimas. Eine Regel ist jedenfalls nicht zu erkennen, so daß das Klima wohl in dieser Hinsicht keinen großen Einfluß ausübt. Es bleibt zu bedauern, daß es trotz der langen Beschäftigung mit der Terra rossa noch so wenig profilmäßige Untersuchungen gibt, die mehrere Bodenhorizonte zu vergleichen erlauben. Solche müßten vorliegen, auch wenn der Augenschein zunächst keine Unterschiede im Profil ergibt. Gerade bei Böden reiner Kalksteine wird der Vergleich zwischen einer Gesteinsprobe und einer Bodenprobe in Anbetracht des geringen, vom Gestein im Boden noch erhaltenen Anteils nur ein unsicheres Ergebnis haben. Dazu

kommt die schon erwähnte Notwendigkeit, in der Terra rossa stets den Rückstand eines mächtigen Gesteinspackens sehen zu müssen, innerhalb dessen sich das Verhältnis der nicht karbonatischen Bestandteile sehr geändert haben kann und sicher auch oft geändert hat. Der Vergleich von Kalksteinanalysen etwa desselben Steinbruchs oder des gleichen Formationsgliedes an verschiedenen Stellen macht dies durchaus wahrscheinlich. Das Verhältnis der Hauptbodenbestandteile der Terra rossa SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 schwankt ja trotz der so ähnlichen Gesteinsbeschaffenheit erheblich, wie schon einmal betont, Grund genug, in diesen Unterschieden ein Abbild der verschiedenen Gesteinsbeschaffenheit zu erblicken, die eben nicht durch regionale bodenbildende Vorgänge, seien sie nun absteigender oder aufsteigender Art, überdeckt werden.

Fest steht nun, daß in einigen wenigen Fällen, in denen mehrere Horizonte einer Terra rossa untersucht worden sind, in einem wenig mächtigen oberen Horizont ein etwas geringerer Eisen- und Tonerdegehalt festgestellt worden ist als in dem darunter folgenden Bodenhorizont. Das ist der Fall in dem hier veröffentlichten Profil und in dem von Reifenberg untersuchten von Nablus. Die beiden von Liatsikas veröffentlichten Analysen aus Attika zeigen zwar dieselbe Erscheinung, lassen sich jedoch nur mit Vorbehalt verwenden, da der oberste Horizont nicht berücksichtigt ist. Über ihn ist lediglich gesagt, daß er sehr kalkreich ist (26,6% $CaCO_3$). Das entspricht durchaus dem Bilde des hier veröffentlichten Profils, in der der durch Auflockerung, Humusgehalt und Farbe als A gekennzeichnete Horizont gleichfalls einen sehr viel höheren Kalkgehalt als die eigentliche „Terra rossa" darunter aufweist. In diesen Zusammenhang gehören auch die von Harrassowitz (21) mitgeteilten Profile. Für diese geringfügigen Veränderungen in der Verteilung von Fe_2O_3 und Al_2O_3 scheint es mir nun dem Gesamtbilde der Terra rossa am meisten zu entsprechen, wenn man eine Verlagerung von oben nach unten annimmt. Aber diese Umlagerung führt nicht erst zur Bildung der Terra rossa, sondern ist nur eine Nebenerscheinung, die auch gänzlich fehlen kann. Übrigens nimmt auch Vageler (44) als zusätzliche Erscheinung die Möglichkeit einer „Podsolierung" der Terra rossa an, und Comel (13) sieht im Gebiete des Karstes, unter normalen Bedingungen, also bei Bodenruhe und natürlicher Pflanzendecke, eine gewisse Podsolierung als sicher an. Das natürliche Bodenbild der Terra rossa ist aber aus den südlichen Gegenden noch kaum beschrieben. Was mir bis Mittelgriechenland davon bekannt geworden ist, spricht dafür, geringfügige Veränderungen des A-Horizontes als durch Verlagerung von oben nach unten ent-

standen anzusehen. Von den schon lange bekannten Profilen, die über einer „Terra rossa“ einen Bleichhorizont zeigen, wird eine Reihe durch das klimatische Übergangsgebiet zu solchen Profilen führen, in denen diese Umlagerung kaum noch oder gar nicht mehr auftritt. Die Kalkstein-Roterden gehen nun einmal mit wesentlich gleichen Eigenschaften aus dem Mittelmeerklima auch in das sommerfeuchte Gebiet, z. B. in Oberitalien, in dem man eine Mitwirkung aufsteigender Lösungen nicht annehmen wird. Ein solches für Fe_2O_3 und Al_2O_3 anzunehmen, scheinen mir bisher keine ausreichenden Gründe vorzuliegen, da einerseits der Gehalt an diesen Stoffen auch anders zu erklären ist und bis in das innere Mittelmeergebiet hinein auf anderen Gesteinen klare podsolähnliche Profile vorkommen. Auch deren Auffassung wird ja nicht dadurch geändert, daß molekular lösliche Anteile wie die Alkalien und vielleicht Erdalkalien auch in ihnen im A-Horizont erhöht sind (z. B. Liatsikas (30) Profil T, Z). Man mag bei ihnen eine Anreicherung durch Aufsteigen aus dem Untergrund oder durch den pflanzlichen Abfall annehmen. Bemerkenswert ist jedenfalls, daß der merklich erhöhte Karbonatgehalt in dem von mir untersuchten Profil an den deutlich durch Humus aufgelockerten A-Horizont gebunden war. Ähnlich scheint es auch in dem Terra rossa-Profil b, c von Liatsikas gewesen zu sein. Die von Reifenberg angenommene Mitwirkung der Kieselsäure bei der Beweglichmachung des Eisens, ihr Schutz gegen die ausfällende Wirkung des Kalkes kann wohl ebensogut bei absteigender, wie aufsteigender Richtung der betreffenden Lösungen in Anspruch genommen werden.

Von del Villar (17) wird die Auffassung vertreten, daß die Terra rossa nicht als ein selbständiger Naturboden zu betrachten sei, sondern nur als eine durch menschliche Einwirkung zustandegekommene Zerstörungsform des Rendzina-Typus. Ihm hat sich anscheinend Comel angeschlossen, dessen zahlreiche Arbeiten über die Terra rossa Italiens und des weiteren Mittelmeergebietes mir jedoch nicht alle zugänglich waren. Man kann gegen diese Auffassung anführen, daß die rote Farbe im Untergrund der Böden des Mittelmeergebietes nicht nur bei der Terra rossa auftritt, sondern heute auch in zunehmendem Maße auch in anderen Gesteinen festgestellt wird. Das ist von Reifenberg ausdrücklich ausgesprochen und auch vom Verf. als einer der auffälligsten Züge im Vergleich etwa zu mitteleuropäischen Verhältnissen festgestellt worden. Es ist darum sehr berechtigt, daß der Name Terra rossa heute durchaus auf die Kalkstein-Roterde beschränkt wird. Die Zunahme der Rotfärbung der Böden mit Annäherung an die wärmeren Klimagebiete steht durchaus im Einklang mit dem Gesamtbild der

Bodengeographie, und in ihr nur eine Zerstörungserscheinung zu sehen, dürfte daher zu weit gehen. Es darf heute auch nicht mehr übersehen werden, daß Terra rossa nicht an den Mittelmeertypus des Klimas gebunden ist, sondern in weiter Verbreitung über die ganze Erde hin auftritt (4, 12, 44). Damit dürfte es sich auch empfehlen, den Namen „Mediterran-Roterde" für den behandelten Boden fallen zu lassen. Er ist überflüssig, wenn die Bezeichnung Terra rossa streng auf die Kalkstein-Roterde mit nur geringfügigen Unterschieden im Profilbau beschränkt wird. Es soll zum Abschluß noch festgestellt werden, daß trotz des Zusammenhanges von Klima und Bodenbildung auf das sommertrockene Klima (Oliven- oder Etesienklima nach Köppen) der Subtropen beschränkte oder für dieses kennzeichnende Bodentypen bisher nicht festgestellt zu sein scheinen. Der Zusammenhang zwischen Boden und Klima ist trotz aller Abhängigkeit der Bodenbildung von bestimmten Klimafaktoren nicht so eng, daß den Typen der Klimakunde auch stets Typen der Bodenkunde entsprechen.

Böden auf tertiären, kalkhaltigen Ablagerungen

Wenn aus dem Mittelmeergebiet auch von hellen und wenig auffallend, jedenfalls nicht rot gefärbten Böden berichtet wird, so gelten diese Ansichten wohl meist oder vielleicht stets den Böden, die sich auf den meist wenig verfestigten, kalkhaltigen Tertiärgesteinen entwickelt haben. Sie erscheinen bei Liatsikas (30) entweder unter den mediterranen Trockenwaldböden mit AC-Profil oder als Steppenböden. Ob sich diese beiden Gruppen auseinanderhalten lassen, ist noch nicht sicher. Liatsikas nimmt ja selbst an, daß sich die steppenbodenähnlichen Profile aus Waldböden unter menschlichem Einfluß gebildet haben, und kommt damit der Auffassung von del Villar zum Problem Wald-Steppe auf der Iberischen Halbinsel nahe. Nach del Villar fallen diese Böden in seine Kalkreihe, soweit sie nicht etwa wegen vollständiger Entkalkung sich seiner siallitischen Reihe nähern, nach Agafonoff in die Gruppe der rötlichen, gelben, grauen Mediterranböden, soweit sie kalkhaltig sind. Daß das nicht für alle Gesteine zutrifft, geht für diese Arbeit aus dem Profil 2 hervor, das gleichfalls auf tertiärem Gestein entstanden ist. Diese Böden sind weit verbreitet, sicher auch in anderen Teilen der Erde, und bilden neben den jungen Schwemmländern die hauptsächlichen Ackerflächen. Sie sind wegen ihrer geringen Auffälligkeit erst spät beachtet worden und haben daher im System der Böden noch keine sichere Stellung. Die Bodenkarte der Erde von Glinka-Prassolov (20), die als kennzeichnende Bodenbildung der Mittelmeerküstenländer noch allein die Terra rossa

aufführt, kennt sie noch gar nicht. Die Internationale Bodenkarte von Europa, die wohl zum erstenmal den Zwang geschaffen hat, auch diese Böden zu beachten und einzuordnen, bringt sie als Trockenwaldböden mit AC-Profil.

Es sollen hier nur einige Profilbeschreibungen veröffentlicht werden, zu denen keine Analysen gegeben werden können.

Umgebung von Korinth. Guter Korinthenboden in ebener Lage. Gestein ein grober, küstennah gebildeter Sand, durch Kalk teils bis zu völliger Verfestigung, teils nur bis zu einem zerreiblichen Grus verkittet. Muschelschalen sind bis in den obersten Horizont erhalten.

0— 40 cm humusgraubrauner, lockerer, grandiger, kaum lehmiger, stark kalkhaltiger Sand.
40—120 cm dieselbe Zusammensetzung, hell gelblichgrau, etwas fester gelagert, stärker kalkhaltig mit deutlichem Kalkmycel.

Es ist eine verbreitete Erscheinung in diesen Böden, daß der Kalk in einiger Tiefe in Form eines Mycels auftritt. Konkretionen können fehlen oder vorhanden sein. Die wasserhaltende Kraft dieses Bodens ist äußerst gering, doch erlaubt die ungleichmäßige Verkittung des Gesteins den Wurzeln des Weinstocks ein tiefes Eindringen, auch ohne daß eine Klüftung vorhanden ist.

Der Boden kann auf dem gleichen Gestein auch etwas anders aussehen. Das folgende Profil war in einem mit senkrechten Wänden eingerissenen Bachbett zu beobachten:

0— 15 cm bräunlichgrauer, kiesiger und lehmiger, mäßig kalkhaltiger Sand.
15— 30 cm derselbe Sand mit gleich hohem Kalkgehalt, etwas verfestigt gegenüber dem oberen Horizont, rotbraun gefärbt durch Flecke und Überzüge auf den einzelnen Sandkörnern.
30— 60 cm Farbe hellgrau, Kalkgehalt erheblich höher, etwas mürber als der höhere Horizont, reichlich Kalkmycel.
60—150 cm dieselbe Beschaffenheit mit Kalkröhren und stellenweise stärkerer Verfestigung.

Das Profil weist also gegenüber dem vorigen eine deutliche Verschiedenheit auf, die auf eine gewisse Beweglichkeit von Sesquioxyden hinweist, wie sie durch del Villar auch analytisch auf kalkhaltigem Gestein angetroffen worden ist, von Liatsikas aber bisher in Griechenland nicht nachgewiesen werden konnte.

Typische „rote Erden“ im Sinne von Blanck und Graf zu Leiningen finden sich in der Umgebung von Theben. Das neogene Hügelland südwestlich der Stadt besteht ganz überwiegend aus roten Ablagerungen, groben Konglomeraten, Mergeln und Schiefern, Kalksandsteinen, und zeigt überall die Spuren starker Abspülung. Farbe und Zusammensetzung des Muttergesteins schlagen in der Bodenbildung durch. Der Lockerboden ist nur in geringer Mächtigkeit vorhanden. Oben ist eine gewisse Trübung der Färbung durch Humusanreicherung vorhanden, sonst aber ist eine Horizontalbildung nicht zu erkennen. In 20—30 cm Tiefe, selten einmal bei 50—60 cm, geht der rote Boden allmählich in das rote Muttergestein über.

Ähnliche Profile wie oben aus der Nähe von Korinth beschrieben, weisen auch die feineren Bodenarten in großer Verbreitung auf. Es sei als Beispiel nur eine Beschreibung aus der Thessalischen Ebene einige Kilometer südlich von Larissa angegeben.

Ebene Gegend inmitten einiger Anhöhen, Grasnarbe mit wenigen Kräutern. Älterer Schwemmlandboden.

0— 20 cm	kalkhaltiger, durch Humus graubrauner Lehm von mäßiger Krümelung.
20— 50 cm	oben von derselben Farbe, aber mit Kalkmycel, bei 30 cm beginnen Kalkkonkretionen. Nach unten nimmt der Humus allmählich ab.
50—120 cm	steiniger, feinsandiger, lößähnlicher, hellgelblichbrauner Lehm mit Kalkmycel und Kalkkonkretionen.

Auch für die Böden dieser Gruppe läßt sich feststellen, daß sie alle bei normalem Erhaltungszustand einen deutlichen humosen oberen Horizont haben. Er kann allerdings im trockenen Zustande recht hell aussehen, und da viele dieser Böden ja auf weichen Gesteinen in schwach hügeliger Landschaft vorkommen, sind sie in großem Umfange beackert, wodurch die Erhaltung der humusreichsten Oberschicht bei den klimatischen Verhältnissen des Mittelmeergebietes stets gefährdet ist.

In einer früheren Arbeit (24) ist vom Verf. die Vermutung ausgesprochen worden, daß manche dieser Böden früher unter die unklare Bezeichnung Gelberde gefallen sind, die der Verf. für unnötig oder schädlich hält. Liatsikas lehnt diese Bezeichnung gleichfalls ab, wendet sich jedoch dagegen, Waldböden des Mittelmeergebietes, die durch die Färbung ihres Profiles oder einzelner Horizonte zu der Bezeichnung Gelberde Veranlassung geben könnten, der Braunerde (brauner Waldboden) unterzuordnen. Es ist dazu zu bemerken, daß eine solche Unterordnung ja nur für solche Böden vorgeschlagen wird, die dem

Profilbau des braunen Waldbodens entsprechen und gleichzeitig Farbtöne aufweisen, die dazu verleiten könnten, ihnen einen besonderen Namen beizulegen. An Böden, wie sie hier beschrieben sind, wie sie Liatsikas als Trockenwaldböden mit AC-Profil beschreibt oder solche, die sich zwanglos einem anderen Typus zuordnen lassen, ist dabei nicht gedacht. Nun ist der Braunerdetypus in seiner jetzigen Auffassung bei seiner Mittelstellung von großer Variationsbreite, wie sich etwa aus dem Vergleich zweier Autoren, wie Stebutt und Stremme, ergibt. Neben Böden mit fast fehlender Umlagerung der Sesquioxyde und fehlender Durchschlämmung gibt es auch solche, in denen diese beiden Erscheinungen ziemlich ausgeprägt sind. Stebutt sieht zudem ihre Bildungsbedingungen besonders im südlichen Gebiet ihrer Verbreitung erfüllt, wo sie der „Gelberde" der meisten Autoren, soweit überhaupt einmal eine Übereinstimmung in der Auffassung dieses Typus bestanden hat, begegnet. Dementsprechend hat auch Prassolov auf der letzten Bodenkarte der Erde von Glinka das mitteleuropäische Waldbodengebiet, das sich mit Ausläufern in die drei südeuropäischen Halbinseln hineinzieht, als braune und gelbe Böden bezeichnet. Nur an der Südgrenze dieses Zwischengebietes scheint es mir in Frage zu kommen, früher infolge besonderer Farbtöne als Gelberden bezeichnete Waldböden zum braunen Waldboden zu ziehen, wenn sie eben nicht anderen, gut abgegrenzten Bodenbildern zugehören. Im übrigen ist zuzugeben, daß „Gelberde", wenn man diesen Namen als notwendig betrachtet, nicht nur zum braunen Waldboden (Braunerde), sondern ebenso zur „Roterde" in nähere Beziehung gerückt werden kann. Übereinstimmung scheint aber heute darin zu bestehen, daß die Bezeichnung Gelberde höchstens noch für Böden mit mehr oder weniger großer Umlagerung der Sesquioxyde zu verteidigen ist (16). Die Mißlichkeit aller auf Farbbezeichnungen beruhenden Bodennamen wird dadurch allerdings nicht berührt, da gelbe, braune und rote Farben nun einmal schon in einem Profil vorkommen können.

Summary

1. A well preserved profile of Mediterranean red soil on limestone (terra rossa) is described and analysed. Based upon observations of the terra rossa of the Karst the modifications of the profile of this soil from the Central European to the Mediterranean region are discussed.
2. Some soil profiles on non-calcareous rocks show the occurence of a well-marked bleached horizon A_2 in the rather dry region near

the Mediterranean, only a few meters above the level of the sea. This horizon is underlayed by a very reddish-brown loamy subhorizon. The occurrence of such profiles along the Mediterranean has given rise, for the International Soil Map of Europe, to separate a group of forest soils with red or reddish brown subsoil from the podsolized soil of Central and Northern Europe. These soils, heeded only in the last years, correspond, it seems, to those of the southern region of the U. S. A.

3. The formation of the red soils on limestone (terra rossa) is discussed. It is supported the so-called "residual theory", especially by regarding the HCl-soluble amount of Al_2O_3 and Fe_2O_3, mostly slighted for the formation of the terra rossa. On account of this amount it seems not necessary to suppose any supply of iron neither from below nor from above. The decrease of iron sometimes stated in the upper horizon is not characteristic for this soil.
4. Some profiles on non-consolidated calcareous rocks of the tertiary formation are described. They cover considerable areas. Carbonate of lime in most cases is to be found up to the surface, in the subsoil in form of mycel. The soils are light coloured and now of a steppe soil aspect, though the natural vegetation is forest. Therefore these soils are named "dry forest soils with AC profile" on the Soil Map of Europe.

Literaturverzeichnis

1. Agafonoff, V.: Les types des sols de France. Bodenkundliche Forschungen 1, 1928/29, S. 67.
2. Agafonoff, V.: Les sols de France au point de vue pédologique. Bodenkundliche Forschungen 4, 1934, S. 363.
3. Agafonoff, V.: Les sols de France au point de vue pédologique. Ann. agronom., N. Ser. 3, 1933, S. 587.
4. Bennett, H. H. and Allison, R. V.: The soils of Cuba. Washington 1928.
5. Blanck, E.: Kritische Beiträge zur Entstehung der Mediterran-Roterde. Die Landw. Versuchsstationen 87, 1915, S. 251.
6. Blanck, E.: Zum Terra rossa-Problem. Intern. Mitt. f. Bodenkunde 7, 1917, S. 66.
7. Blanck, E.: Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse einer bodenkundlichen Studienreise im Gebiet der südlichen Etschbucht und des Gardasees. Chemie der Erde 2, 1927, S. 175.
8. Blanck, E.: Nochmals zur Frage der Entstehung der Terra rossa. Chemie der Erde 5, 1930, S. 43.
9. Blanck, E.: Die Mediterran-Roterde (Terra rossa). Handb. d. Bodenlehre, hrsg. v. E. Blanck, Bd. III, 1931, S. 194.

10. Blanck, E. und Giesecke, F.: Über die Entstehung der Roterde im nördlichsten Verbreitungsgebiet ihres Vorkommens. Chemie der Erde **3**, 1929, S. 44.
11. Blanck, E., Kunz, F. und Preiss, F.: Über mährische Roterden. Landw. Versuchsstationen **101**, 1923, S. 246.
12. Blanck, E., Kredner, W. und Oldershausen, E.: Beiträge zur chemischen Verwitterung und Bodenbildung in Siam." Chemie der Erde **9**, 1934/35, S. 419.
13. Comel, A.: La „Terra rossa" del Carso è un vero terreno climatico? Bodenkundl. Forschungen **2**, 1931, S. 277—287.
14. Comel, A.: La Terra rossa Italiana. Annali Stazione Chimico-agrario di Udine, Ser. IIIa, **11**, Udine 1933.
15. Comel, A.: La „terra rossa" di Rodi. Boll. Soc. Geol. Ital. **52**, 1933, S. 346.
16. Comel, A.: La terre gialle del Friuli. Boll. Soc. Geol. Ital. **52**, 1933, S. 247.
17. Del Villar, E. H.: Suelos de España. Madrid 1930. Mit französ. Zusammenfassung.
18. Dienemann, W. und Burre, O.: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands, **2**, Stuttgart 1929.
19. Ehrenberg, P.: Kritische Beiträge zur Beschreibung der Roterde im Mittelmeergebiet. Intern. Mitt. f. Bodenk. **6**, 1916, S. 277.
20. Glinka-Prassolov: Neueste Übersichtskarte über die geographische Verbreitung der Böden auf der Erdoberfläche. In: Krische, P., Bodenkarten. Berlin 1928.
21. Harrassowitz, H.: Studien über mittel- und südeuropäische Verwitterung. Geol. Rundschau **17a**, 1936, S. 122.
22. Harrassowitz, H.: Südeuropäische Roterde. Chemie der Erde **4**, 1930, S. 1.
23. Hollstein, W.: Die Böden des Mittelmeergebietes. Geograph. Wochenschr. **2**, 1934, S. 1.
24. Hollstein, W.: Zum Begriff der Gelberde. Bodenkundliche Forschg. **4**, 1934, S. 51.
25. Jenny, H.: Klima und Klimabodentypen in Europa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkundliche Forschg. **1**, 1928/29, S. 139.
26. Kramer, E.: Über die Bildungsweise der Terra rossa des Karstes. Mitt. d. Musealver. f. Krain, **12**, 1899, S. 150.
27. Graf zu Leiningen, E.: Entstehung und Eigenschaften der Roterde. Intern. Mitt. f. Bodenkunde **7**, 1917, S. 39.
28. Graf zu Leiningen, E.: Bemerkungen zu der Abhandlung von Prof. Dr. E. Blanck: „Zum Terra rossa-Problem." Intern. Mitt. f. Bodenkunde **7**, 1917, S. 247.
29. Graf zu Leiningen, E.: Die Roterde (Terra rossa) als Lösungsrest mariner Kalkgesteine. Chemie der Erde **4**, 1930, S. 178.
30. Liatsikas, N.: Die Verbreitung der Bodentypen in Griechenland. Bodenkundliche Forschg. **4**, 1934/35, S. 413.
31. Philippson, A.: Das Mittelmeergebiet. 3. Aufl. Berlin und Leipzig 1914.
32. Ramann, E.: Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin 1918.
33. Reifenberg, A.: Über die Rolle der Kieselsäure als Schutzkolloid bei der Entstehung mediterraner Roterden. Zeitschr. f. Pflanzenernährung usw. **10**, A, 1927, S. 159.

34. Reifenberg, A.: Die Bodenbildung im südlichen Palästina in ihrer Beziehung zu den klimatischen Faktoren des Landes. Chemie der Erde **3**, 1938, S. 1.
35. Reifenberg, A.: Zur Frage der Roterdebildung. Zeitschr. f. Pflanzenernährung usw. **14**, A, 1929, S. 259.
36. Reifenberg, A.: Die Entstehung der Mediterran-Roterde (Terra rossa). Kolloidchemische Beihefte **28**, 1929, S. 56.
37. Reifenberg, A.: Die Verwitterung von Sandstein, Kalkstein und Basalt im Roterdegebiet. Zeitschr. f. Pflanzenernährung usw. **13**, A, 1929, S. 53.
38. Reifenberg, A.: Die Abhängigkeit der Roterdebildung vom Muttergestein. Bodenkundliche Forschg. **2**, 1930/31, S. 201—203.
39. Reifenberg, A.: Soil formation in the Mediterranean. Trans. III. Intern. Congr. Soil Science I, 1935, S. 306.
40. Stebutt, A.: Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Berlin 1930.
41. Stremme, H.: Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. Geol. Rundschau **5**, 1915, S. 480.
42. Stremme, H.: Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin 1926.
43. Tućan, Fr.: Die Kalksteine und Dolomite des Kroatischen Karstes. Ann. Géologiques de la Péninsule Balkanique **6**, S. 609, Belgrad 1906.
44. Vageler, P.: Grundriß der tropischen und subtropischen Bodenkunde. Berlin 1930.

Extraction of Humus from Soil with Alkalies and its Colorimetric Estimation

(Extraktion von Humus aus dem Boden mit Alkalien und seine kolorimetrische Bestimmung. — Extraction de l'humus du sol par les alcalis et son dosage colorimétrique)

by

Amar Nath Puri and **Anand Sarup**

Irrigation Research Institute, Lahore (India)

Extraction of humus from soils with alkalies was well known even in the very early days of Soil Science; and several methods of estimating humus based on its solubility in alkalies were in use (1, 3, 4, 8, 9). Experience has shown all these methods to be defective and they have been practically displaced by rapid oxidation methods (6, 12).

In going through the literature one finds a curious tendency towards the use of alkalies of very high concentration, even as much as 10 N, without any apparant justification for it. It has been shown that humates of alkali metals are soluble in water (7); and it is as such that they are extracted from the soil. However, in the soil, they exist as Ca, Mg, Al, or Fe humates wrongly designated as adsorption complexes. It is evident that before we can understand the mechanism of humus extraction from soils, we must know the action of alkalies on humic acid and various humates. We shall, therefore, study in the first instance the solubility of humic acid and humates in different alkalies at various pH values. Merck's "pure humic acid" was used for this study and the various humates were prepared according to the methods of formation discussed in the earlier publication (7).

Solubility of humic acid in different alkalies

0.1 gm. portions of humic acid were shaken for 24 hours with increasing amounts of alkalies and pH values determined with the glass electrode. It was then filtered and humus determined in the filtrate by the alkaline permanganate method (6). The results are plotted in Fig. 1. It will be seen that the solubility depends on the nature of the alkali and the pH value of the medium. All alkali hydroxides are almost equally effective. Of the alkaline earth hydroxides $Mg(OH)_2$ is the only one that can extract humus, though the solubility of Mg humate is less than that of alkali humates. It must be admitted that alkaline earth

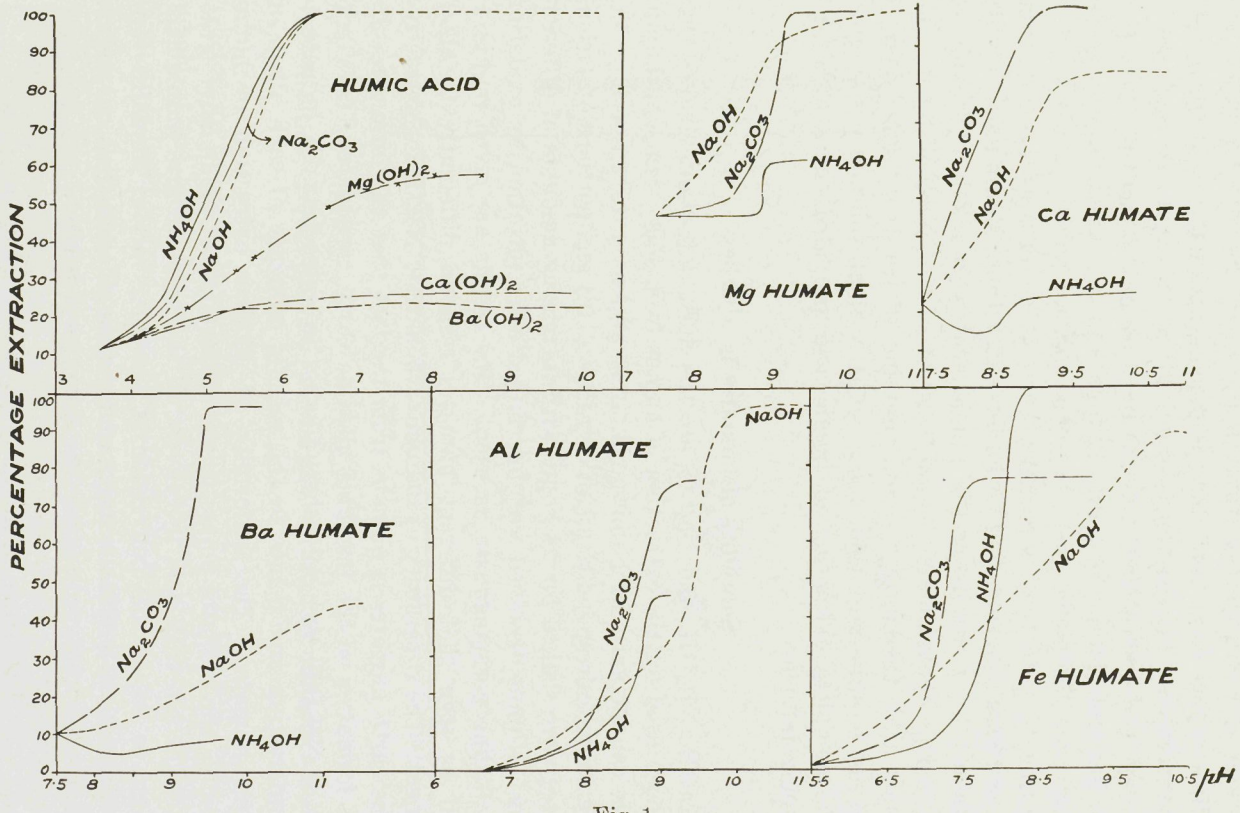

Fig. 1
Solubility of humic acid and humates in different alkalies

hydroxides have never been used for humus extraction, but the results have been included in this study as they emphasise the fact that alkaline extraction of humus is essentially a process of humate formation and the efficacy of a particular alkali is dependent on the solubility of the humate formed. The part played by pH value, though important is secondary in the sense that it marks the various steps in the conversion of the insoluble humic acid into soluble humate, which process seems to have been completed just above the neutral point i. e. pH 7. It is interesting to note that apparantly there is no justification for using alkalies of high concentration for humus extraction. Maximum solubility is obtained by neutralizing the humic acid with alkali hydroxide to pH 7. This is approximately equal to 20 cc. of 0.02 N alkali for 0.1 gm. of humic acid, therefore, if a soil contains 10 per cent humic acid, it should not require more than 100 cc. 0.04 N alkali solution per 10 gms. for the complete extraction of humic acid provided the soil has no disturbing influence.

Solubility of humates in alkalies

NaOH, NH_4OH, and Na_2CO_3 are the most important alkalies that have been used for the extraction of humus from soils. Since all humus in soils cannot exist as humic acid, it is necessary to know how the various humates respond to alkali extraction. 0.1 gm. portions of various humates were shaken for 24 hours with increasing amounts of different alkalies. Humus dissolved was determined after filtration by oxidation with alkaline permanganate as usual. The results are given in Fig. 1. It will be seen that different humates respond differently to alkali treatment. The superiority of sodium carbonate to NaOH for extracting alkaline earth humates is obvious from the fact that the former results in the formation of the insoluble alkaline earth carbonate. The superiority of NH_4OH over all other alkalies in extracting Fe humate is very interesting and points to the specific influence of each alkali on different humates. The uniformity of alkaline extraction of humic acid unlike the humates points to the advisability of preliminary treatment of the soil with acid to convert all the humates into humic acid. In order to see if this conversion is possible, various humates were leached with 0.05 N HCl. It was found that in all cases the basic radicle was completely removed leaving the humic acid behind.

Extraction of humus from soils by alkalies

A black cotton soil of high base exchange capacity and containing 4.63 per cent humus was selected for this study in the first instance.

It was treated with 0.05 N HCl to convert all the natural humates to humic acid followed by leaching with water. Five gm. portions of the treated soil were shaken for 24 hours with different alkalies of varying concentration. The relation between pH value and humus extracted (expressed as percentage of total humus present in the soil) is shown in Fig. 2. It is seen that with all alkalies practically no humus is ex-

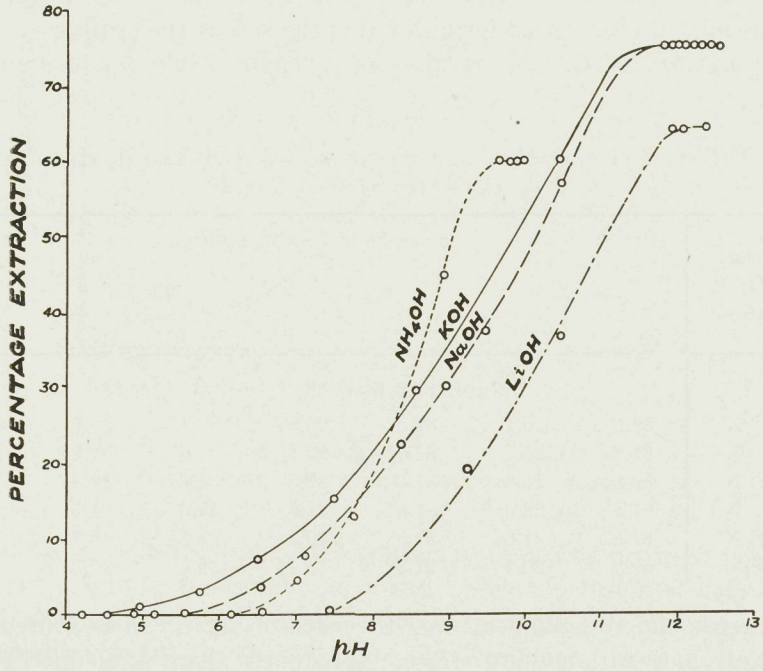

Fig. 2
Relation between pH value and humus extracted by different alkalies

tracted up to pH 5. It may be that up to this pH the soil takes up the whole of the alkali and no humate is formed or the formation of the humate is itself restricted irrespective of the soil.

It appears that the whole of the organic matter cannot be extracted from a natural soil by treatment with alkalies in the cold. The effect of time, temperature, and the strength of alkali on the extraction of humus from the soil was, therefore, studied systematically. Since the extraction referred to one soil under varying experimental conditions, humus was estimated colorimetrically.

Effect of strength of alkali and temperature of extraction

It was pointed out in the foregoing that Na_2CO_3 is a better reagent than NaOH for extracting Ca humates. On the other hand, NaOH has obvious advantages over Na_2CO_3 in providing a medium of higher alkalinity. Sodium carbonate has another advantage in keeping the soil flocculated and facilitating the filtration of the dissolved humus free from clay particles. A mixture of Na_2CO_3 and NaOH, therefore, appears to be ideal solution for extracting humus from soils. Various strengths of this mixture were used for extracting the soil at the ordinary temperature and at 70° C. The results are given in Table 1 and show the

Table 1

Effect of temperature and strength of NaOH-Na_2CO_3 mixture on the extraction of humus

Strength of NaOH solution	Strength of Na_2CO_3 solution						
	0.1 N		0.2 N		0.5 N		0
	70° C	20° C	70° C	20° C	70° C	20° C	70° C
	Percentage of total humus extracted						
2 N	82.0	26.1	82.0	26.5	80.1	25.6	50.5
N	81.8	21.7	82.0	22.3	75.5	22.2	20.3
0.2 N	81.8	21.9	81.8	22.0	39.1	21.8	16.35
0.1 N	81.8	22.0	81.8	21.0	39.0	21.5	4.95
0.05 N	81.5	21.6	81.0	20.1	27.3	19.1	0
0	59.3	20.9	37.3	18.74	20.5	17.3	0

very great effect of temperature. Strength of alkali can be varied from 0.1 N to 2 N without any effect. Apparently there is no justification for using alkali stronger than 0.1 N or 0.2 N with respect to NaOH and Na_2CO_3. It is also clear that NaOH or Na_2CO_3 cannot extract as much as a mixture of both. It is important that the exact part played by Na_2CO_3 should be well understood. Its main function lies in converting Ca and Mg humates into Na humates and the precipitation of $CaCO_3$. Na oxalate would behave in a similar manner and a mixture of NaOH and Na oxalate should prove equally effective in extracting humus from soils. This was actually tested for a number of soils for which it was found to be as effective as Na_2CO_3. However, it cannot be recommended for calcareous soils as it can react with $CaCO_3$. The temperature has a profound influence on extraction which should be kept above 70° C to obtain maximum extraction. This will be clear from Fig. 3 in which the effect of temperature on extraction of humus is shown graphically.

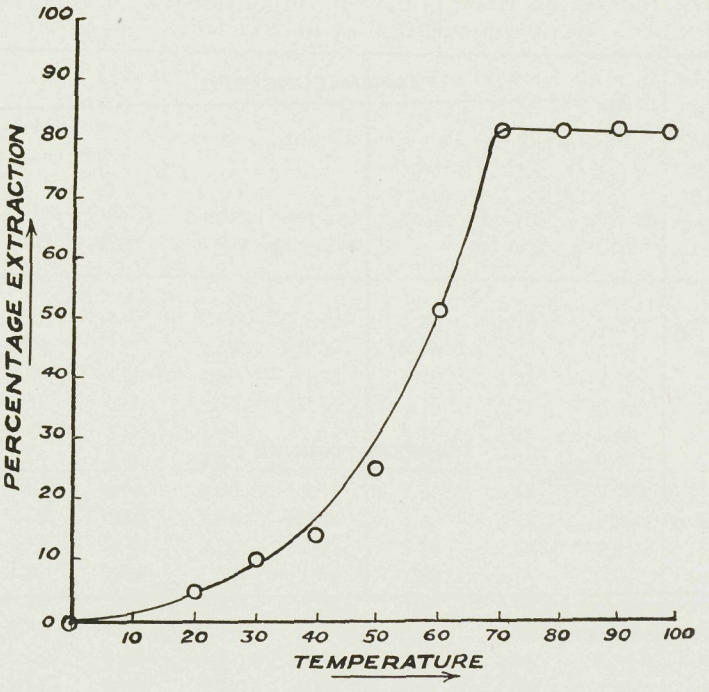

Fig. 3
The effect of temperature on the extraction of humus

$NaOH$-Na_2CO_3 mixture 0.2 N with respect to each was used. It is seen that at 0° C humus is insoluble in alkali. This conclusion is very important and suggests a slight modification in the technique for estimating exchangeable Ca by the K-acetate-oxalate-carbonate method (5). It was observed that some humus soils gave a coloured extract when the reaction was carried out at 10° C. The coloured extract could not be titrated directly with $KMnO_4$ and a modified precedure was suggested for them. A number of humus soils were examined for exchangeable Ca by the K-acetate-oxalate-carbonate method at 0° C. It was observed that when humus was present even to the extent of 24% the filtrate was only slightly coloured, which did not interfere in the $KMnO_4$ titrations. A striking feature of all these results is the concordance of values for maximum extraction and shows that there is a definite percentage of the total organic matter that is capable of being extracted by alkali. This point will be referred to again.

The effect of time of shaking on the amount of humus extracted was next studied. The results are plotted in Fig. 4 and show that the

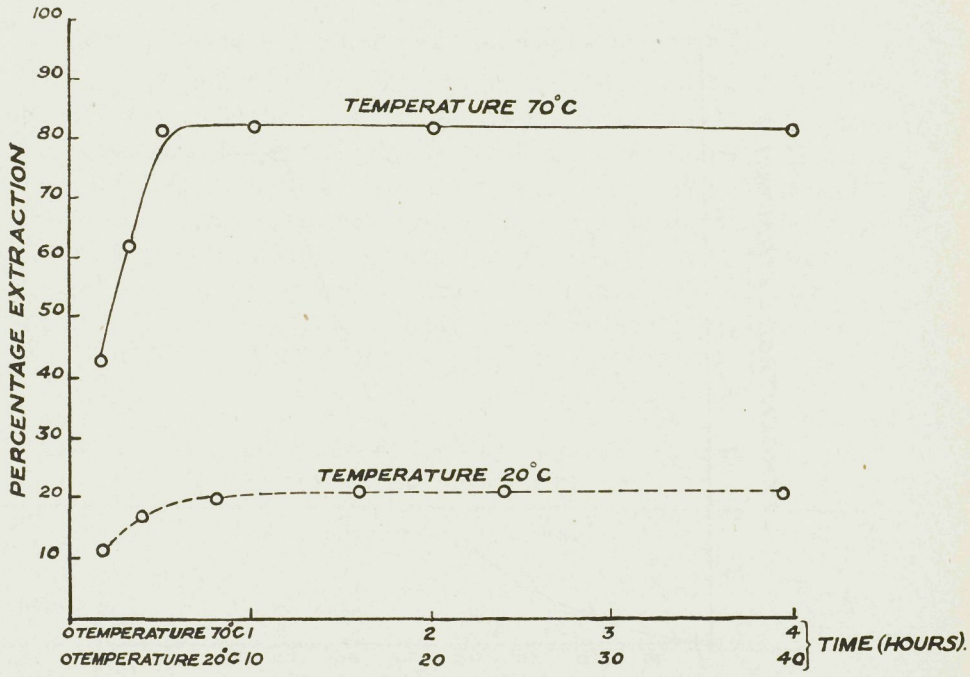

Fig. 4
The effect of time of shaking on the extraction of humus

maximum extraction in the cold is obtained in 8 hours and above 70° C in 30 minutes. It is a remarkable fact that the amount of humus extracted in the cold also reached a maximum which did not increase on longer shaking, but as soon as the temperature is raised, this maximum reaches another constant but of very much higher value.

It is interesting to note that whatever the treatment, it is not possible to extract the whole of the organic matter from this soil. In order to see if the soluble and insoluble humus bear some relation to each other, 36 soils belonging to the Mitscherlich collection were extracted with 0.2 N $NaOH$-Na_2CO_3 before and after acid treatment and organic matter was determined in the soil before extraction and in the extract by the alkaline permanganate method (6). Extraction was done both by shaking a known weight of the soil with a known volume of the alkali, filtering and titrating an aliquot of the filtrate (referred to as single extraction); as well as by leaching a known weight of the soil with hot alkali till the filtrate was clear. The filtrate in this case was made up to a known volume and an aliquot titrated with alkaline permanganate (referred to as leaching). The results given in Table 2

Table 2. Extraction of humus by $NaOH$-Na_2CO_3 mixture from various soils (Mitscherlich series)

Soil No.	Untreated soils				Acid treated soils			Percentage extraction in untreated soils	Percentage extraction in acid treated soils
	Total humus per cent		Extracted		Total humus per cent	Extracted			
	Alkaline $KMnO_4$	Colorimetric	Single per cent	Leaching per cent		Single per cent	Leaching per cent		
6	1.88	1.62	1.90	1.92	1.88	1.79	1.85	101.1	95.2
7	2.70	3.06	2.50	2.55	3.69	2.85	3.12	92.6	77.2
8	5.00	4.50	4.10	4.25	5.20	4.00	4.10	82.0	76.9
9	3.56	4.00	3.50	3.55	3.46	3.41	3.42	98.3	98.8
11	2.29	2.00	1.59	1.54	2.18	2.32	2.30	69.4	106.4
12	4.17	4.50	3.43	3.60	3.69	3.77	3.75	82.3	102.2
13	2.72	2.54	3.06	2.95	2.35	2.69	2.70	112.5	114.5
14	2.65	2.40	2.54	2.60	2.49	3.03	2.95	95.8	121.7
15	2.72	2.40	2.21	2.22	2.18	2.18	2.20	81.3	100.0
16	1.51	1.42	1.59	1.57	1.88	2.15	2.01	105.3	114.4
17	3.23	3.00	3.22	3.25	2.86	2.96	2.99	99.7	103.5
18	3.80	4.10	3.92	3.85	3.19	3.38	3.45	103.2	106.0
19	6.08	6.95	5.27	5.32	5.82	5.31	5.32	86.7	91.2
20	2.27	2.00	2.20	2.25	1.81	1.98	1.95	96.9	109.4
21	8.10	11.50	7.65	7.56	7.47	7.20	7.20	94.4	96.4
22	3.42	3.20	3.24	3.25	2.72	2.15	2.20	94.7	79.0
23	3.26	3.50	3.30	3.32	2.69	2.76	2.70	101.2	102.6
24	0.94	0.82	1.11	1.01	1.01	1.00	1.05	118.1	99.0
25	2.92	2.85	2.95	2.92	2.28	2.38	2.35	101.0	104.4
26	3.26	3.25	3.40	3.32	2.15	2.89	2.85	104.3	134.4
27	2.49	2.00	1.80	1.89	2.49	1.75	1.72	72.3	70.3
28	1.95	2.10	2.00	2.01	1.75	1.75	1.89	102.6	100.0
29	2.08	2.00	2.21	2.19	1.88	1.95	1.92	106.3	103.7
30	1.61	1.52	1.74	1.65	1.34	1.28	1.35	108.1	95.5
31	1.48	1.28	1.40	1.52	1.34	1.25	1.39	94.6	93.3
32	1.95	1.85	2.00	2.01	1.58	2.01	2.05	102.6	127.2
33	2.62	1.82	1.92	2.02	2.42	2.20	2.22	73.3	90.9
34	3.56	5.20	3.36	3.42	3.60	3.40	3.45	94.4	94.4
36	4.87	7.52	5.10	5.02	4.56	4.62	4.69	104.7	101.3
37	4.06	3.24	3.34	3.45	4.03	3.50	3.56	82.3	86.8
38	2.39	2.15	2.24	2.30	2.36	2.42	2.40	93.7	102.5
39	1.81	1.59	1.65	1.72	1.70	1.52	1.55	91.2	89.4
40	5.31	6.00	4.14	4.25	5.23	4.20	4.31	78.0	80.3
41	3.36	3.25	3.05	3.20	3.50	3.25	3.20	90.8	92.9
42	4.54	3.85	4.17	4.25	4.65	4.21	4.29	91.9	90.5
P.C. 75	34.00	—	27.30	30.20	41.60	25.80	32.50	80.3	62.0
P.C. 82	22.50	—	12.66	12.52	23.40	12.73	12.80	56.7	54.4
P.C. 84	26.30	—	17.70	20.25	29.50	1.00	21.58	67.3	57.6

show that from 70 to 100 per cent of organic matter can be extracted by alkalies depending on the nature of the soil. It is a remarkable fact that for the majority of soils practically the whole of the humus is extracted by $NaOH$-Na_2CO_3 and that acid treatment has no particular advantage. When it is remembered that only 0.5 to 1 gm. of soil was taken for the estimation of humus by alkaline permanganate and sampling error is considerable, the agreement is even closer than indicated by percentage differences.

Highly humus soils show large variations. This is partly due to the fact that only 0.25 gms. of soil could be taken for each determination, thus increasing the sampling error. Besides, such soils admittedly contained dead leaves and woody material which could not be classed as humus. Arnold and Page (2) have studied the extraction of organic matter of the soil with alkali. The following alkali solvent has been suggested by them for this purpose.

Sodium hydroxide	Commercial	44 gms.
Potassium hydroxide		2.2 gms.
Sodium phosphate (Na_2HPO_4)		2.0 gms.
Sodium silicate solution sp. gravity 1.12		20 cc.
Water to make		1000 cc.

For use this stock solution was diluted with an equal volume of water, thus making approximately 0.5 N alkali. The use of phosphate and silicate was advocated with the object of precipitating Ca salts which were supposed to depress the extraction. This elaboration would seem hardly justified, when it is remembered that the authors recommended a preliminary treatment of the soil with dilute HCl. The comparative efficiency of this solvent and $NaOH$-Na_2CO_3 mixture suggested in this paper is illustrated in Table 3 which shows that the later is decidedly better than the former. When it is remembered that the method of Arnold and Page involves seven hours boiling for the completion of the extraction, the advantages of the $NaOH$-Na_2CO_3 method would at once become apparent.

Waksman (10) who studied the extraction of humus with alkali divided humus into two fractions. The part of the organic matter soluble in alkalies and precipitated by acids he called α fraction. When the acid solution, obtained after the α fraction has been removed, is neutralised with an alkali, another precipitate is formed, which is soluble both in alkali and in acid, and which he termed the β fraction of soil organic matter. It may be remembered that the β fraction which is light brown in colour and not black as the α fraction, contains only

Table 3
Extraction of humus by two methods

Soil No.	Humus per cent	
	Arnold and Page	$NaOH-Na_2CO_3$
6	1.38	1.90
7	1.24	2.50
8	2.76	4.10
9	2.00	3.50
11	1.38	1.59
12	2.24	3.43
13	1.55	3.06
14	1.76	2.54
15	1.38	2.21
16	1.28	1.59
17	2.07	3.22
18	2.58	3.92
19	4.34	5.27
20	1.59	2.20
21	4.48	7.65

30% of organic and 70% inorganic material, largely aluminum. It does not seem right that a substance containing 70% inorganic material should be designated organic matter, much less a fraction of humus. The fallacy underlying this misconception must be ascribed to the lack of appreciation of the rôle of inorganic materials in humus. When it is remembered that humus in soils exists as humates of which Fe and Al humates form quite a substantial portion, the genesis of β fraction becomes clear. As a matter of fact, the so-called β fraction is nothing but Fe and Al humates mixed with varying proportions of free alumina. Such a mixture is soluble both in acids and alkalies and has an iso-electric zone very near that ascribed to the β fraction. This view is supported by the fact that the β fraction is practically absent in peats, and is only light brown in colour. The phenomenon could be easily demonstrated by taking various humates and mixtures of humic acid and Fe and Al humates in varying proportions, and subjecting these to the Waksman's extraction process, when varying proportions of the β fraction will result in the case of Fe and Al humates, but no such fraction appears in humic acid or other humates. This will be seen from Table 4. It may be noted that humic acid and various humates

Table 4

β-fraction in humic acid and humates by Waksman,s extraction method

Description of the mixture	N · $KMnO_4$ required for oxidation				Weight of the β-fraction
	for total humus	for humus in solution after removing α-fraction	for humus in solution after removing β-fraction	for β-fraction	
Humic acid 0.1 gm. Fe humate 0.1 gm.	20.1	1.7	1.0	0.65	0.0450 gm.
Humic acid 0.1 gm. Fe humate 0.2 gm.	27.5	2.0	1.1	0.8	0.0633 gm.
Humic acid 0.1 gm. Fe humate 0.3 gm.	34.25	2.2	1.6	0.8	0.1101 gm.
Humic acid 0.1 gm. Al humate 0.1 gm.	21.6	1.8	1.35	0.4	0.0503 gm.
Humic acid 0.1 gm. Al humate 0.2 gm.	30.2	1.8	1.4	0.3	0.0647 gm.
Humic acid 0.1 gm. Al humate 0.3 gm.	39.25	2.4	2.1	0.4	0.0766 gm.
Humic acid 0.1 gm. Fe humate 0.1 gm. Al humate 0.1 gm.	28.35	2.2	1.1	1.1	0.0666 gm.
Humic acid 0.1 gm. Fe humate 0.2 gm. Al humate 0.2 gm.	44.1	2.6	1.2	1.4	0.1056 gm.
Humic acid 0.1 gm.	13.1	1.5	1.55	—	—
Mg humate 0.1 gm.	10.82	1.72	1.75	—	—
Ca humate 0.1 gm.	10.9	1.52	1.56	—	—
Ba humate 0.1 gm.	9.5	1.49	1.50	—	—
Li humate 0.1 gm.	11.36	1.75	1.76	—	—
Na humate 0.1 gm.	11.6	1.82	1.80	—	—
K humate 0.1 gm.	11.7	1.80	1.79	—	—
NH_4 humate 0.1 gm.	12.2	1.9	1.85	—	—

require different amounts of $KMnO_4$ for oxidation, owing to the fact that the weight of a humate includes the metallic ion which is inert.

Waksman has suggested the extraction of humus with NaOH. Not only that, but he is definitely against any preliminary treatment with acid. It is, however, unfortunate that his conclusions are based on the examination of only two soils, which might have contained very little exchangeable calcium.

Colorimetric estimation of humus

Colorimetric methods of estimating humus in soils have been developed and used by several workers. An excellent review of these is given in Waksman's treatise on Humus (11). The obvious defects of these methods lie in the fact that the whole of the humus cannot be brought into solution by alkaline extraction on which all these methods depend. As a matter of fact, the technique of alkaline extraction has been so varied and defective that any method based on it must suffer from this initial disadvantage.

The success of the $NaOH$-Na_2CO_3 mixture in extracting the major portion of soil humus brought forth the question of its colorimetric estimation, as the failure of these methods in the past has been largely due to the incomplete extraction of the humus with alkalies.

It is futile to develop any colorimetric method with the object of finding the total organic matter, but it is quite possible that the alkali-soluble portion in different soils determined with the improved technique, which constitutes by far the most important portion of the humus in soil, might not show wide variations in tint. In any case it would be quite interesting to compare the amount determined colorimetrically with its reducing property for alkaline permanganate. The following procedure was, therefore, adopted to gather information on these points.

1-5 gms. of soil were shaken with 100 cc. $NaOH$-Na_2CO_3 mixture exactly as described in the normal procedure for alkaline extraction. The extract was examined colorimetrically as well as by oxidation with alkaline permanganate.

One hundred and seven soils were used for this study. They belonged to the Mitscherlich collection, and must be familiar to international workers. The soils Nos. 6—42 were examined in greater detail, and the results have already been given in Table 2. The results with the remaining soils are given in Table 5.

Table 5

Humus content in soils (Mitscherlich series) by different methods

Soil No.	Total humus per cent in the soil	Total humus per cent in the alkali extract	
		$KMnO_4$	Colorimetric
43	3.31	2.59	2.62
44	2.31	1.10	1.05
45	2.83	2.52	2.65
46	11.80	10.70	12.50
47	4.10	3.86	3.92
48	5.60	3.66	4.06
49	1.66	2.34	2.05
50	2.17	2.59	3.20
54	8.28	7.25	10.52
55	2.38	1.38	1.52
56	10.84	8.28	11.75
57	2.81	1.79	2.03
59	5.86	3.65	3.42
60	1.86	1.38	1.52
61	1.36	1.03	1.05
62	8.59	6.90	10.52
63	4.86	3.38	3.50
64	2.54	2.13	2.30
65	—	3.97	4.00
66	19.73	17.20	22.25
67	2.62	2.28	2.42
68	5.18	4.18	4.55
69	3.86	3.12	3.53
70	4.49	3.21	3.25
71	2.14	2.14	2.35
72	1.83	1.70	1.65
73	2.62	2.48	2.52
74	1.54	2.28	2.35
75	2.05	1.97	2.50
76	2.04	1.43	1.50
77	4.43	4.35	4.20
78	2.36	3.01	3.03
79	3.17	2.72	3.05
80	2.10	1.97	2.05
81	2.59	1.97	1.98

(continued on next page)

Table 5 (continued)

Soil No.	Total humus per cent in the soil	Total humus per cent in the alkali extract	
		$KMnO_4$	Colorimetric
82	5.25	4.07	4.51
83	4.69	3.48	4.20
84	1.53	1.10	1.05
85	2.00	1.28	1.75
86	1.45	1.01	1.23
87	4.56	3.52	4.03
88	2.53	1.69	2.12
89	4.79	3.52	4.21
90	4.66	3.76	4.56
91	1.66	1.48	1.35
92	4.39	3.59	4.05
93	4.10	2.45	2.95
94	2.38	1.48	1.92
96	2.90	2.00	2.52
97	2.28	1.62	1.75
98	4.14	3.69	4.02
99	1.66	1.04	1.52
100	4.07	2.55	3.20
101	2.10	1.02	1.52
102	1.24	0.79	1.02
103	2.97	2.14	2.50
104	3.45	1.93	2.52
105	4.62	2.80	3.05
106	2.14	1.14	1.23
107	2.31	1.45	1.62
108	2.89	2.83	2.75
109	2.17	2.24	2.52
110	2.03	2.07	2.00
111	2.10	1.27	1.57
112	2.52	2.14	2.42
113	2.62	2.48	2.45
114	2.79	2.38	2.32
116	1.90	1.31	1.15
117	3.38	2.96	2.57
118	2.21	1.41	1.80
119	3.00	2.55	2.72
120	2.07	1.38	1.54

The standard colour was an extract from any one soil in which humus was determined by alkaline permanganate method. It will be seen that the colorimetric method compared well with the permanganate oxidation method. The agreement, perhaps, is not so close as would be desired in exact analytical procedure. However, the quick oxidation methods of estimating humus are themselves not very exact and a greater accuracy for a substance like humus so unevenly distributed in soil is neither attainable nor desirable. It is a remarkable fact that alkali-soluble humus from various sources should have the same tint, otherwise the results could not have been so consistent. It must be mentioned that when the humus content of a soil is above 6 %, the whole of it cannot be extracted with alkali in the ratio of 5 : 100. For such soils leaching with alkalies must be resorted to or the proportion of alkali must be increased to the extent of 1 : 100 for complete extraction. This ratio was used for soils Nos. 46, 54, 56, 62, 66.

Summary

Factors influencing the extraction of humus from soils by alkalies have been investigated. The maximum extraction is effected by a mixture of NaOH and Na_2CO_3 at 70° C and for the majority of mineral soils, it is equal to the total humus present in the soil.

With the improved technique for extraction, the alkali-soluble humus could be determined colorimetrically with sufficient accuracy for a substance like humus which is so unevenly distributed in soils.

References

1. Arnold, C. W. B. and Page, H. J.: Studies on the carbon and nitrogen cycles in the soil. II. The extraction of the organic matter of the soil with alkali. Journ. Agric. Sci. 20, 460, 1930.
2. Aschman, C. and Faber, H.: Zur Bestimmung der Humussubstanz in der Ackererde. Chem. Ztg. 23, 61, 1899.
3. Fallot, B.: Humus et humification. Sur une méthode de dosage de l'humus dans les terres. Chimie et Ind. 11, 873, 1924.
4. Kreulen, D. J. W.: Die Bestimmung des Humussäuregehaltes verdünnter Lösungen mittels Kaliumpermanganats. 1931.
5. Puri, A. N.: Estimating exchangeable calcium and other cations in soils. Soil Sci. 42, 47, 1936.
6. Puri, A. N. and Sarup, A.: Studies in soil humus. Part I. Estimation of soil humus by oxidation with alkaline permanganate. Soil Sci. 44, 323, 1937.
7. Puri, A. N. and Sarup, A.: Studies in soil humus. Part II. Potentiometric study of the formation of humic acid and humates. Soil Sci. 45, 165, 1937.

8. Springer, U.: Neuere Methoden zur Untersuchung der organischen Substanz im Boden und ihre Anwendung auf Bodentypen und Humusformen. Ztschr. Pflanz. Düng. Boden A 22, 135, 1931.
9. Vincent, M.: Les matières humiques des sols de Brétagne, leur dosage et leur importance comme réserves azotées. Proc. 2nd Inter. Soil Sci. Congr. Moscow 3, 164, 1932.
10. Waksman, S. A.: The origin and nature of soil organic matter or soil "humus". II. Method of determining humus in the soil. Soil Sci. 22, 221, 1926.
11. Waksman, S. A.: Humus. The Williams and Wilkins Company, Baltimore. 1936.
12. Walkley, A. and Black, I. A.: An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37, 29, 1934.

Geo-pedogenesi delle terre sul delta del Tevere

(Géo-pédogenèse des sols du Delta du Tevere. — Geological and Pedological Genesis of the Soils of the Tevere Delta — Die geologisch-bodenkundlichen Verhältnisse im Gebiet des Tiberdeltas)

G. de Angelis d'Ossat, Roma

La stretta valle, lungo la quale serpeggia lo storico Tevere, dopo aver ricevuto, a valle di Roma, il tributo del Fosso Galera, si allarga e s'intrude, con la carratteristica cuspide deltizia, nel mare Tirreno, fra terre paludose e malsane. Il Governo italiano ha già redenta idraulicamente ed igienicamente la tristamente celebre regione malarica ed ora si appresta a bonificarla integralmente, per concederla alla appropriata coltivazione intensiva. Il grave lavoro di redenzione ferve per ogni dove e già si raccolgono frutti promettenti.

Un regio Decreto (17 ott. 1935, XIII) ha riordinato i consorzi operanti nel comprensorio di Ostia, permettendo ad un Consorzio sulla sinistra del Tevere di elaborare un grandioso piano di bonifica, che comprende una vastissima zona a sinistra del fiume. Esso ha già ricevuto l'approvazione delle alte gerarchie tecniche statali ed è opera quasi esclusiva dell'ingegnere R. Gramigna, specialista. Essendo stato chiamato a collaborare come geo-pedologo, ho potuto esaminare minutamente il sottosuolo del largo comprensorio in relazione alla genesi del soprastante terreno agrario.

Presentemente, con la maggiore brevità possibile, mi studierò di far conoscere la genesi delle terre bonificande e di mettere in evidenza la ragione della carenza di alcuni elementi biociclici.

Il comprensorio bonificando, a sinistra del Tevere, si estende sulla bassa pianura deltizia e parzialmente sul primo gradino continentale: la prima essenzialmente costituita dalle sabbie alluvionali tiberine e da quelle delle dune recenti ed il secondo dalle sabbie delle antiche dune. Queste ultime ricoprono, alla loro volta, le formazioni salmastre e ghiajose dell'antico mare quaternario. I posteriori tufi vulcanici, che si allargano per quasi tutto l'altipiano romano, compaiono appena all'estremità del comprensorio presso il fosso di Malafede. La regione è ben nota sotto i riguardi geografici, geologici ed idrografici: ma non ancora a sufficienza pedologicamente. Una copiosissima bibliografia, antica e recente, potrebbe essere ricordata se la natura del presente scritto lo richiedesse.

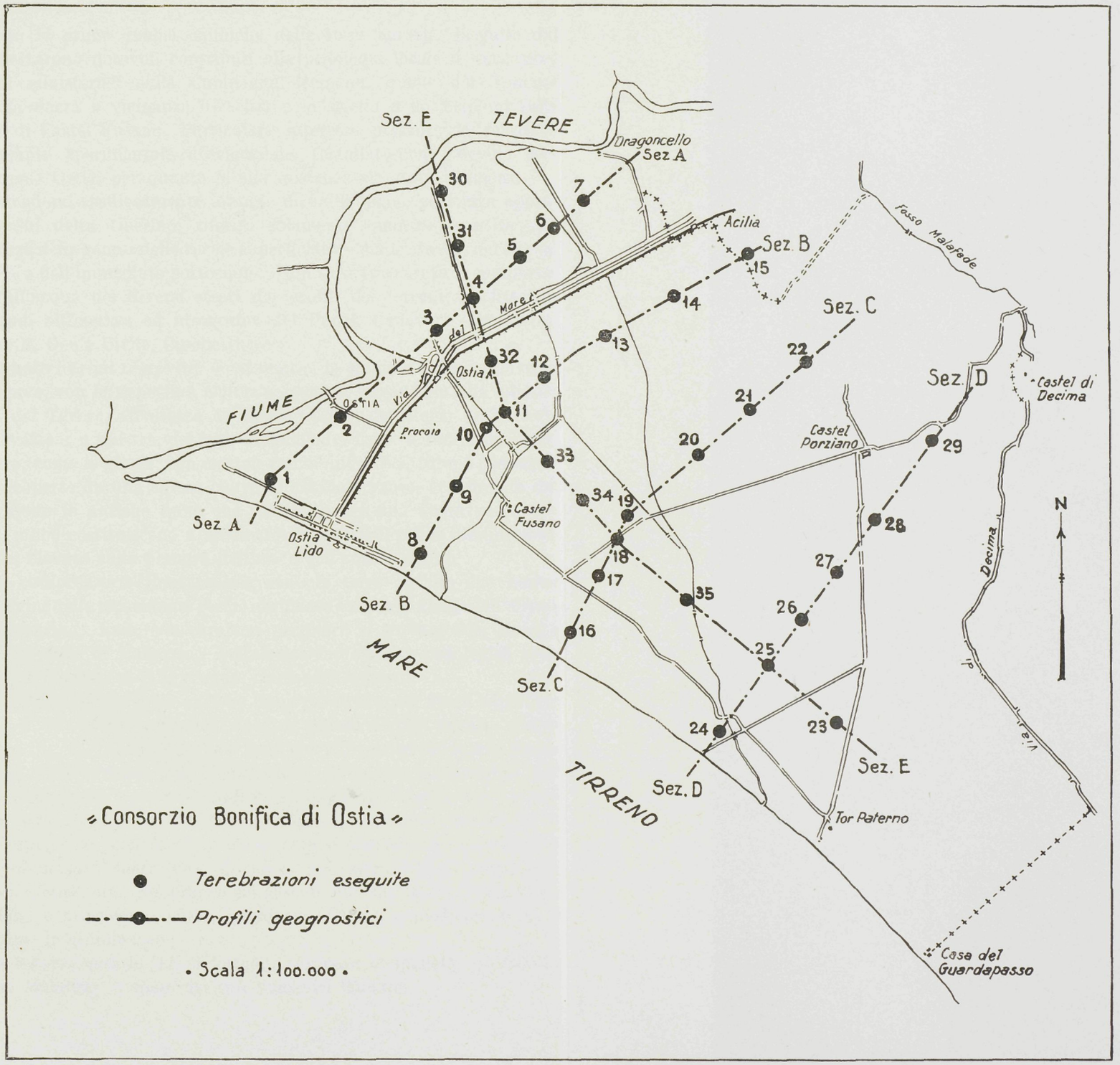
Sez. E
TEVERE
Dragoncello
Sez A
Acilia
Sez. B
Fosso Malafede
Sez. C
Sez. D
Castel di Decima
Mare
del
Ostia
Via
OSTIA
FIUME
Procoio
Castel Porziano
Castel Fusano
Sez A
Ostia Lido
Sez B
MARE
Sez. C
TIRRENO
Sez. D
Sez. E
Tor Paterno
Decima
Via di
Casa del Guardapasso
N
«Consorzio Bonifica di Ostia»
Terebrazioni eseguite
Profili geognostici
• Scala 1:100.000 •

Figura 1

Dopo le prime analisi chimiche delle terre agrarie, eseguite dal Bechi, portarono notevoli contributi alla pedologia locale le successive relazioni ministeriali sulla Campagna Romana, quelle del Tomassi sull' Isola Sacra e vicinanze di Ostia e lo studio dello Scipioni sulla Tenuta di Castel Fusano. Particolare interesse presenta la relazione dell'impianto sperimentale d'irrigazione, installato-con lodevole premura-presso Ostia, per quanto la sua esistenza sia stata effimera.

Tenendomi studiosamente lontano da un'indagine geologica approfondita sul delta tiberino, riferirò solamente quanto necessita alla conoscenza della genesi delle roccie superficiali — madri dirette dei terreni agrari — e dell'immediato sottosuolo. Non sarà trascurato il comportamento all'acqua dei diversi strati dei profili dei terreni; profittando degli studi altimetrici ed idrografici del Ponzi, Canavari, Amenduni, Perrone, R. Genio Civile, Cipolletti, ecc.

Durante i primi tempi del Quaternario, la spiaggia ghiajosa marina si allungava, con le rispettive lagune salmastre, rimanendo alla odierna sinistra del Tevere, all'altezza di Monte Cugno, dei Monti di S. Paolo e dell'elevazioni, a sinistra, del fosso di Malafede. Tanto le roccie argillacee salmastre; come le ghiaje, con ciottoli trachi-andesitici, furono posteriormente ricoperte da una spessa coltre di sabbie ocracee, accumulate dal vento. Sono le antiche dune che affiorano per una vasta zona, ora interna, e che costituiscono a mediocre altimetria il primo gradino continentale, elevato sulla pianura deltizia e dell'antico stagno.

Nel comprensorio limitatissime sono le terre agrarie che hanno avuto origine dalle menzionate roccie argillacee e sopra le ghiaje dell'antica spiaggia marina. Esse, con caratteri peculiari, si trovano alla sinistra della bassa valle di Malpasso. Nella relazione chimico-pedologica sono riferite dal Tomassi al [12] gruppo, come sarà esposto.

Le sabbie eoliche delle antiche dune ricoprono più vasta saperficie e sopra di esse si sono generati quattro tipi di terreni agrari, riferiti ai numeri [5], [6], [7] ed [8]. Sono terre che pur provenendo dalla stessa roccia, si differenziano per modificazioni chimiche intervenute, per iniziato trasporto e per accidentali intercalazioni di argilla, ecc. La loro fertilità però rimane sempre scarsa. Sopra queste terre spesseggia il bosco cespuglioso, con le seguenti principali essenze legnose: *Quercus robur*, *pedunculata*, *suber*, *ilex; Carpinus orientalis; Ulmus campestris; Cistus salvifolius*, etc. Nei prati e nei pascoli, durante la stagione umida, abbondano e prosperano varie leguminose, trifogli e mediche; mentre sono scarse le graminacee.

Un terreno agrario [11] si formò, a coronare le spallette di sinistra del fosso Malafede, a spese dei tufi vulcanici leucitici.

Il Tevere, con i materiali abbondanti trasportati meccanicamente alla foce, costruisce e prolunga il suo delta colle continue deiezioni e con le ripetute alluvioni. Parte del materiale dal mare è distribuito lungo le spiagge marine, quanto mai mutevoli ed irregolari presso il delta: l'azione eolica accumula le sabbie in serie collinose, subparallele alla spiaggia; increspando i cordoni di dune (tumoleti) fra i quali si prolungano bassifondi, che divengono — nella vicenda delle stagioni — stagni od acquitrini, nei quali si sedimentano le particelle delle torbide acque. Si depositano così le roccie minutamente sabbiose, ormai ricche di minerali vulcanici e nell'immediato dentroterra le roccie argillose in relazione con le paludi. Le prime originano terreni magri [9] e [10], sui quali naturalmente alligna la svariata flora litoranea: *Quercus ilex; Pinus pinea; Arbutus unedo; Phillarea angustifolia, latifolia; Erica arborea; Juneperus phoenicea*; *Pistacea lentiscus*; *Mirtus communis; Cistus incanus, salvifolius*, etc.; sulle roccie più o meno argillacee si formano terre di media ed elevata fertilità, con una flora spontanea, decisamente palustre: *Fraxinus excelsior; Alnus glutinosa; Cyperus; Carex; Typha; etc.*

Lungo il percorso infimo del Tevere le alluvioni originano le terre relative [1], di buona fertilità.

Infine deve considerarsi la lunga insenatura marina, che si distende in direzione E—O, analogamente a quella di Maccarese sulla destra, appena a monte di Ostia. Le comunicazioni della laguna col mare si riducono sempre più sino al totale distacco. Nel fondo salmastro si depongono le relative marne, le torbe marnose ed il limo. La evoluzione di questa morfa, sulla quale è risentita l'influenza del fattore antropoico, può in parte seguirsi sulle antiche rappresentazioni cartografiche, come in quella dell'Ameti (1606) e del Morozzo (1791) ed in tante altre. Le terre conservano ancora una parziale salsedine e corrispondono ai tipi controsegnati dai numeri [2], [3] e [4] di varia fertilità.

Una più intima corrispondenza fra la carte geologica e pedologica non potevasi certamente sperare: la stessa relazione ho già rilevato nell'analoga regione Pontina.

La seguente sezione geologica, schematica, (NE—SO), rappresenta appunto l'indicato rapporto fra i diversi tipi delle terre agrarie e le roccie madri corrispondenti. Nello stesso tempo fa conoscere i reciproci valori cronologici dei sedimenti del sottosuolo. (Ved. Fig. 1.)

* * *

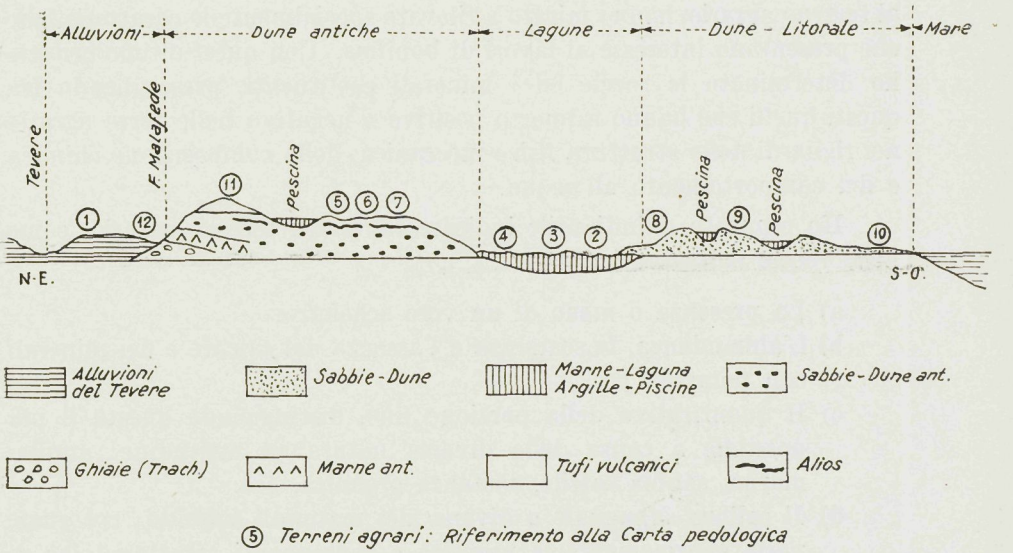

Figura 2

Allo scopo di conoscere, sotto tutti i riguardi, il profilo dei terreni agrari dell'esteso comprensorio bonificando, sono state eseguite 35 trivellazioni, in località prescelte con criteri geo-pedologici. (Ved. Carta, Fig. 2.) Il soprasuolo, come spesso il sottosuolo, è stato pure chimicamente esplorato con ammirevole dettaglio chimico dalla R. Stazione chimico-agraria di Roma. Le terebrazioni sono distribuite, con pari densità, sopra tutta la superficie: esse si trovano sopra quattro direzioni (A, B, C e D) subparallele, le quali poi rimangono attraversate da una quinta (E) spezzata. Le cinque sezioni geognostiche rappresentano la notomia del consorzio in tutte le sue caratteristiche pedologiche: Per ciascun pozzo (1—35) è fissato lo spessore degli strati incontrati, la quota sul mare, il riferimento al piano di campagna, le descrizioni litologica, pedologica e geo-idrologica dei campioni accuratamente prelevati; però con tutte quelle riserve che impone l'indagine eseguita sopra materiale limitato ed estratto per mezzo delle ordinarie trivelle. Graficamente si rappresentano gli svariati tipi litologici ed a fianco il loro relativo comportamento alla permeabilità all'acqua. È stato altresì indicato il livello delle acque freatiche eventualmente incontrate (Ved. Fig. 3—7).

Nel redigere le sommarie descrizioni dei terreni agrari ho fatto tesoro delle locali designazioni pedologiche, delle analisi chimiche e del valore della reazione. Le determinazioni delle roccie, sottostanti

al terreno agrario, hanno mirato a rilevare specialmente le caratteristiche che presentano interesse ai lavori di bonifica. Con quest'ultimo criterio ho determinato le roccie ed i minerali costituenti, prescegliendo fra questi quelli che hanno rapporto positivo o negativo nelle terre agrarie nei riguardi della struttura fisico-meccanica, della composizione chimica e del comportamento all'acqua.

Ho reputato quindi utile indicare tanto nel terreno agrario, come nelle roccie sottostanti:

a) La presenza o meno di un vero scheletro.
b) L'abbondanza, la scarsezza o l'assenza del calcare e dei minerali con potassio, ecc.
c) Il quantitativo della porzione fine, distinguendo questa il più possibile a causa della diversa natura ed attitudine: argilla, marna, sabbia sottile, sostanza organica, ecc.
d) Il calibro subuguale o diverso dei materiali sabbiosi; col quale varia enormemente la porosità e conseguenti caratteristiche di comportamento all'acqua ed ai gas.
e) La presenza dell'eccezionale formazione dell'Alios (ortstein), tanto infesta alla bonifica.
f) Il livello eventuale delle acque incontrate con la terebrazione, procurando distinguere quelle freatiche dalle prefonde, le salmastre dalle dolci.
g) Il comportamento alla permeabilità idrica del suolo e sottosuolo.

* * *

Descrizione delle terebrazioni

Sezione A—A (Fig. 3). Terebrazione No. 1

No. d'ordine = (α)	Spessore degli strati m. = (β)	Quota sul mare 0 = 10.00 m. = (γ)	Riferimento al piano di campagna m. = (δ)	Classifica roccie perforate = (ε)
1	1.10	11.59—10.49	0—1.10	Sabbia [9] Carta pedologica
2	1.70	10.49—8.79	1.10—2.80	Sabbia
3	0.20	8.79—8.59	2.80—3.00	Sabbia
4	1.20	8.59—7.39	3.00—4.20	Sabbia

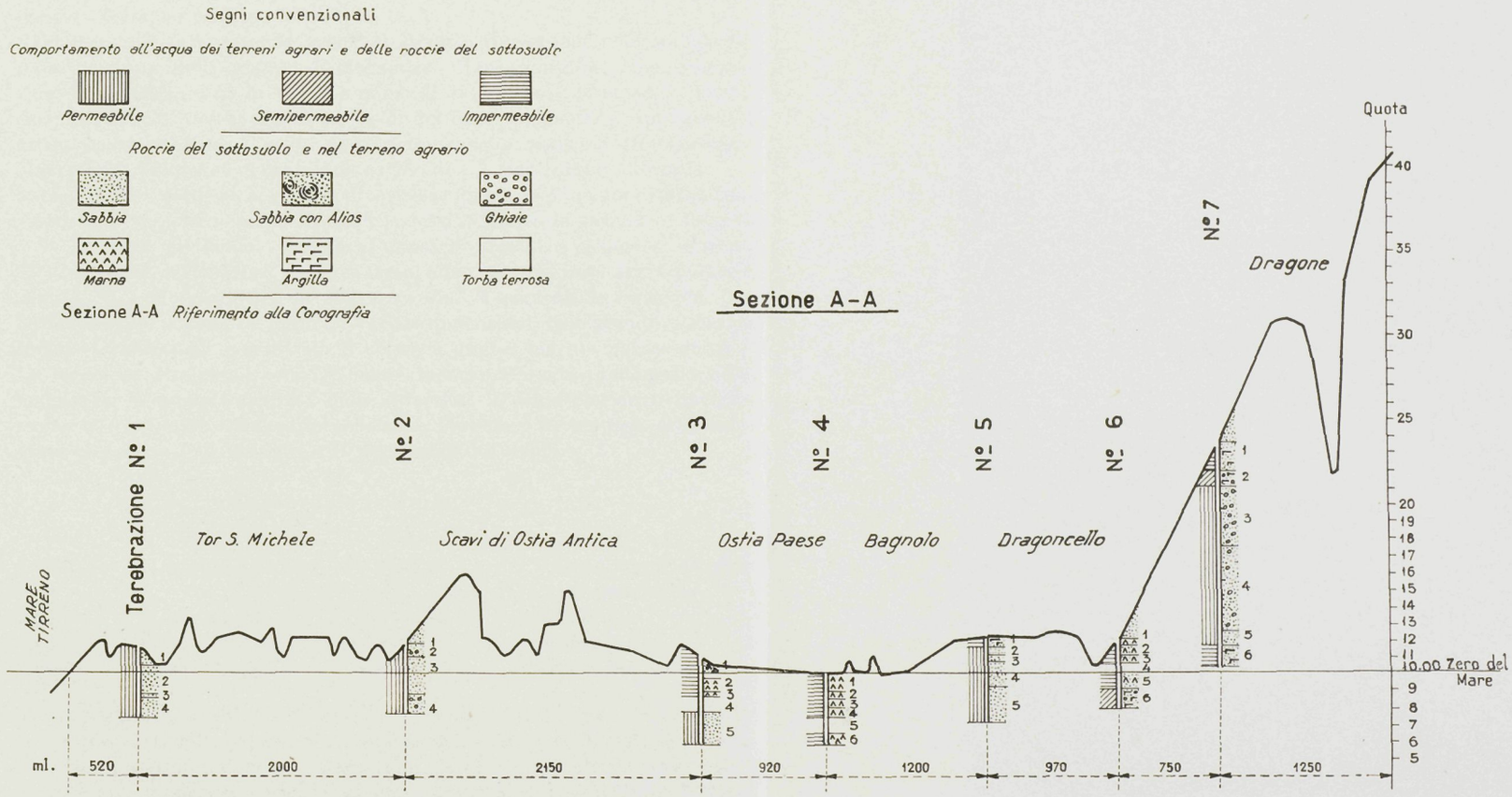

Figura 3 (pag. 142)

1 — Sabbia sottile, poligenica; ad elementi di varia dimensione, con piccolissimi ciottoletti arrotondati di piromaca (mm. 1—2, d.); porta frustoli vegetali e conchiglie d'acqua dolce e terrestri. Il colore è grigio. Si riconoscono roccie e minerali diversi: piromaca di vario colore; quarzo; calcari di vario colore ed epoca; miche; augite; magnetite ed altri ossidi di ferro. Manca quasi l'argilla ed il materiale argilloide. La calamita attira pochi granuli. L'acido cloridrico fa effervescenza viva; ma fugace. Il terreno agrario difetta di scheletro e di argilla. È permeabile all'acqua. Rispetto alla falda freatica il franco è di m. 1.40.

2 — Sabbia sottile, eterogenea; grani di diverse dimensioni; colore oscuro, quasi nero per molti cristalli di magnetite. Manca l'argilla. Non si hanno frustoli vegetali. Fra le roccie e minerali si trovano: piromaca, quarzo, calcari, feldspati, mica, augite ed ossidi del ferro (magnetite). La calamita attira molti granuli. L'acido cloridrico risveglia notevole effervescenza. Manca lo scheletro ed il materiale argilloide. È permeabile all'acqua.

3 — Sabbia sottile, poligenica, granuli di svariate dimensioni, alcuni arrotondati: colore oscuro quasi nero per frustoli vegetali. Manca lo scheletro, l'argilla e la sostanza argilloide. Roccie e minerali presenti: piromaca, quarzo, calcari, augite, feldspati ed ossidi di ferro, mica. La calamita attira parecchi granuli. L'acido cloridrico fa effervescenza. È permeabile all'acqua.

4 — Sabbia sottile; poligenica, grani di svariate dimensioni; i più grandi — sempre sottili — subrotondi e calcarei. Il colore è grigio; ma più chiaro del n. 1. Le roccie ed i minerali sono gli stessi menzionati, con predominio della magnetite, la quale è attirata dalla calamita. L'acido cloridrico risveglia molta effervescenza. Manca lo scheletro, l'argilla e la materia argilloide: quest'ultima appena presente. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 2

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.30	11.75—11.45	0—0.30	Terreno agrario sabb. [1] Carta pedologica
2	0.40	11.45—11.05	0.30—0.70	Sabbia
3	2.30	11.05—8.75	0.70—3.00	Sabbia
4	1.20	8.75—7.55	3.00—4.20	Sabbia con ghiaie

1 — Terreno agrario, sabbioso. Granuli poligenici, sottili, capaci a funzionare da materiale argilloide; ma che non rimane sospeso in acqua. Si hanno ciottoletti, subrotondi, di piromaca (mm. 1—2 d.). Tendenza alla formazione di glomeruli, poco coerenti, per impregnazioni di ossido idrato di ferro. Presenti frustoli vegetali. Il colore è grigio scuro. Le roccie e minerali sono poco riconoscibili per inoltrata alterazione e trasformazione; si distingue: quarzo, mica, augite, piromaca e calcari. La calamita attira magnetite, rossastra per alterazione. L'acido cloridrico fa viva effervescenza; ma fugace. Manca lo scheletro; è presente il materiale argilloide. L'analisi chimica svela ricchezza di Az. Ph. e Ca. e mancanza di K. Reazione subalcalina. È quasi impermeabile all'acqua. Il franco dalla falda freatica è di m. 1.35.

2 — Sabbia quasi grossolana, poligenica; con ciottoletti numerosi, subrotondi di piromaca e di cristalli di augite (mm. 1—4 d). Manca lo scheletro.

Difetta altresì la sostanza argilloide; la parte più sottile risulta specialmente di quarzo e di piromaca. Molti minerali sono profondamente alterati; specialmente l'augite, la magnetite e la mica: le loro dimensioni sono svariate. La sabbia reagisce all'acido cloridrico. È semipermeabile all'acqua.

3 — Sabbia grossolana con particelle sottili, poligeniche. I granuli maggiori più o meno arrotondati, sono di piromaca; poi si riconoscono: cristalli di augite e di ossidi di ferro; calcari diversi e laminette di mica profondamente alterate. Il materiale sabbioso si riunisce in glomeruli di poca coerenza. Sabbia di colore scuro, verso il nero. La calamita attira parecchi granuli. L'acido cloridrico fa effervescenza. Manca un vero scheletro ed una congrua parte di materiale argilloide. È permeabile all'acqua.

4 — Sabbia poligenica, grossolana, con ghiaie; non manca la parte sottile. Le ghiaie, subrotonde, sono in prevalenza di piromaca, di vario colore, e raggiungono le dimensioni di cm. 1.5 di diametro; non mancano le calcaree. La lente riconosce: augite, magnetite, feldspato, quarzo e mica. La calamita attira pochi granuli. L'acido cloridrico effervesce notevolmente sulla parte sottile. Mancando la porzione argilloide, la roccia è permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 3

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.20	10.46—9.26	0—1.20	Terreno agrario sabbio-marnoso [1] Carta pedologica
2	0.80	9.26—8.46	1.20—2.00	Marna
3	0.30	8.46—8.16	2.00—2.30	Marna
4	0.90	8.16—7.26	2.30—3.20	Torba
5	1.80	7.26—5.46	3.20—5.00	Sabbia

1 — *Terreno agrario, sabbio-marnoso; colore grigio, con tendenza al marrone* Nella porzione maggiore, sottilissima, sono compresi i soliti minerali, le sostanze vegetali e frammentini di conchiglie sottili. La parte sabbiosa è abbondante; ma non costituisce scheletro; vi si riconosce: piromaca, quarzo, feldspato, augite, miche e particelle di calcari diversi. L'acido cloridrico suscita discreta effervescenza. All'acqua si comporta quasi come impermeabile.

2 — Marna grigia, per idratazione giallastra nelle fessure; compatta; vi si scorgono laminette di mica e frustoli conchigliari di Helix. Si nota molta effervescenza all'acido cloridrico. Manca lo scheletro e troppo abbondante è la porzione argillosa. È impermeabile assolutamente all'acqua; se non fessurata per disseccamento.

3 — Marna come la precedente; però meno compatta. Il colore è più chiaro della precedente; di questa anche più ricca in carbonato di calcio. Manca assolutamente di scheletro. È impermeabile del tutto all'acqua.

4 — Torba terrosa, nera, leggera. Racchiude conchiglie di molluschi di acqua dolce: vi ho riconosciuto specie del gen. *Limnaea*.

5 — Sabbia poligenica; i frustoli di torba la rendono quasi nera. La sabbia è sottile. Nel campione si osservano frammenti angolosi di marna; forse provenienti dagli strati superiori (n. 2 e 3). Anche fra la sabbia sottile, composta dei soliti minerali, spesseggiano i granuli di torba. Il carbonato di

calcio è svelato dall'effervescenza che risveglia l'acido cloridrico. La calamita attrae pochi granuli di ossido ferroso-ferrico. Manca lo scheletro e forse totalmente la parte argillosa. È permeabile all'acqua, però non eccessivamente.

Terebrazione No. 4

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.00	10.09—9.09	0—1.00	Terreno agrario marn. [3] Carta pedologica
2	0.50	9.09—8.59	1.00—1.50	Marna
3	0.50	8.59—8.09	1.50—2.00	Marna
4	0.60	8.09—7.49	2.00—2.60	Marna
5	1.00	7.49—6.49	2.60—3.60	Torba terrosa
6	0.60	6.49—5.89	3.60—4.20	Marna

1 — Marna compatta; color tortora; nelle fessure, per limonite, giallastra. Contiene abbondanti e piccolissime valve di Cardium, le quali fanno riconoscere l'origine stagnale e salmastra della roccia madre del terreno agrario. Non manca il Ph.; ma è assente il K. Dal punto di vista agrario, il terreno manca di scheletro nel senso assoluto; non è punto permeabile alla acqua e quasi certamente è provvisto di salsedine residua che lo rende alcalino.

2 — Marna compatta dello stesso colore della precedente; più ricca in gusci di molluschi. È simile del resto alla precedente. È impermeabile all'acqua. L'origine è sicuramente salmastra.

3 — Marna come le precedenti, solamente più oscura e più ricca in carbonato di calcio. È impermeabile all'acqua. Di origine salmastra anche la presente (alcalina).

4 — Marna salmastra, meno compatta delle precedenti; di colore più oscuro, per fiammate nere (sostanza torbosa) e giallastre (idrossido di ferro). Piccoli nuclei ferruginosi (ferrosi), sparsi nella massa, sono alterati in limonite (ferrici). Manca lo scheletro. È impermeabile all'acqua.

5 — Torba terrosa, nera, omogenea; con venuzze marnose di vario colore. Racchiude molti frammenti di conchiglie sottili.

6 — Marna compatta, omogenea. Colore palombino-scuro. Porta avanzi conchigliari di ambiente salmastro. Manca lo scheletro. È impermeabile all'acqua. Contiene cloruri. Effervescente vivamente in acido cloridrico per presenza di carbonati.

Terebrazione No. 5

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.60	12.24—11.64	0—0.60	Terreno agrario, sabbio-argilloso [5] Carta pedologica
2	0.50	11.64—11.14	0.60—1.10	Sabbia ocracea
3	0.40	11.14—10.74	1.10—1.50	Sabbia
4	1.50	10.74—9.24	1.50—3.00	Sabbia
5	2.00	9.24—7.24	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, sabbioso e parzialmente argilloso. Il colore è marrone ferruginoso per idrossido ferrico. Porta molti frustoli vegetali. Nelle sabbie, sottilissime, si riconoscono malamente, per subita alterazione, i soliti minerali. La parte sottile non fa effervescenza in acido cloridrico. Povero in Az. Ph. K. e Ca. Subacido. Assente lo scheletro. Impermeabile alla acqua. Il franco dalla falda freatica è di m. 3,25.

2 — Sabbia sottile, poligenica, ocraceo-rossastra. Tende a formare grumi di poca coerenza. La limonite ricopre i minerali alterati, massime i ferruginosi. Qualche granulo più grande, subrotondo, è di piromaca. La sabbia non ha scheletro e difetta d'argilla. Niuna effervescenza produce l'acido cloridrico sulla sabbia. La calamita attira solo qualche granulo. È permeabile all'acqua.

3 — Sabbia meno sottile della precedente, del resto simile. La colorazione tende più al giallastro. Nessuna effervescenza sviluppa l'acido cloridrico. I grumi sono più consistenti. È permeabile all'acqua.

4 — Sabbia quasi grossolana, giallastra. Poligenica. Grumosa. I minerali di ferro sono alteratissimi. La parte sottile risulta di particelle trasparenti e bianche; però non effervesce in acido cloridrico. Manca quasi la parte argilloide. La calamita attira pochissimi granuli. È permeabile all'acqua.

5 — Sabbia sottile, poligenica; di colore grigio-giallastro. L'argilla è assente: manca lo scheletro. Assenza di carbonati. I soliti minerali sono presenti, meno la calcite. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 6

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.40	12.01—11.61	0—0.40	Terreno agrario, marno-sabbioso [1 e 2] Carta pedologica
2	0.60	11.61—11.01	0.40—1.00	Marna
3	0.40	11.01—10.61	1.00—1.40	Marna sabbiosa
4	0.60	11.61—10.01	1.40—2.00	Torba terrosa
5	1.00	10.01—9.01	2.00—3.00	Sabbia marnosa
6	1.00	9.01—8.01	3.00—4.00	Sabbia ocracea

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso; grigio-brunastro; ricco di sostanza organica; provvisto di calcare (reazione positiva all'acido cloridrico). I minerali sono profondamente alterati ed irriconoscibili. Manca lo scheletro. Ricco in Az., provvisto di Ph.; deficiente in K. e Ca.; subalcalino. Come impermeabile si comporta all'acqua.

2 — Terra agraria, bruna, con frustoli vegetali; ricco di marna. Porta ghiaiette (mm. 1—4, d), subrotonde, di piromaca e frammentini bianchi che effervescono in acido cloridrico. La sabbia profondamente alterata non fa riconoscere i minerali che la costituiscono. Manca lo scheletro. È impermeabile all'acqua. La falda sotterranea trovasi dalla superficie a m. 2.10.

3 — Marna sabbiosa, di colore oscuro, include ghiaiette di piromaca (mm. 1—3, d), subrotonde e rare. Mancano le solite particelle bianche o sono ridotte di molto. È quasi senza scheletro ed impermeabile all'acqua.

4 — Torba terrosa, magra, leggera, nera. Infarcita di granuli minerali bianchi di natura diversa, non sicuramente riconoscibili ad un esame sommario.

5 — Sabbia marnosa, colore grigio, con ghiaiette (mm. 1—3, d) di piromaca subrotonde. Si differenza dal no. 3 per maggiore abbondanza di sabbia e per il colore meno cupo.

6 — Sabbia sottile, ocracea, con intonazioni giallastre e rossastre. Porta ghiaie (mm. 1—4, d) e poco materiale argilloide. Tende a riunirsi in grumi per formazione di limonite. Manca lo scheletro ed il calcare (il saggio all'acido cloridrico è negativo). È semipermeabile all'acqua, giudicandolo dall'esame del campione.

Terebrazione No. 7

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.80	23.36—21.56	0—1.80	Terreno agrario, argillo-sabbioso [5] Carta pedologica
2	0.90	21.56—20.66	1.80—2.70	Sabbia ocracea
3	3.50	20.66—17.16	2.70—6.20	Ghiaie e sabbia
4	5.00	17.16—12.16	6.20—11.20	Sabbione
5	0.80	12.16—11.36	11.20—12.00	Sabbia
6	1.00	11.36—10.36	12.00—13.00	Sabbia argillosa

1 — Terreno agrario, argilloso-sabbioso, a granuli sottili; di colore marrone-rossiccio. Compatto. L'acido cloridrico non desta effervescenza affatto. Manca lo scheletro. Nella sabbia si riconoscono i soliti minerali. È assolutamente impermeabile all'acqua.

2 — Sabbione marrone-giallastro, con ghiaie di piromaca, subrotonde (mm. 3 e 15, d); meno argilloso del precedente (sabbione ocraceo-scuro). Presenta poco scheletro. L'acido cloridrico non svela carbonati. Deve essere quasi impermeabile all'acqua.

3 — Ghiaie sciolte, di varia grandezza, fino al d. di cm. 3, commiste ad una sabbia ocracea, come sopra. Le ghiaie sono quasi tutte di piromaca e subrotonde. La roccia è permeabile all'acqua.

4 — Sabbione poligenico; con ghiaie, subrotonde, di piromaca, variamente colorate. La calamita attrae pochissimi granuli di magnetite. L'acido cloridrico non produce effervescenza, mancano quindi i carbonati. Limitato è il quantitativo di sabbia sottile. Ne risulta un mezzo permeabilissimo all'acqua.

5 — Sabbia sottile, poligenica, grigio-chiara, con ghiaiette (mm. 1—3, d) di piromaca, subrotonde. Nella sabbia i soliti elementi litologici e mineralogici, fra i quali non mancano i calcarei. La calamita attrae parecchi granuli, specialmente di magnetite. L'acido cloridrico suscita discreta effervescenza. È roccia permeabile all'acqua e non permeabilissima per le diverse dimensioni dei granuli e per la presenza dell'idrossido ferrico commisto.

6 — Sabbia argillosa, marrone, con ghiaie di piromaca di maggiori dimensioni rispetto al campione soprastante. La calamita poco o punto materiale attrae. L'acido cloridrico non fa effervescenza. Funziona da strato impermeabile all'acqua.

Sezione B—B (Fig. 4). Terebrazione No. 8

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	5.00	12.97—7.97	0—5.00	Sabbia

[10] Carta pedologica

1 — Sabbia poligenica, sottile; per colore grigia. Le roccie ed i minerali riconoscibili sono: piromache e calcari di colori diversi; quarzo; augite; miche; feldspato e minerali del ferro. Le dimensioni dei grani sono svariate. La calamita attrae molti granuli neri (magnetite). Fra i grani più grandi si osservano: cristallini di augite, arrotondati, di mm. 3 di lunghezza; frequenti granuli, subrotondi, di piromache di diverso colore. L'acido cloridrico suscita sul calcare viva e persistente effervescenza: è pero povera in Az. Ph. e K. Manca la porzione argilloide e lo scheletro efficiente in terreno agrario. È permeabile all'acqua. Il franco sulla falda freatica raggiunge m. 1,80.

Terebrazione No. 9

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.40	13.35—12.95	0—0.40	Terreno agrario, sabb.
				[9] Carta pedologica
2	3.60	12.95—9.35	0.40—4.00	Sabbia
3	1.00	9.35—8.35	4.00—5.00	Sabbia con ghiaiette

1 — Terreno agrario, sabbioso, ad elementi sottilissimi e poligenici; poco o punto argilloso. Il colore è grigio scuro. Sono presenti le sostanze organiche. I minerali sono alterati. La porzione finissima, messa in acqua, subito decanta. Presenza di carbonati per effervescenza in acido cloridrico. È poco permeabile alla acqua. Il franco sulla falda freatica è di m. 2,00.

2 — Sabbia fine, poligenica, con piccole ghiaiette (mm. 1—3, d); per la maggior parte di piromaca, di vario colore; poi cristalli di augite, subrotondi; scheggie di quarzo e falderelle di feldspato; laminette di mica, biotite; granulazioni sottilissime di magnetite. È presente pure il calcare, svelato dall'effervescenza che produce l'acido. La calamita attira pochi e piccoli granuli. Il colore è grigio; però più chiaro della sabbia del Pozzo 8. Manca un vero scheletro. La sabbia è permeabile all'acqua.

3 — Sabbia sottile, come la precedente; ma più ricca di ghiaiette, fra le quali predominano i cristallini di pirosseno (neri e verde-bottiglia di augite) e granuli di magnetite. Si riconosce poi: il quarzo, il feldspato e la mica. Poichè le ghiaie possono raggiungere i mm. 7 ed 8 si ha un vero scheletro. La elevata permeabilità all'acqua deriva dalla deficienza, quasi assoluta, del materiale argilloide.

Terebrazione No. 10

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.20	11.87—10.67	0—1.20	Terreno agrario sabbio-argilloso
				[9] Carta pedologica
2	2.00	10.67—8.67	1.20—3.20	Sabbia sottile
3	0.80	8.67—7.87	3.20—4.00	Sabbia sottilissima

1 — Terreno agrario, sabbio-argilloso: risulta di sabbia sottilissima, profondamente alterata; i cui prodotti argilloidi impastano i rimanenti granuli minerali ed i frustoli organici. Manca assolutamente lo scheletro. Limitatissima è la permeabilità all'acqua. Fugace e tenue effervescenza suscita l'acido cloridrico. La falda freatica è profonda m. 1.20.

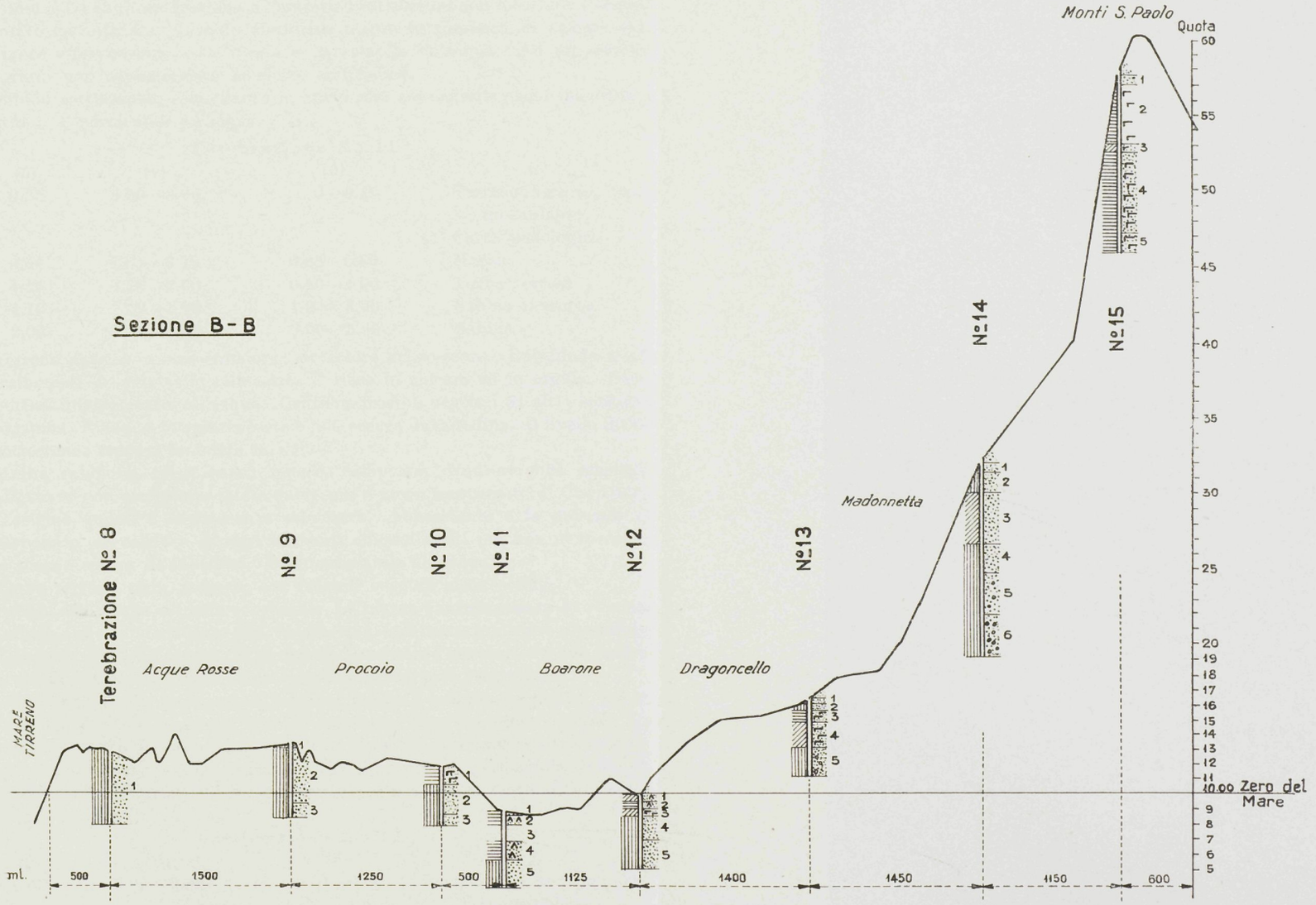

Figura 4 (pag. 148)

2 — Sabbia sottile, grigio-chiara, talvolta raccolta in grumi anche più chiari; questi presentano poca consistenza. Si riconoscono i soliti minerali e comuni roccie. La calamita attira parecchi granuli (specialmente di magnetite). Granuli sporadici (piromaca ed augite) superano il diametro di 1 mm. La limitata frazione di materiali sottilissimi non intorbida l'acqua, subito decantando. L'acido cloridrico scopre la presenza di calcare con vivace effervescenza. La roccia è permeabile all'acqua. Ad un terreno agrario non apporterebbe scheletro sufficiente.

3 — Sabbia sottilissima, somigliante in tutto alla soprastante; solo mancano i grumi. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 11

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.25	8.90—8.65	0—0.25	Terreno agrario, marno-sabbioso [1] Carta pedologica
2	0.55	8.65—8.10	0.25—0.80	Marna
3	1.10	8.10—7.00	0.80—1.90	Torba terrosa
4	1.10	7.00—5.90	1.90—3.00	Sabbia marnosa
5	2.00	5.90—3.90	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso; di colore grigio-scuro. Racchiude molti frammenti di conchiglie salmastre. È ricco in calcare ed in argilla. Comportasi impermeabile all'acqua. Contiene frustoli vegetali ed altra sostanza organica. È una terra agraria forte e non scevra di salsedine. Il livello idrico sotterraneo trovasi profondo m. 0.80.

2 — Marna sabbiosa, grigio-cupa; tenace, compatta. Non avrebbe scheletro affatto se non contenesse molte valve, più o meno frantumate, di Cardium. L'origine quindi è sicuramente salmastra. Abbondante è la presenza di carbonato di calcio e di altri elementi chimici utili; ma non deve essere la marna scevra di salsedine. È impermeabile all'acqua.

3 — Torba terrosa, nera, leggera, con frustoli vegetali riconoscibili.

4 — Sabbia con marna e molte conchiglie. La marna è intramezzata da venuzze torbose, che conferiscono alla massa una struttura lamellare irregolare. È impermeabile all'acqua. Il campione forse non è genuino, avendo potuto acquistare materiali dagli strati soprastanti durante l'estrazione.

5 — Sabbia poligenica, scura, quasi nera per minerali (augite, magnetite, mica). Contiene frustoli vegetali. L'acido cloridrico produce effervescenza. La calamita attira parecchi granuli. Non mancano frammenti di conchiglie di Cardium, che non costituiscono però scheletro. È permeabile all'acqua. La sabbia sembra simile alla soprastante; ma è scevra di materiali eventualmente inglobati.

Terebrazione No. 12

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.40	9.96—9.56	0—0.40	Terreno agrario, marno-sabbioso [1] Carta pedologica
2	0.40	9.56—9.16	0.40—0.80	Torba marnosa
3	0.40	9.16—8.76	0.80—1.20	Sabbia marnosa
4	1.80	8.76—6.96	1.20—3.00	Sabbia
5	2.00	6.96—4.96	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso, scuro, compatto, con rari granuli bianchi calcarei che effervescono in acido cloridrico. È presente molta sostanza organica, torbosa. Manca lo scheletro. Forse è inquinata da un residuo di salsedine. Il franco dal livello freatico è di m. 1.70. All'acqua si dovrà comportare come semi-permeabile.

2 — Torba marnosa, omogenea, nera. La marna è impregnata di torba.

3 — Sabbia, sottile conglutinata, granuli alteratissimi; colore marrone-chiaro. La calamita attira quasi nulla, come l'acido cloridrico non risveglia effervescenza. Qualche grumo è torboso. Manca lo scheletro. La porzione sottilissima non intorbida, che per poco tempo, l'acqua. La sostanza colorante deve essere probabilmente l'idrossido ferrico. Non è troppo permeabile all'acqua.

4 — Sabbia sottile, con granuli meglio conservati rispetto alla soprastante, questi però sono ricoperti da un pulviscolo argilloide che conferisce alla massa una colorazione marrone-rossastra. Le roccie ed i minerali sono i soliti. La calamita attrae pochi grani. L'acido cloridrico fa molta e non fugace effervescenza. La sabbia non intorbida che per poco l'acqua. Difetta lo scheletro, tuttavia è permeabile all'acqua.

5 — Sabbia ad elementi più grossi (mm. 1—3, d). Colore grigio-cupo. La calamita attrae molti granuli, specialmente di magnetite. Sono presenti i soliti minerali, meno la calcite; difatti l'acido cloridrico non suscita effervescenza. Manca l'argilla e la porzione argilloide; predomina la piromaca dai vari colori. È permeabilissima all'acqua.

Terebrazione No. 13

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.30	16.25—15.95	0—0.30	Terreno agrario sabbioso-umoso [6] Carta pedologica
2	0.30	15.95—15.65	0.30—0.60	Sabbia
3	0.80	15.65—14.85	0.60—1.40	Sabbia sottilissima
4	1.60	14.85—13.25	1.40—3.00	Sabbia
5	2.00	13.25—11.25	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, sabbioso-umoso. Il colore è quasi nero. Contiene molta sostanza organica. Manca il calcare (all'acido cloridrico non reagisce). Granuli minerali sottili e molto alterati. Lo scheletro difetta. Scarsa è la parte argilloide. All'acqua è quasi impermeabile. Il velo idrico sotterraneo trovasi a m. 2.90.

2 — Sabbia sottilissima, senza scheletro; colore giallastro-chiaro. I granuli appartengono ai soliti minerali: piromaca, quarzo, miche, pirosseno, ossidi di ferro. L'acido cloridrico non reagisce, mancando il calcare. In acqua subito precipita la sabbia, con le sue particelle sottilissime. È poco permeabile all'acqua.

3 — Sabbia uguale alla soprastante; ma con tendenza ai grumi. Il colore è ocraceo; ma con vario tono. Il materiale argilloide è agglomerante. Si comporta come impermeabile all'acqua. Manca il calcare. La roccia non potrebbe costituire lo scheletro in terreno agrario.

4 — Ancora la stessa sabbia sottile; ma agglutinata dalla parte argilloide: colore ocraceo. La calamita attira qualche raro granulo. L'acido cloridrico rimane inerte. Nell'acqua precipita totalmente e quasi subitamente al fondo: manca quindi di argilla. È presente invece l'idrossido ferrico. Deve ritenersi semipermeabile alla acqua.

5 — Sempre la stessa sabbia sottile, con qualche ghiaietta (mm. 2—3, d) di piromaca, subrotonda. Il colore è ocraceo. Presenta i medesimi caratteri della sabbia soprastante, però si distingue per essere permeabile all'acqua.

Tenebrazione No. 14

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.60	32.25—31.65	0—0.60	Terreno agrario, sabbioso-umoso [9] Carta pedologica
2	1.30	31.65—30.35	0.60—1.90	Sabbia ocracea
3	3.50	30.35—26.85	1.90—5.40	Sabbia ocracea
4	1.80	26.85—25.05	5.40—7.20	Sabbia
5	2.80	25.05—22.25	7.20—10.00	Sabbia con ghiaie
6	3.00	22.25—19.25	10.00—13.00	Ghiaie con sabbia

1 — Terreno agrario costituito da sabbie sottilissime; di colore marrone scuro, con grumi più cupi. Contiene molta sostanza organica. I minerali per alterazione hanno prodotto abbondante sostanza cementante: manca tuttavia la vera argilla ed il calcare. L'acido cloridrico non produce effervescenza. Insufficientemente provvisto di Ca., è povero di Ph. K. Reazione subalcalina. Manca lo scheletro. È quasi impermeabile all'acqua. Il velo sotterraneo dista dal piano di campagna per m. 11.

2 — Sabbia ocracea, rosso-scura; cementata insieme a ghiaiette di piromaca, subangolose (mm. 4—5). I granuli minerali sono alteratissimi. L'acido cloridrico non scopre il calcare. La calamita attira solo qualche granulo. Le poche ghiaie non costituiscono un autentico scheletro. È permeabile all'acqua.

3 — Sabbia più schiettamente ocracea, tendente al rosso. I granuli sono di diversa natura; ma sempre sottili. Si osservano grumi di diversa consistenza. Manca il calcare. La calamita attira qualche granulo. È meno che semipermeabile all'acqua.

4 — Sabbia sottile, giallastro-chiara; sciolta, con alcuni grumi di tenue consistenza. Qualche rara ghiaietta di piromaca di mm. 1—2, d. La calamita attira rari granuli. L'acido cloridrico non suscita effervescenza. Manca lo scheletro. È permeabile all'acqua.

5 — Identica alla soprastante, differisce solo per contenere ghiaie di 2 o 3 cm., subrotonde, di piromaca. Manca l'argilla ed il calcare. Il saggio all'acido cloridrico è riuscito negativo. È permeabile all'acqua.

6 — Ancora simile ai due soprastanti livelli: ma con ghiaie più numerose e di maggiori dimensioni (sino a cm. 14), sempre di piromaca e subrotonde. Manca il calcare. Le grosse ghiaie sono riunite dalla sabbia sottile. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 15

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.60	58.11—57.51	0—0.60	Terreno agrario, sabb. [5] Carta pedologica
2	3.90	57.51—53.61	0.60—4.50	Argilla
3	0.50	53.61—53.11	4.50—5.00	Sabbia sottile
4	5.70	53.11—47.41	5.00—10.70	Argilla sabbiosa
5	1.30	47.41—46.11	10.70—12.00	Sabbia argillosa

1 — Terreno agrario, sabbioso, con rare ghiaiette di piromaca (mm. 1—3, d). Il colore è marrone scuro. Grumoso. I granuli minerali sono profondamente alterati e poco riconoscibili. Appena visibile l'effervescenza suscitata dal trattamento con acido cloridrico. Sono presenti parecchi frustoli vegetali. La calamita attira qualche granulo. Manca lo scheletro. È appena semipermeabile all'acqua.

2 — Argilla che non effervesce affatto all'acido cloridrico. Compatta. Colore palombino; ma con chiazze ferruginose per presenza di ossidi di ferro (limonite). Non si scorgono granuli sabbiosi. Manca quindi del tutto lo scheletro. È impermeabilissima alla acqua.

3 — Sabbia sottilissima eterogenea; giallo-scura. Non intorbida, che per poco, l'acqua. Assente è l'argilla, come il calcare (l'acido cloridrico non effervesce affatto). I granuli minerali quasi tutti alteratissimi. La massa risulta porosa; ma senza scheletro. All'acqua si comporta come semipermeabile.

4 — Sabbia sottile, argillosa, che intorbida l'acqua. Non è marna, perchè l'acido cloridrico non vi produce effervescenza. La massa compatta è impermeabile all'acqua. Colorazione non unita; ma tendente al palombino. Manca un vero scheletro. Non è stato riconosciuto il quantitativo elevato di magrezza dell'argilla.

5 — Sabbia sottilissima, con argilla. La colorazione è grigio-scura. Messa in acqua questa rimane torbida. Non contiene calcare. I minerali sono alteratissimi e ricorpeti da argilla, impregnata da idrossido ferrico. È impermeabile all'acqua.

Sezione C—C (Fig. 5). Terebrazione No. 16

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	5.00	12.82—7.82	0—5.00	Sabbia [9] Carta pedologica

1 — Sabbia sottile, poligenica, con frustoli vegetali e frammenti di conchiglie. Il colore è grigio. Manca l'argilla. La calamita attira pochi granuli. Qualche ghiaietta (mm. 1—3, d) di piromaca e di calcare. Riconoscibili i cristallini di augite. Le roccie e i minerali sono comuni ai campioni del P. 8; no. 1 e P. 1; no. 1. I materiali hanno subito l'azione eolica. È permeabile all'acqua. La falda freatica lascia un franco di m. 1.80.

Terebrazione No. 17

1	5.00	12.69—7.69	0—5.00	Sabbia [8] Carta pedologica

1 — Sabbia simile alla precedente; solo più scura per presenza di maggiore numero di granuli attirati dalla calamita, fra i quali è preponderante la magnetite.

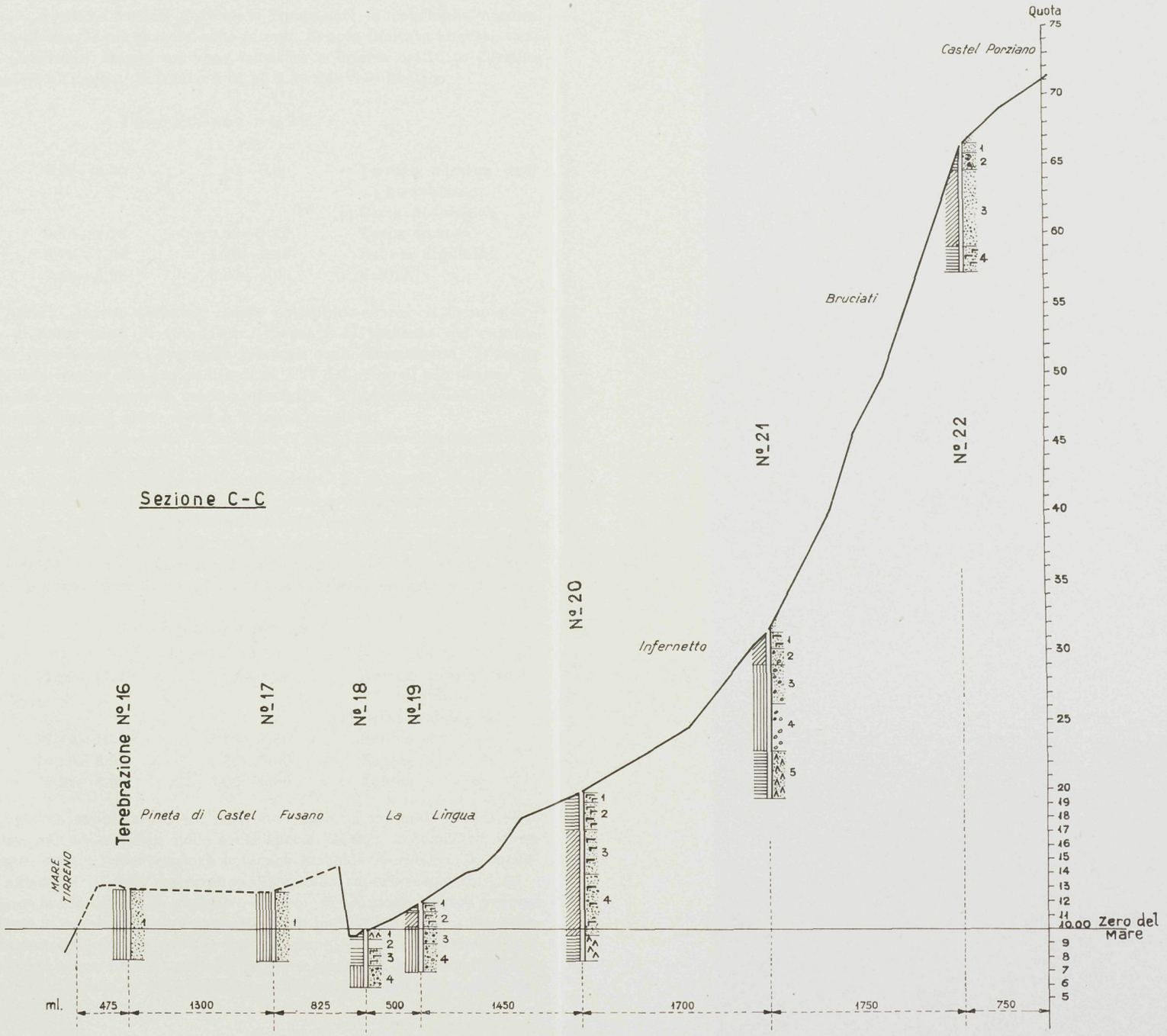

Figura 5 (pag. 152)

Anche la porzione più sottile è maggiore. Sono presenti: ciottoletti (mm. 6—7, d) rari; frustoli vegetali e frammenti di conchiglie marine, delle quali alcune, le più piccole, sono intere. Si nota limitata effervescenza all'acido cloridrico. Manca un vero scheletro e difetta del tutto l'argilla. È permeabile all'acqua. Il franco è di m. 2,30 dal velo freatico.

Terebrazione No. 18

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.60	9.96—9.36	0—0.60	Terreno agrario, marno-sabbioso [1] Carta pedologica
2	0.60	9.36—8.76	0.60—1.20	Torba terrosa
3	1.20	8.76—7.56	1.20—2.40	Sabbia argillosa
4	1.60	7.56—5.96	2.40—4.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso; colore palombino-scuro. Il campione è infarcito di molti gusci di Cardium. Sicura è la presenza del calcare. Manca un vero scheletro. I granuli minerali sono alteratissimi. L'acqua del sottosuolo trovasi alla profondità di m. 1.77 dal piano di campagna. La roccia madre è sicuramente di origine salmastra. È impermeabile all'acqua.

2 — Torba terrosa, leggera, nera; molta è la parte argillosa.

3 — Sabbia argillosa, torbosa; nera. Si raccoglie in grumi, facilmente disgregabili.

4 — Sabbia grossolana, poligenica; grigia molto scura. Porta molti ciottoletti, ghiaiette (mm. 1—3, d) e frammenti conchigliari. La calamita attira molte, ma sottili particelle. Fra i granuli spesseggiano le piromache a vari colori. Nella porzione sottile pochi granuli calcarei effervescono in acido cloridrico. Messa in acqua, una parte subito cola a fondo, porzione rimane a galla (particelle torbose) ed il rimanente infine precipita con lentezza, ma senza intorbidare a lungo: manca quindi l'autentica argilla. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 19

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.50	11.99—11.49	0—0.50	Terreno agrario, sabbio-argilloso [1] Carta pedologica
2	1.30	11.49—10.19	0.50—1.80	Sabbia
3	1.20	10.19—8.99	1.80—3.00	Sabbia
4	2.00	8.99—6.99	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, sabbio-argilloso; marrone-chiaro. I minerali sono alteratissimi; ma pur riconoscibili nelle solite specie. Manca lo scheletro. Poco è il calcare, infatti l'effervescenza è fugace in acido cloridrico. È impermeabile all'acqua. Il velo sotterraneo dista dalla superficie per m. 1.80.

2 — Sabbia poco argillosa; colore giallastro-sporco. Si scorgono frustoli vegetali e frammenti di conchiglie. Spesseggiano grumi porosi; ma di poca coerenza. I granuli minerali appartengono alle comuni specie, già più volte riconosciute. Anche i grani calcarei sono presenti in poca quantità, come lo dimostra la fugace effervescenza in acido cloridrico. È quasi impermeabile all'acqua. Manca un efficiente scheletro.

3 — Sabbia, come la soprastante; solo differisce per maggior numero di grosse ghiaiette, arrotondate, le quali raramente raggiungono i mm. 12. Questa sabbia potrebbe apportare un'utile modificazione alla costituzione meccanico-fisica del terreno soprastante. La roccia è sicuramente permeabile all'acqua.

4 — Sabbia simile a quella della Terebrazione 16; solo le ghiaiette (mm. 2—3, d) sono più frequenti. I granuli appartengono alle solite specie minerali. Presente, con certa abbondanza, si trova il calcare. Manca l'argilla. La calamita attrae parecchi granuli. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 20

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.50	19.67—19.17	0—0.50	Terreno agrario, sabbioso [7] Carta pedologica
2	2.00	19.17—17.17	0.50—2.50	Argilla sabbiosa
3	3.20	17.17—13.97	2.50—5.70	Sabbia poco argillosa
4	4.30	13.97—9.67	5.70—10.00	Sabbia
5	2.00	9.67—7.67	10.00—12.00	Marna torbosa

1 — Terreno agrario, sabbioso e parzialmente argilloso. Il colore è camoscio È poco o niente umifero. I minerali sono alteratissimi. L'acido cloridrico ha dato risultato negativo, mancando del tutto il calcare, come tutti gli altri elementi chimici biociclici. Reazione acida. Difetta lo scheletro del tutto, essendo la parte sabbiosa sottilissima. Sono presenti grumi, facilmente disfacibili in polvere impalpabile. È impermeabile all'acqua. Il velo idrico sotterraneo trovasi a m. 6 di profondità.

2 — Argilla sabbioso-torbosa; colore grigio scuro, quasi nero. Si raccoglie in grumi. Manca lo scheletro. Assenza di calcare (Saggio con HCl negativo). È impermeabile all'acqua. Granuli, piccoli, di piromaca sono porfiricamente diffusi nella massa.

3 — Sabbia ocracea, giallastra, grumosa per argilla impregnata da idrossido di ferro. Minerali quasi completamente alterati; rimangono numerosi i granuli di piromaca. L'acido cloridrico non risveglia effervescenza; manca quindi il calcare. La calamita attira pochi granuli di ossido di ferro. È quasi permeabile alla acqua.

4 — Sabbia ordinaria; meno gialla e più oscura della soprastante. I grumi sono più rari e meno coerenti. La materia cementante è costituita da argilla, impregnata di idrossido ferrico. I soliti minerali si riconoscono facilmente, anche i grani delle diverse specie di calcari che effervescono in acido cloridrico. Alcune ghiaiette, specialmente di piromaca, arrivano al diametro di mm. 2—3. La calamita attira parecchi granuli (magnetite). È poco permeabile all'acqua.

5 — Marna torbosa, con sabbia sottilissima, ricca di granuli di piromaca. Il colore è nero. Elevato peso specifico per essere compatta. Contiene frustoli vegetali riconoscibili e conchiglie di acqua dolce del Gen. Planorbis. È impermeabile all'acqua.

Terebrazione No. 21

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.10	31.33—30.23	0—1.10	Terreno agrario, sabb. [5] Carta pedologica
2	1.20	30.23—29.03	1.10—2.30	Sabbia
3	2.80	29.03—26.23	2.30—5.10	Sabbia e ghiaie
4	3.40	26.23—22.83	5.10—8.50	Ghiaie
5	3.50	22.83—19.33	8.50—12.00	Marna sabbiosa

1 — Terreno agrario, sabbioso, con scarsa parte argillosa. Colore tabacco-scuro. I granuli dei soliti minerali, alteratissimi, sono dispersi nella sostanza organica. Manca lo scheletro ed il calcare. È quasi impermeabile all'acqua. Il velo idrico sotterraneo trovasi a m. 7 di profondità.

2 — Sabbia ocracea (come no. 3 della Terebr. 20), con ciottoletti di piromaca (mm. 3, d). Il colore è giallastro.

3 — Sabbia con molte ghiaie (anche di cm. 1, d) di piromaca. I granuli alterati sono ricoperti dalla scarsa porzione, argilloide. È permeabile all'acqua. La calamita attira parecchi granuli. Nel complesso può ritenersi come sabbione poligenico.

4 — Ghiaie quasi esclusivamente: appartengono alle piromache di diverso colore, subrotonde; alle roccie calcaree e sono discoidali come quelle di spiaggia. Raggiungono le dimensioni di cm. 1—6, d. La roccia è permeabilissima all'acqua.

5 — Marna sabbiosa, giallastra. La sabbia, sottile, risulta dei soliti materiali. La viva e persistente effervescenza in acido cloridrico svela nella sabbia un notevole quantitativo di calcare. Si osservano venuzze sottili carboniose ed inclusioni ferruginose, alterate in limonite. È impermeabile all'acqua.

Terebrazione No. 22

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.50	66.77—66.27	0—0.50	Terreno agrario, sabb. [5] Carta pedologica
2	1.20	66.27—65.07	0.50—1.70	Sabbione ocraceo (Alios)
3	5.50	65.07—59.57	1.70—7.20	Sabbione ocraceo
4	1.80	59.57—57.77	7.20—9.00	Argilla sabbiosa

1 — Simile al no. 1 della Terebrazione no. 21.

2 — Sabbione ocraceo, rossastro, con granuli bianchi (piromache), neri (minerali di ferro ed augite). È grumoso e resistente per idrossidi di ferro ed ossido di manganese. Manca assolutamente il calcare essendo risultato negativo il saggio con acido cloridrico. Assente quasi è l'argilla. Appartiene alla roccia detta Alios, di cui si tratta nella relazione finale.

3 — Identico al soprastante; ma con colorazione giallastra e meno grumoso. Anche il contenuto sabbioso sembra più sottile e subeguale. Negativo è sortito il saggio con acido cloridrico. È quasi impermeabile all'acqua.

4 — Argilla sabbiosa; colore palombino scuro; con limitati grani bianchi; molti invece sono del colore della ruggine. Mancano le miche. Manca il calcare, non avendo l'argilla svegliato effervescenza al trattamento dell'acido cloridrico. Difetta lo scheletro. È impermeabile all'acqua.

Sezione E—E (Fig. 7). Terebrazione No. 23

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.50	23.95—22.45	0—1.50	Terreno agrario, sabb. [8] Carta pedologica
2	3.50	22.45—18.95	1.50—5.00	Sabbione ocraceo con tipico Alios

1 — Terreno agrario, sabbioso. Sabbia poligenica, a grana fina; colore giallo-ruggine. I granuli minerali appartengono ai soliti minerali; il calcare però è assente (saggio negativo all'acido cloridrico). Povero di tutti gli altri elementi chimici indispensabili: Az. Ph. K. Reazione acida. La calamita attira pochi granuli neri (magnetite). Manca l'argilla. È permeabile all'acqua.

2 — Sabbione ocraceo, con concrezioni del tipico Alios. Del tutto corrispondente questo banco a quello già riscontrato in altre terebrazioni nelle sabbie antiche di duna.

Sezione D—D (Fig. 6). Terebrazione No. 24

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	5.00	14.41—9.41	0—5.00	Sabbia [9] Carta pedologica

1 — Sabbia, quasi identica a quelle già descritte ai Pozzi 1 e 16. Appartengono alle dune attuali. Il materiale è permeabile alla acqua. Il velo freatico lascia un franco di m. 2.70.

Terebrazione No. 25

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.00	19.83—18.83	0—1.00	Terreno agrario, sabb. [6] Carta pedologica
2	2.00	18.83—16.83	1.00—3.00	Alios
3	2.00	16.83—14.83	3.00—5.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, sabbioso, a grani sottili; porta frustoli vegetali. Colore grigio-chiaro. Non contiene materiale calcareo. Le altre sostanze minerali appartengono alle solite specie. Senza efficente scheletro. È permeabile all'acqua.

2 — Alios tipico.

3 — Sabbia giallastra ad elementi più grossi e più alterati dello strato soprastante; fra i grani si trovano ghiaiette (1—2 mm. d). L'acido cloridrico svela la presenza di poco calcare. L'idrossido ferrico colora le particelle minerali. La calamita attira parecchi granuli. Manca l'argilla. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 26

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.00	22.53—21.53	0—1.00	Terreno agrario, sabb. [6] Carta pedologica
2	4.00	21.53—17.53	1.00—5.00	Sabbia parzialmente cementata

1 — Terreno agrario, sabbioso, con granuli minerali sottilissimi. Sono presenti i soliti, meno il calcare. Il colore è camoscio. È permeabile all'acqua.

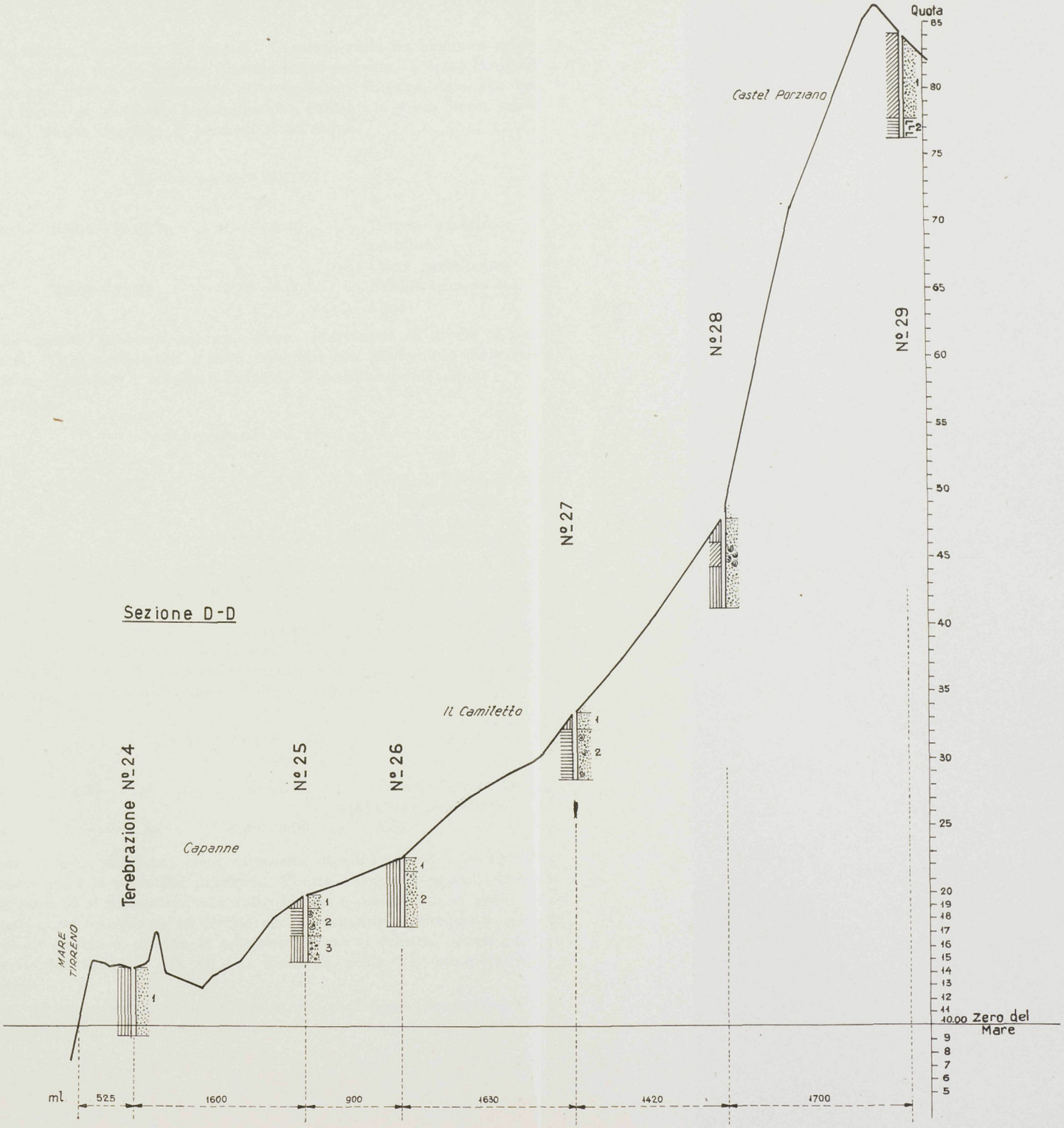

Figura 6 (pag. 156)

2 — Sabbia, sottile, cementata da calcare. Il colore varia da bianco a grigio-scuro. La massa rimane leggera; discretamente coerente. L'acido cloridrico produce una intensa e prolungata effervescenza. Ritengo però che non tutto il banco, esplorato con la terebrazione, presenti la stessa incrostazione calcarea. Manca l'argilla. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 27

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.30	33.38—32.08	0—1.30	Terreno agrario, sabbioso [6] Carta pedologica
2	3.70	32.08—28.38	1.30—5.00	Sabbia ocracea con Alios

1 — Terreno agrario, sabbioso; marrone-scuro. Si riunisce in grumi di poca coerenza. Vi si riconoscono i soliti minerali; con predominio della selce piromaca. Assente è il calcare e l'argilla. È permeabile all'acqua.

2 — Alios tipico.

Terebrazione No. 28

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	6.70	47.91—41,21	0—6.70	Terreno agrario, sabbioso-ocraceo con Alios tipico [5] Carta pedologica

1 — Terreno agrario, sabbioso, quasi sempre ocraceo e con Alios tipico. Mancano il calcare e l'argilla. Minima è la sostanza organica. Varia, con l'irregolare presenza dell'Alios, la permeabilità all'acqua. La sabbia risulta precipuamente di sostanza silicea, solo subordinati sono presenti gli altri elementi. Le manifestazioni degli ossidi del ferro sono bene appariscenti. Si ricorda l'utilità per l'agraria della presenza del ferro allo stato di ossidazione al massimo ed il danno quando è al minimo (ferroso).

Terebrazione No. 29

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	6.50	84.30—77.80	0—6.50	Terreno agrario, sabb. [6] Carta pedologica
2	1.50	77.80—76.30	6.50—8.00	Alios

1 — Terreno agrario, sabbioso; color camoscio; di poca coerenza se asciutto. Limitatissima è la parte fina argilloide. Contiene frustoli vegetali. Sembra che il ferro ed il manganese allo stato ferroso e manganoso si siano trasformati quasi totalmente in ferrico ed in manganico. Frequenti sono i granuli di piromaca. Manca di scheletro e forse di calcare. Quasi povero in Az. e deficiente di Ph. K. Ca. Reazione acida. È semipermeabile all'acqua.

2 — Alios. Il campione fa supporre che si comporti verso l'acqua come impermeabile.

Sezione E—E (Fig. 7). Terebrazione No. 30

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.40	12.04—10.64	0—1.40	Terreno agrario, marno-sabbioso [1] Carta pedologica
2	0.80	10.64—9.84	1.40—2.20	Marna
3	1.30	9.84—8.54	2.20—3.50	Marna sabbiosa
4	1.50	8.54—7.04	3.50—5.00	Marna sabbiosa

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso; giallastro. Le sabbie appartengono alle solite roccie e minerali. Il calcare si manifesta con prolungata e viva effervescenza nell'acido cloridrico. Si tratta quindi di marna e non di argilla. Manca lo scheletro. Parecchia è la sostanza organica. Decisamente impermeabile è il comportamento all'acqua. Il velo sotterraneo trovasi profondo di m. 1.45.

2 — Marna compatta, colore palombino-scuro. Tenace. La marna si è mostrata ricca di calcare al saggio dell'acido cloridrico. Porta frammenti di conchiglie. Manca di scheletro assolutamente. È impermeabile all'acqua, quando non estistono fessure per disseccamento.

3 — Marna sabbiosa per sottilissimi granellini; colore giallo-chiaro. La massa è porosa e relativamente leggera. Manca lo scheletro. Assenti i soliti residui vegetali ed animali. Porta corpiccioli bitorsoluti, resistenti, bianchi, che però non costituiscono scheletro. Calcare parecchio ha svelato il saggio solito. È impermeabile all'acqua.

4 — Marna sabbiosa, compatta, tenace. Colore generale palombino-scuro. Di alto tenore in calcare. Difetta lo scheletro. Nella sabbia sottilissima si trovano i soliti minerali. È impermeabile all'acqua.

•

Terebrazione No. 31

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.55	10.59—10.04	0—0.55	Terreno agrario, marno-sabbioso [3] Carta pedologica
2	0.75	10.04—9.29	0.55—1.30	Marna
3	0.70	9.29—8.59	1.30—2.00	Marna
4	1.50	8.59—7.09	2.00—3.50	Marna sabbiosa con torba
5	0.70	7.09—6.39	3.50—4.20	Torba terrosa

1 — Terreno agrario, marno-sabbioso; colore grigio-giallastro. Leggero. È ricco di calcare, facendo effervescenza viva e non effimera in acido cloridrico. Deriva da marna di origine salmastra e quindi probabilmente alcalino. È impermeabile all'acqua.

2 — Marna compatta, tenace; colore palombino. Viva e persistente effervescenza in acido cloridrico. Contiene frustoli vegetali. Non ha scheletro. La sua origine è salmastra. È impermeabile all'acqua.

3 — Marna leggera; colore giallastro nella massa e giallo lungo le fessure. Ricchissima in calcare (saggio chimico). Manca di scheletro. Anche questa marna è salmastra. È impermeabile all'acqua.

Figura 7 (pag. 156/158)

4 — Marna sabbiosa, con torba terrosa, infarcita di molte conchiglie, gasteropodi e lamellibranchi, di specie tipicamente salmastre, (Cardium edule). Sono inclusi nuclei ferruginosi, profondamente alterati in limonite ocracea. Sicuramente si comporta all'acqua come impermeabile.

5 — Torba terrosa; omogenea; nera.

Terebrazione No. 32

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.40	9.53—9.13	0—0.40	Terreno agrario marnoso-torboso [2] Carta pedologica
2	1.60	9.13—7.53	0.40—2.00	Torba terrosa
3	2.00	7.53—5.53	2.00—4.00	Sabbia

1 — Terreno agrario, marnoso-torboso, compatto, tenace; mancante di scheletro. Porta frustoli vegetali e di torba terrosa con conchiglie. L'origine è salmastra e quindi non mancheranno residui di salsedine (alcalinità). È ricco in calcare (saggio chimico solito). Il colore varia. È impermeabile quasi all'acqua. Il velo idrico sotterraneo trovasi a m. 1.40.

2 — Torba terrosa; omogenea, nera.

3 — Sabbia sottile, quasi nera. Porta frustoli vegetali e frammenti di conchiglie. Manca l'argilla. L'acido cloridrico rivela scarsa presenza di carbonati. La sabbia, messa in acqua, lascia parecchie particelle nere, forse torbose, galleggianti; il rimanente cola a fondo, senza intorbidare l'acqua che per poco tempo. Sono presenti i soliti minerali. È permeabile all'acqua.

Terebrazione No. 33

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.20	9.40—8.20	0—1.20	Terreno agrario, marno-torboso [4] Carta pedologica
2	2.00	8.20—6.20	1.20—3.20	Sabbia marno-torbosa
3	0.80	6.20—5.40	3.20—4.00	Sabbia marno-torbosa

1 — Terreno agrario, marno-torboso; ricco di frammenti di conchiglie di caratteristiche specie salmastre. Fra la marna spiccano frequenti macchie nere di sostanza torbosa. La massa però è compatta e plastica, se umida. Lo scheletro è rappresentato dai soli frammenti di conchiglie. Probabilmente il terreno conserva residui della salsedine marina; alcalinità. Si comporta all'acqua come impermeabile.

2 — Sabbia sottile, marnosa; quasi nera per la presenza di sottili frustoli di torba. Massa non omogenea per diversa distribuzione della marna e della torba. Manca lo scheletro. I granuli sabbiosi, alteratissimi, non sono riconoscibili. Non differisce che di poco dalla terra agraria che da essa è derivata. All'acqua si comporta come impermeabile.

3.— Sabbia sottile, poco marnosa, torbosa, ricca di frammenti di conchiglie di fauna salmastra (Gasteropodi e Lamellibranchi). Asciutta acquista notevole consistenza. Manca di scheletro. La sabbia è poligenica, allotigena; i granuli sono molto alterati. È ricca di sostanza organica. È impermeabile all'acqua. La falda freatica non si è rivelata distintamente; per quanto presente.

Terebrazione No. 34

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	1.20	9.81—8.61	0—1.20	Terreno agrario, marnoso [1] Carta pedologica
2	0.60	8.61—8.01	1.20—1.80	Torba terrosa
3	2.20	8.01—5.81	1.80—4.00	Sabbia argillosa

1 — Terreno agrario, marnoso; di colore grigio-scuro; include molti frammenti di conchiglie. Somiglia al terreno agrario della terebrazione 11. L'acido cloridrico sveglia molta effervescenza. Asciutto è tenace. L'origine del terreno è salmastra. È impermeabile all'acqua. Il velo idrico sotterraneo trovasi a m. 2.60.

2 — Torba terrosa, omogenea, nera.

3 — Sabbia, con poco materiale argillaceo, che non effervesce affatto all'acido cloridrico. I granuli minerali sono alteratissimi. La colorazione è scura, quasi nera. Per il resto somiglia alle altre sabbie e specialmente a quella del no. 5 della Terebrazione 11.

Terebrazione No. 35

(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)
1	0.60	13.17—12.57	0—0.60	Terreno agrario, sabb. [5] Carta pedologica
2	1.20	12.57—11.37	0.60—1.80	Sabbia
3	1.20	11.37—10.17	1.80—3.00	Sabbia
4	0.40	10.17—9.77	3.00—3.40	Sabbia
5	1.60	9.77—8.17	3.40—5.00	Ghiaia e sabbia

1 — Terreno agrario, sabbioso, con poca argilla; colore rossiccio. Porta frustoli vegetali e frammenti di conchiglie. La parte fina non reagisce in acido cloridrico; manca il calcare. È semipermeabile all'acqua. Il velo freatico trovasi a m. 1.70.

2 — Sabbia agglutinata, giallastra. Granuli minerali piccoli e profondamente alterati: i materiali provenienti dall'alterazione costituiscono il cemento giallastro per la presenza dell'idrossido di ferro. È quasi impermeabile all'acqua.

3 — Sabbia, come la soprastante; ma più sciolta e quindi semipermeabile all'acqua. È costituita dai soliti materiali.

4 — Sabbia grossolana, con ghiaie di selce piromaca e di calcari diversi; questi però decalcificati. Del resto porta i soliti minerali e specialmente augite. Il materiale, proveniente dall'alterazione dei grani, riunisce gli elementi litologici. La massa contiene molto calcare, svelato dalla solita reazione. È semipermeabile all'acqua.

5 — Ghiaie (cm. 3—4, d), con sabbia grossolana e fina: elementi poligenici, fra i quali predomina la selce piromaca. È permeabile alla acqua.

* * *

A mostrare, quasi oggettivamente, il profilo delle terre agrarie e del sottosuolo del Comprensorio servono le cinque sezioni (Ved. Fig. 3—7), nelle quali sono fissati i pozzi, con le indicazioni della natura litologica dei materiali e del loro comportamento all'acqua, distinguendo le roccie in permeabili, semipermeabili ed impermeabili.

Le distanze notevoli, interposte fra le terebrazioni, sconsigliano riunire, anche con linee incerte, le diverse roccie; le quali-per i limitati ambienti in cui esse si deposero e per l'agente che le ha trasportate, rimaneggiate e rimosse-occupano sempre limitate estensioni.

Tutte le roccie che si conoscono nel Comprensorio, superficialmente e nel sottosuolo, appartengono alla grande famiglia delle clastiche e più particolarmente alle arenacee ed alle argillacee; più abbondanti le prime che le seconde. Anche la torba, trovandosi quasi sempre allo stato terroso, rientra nel novero.

Soprasuolo

La R. Stazione Chimico Agraria di Roma, in base a numerose analisi chimiche, ha riconosciuto dodici terre agrarie diverse:

[1] Terreni limoso-argillosi e limoso-sabbiosi delle alluvioni tiberine, con meno di 1‰ di sali solubili; calcarei; subalcalini ed alcalini; di buona fertilità. (Pozzi: no. 2, 3, 11, 12, 18, 19, 30, 33 e 34.)

[2] Terreni argilloso-limosi delle alluvioni del Tevere con 1—5‰ di sali solubili; di media o scarsa fertilità. (Pozzi; no. 6 e 32.)

[3] Terreni argilloso-limosi delle alluvioni del Tevere, con più di 5‰ di sali solubili; di scarsa o nulla fertilità. (Pozzi: no. 4 e 31.)

[4] Terreni torbosi della zona di Pantano, di color nerastro; subalcalini; ricchi di azoto; di buona fertilità. Limitata superficie.

[5] Terreni sabbioso-argillosi o sabbiosi sui declivi dei Monti di S. Paolo e Castel Porziano, di colore grigio-scuro o marrone; privi di calcare e di potassa; acidi o subacidi; di media o scarsa fertilità. (Pozzi: no. 5, 7, 14, 15, 21, 22, 28 e 35.)

[6] Terreni sabbiosi fra Palocco e Casale Dogana, ad est di Castel Porziano; con argille sabbiose, tenaci, impermeabili; grigio-chiare nel sottosuolo; privi di calcare e di potassa; acidi; di scarsa fertilità. (Pozzi: no. 13, 25, 26, 27 e 29.)

[7] Terreni sabbiosi della zona dell'Infernetto e del Guardapasso; privi di calcare, di potassa; acidi o subacidi; di scarso fertilità. (Pozzo: no. 20.)

[8] Terreni sabbiosi della zona costiera di Castel Fusano a Tor Paterno e lungo il fosso Santola; subacidi; di media o scarsa fertilità. (Pozzi: no. 17 e 23.)

[9] Terreni sabbiosi della zona costiera fra Ostia Scavi e Tor Paterno, di color marrone scuro; neutri o subalcalini; di media o elevata fertilità. (Pozzi: no. 1, 9, 10, 16 e 24.)

[10] Sabbie marine delle dune attuali, calcaree e subalcaline. (Pozzo: no. 8.)

[11] Terreni argilloso-silicei della valle del Malpasso, provenienti dai tufi vulcanici. Zona ristrettissima.

[12] Ghiaje commiste a sabbia o ad argilla nella valle del Malpasso: zona di minima estensione.

Sottosuolo

Le roccie del sottosuolo si possono raggruppare nei seguenti tipi principali e cioè:

- Roccie clastiche
  - 1. Arenacee
    - a) Ghiaje
    - b) Ghiaje con sabbie
    - c) Sabbie
      - Marine
      - Deltizie
      - Fluviali
      - Eoliche
      - Antiche, ocracee con Alios. Attuali, con molti minerali vulcanici
    - d) Sabbie argillose
    - e) Sabbie marnose
  - 2. Argillacee
    - f) Argilla
      - Argilla sabbiosa
      - Argilla torbosa
    - g) Marna
      - Marna sabbiosa
      - Marna torbosa
  - 3. Piroclastiche
    - h) Tufi vulcanici

a) Ghiaie. Le ghiaie dell'immediato sottosuolo del Comprensorio appartengono a due ben distinte giaciture. Le più antiche sono quelle del Malpasso e recenti quelle alle Pantanelle (Canale di Levante). Negli elementi litologici spesseggiano e frequentemente sono esclusive le ghiaie di selce piromaca. Le più antiche si riconoscono per la presenza di ciottoli lavici, trachi-andesitici, (Del Giudice, Portis, Clerici, Verri, ecc.) frammisti a quelli calcarei (mesozoici ed eocenici); le più recenti mancano quasi totalmente di elementi calcarei, mentre abbondanti sono i minerali vulcanici (augite, mica, ed ossidi di ferro) nella sabbia commista. Dal

punto di vista agrario tale materiale si può considerare come capace a fornire lo scheletro a terre agrarie che ne mancano, quale roccia permeabile ed eventualmente acquifera.

b) Ghiaie con sabbie. Comunemente le ghiaie sono accompagnate da sabbie più o meno grossolane. Le sabbie interposte non impediscono la possibile applicazione a migliorare la struttura delle terre argillose e marnose, che ne abbisognano; solo diminuiscono alle ghiaie la capacità all'acqua, senza però annullarne il carattere idrovoro.

c) Sabbie. Il maggior numero dei campioni dei pozzi trivellati si approfondirono nelle sabbie. Queste però si presentano con molte varietà che si possono classificare e per la natura mineralogica e per la loro diversa origine. Sotto quest'ultimo punto di vista, la distinzione, benchè netta e giustificata, deve tenere conto dell'ultimo mezzo di deposizione e non di quello anteriore di trasporto e rimaneggiamento. Tutte le sabbie infatti, grosso modo, sono state trainate nel comprensorio dal Tevere e quindi sono fluviali; così tuttavia chiamerò soltanto quelle che costituiscono le attuali alluvioni tiberine. Molte pervennero al mare, dove formarono il delta — deltizie —; altre insabbiarono le spiagge marine ed altre in fine furono prese in balia dei venti e formarono le dune, antiche ed attuali; eoliche. Solo le antiche eoliche subirono modificazione profonda, per soluzione, e poterono localmente originare l'alios (ortstein).

La maggior superficie del comprensorio, nella regione più elevata, risulta di sabbie di dune antiche. Molto è stato scritto sopra queste sabbie di duna (Tellini, Clerici, Tuccimei, ecc.): esse risultano di granuli, neri ed opachi, ferruginosi e parzialmente manganosi; scheggie di quarzo; ciottoletti subrotondi, microscopici, di selce piromaca; augite; lamine micacee, profondamente alterate. Manca assolutamente il calcare; la porzione argilliforme è limitatissima; la grana è quasi sempre superiore all'ottavo di mm. senza raggiungere i 2 mm. Rari grumi ferrosi e manganosi e ghiaiette isolate di piromaca. Alcune volte sono ocracee e tal'altra giallo-chiare per avvenuta od inoltrata soluzione ed emigrazioni delle basi.

Non ripeto quanto è stato scritto sopra la presenza dell'Alios nel comprensorio, in quanto ciò è noto per pubblicazioni, nelle quali è minutamente descritta la peculiare formazione sotto tutti i riguardi, massime, sotto il punto di vista agrario (Scrivente e Comel).

Le sabbie delle dune antiche, colle varie modificazioni, generano terreni che mancano esclusivamente di calcare, di potassio e di argilla. Il calcio però si trova nella composizione di minerali (augite ecc.) e l'argilla rimane parzialmente rimpiazzata dai materiali di trasformazione,

Riferisco solo l'analisi chimica del tipico Alios locale:

SiO_2	Totale	66,76 —	Solubile in acido cloridrico concentrato	0,08
$Fe_2O_3 + FeO$	,,	8,79 —	,, ,, ,, ,, ,,	5,86
Al_2O_3	,,	7,28	,, ,, ,, ,, ,,	2,20
CaO	,,	6,73	,, ,, ,, ,, ,,	0,18
MgO	,,	4,05 —	,, ,, ,, ,, ,,	0,34
K_2O	,,	1,74 —	,, ,, ,, ,, ,,	—
Na_2O	,,	1,08	,, ,, ,, ,, ,,	—
P_2O_5	,,	0,23 —	,, ,, ,, ,, ,,	—
SO_3	,,	— —	,, ,, ,, ,, ,,	0,02
CO_2	,,	— —	,, ,, ,, ,, ,,	—
H_2O	,,	2,34 —	,, ,, ,, ,, ,,	—
Residuo insolubile in HCl	,,	— —	,, ,, ,, ,, ,,	87,10

impregnati da idrossido ferrico. Appunto quest'ultimo rende più o meno permeabili all'acqua le sabbie delle antiche dune, sopra le quali ristagnano nella stagione piovosa le acque, senza alcun governo, e costituiscono temporanee piscine, in fondo alle quali si accumula talvolta un velo argillaceo, impermeabile.

Le altre sabbie eoliche formano la spiaggia alta ed i tumoleti attuali. Le loro caratteristiche differenziali dalle sabbie eoliche antiche stanno nella presenza di molti minerali vulcanici, tanto che divengono talvolta assolutamente nere per augite e per magnetite. Sono state persino studiate al fine di trarne vantaggio per la estrazione del ferro (Stella, Checchia-Rispoli, Maddalena, Cattaneo, ecc.). Inoltre contengono, spesso, con certa abbondanza, il calcare; mentre sono mancanti i minerali con potassio.

Vicino al mare sono sterili o quasi; divengono mediocremente fertili entro terra a causa delle mescolanze colle sostanze minerali e materiali di loro trasformazione e specialmente per l'accresciuto contenuto di humus. La loro composizione mineralogica, struttura fisico-meccanica ed analisi chimica risultano dalla descrizione dei pozzi e dalla relazione Scipioni; oltre ai menzionati dati della R. Stazione chimico-agraria di Roma. La giacitura sul livello marino e la molto notevole permeabilità alle piovane hanno reso scevre del tutto di salsedine queste sabbie eoliche attuali.

Le sabbie deltizie si distendono specialmente fra il fiume ed il Canale emissario. Sono costituite mineralogicamente, come le attuali eoliche, dalle quali si differenziano specialmente per la presenza di materiale finissimo, che varia in quantità. Le terebrazioni 2 e 9 sono

eseguite in questo territorio. Spesso, massime a bassa quota, conservano traccie di salsedine.

Le sabbie fluviali, infine, accompagnano il fiume, a sinistra, per tutto il percorso nel comprensorio. Pure in esse le analisi chimiche non trovarono lo presenza del potassio.

d, e) Sabbie argillose e marnose. Queste si allungano sulla zona più depressa fra Ostia ed il Pantanello, ai lati dei canali di Ponente (parte) e di Levante. Mancano minerali con potassio.

La presenza dell'argilla e della marna, anche in tenui quantità, porta modificazioni profonde, non solo nella composizione chimica; ma specialmente nella struttura delle roccie e delle terre. E poichè le marne e le argille sono la deposizione della torbosità delle acque della laguna, ancora esistente in tempi non lontani, non meraviglia, nè la presenza abbondante di conchiglie salmastre, nè quella di strati di torba terrosa; come quella, quasi costante, di una residua salsedine. Le terre giacciono a quote basse tanto da divenire pur negative. La permeabilità all'acqua è minima se non mancante del tutto; spesso però negli strati sottostanti ghiaiosi può essere anche notevole, come nelle terebrazioni 11 e 35, ed eventualmente sfruttabile. Le interposizioni torbose debbono anche esse essere considerate, per quanto scadente sia la loro qualità, a causa specialmente dell'elevatissimo contenuto in cenere.

f, g) Argilla e Marna. Comunemente, e specialmente in agraria, si adoperano le due parole senza la necessaria distinzione. Ciò però torna a danno della conoscenza delle terre da coltivarsi, dacchè — come è risaputo — molto diverse sono le attitudini fisico-meccaniche e chimiche delle terre agrarie se costituite, totalmente o parzialmente, dalle due roccie. Con la marna non solo si apporta un elemento bio-ciclico indispensabile; ma si attenuano notevolmente le attitudini fisico-meccaniche negative delle argille e delle sabbie. Per questo motivo specialmente ho chiamato argilla quella che non sveglia effervescenza all'acido cloridrico e marna l'altra che presenta viva e prolungata effervescenza, senza scendere alla determinazione quantitativa del carbonato di calcio; evitando così l'equivoco di ritenerla argilla. Del resto il contenuto del carbonato di calcio rimane sempre superiore al 15 % (argilla marnosa).

Argilla ed argilla sabbiosa. Ho riconosciuto raramente l'argilla tipica, con sicurezza, nei materiali delle terebrazioni n.ri 15, 20, 22, ecc.; ma quasi sempre sabbiosa. Quanto è detto per i singoli campioni rimane sufficiente, trattandosi di rara presenza e con poco favorevoli condizioni di applicazione. Però è da tenere ben presente il fatto che una minima quantità di argilla aggiunta ad un terreno sabbioso può modificare profondamente ed opportunamente le attitudini agrarie.

Marna, marna sabbiosa. La marna e la marna sabbiosa (= argilla molto marnosa) occupano la regione più occidentale dell'antico stagno di Ostia, nella quale erano situate le saline. Corrispondono all'area cumulativa dei terreni agrari [2] e [3] della Carta pedologica. Le trivellazioni hanno incontrato la marna, omogenea, compatta e tenace nei pozzi 3, 4, 30, 31 ecc. L'origine stagnale e salmastra delle marne rimane sicuramente testimoniata dalle conchiglie che contengono di specie prettamente salmastre. Ciò fa ritenere che una residuale salsedine sia contenuta nel materiale marnoso, del resto attestata dalle acque che lo dilavano, nettamente alcaline.

Agrariamente la marna non solo costituisce un ottimo e ricercato correttivo; ma può considerarsi utile concime per le terre che mancano o difettano di calcare. Nel caso dei pozzi citati però la marna dovrebbe essere liberata dai sali solubili. Più utile sarebbe, se non fosse troppo profonda, la marna dei pozzi 20 e 21: ivi potrebbe però affiorare a quota corrispondente.

Oltre l'inconveniente salmastro, devesi pur notare quello della mancanza di scheletro, la facile e notevole fessurazione cui va soggetta la marna per disseccamento e lo spessore forte con cui si presenta.

h) Termino la breve rassegna delle roccie, incontrate con le terebrazioni, ricordando appena i tufi vulcanici (roccie piroclastiche) che sono stati segnalati e che si trovano a sinistra del Fosso Malafede. Essi possono essere presi in considerazione come correttivi della struttura fisica delle vicine terre agrarie, apportando inoltre una discreta dose di potassa, di cui difettano quasi tutte le terre del comprensorio.

* * *

Ripetutamente mi sono occupato delle acque sotterranee della valle e del delta tiberino (dal 1906), anche con ricerche dirette, come nello studio „Il velo freatico del delta tiberino, 1914". In quelle occasioni ho ricordato tutta la larga bibliografia che riguarda il poderoso argomento dell'irrigazione della pianura del Tevere, specialmente verso mare. Istruttivi sono riusciti i pozzi di cui fa parola l'Orlando e specialmente quelli che furono eseguiti dalla Casa Aldobrandini.

Le terebrazioni di cui ora si ragiona hanno spesso segnalata la presenza dell'acqua e ne hanno determinato il livello, come risulta dalle singole descrizioni. Si riportano le altitudini del pelo superiore delle acque sotterranee, riscontrato durante l'esondazione, seguendo le sezioni geognostiche (Zero del mare = 10,00 m.):

Sezione A = 1: 10,198 m. = 2: 10,400 m. = 5: 8,996 m. = 6: 9,913 m.
Sezione B = 8: 11,175 m. = 9: 11,355 m. = 10: 10,667 m. = 11: 8,109 m.
= 12: 8,262 m. = 13: 13,349 m. = 14: 21,254 m.
Sezione C = 16: 10,025 m. = 17: 10,389 m. = 18: 8,190 m. = 19: 10,188 m.
= 20: 13,668 m. = 21: 24,331 m.
Sezione D = 24: 11,711 m.
Sezione trasversa E = 30: 10,589 m. = 32: 8,132 m. = 11: 8,109 m. = 34: 7,210 m. = 18: 8,190 m. = 35: 11,469 m.

Per quanto non si conosca, per insufficenza di letture dei pozzi spie, l'oscillazione annua del livello delle acque e non si possano ponderare le influenze della vicinanza del mare, del fiume e dei canali, massime per le zone depresse; pure s'intravede che il livello si innalza col procedere verso terra. Però necessita distinguere le acque sicuramente freatiche, come quelle che sono separate dalla superficie da sole roccie permeabili, da quelle che si possono chiamare profonde per essere protette dall'esterno da strati semipermeabili o del tutto impermeabili, come p. es. le acque del pozzo 20. Quest'ultime però sono rare, rispetto alle vere freatiche. Una semplice indagine basterebbe a segnare la sicura separazione, riconoscere le potenziali portate, la natura chimica e le oscillazioni annue del livello, ecc. dati tutti indispensabili ai fini dell'irrigazione delle zone, in cui l'acqua trovasi a poca profondità dal piano di campagna. In questa cade opportuno ricordare che sul delta tiberino, per larghe zone, il piano di campagna è soggetto ad un abbassamento non trascurabile, anche entro periodi di tempo ristretti, come decenni. Il fatto, constatato con sicurezza e talvolta persino esattamente misurato, deve attribuirsi, a seconda della entità e della estensione dell'accasciamento, alla diminuzione di volume delle sostanze vegetali (torbe) comprese nella sedimentazione, all'assestamento del materiale clastico ed allo slittamento della parte terminale del gradino sottomarino del delta. Una estrazione di acque sotterranee, specialmente impregnanti letti torbosi, potrebbe occasionare repentini e notevoli abbassamenti di superficie, come l'accumulo di pesanti colmate.

Riguardo alla irrigazione del Comprensorio riconduco alla mente quanto già fu scritto in altra occasione. Conviene precisare la natura dell'acqua dei fontanili della regione, non solo per l'applicazione diretta delle stesse acque; ma anche per la possibilità di offrire loro la risalita in superficie per mezzo della capillarità. Per il primo caso ricordo la reazione nettamente alcalina ed un contenuto apprezzabile di cloro in tutte le analisi da me pubblicate (1914) sulle acque dei pozzi spie e sotterranee del delta. Più decisiva è la analisi dell'acqua del fontanile presso Ostia, con cui eseguii esperienze d'irrigazione, che riuscirono dannose sino alla morte delle piante, coltivate in vaso.

Su 100 litri d'acqua:

Solfati: SO_4	gr.	2,26
Cloruri: Cl	,,	96,45
Durezza totale, gradi francesi	gradi	61,57
Alcalinità totale in $CaCO_3$	gr.	60,75
Sostanze organiche, ossigeno consumato	,,	0,456
Residuo a C. 100°	,,	120,60

Traccia di ammoniaca, di nitriti e di nitrati.

Non solo non deve usarsi nell'irrigazione un'acqua del genere; ma si deve accortamente impedire il suo richiamo in superficie, quando ne è poco lontana o quando lo strato sovrapposto sia dotato di alta capillarità (cavità 0,23 mm.). Finalmente le acque tiberine, ottime per l'irrigazione (Ved. Per l'irrigazione dell'Agro Romano, 1910, 1920, 1924, ecc.), non debbono concedersi tanto abbondanti da elevare, senza rimanere un più che sufficiente franco, il velo freatico sottostante sino alla zona sotto l'influenza delle radici delle piante coltivate.

Ancora un'ultima osservazione pratica. Le terre marnose originate dalle sottostanti marne salmastre, compatte, tenaci e senza scheletro, difficilmente, durante i mesi piovosi, disseccano; precludendosi così il necessario ricambio fra l'atmosfera tellurica ed esterna. Se nella stagione secca si irrigano, massime abbondantemente e ripetutamente, permane lo stesso danno menzionato, al quale poi si associa l'altro, non meno letale per le tenere piante, dello sviluppo straordinario della flora fungina, microscopica. L'irrigatore non deve trascurare tali possibilità, già verificate e controllate. Alla tecnica irrigatoria però non mancano i mezzi acconci a superare tali difficoltà.

L'esperienza lunga mi induce ad affermare, ancora una volta, che la determinazione della quantità dell'acqua, necessaria alla massima produzione, racchiude il problema irrigatorio quasi nella totalità. Nulla di assoluto sull'argomento, anche quando sia precisato lo scopo dell'irrigazione e scelto il modo di eseguirla. Nelle esperienze apposite, praticate ad Ostia, dopo aver elargito, per scorrimento, quasi il doppio dell'acqua fissata, come massimo, ai terreni marnosi, abbiamo constatato che la parcella era rimasta quasi completamente secca, avendo bevuto repentinamente e sotterraneamente l'abbondantissima dotazione le fessure beanti per disseccamento nella sottostante marna compatta.

L'impianto irrigatorio deve essere capace di dispensare laute razioni, che solo l'esperienza, consapevole dei molti e svariati fattori prospettati, determineranno; tenendo presente che, per terre marnose, con limitato franco e di difficile scolo, riesce più dannoso l'eccesso che il difetto.

Roma, Luglio 1938—XVI.

The General Committee of the International Society of Soil Science
Das Generalkomitee der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft
Comité Général de l'Association Internationale de la Science du Sol

Honorary members; Ehrenmitglieder; Members d'honneur

Prof. Dr. L. Cayeux, Paris; Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Königsberg; Sir E. John Russell, Harpenden; Prof. Dr. A. A. J. von 'Sigmond, Budapest; Prof. Dr. S. Winogradsky, Brie-Comte-Robert

Members of the General Committee; Mitglied des Generalkomitees; Membres du Comité général

Prof. Dr. K. Aso, Tokyo; Prof. K. A. Bondorff, Lyngby; Prof. D. H. Hesselman, Djursholm; Dr. A. G. Mc Call, Washington; Dr. Slaw. Miklaszewski, Varsovie; C. G. T. Morison, Oxford; Prof. J. A. Prescott, Adelaide; Prof. N. M. Tulaikov, Saratov

Presidents of the Commissions; Präsidenten der Kommissionen; Présidents des Commissions

First Commission: Prof. Dr. G. W. Robinson, Bangor
Second ,, Prof. J. Hendrick, Aberdeen
Third ,, Dr. H. G. Thornton, Harpenden
Fourth ,, Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Königsberg
Fifth ,, Prof. D. Vilensky, Moscow
Subcommission for Europe: Prof. Dr. H. Stremme, Danzig
,, ,, Mediterr. Region: Prof. E. H. del Villar, Madrid
,, ,, North America: Prof. C. F. Shaw, Berkeley
,, ,, South America: —
,, ,, Asia: Prof. Dr. B. Polynov, Moscow
,, ,, British Africa: C. G. T. Morison, Oxford
,, ,, Australia: Prof. J. A. Prescott, Adelaide
,, ,, Alkali soils: Prof. Dr. W. P. Kelley, Riverside
,, ,, Forest soils: Prof. Dr. G. Krauss, München
Sixth Commission: Oberbaurat Otto Fauser, Stuttgart
Subcommission for peat soils: Prof. Dr. F. Brüne, Bremen
General Nomenclature Committee:
President: Dr. D. J. Hissink, Groningen
Secretary: G. V. Jacks, Harpenden

Representative of the National Sections; Vertreter der nationalen Sektionen; Représentants des Sections Nationales

Argentine . . .	Prof. Dr. J. Gollan, Santa Fé
Czechoslovakia .	Prof. Dr. V. Novák, Brno
Denmark . . .	Prof. Dr. S. Tovborg Jensen, København
Dutch East India	Dr. J. Th. White, Buitenzorg
Egypt	Dr. W. T. H. Williamson, Orman
Great Britain .	Prof. Dr. N. M. Comber, Leeds
British Empire .	Dr. E. M. Crowther, Harpenden
Finland	Prof. Dr. B. Aarnio, Helsinki
France	Dr. A. Demolon, Versailles
Germany . . .	Prof. Dr. F. Schucht, Berlin
Hungary. . . .	Prof. Dr. R. Ballenegger, Budapest
India	R. B. B. Viswa Nath, New-Delhi
Italy	Prof. Dr. U. Buli, Ferrara
Japan	Prof. Dr. K. Aso, Tokyo
Netherlands . .	Prof. Dr. Ir. C. H. Edelman, Wageningen
Norway	Prof. Dr. K. O. Björlykke, Aas
Poland	Dr. Slaw Miklaszewski, Warszawa
Russia.	Prof. Dr. A. A. Jarilov, Moscow
South Africa . .	Prof. Dr. I. de V. Malherbe, Stellenbosch
Spain	Prof. E. H. del Villar, Madrid
Sweden	Dr. O. Tamm, Experimentalfältet
Switzerland . .	Prof. Dr. H. Pallmann, Zürich
United States of America:	Dr. A. G. Mc Call, Washington
Yougoslavia . .	Prof. Dr.-Ing. M. Gračanin, Zagreb