

ZUM WASSERHAUSHALT DER EPIGLEYSIERTEN BÖDEN

MIHOVIL GRAČANIN

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

Eingegangen am 15. 1. 1970

Über die epigleysierten Böden Kroatiens sind in den letzten Jahren viele Arbeiten verfaßt worden, in denen ihre Dynamik, Entstehung, systematische Stellung und auch ihre Produktivität behandelt, und viele wertvolle Angaben beigebracht wurden. Einige Arbeiten leiden aber an Mangel von Beweismaterial, das für die erfolgreiche Lösung besonders der Streitfragen über die Dynamik und Entwicklung dieser Böden unbedingt notwendig ist. Da es sich hier um hydromorphe Böden handelt, liegt es an der Hand, dass die Kenntnisse ihres Wasserhaushaltes von größter Bedeutung sind. Mückenhausen machte schon im Jahre 1958. auf diese Tatsache aufmerksam: »Leider fehlen bis heute zusammenhängende, über längere Zeit durchgeführte Messungen des Wassergehaltes der Pseudogleye im Ablauf des Jahres«. Und weiter: »... trotz aller Schwierigkeiten sollte der jährliche Wassergang solcher Pseudogleye, die repräsentativ für verschiedene Dauer und Phasen, vor allem aber der Feuchtphase sind, auch quantitativ erfaßt werden.«

Auch in unserer bodenkundlichen Literatur finden wir eine ähnliche Forderung, die Klassifikation der hydromorphen Böden auf stationären Untersuchungen des Wasserhaushaltes zu gründen (Blašković, Resulović u. Mitarbeiter).

In 1948 organisierte ich die ersten Untersuchungen über den Gang des Wassergehaltes in Profilen einiger Bodentypen von Zagreb, und zwar auf der diluvialen Terrasse von Zagreb und auf alluvial-diluvialen Böden in Maksimir. Die Untersuchungen dauerten von 1948 bis Anfang 1952, als sie plötzlich unterbrochen werden mußten. Wir verfügen also über Angaben über vier in klimatischer Hinsicht ziemlich unterschiedliche Jahre.

Die Resultate unserer Messungen wurden bisher nicht veröffentlicht, da ich meine bodenkundliche Tätigkeit nach 1952 stark beschränken muß-

te. Nachdem ich nun wieder Gelegenheit gefunden habe, meine bodenkundlichen Forschungen fortzusetzen, komme ich auf die Problematik der hydromorphen Böden zurück.

Die Untersuchungen des Wassergehaltes einiger Bodentypen der Zagreber Terrasse bieten wertvolle Angaben über den Wasserhaushalt ihrer Profile und ermöglichen uns eine Vorstellung von Grad, Dauer und Bereich der Hydromorphisierung des Bodenprofils zu erhalten. Hier wird uns das erste Mal eine Einsicht in den Gang des Wassergehaltes der Böden dieses Gebietes eröffnet, die uns ermöglicht, aufgrund der Kenntnisse der Wasserdynamik die rezenten pedogenetischen Prozesse besser zu beurteilen.

Unsere Untersuchungszeit umfaßt Jahre mit verschiedenen klimatischen Verhältnissen, wodurch die Messungsergebnisse auf mögliche Schwankungen des Wassergehaltes in Abhängigkeit von diesen Verhältnissen hinweisen.

Die Messungen wurden an zwei Lokalitäten des Fakultätswaldes Maksimir, im Distrikt Gor. Cerina vorgenommen, und zwar unter der Ass. *Quercus-Carpinetum croaticum* Horv., welche die diluviale Terrasse von Zagreb überwiegend bewächst. Es handelt sich hier um mäßig podsoliierte Böden, die in ihrem Profil deutliche Kennzeichen der Epigleyisierung aufweisen. Zwei Bodenprofile wurden hier geöffnet: das erste in mäßig belichtetem, mit Waldstreu gut bedecktem Boden und das zweite in belichteter Waldfläche ohne Waldstreu. Wir bringen hier nur die Untersuchungsergebnisse die sich auf das erste Profil beziehen.

Bevor wir mit der Schilderung der Wasserverhältnisse beginnen, möchten wir kurz über Morphologie, Textur und einige chemische und physikalische Eigenschaften dieses Bodenprofils berichten.

Morphologie des Bodenprofils von Gor. Cerina (Zagreb)

- A₀—0—3 cm Waldstreu vermisch mit Moder von Laub und Überresten von Krautpflanzen, durchwachsen mit Pilzmizellien;
- A₁—3—15 cm dunkelgrauer mäßig humoser, lehmiger Ton, staubig bis krümlig, durchwurzelt;
- A₂—15—30 cm, gelblich grauer lehmiger Ton, durchwachsen mit Wurzeln, strukturlos; ortsweise weiche schwarze, rundliche Humatanhäufungen, etwa 2—3 mm im Durchmesser;
- AB—30—45 cm, in graulich gelblichem Hintergrund erscheinen rostige Flecke und Streifen;
- B_{1(g)}—45—90 cm, in gelblich rostigem Hintergrund zahlreiche Humatflecke und eisenschüssige Konkretionen verschiedener Größe, wechseln ab mit graulichen bis grünlichen Streifen und Adern; Durchwurzlung schwach; Struktur klumpig, Aggregate anisform und nur ortsweise prismatisch;
- B_{2(g)}—90+130 cm, Tonboden, rostig mit weniger Konkretionen, weniger plastisch, durchsetzt mit breiten graulichen Streifen; nur seltene Wurzeln dringen in diesen Horizont hinein.

Die mechanische Zusammensetzung (Textur) des Profils sowie physikalische und chemische Eigenschaften sind aus Tabellen 1—3 ersichtlich.

Wie aus den Angaben in den Tabellen 1—3 hervorgeht, ist das Bodenprofil von Maksimir (Gor. Cerina) aus mäßig schweren lehmigen Tonböden ausgebaut, die in tieferen Horizonten eine Zunahme von Kol-

Tabelle 1

Bodenhorizont	Tiefe in cm	Prozentgehalt der mechan. Fraktionen				Texturbezeichnung nach Gračanin
		< 0,002	< 0,01	0,01 - 0,05	0,05 - 2,0	
A ₁	3-10	6,23	52,24	37,16	10,60	Lehmiger Ton schw. kolloidal
AB	30-40	9,75	52,60	38,52	8,88	Lehm. Ton, mass. k.
B ₁ (g)	60-70	10,88	52,32	42,44	5,24	Lehm. Ton mass. k.
B ₂ (g)	90-100	10,67	62,36	32,04	5,60	Tonboden mass. k.

Physikalische Eigenschaften

Tabelle 2

Bodenhorizont	Tiefe in cm	Spez. Gewicht		Porosität (P)	Retentionskapazität f. Wasser (Kwr)	Luftkapazität (KI) in vol. %
		Vol.	Fakt			
A ₁	3-10	1,18	2,51	52,8	39,2	13,6
AB	30-40	1,43	2,57	44,4	34,7	9,7
B ₁ (g)	60-70	1,54	2,59	41,7	34,2	7,5
B ₂ (g)	90-100	1,63	2,61	38,5	30,3	8,2

Chemische Eigenschaften

Tabelle 3

Bodenhorizont	Tiefe in cm	Humus in %	pH in		S mg/ekv	T-S	T	V (%)
			H ₂ O	n KCl				
A ₁	3-10	3,26	5,56	4,32	8,54	8,25	16,79	50,8
AB	30-40	1,22	5,18	3,84	7,44	7,92	15,36	48,4
B ₁ (g)	60-70	0,68	5,73	4,07	12,65	9,30	19,95	63,4
B ₂ (g)	90-100	0,30	6,12	4,90	13,70	6,22	19,92	68,8

loidteilchen aufweisen. Auf diesen Sedimenten entwickelte sich unter der Waldvegetation *Quercus-Carpinetum croaticum* vorerst ein mäßig podsolierter Boden, der im Laufe der Zeit, nach der Illimerisierung des illuvialen Horizontes, schwach hydromorphisiert wurde.

Die chemischen Eigenschaften sind charakteristisch für die mäßig podsolierten Böden Nordwest-Kroatiens.

Klimatische Verhältnisse

Wir bringen hier eine Übersicht der klimatischen Verhältnisse bezogen auf die Station Zagreb—Grič (162 m ü. M.) und zwar für die Jahre 1862—1941. (Škreb S. u. Mitarbeiter 1942) um die Klimaverhältnisse unserer Beobachtungsjahre mit dem vieljährigen Durchschnitt vergleichen zu können (Tabelle 4).

Tabelle 4

Klimat. Bezeichn.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-durchschnitt
N mm	49	44	59	70	84	96	81	84	85	105	80	63	900
t °C	0,0	2,0	6,8	11,6	16,2	19,5	21,8	20,6	17,0	11,7	6,0	1,6	11,2
Rfm	—	46,0	6,6	6,0	5,1	4,9	3,7	4,0	5,0	8,9	13,3	39,3	80,3
H	—	ph	h	sh	sh	sa	sa	sa	h	h	h	ph	h
W	n	k	mk	mw	w	w	h	h	w	mw	mk	k	mw

Erläuterung: N=Niederschläge t °C=Temperatur Rfm=monatliche Regenfaktoren H=Humidität d. Klimas
W=Wärmecharakter d. Klimas

Rfm nach Gračanin

< 1,6 perarid (pa)
1,6 – 3,3 arid (a)
3,3 – 5,0 semiarid (sa)
5,0 – 6,6 semihumid (sh)
6,6 – 13,3 humid (h)
> 13,3 perhumid (ph)

W nach Gračanin

> 20 heiss (h)
12 – 20 warm (w)
8 – 12 mässig warm (mw)
4 – 8 mässig kalt (mk)
0,5 – 4 kalt (k)
< 0,5 nival (n)

Das Klima von Zagreb ist also im vieljährigen Durchschnitt h u m i d und m ä ß i g w a r m. Zwei Monate sind perhumid und kalt, ein Monat nival, 3 haben feuchtes, mäßig kaltes bis mäßig warmes Klima; zwei Monate sind semihumid, mäßig warm bis warm und vier Monate sind semiarid, 2 davon warm und 2 heiß.

Aufgrund dieser Tatsachen kann man voraussetzen, daß auf dem Gebiete von Zagreb perkolative Prozesse vorherrschen und demnach ein defiziter Bodentyp zur Entwicklung kommen müßte. Die Intensität dieser Prozesse ist durch viele Faktoren beschränkt, vor allem durch Textur und Struktur der Bodensedimente, durch den chemischen Charakter des Solums, durch Vegetation und biologische Tätigkeit der Bodenmassen. Auch die Hydromorphisierung bzw. die zeitweilige Ver-nässung des Bodens ist von den erwähnten Faktoren abhängig.

Die Auswirkung der klimatischen Faktoren ändert sich natürlich von Jahr zu Jahr und weicht, je nach ihrer Intensität, vom vieljährigen Durchschnitt ab.

Der Wasserhaushalt des Bodenprofils im Jahre 1948.

Die klimatischen Verhältnisse im Jahre 1948 sind der Tabelle 5 leicht zu entnehmen.

Tabelle 5

Klimat. Bezeichn.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-durchschnitt
N mm	148	26	3	58	119	104	179	61	47	74	106	19	944
t °C	4,7	1,1	6,3	12,6	17,0	17,9	18,6	19,8	16,1	11,7	5,0	-1,0	10,8
Rfm	31,2	23,7	0,4	4,6	9,4	5,9	9,6	3,0	2,9	6,3	21,2	—	85,5
H	ph	ph	pa	sa	h	sh	h	a	a	sh	ph	—	h
W	mk	k	mk	w	w	w	w	w	w	mw	mk	n	mw

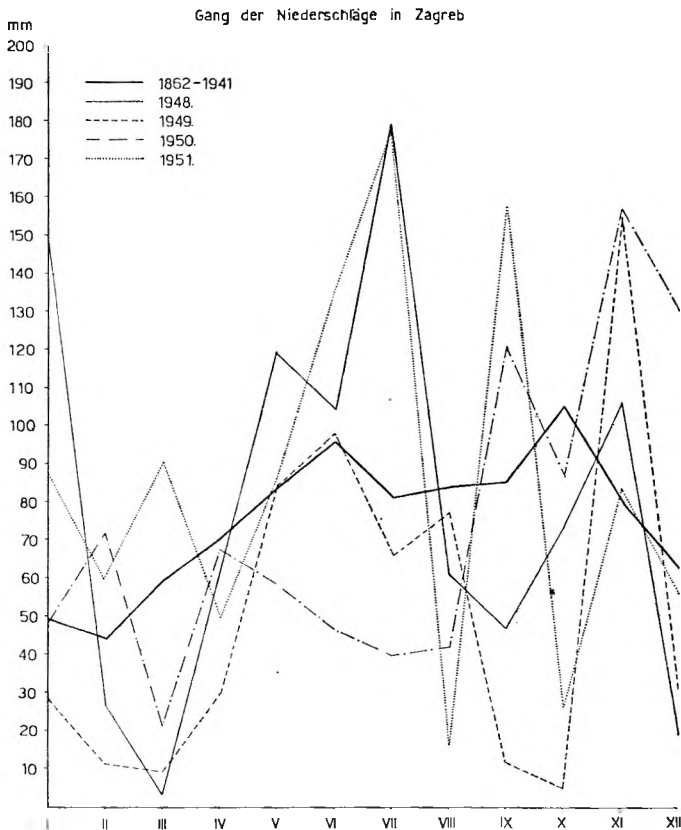


Abb. 1.

Wie ersichtlich, waren im Jahre 1948 3 Monate perhumid, 2 humid, 2 semihumid, 1 semiarid, 2 Monate arid und 1 perarid. Nach dem Wärmecharakter waren 6 Monate warm, 1 mäßig warm, 3 mäßig kalt, 1 kalt und ein Monat nival.

Vergleicht man diese Werte mit dem vieljährigen Durchschnitt für Zagreb (1862—1941), so sieht man, daß das Jahr 1948 diesem Durchschnitt in großem und ganzen entspricht, insoweit nur die Jahresniederschläge und die mittlere Jahrestemperatur berücksichtigt werden; das Klima war nämlich humid und mäßig warm. Die Klimaverhältnisse einzelner Monate weichen aber von diesem Durchschnitt beträchtlich ab.

Im vieljährigen Durchschnitt kommen keine aride, sondern nur semiaride Monate vor; 2 Monate sind heiß (VI. u. VII.) und 3 warm, während im Jahre 1948 keine heißen Monate verzeichnet wurden. Auch die Verteilung der Niederschläge im Jahre 1948 weicht von dem Durchschnittsgang ziemlich stark ab. Diese Unterschiede sind aus Diagramm (Abb. 1) ersichtlich.

Der Gang des Wassergehaltes in den einzelnen Schichten des Bodenprofils im Jahre 1948 ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6

Datum	Wassergehalt des Bodens in Vol. % in der Tiefe von cm			
	3—10 A ₁	30—40 AB	60—70 B ₁ (g)	90—100 B ₂ (g)
15. IV.	34,05	38,69	38,97	30,01
3. V.	29,50	31,80	31,99	26,20
17. V.	34,44	36,21	31,54	26,20
8. VI.	29,31	23,06	30,21	—
19. IV.	14,43	19,18	26,81	28,43
5. VII.	22,41	21,93	25,49	26,08
21. VII.	16,25	19,72	21,37	—
6. VIII.	20,39	20,41	24,47	29,26
20. VIII.	15,89	18,95	23,32	27,71
2. IX.	15,32	21,82	23,30	24,07
16. IX.	21,22	25,87	24,15	24,22
2. X.	14,16	19,43	24,15	24,22
16. X.	13,73	15,51	19,63	—
3. XI.	26,99	19,68	18,51	—
18. XI.	33,57	35,81	30,30	—
2. XII.	34,20	36,25	31,15	29,03
15. XII.	31,41	33,57	27,27	26,99

Um eine bessere Einsicht in den Grad der Befeuchtung und ev. auch der Vernässung des Bodenprofils zu gewinnen, bringen wir hier noch die graphische Darstellung des Wassergehaltganges im Verhältnis zu der Retentionskapazität der einzelnen Horizonte für Wasser (Diagr. Abb. 2—5). Wenn die Retentionskapazität (*K_{wr}*) als ein Kriterium bei der Beurteilung ihres Wasserhaushaltes, bzw. als Maß ihrer Befeuchtung oder Vernässung angenommen wird, so kommen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Der Wassergehalt des eluvialen A₁ lag unter dem Wert seiner Retentionskapazität für Wasser das ganze Jahr 1948 (ab 15. IV.) hindurch.

2. In Frühjahr und Spätherbst konnten im AB-Horizont über *K_{wr}* liegende Wassergehaltswerte (*M_w*) festgestellt werden; sonst waren die *M_w*-Werte immer niedriger als *K_{wr}*.

3. Im B₁(g)-Horizont waren die *M_w*-Werte immer kleiner als *K_{wr}*; eine Ausnahme wurde nur am 15. IV. festgestellt.

4. Auch im B₂(g) waren die *M_w*-Werte immer niedriger als *K_{wr}*, aber ein großer Teil von kapillaren Hohlräumen war das ganze Jahr von Wasser stärker besetzt als in den anderen Horizonten. Das geht klar aus den folgenden Angaben über die Schwankung des Wassergehaltes in den einzelnen Horizonten hervor:

	Schwankung in %	Differenz in %
A ₁ von	13,73—34,44	20,71
AB	15,51—38,69	23,18
B ₁ (g)	18,51—38,97	20,46
B ₂ (g)	24,07—30,01	5,94

Gang des Wassergehaltes im epigleysierten Boden von G. Cerina (Maksimir)

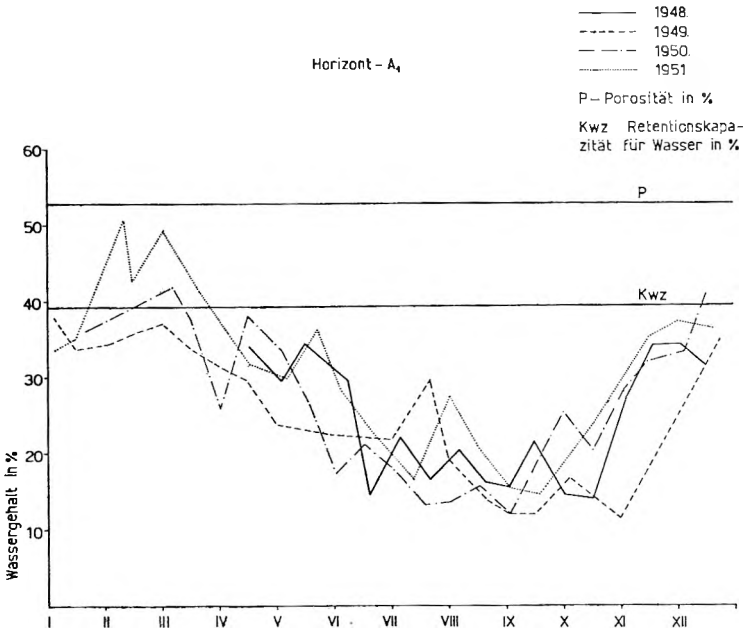


Abb. 2.

Gang des Wassergehaltes im epigleysierten Boden von G. Cerina

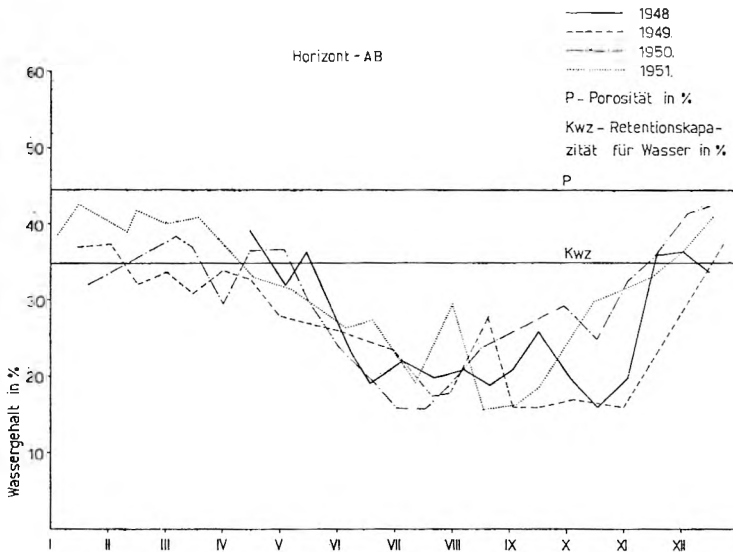


Abb. 3.

Gang des Wassergehaltes im epigleyierten Boden von G. Cerina

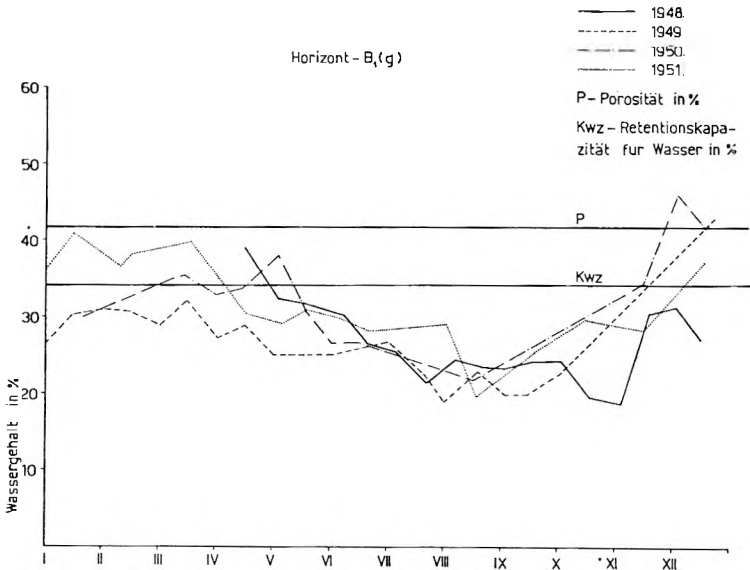


Abb. 4.

Gang des Wassergehaltes im epigleyierten Boden von G. Cerina

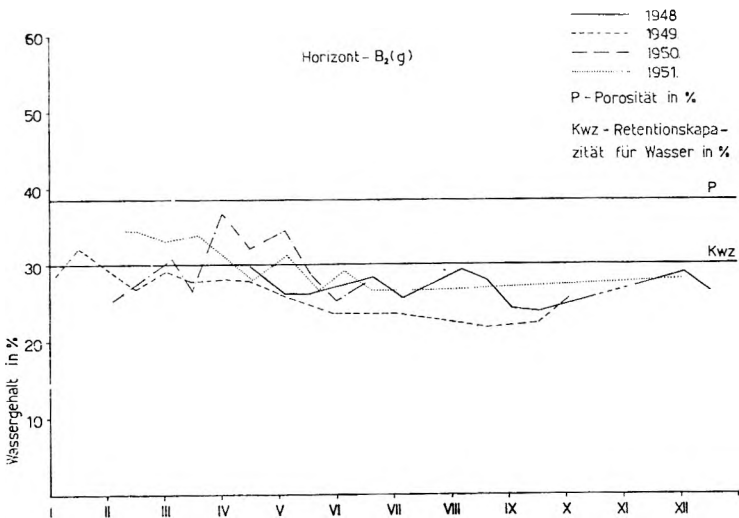


Abb. 5.

5. Die zeitlichen Änderungen des Wassergehaltes im Bodenprofil weisen darauf hin, daß das Profil vom Frühjahr bis in den Winter durchlüftet wurde und die Oxydationsprozesse in diesen Böden eine vorherrschende Rolle gespielt haben. Nur vorübergehend gewannen in AB und B₁(g) die Reduktionsprozesse die Oberhand, wahrscheinlich aber, auch in den kapillaren Hohlräumen des B₂(g)-Horizontes.

Der Wasserhaushalt im Jahre 1949.

Der Gang der klimatischen Verhältnisse ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Klimaverhältnisse des Jahres 1949 weichen, wie ersichtlich, von dem vieljährigen Durchschnitt stark ab. Das Klima war nämlich semiarid, mit bedeutend weniger Niederschlägen als in »normalen« Jahren. Zwei Monate waren perarid, 3 arid, 2 semiarid, 2 semihumid, 1 humid und 2 Monate perhumid. Ein Monat war heiß, 5 Monate warm, 1 mäßig warm, 1 mäßig kalt und vier Monate kalt.

Tabelle 7

Klimat. Bezeichn.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-durchschnitt
N mm	28	11	9	30	83	98	66	77	12	5	154	31	604
t °C	1,8	2,0	3,7	12,9	15,6	17,2	20,2	19,1	17,2	11,9	7,0	2,5	10,9
Rfm	24,9*	5,0	2,4	2,3	5,3	5,7	3,2	4,0	0,7	0,3	21,9	12,2	55,1
H	ph	sa	a	a	sh	sh	a	sa	pa	pa	ph	h	sa
W	k	k	k	w	w	w	h	w	w	mw	mk	k	mw

* Bei der Berechnung dieses Rfm-Wertes wurden den Niederschlägen des I. Monats noch die Niederschläge des vorherigen nivalen Monats zugerechnet.

So eigenartige Klimaverhältnisse finden natürlich ihren Ausdruck auch im Wasserhaushalt des Bodenprofils, aber nicht in so hohem Maße wie man es erwarten könnte. Das geht klar aus den Angaben in Tabelle 8 hervor. Die Ergebnisse der Messungen im Jahre 1949. scheinen besonders interessant zu sein, da es sich um ein verhältnismäßig trockenes Jahr handelt und dementsprechend auch eine mäßigere Befeuchtung des Bodenprofils zu erwarten war.

Trotz ziemlich geringer Niederschläge im Dezember 1948 zeigte das Bodenprofil Anfang Januar 1949 einen verhältnismäßig hohen Wassergehalt. Diesen behielt es bis Ende März, obwohl die ersten drei Monate niederschlagsarm waren. Dies weist darauf hin, daß in diesen Monaten weder die Evaporation noch die Transpiration einen bedeutenderen Einfluß auf den Wassergehalt des Bodens auszuüben vermochte. Um so interessanter ist der Wasserhaushalt des Profils in diesen ersten Monaten. Aus Tabelle 8 und den Diagrammen (Abb. 2—5) ist ersichtlich, daß die Mw-Werte nur im AB-Horizont in der zweiten Januarhälfte und in B₂(g) zu Beginn dieser Hälfte die Kwr-Werte übertroffen haben. In allen anderen Horizonten haben Mw die Kwr-Werte nicht erreicht. Immerhin

Tabelle 8

Datum	Wassergehalt des Bodens in Vol. % in der Tiefe von cm			
	3—10	30—40	60—70	90—100
1949.	A ₁	AB	B ₁ (g)	B ₂ (g)
3. I.	37,88	34,95	26,97	28,61
15. I.	33,65	36,85	30,26	32,34
2. II.	34,26	37,35	30,91	29,11
16. II.	35,53	32,07	30,32	26,80
1. III.	37,04	33,63	28,95	29,34
15. III.	33,43	30,81	32,11	27,95
1. IV.	31,34	33,83	27,29	28,04
15. IV.	29,88	32,52	28,78	27,97
30. IV.	23,97	27,90	25,32	26,32
1. VI.	22,50	25,90	25,29	23,91
1. VII.	21,51	23,17	26,73	—
20. VII.	29,48	17,02	22,42	23,18
30. VII.	18,55	17,62	18,97	—
19. VIII.	13,81	27,81	22,99	21,94
2. IX.	11,63	15,73	19,65	—
16. IX.	11,87	15,67	19,82	22,48
3. X.	16,46	16,92	23,05	25,59
31. X.	11,30	15,87	—	—
22. XII.	34,64	37,09	42,96	—

waren die Mw-Werte ziemlich hoch und nur ein kleiner Anteil der kapillaren Hohlräume war von Luft besetzt. Der A₁-Horizont war mäßig befeuchtet. Man kann also voraussetzen, daß im Jahre 1949 in den ersten drei Monaten keine länger dauernden Vernässungsintervalle aufgetreten sind. Die Oxydationsprozesse spielten sich sowohl in nichtkapillaren wie auch teilweise in kapillaren Hohlräumen ab. Das Kapillarwasser staute sich aber im überwiegenden Teil der Kapillarporen der B₁(g) und B₂(g) Horizonte, und bewegte sich hier sehr langsam. Es ist natürlich eine Frage, inwieweit dieses Wasser die oxydoreduktiven Prozesse beeinflußt hat.

Am Frühlinganfang kam es zur verstärkten Bewegung des Bodenswassers in azendenter Richtung unter dem Einfluß der Vegetation, aber auch infolge verstärkter Evaporation. Die Tendenz der Bodenvertrocknung wurde dann den ganzen Sommer und auch im Herbst bis zum 31. X. fortgesetzt.

Die Periode von Ende Juli bis Ende Oktober kann als die Trocknungsperiode des Bodenprofils bezeichnet werden. Die Mw-Werte sanken in A₁ bis auf 11,3 %, in AB auf 15,7, in B₁(g) auf 19 und in B₂(g) auf 22 Prozent. Der November war sehr feucht, leider konnten in diesem Monat keine Messungen gemacht werden; man kann aber annehmen, daß zu dieser Zeit der Boden sehr stark befeuchtet und vielleicht auch vernässt wurde. Anfangs der dritten Dezemberdekade konnte eine sehr starke Vernässung des AB und besonders des B₁(g) Horizontes verzeichnet werden.

Der Wassergehalt schwankte in einzelnen Horizonten im Laufe des Jahres wie folgt:

Schwankung des Mw Differenz

A ₁	11,30—37,9%	26,6%
AB	15,7—37,3	21,6
B ₁ (g)	19,0—42,9(?)	23,9
B ₂ (g)	21,9—32,3	10,4

Die Wasserverluste waren im Jahre 1949 grösser als im Jahre 1948. Obwohl das Jahr 1949 verhältnismäßig trocken war, konnten neben Trocken- und Feuchtphasen kürzere Perioden der Vernässung des AB und der B(g)-Horizonte festgestellt werden.

Der Wasserhaushalt im Jahre 1950

Das Jahr 1950 war semihumid und mäßig warm. Hohe Temperaturen in den Sommermonaten verursachten eine Trockenperiode, die sich auch im Wasserhaushalt des Bodenprofils widerspiegelt hat.

Tabelle 9

Klimat. Bezeichn.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres- durch- schnitt
N mm	48	72	21	67	58	46	40	42	120	87	157	125	883
t °C	-2,8	2,2	7,1	11,2	17,8	21,4	23,2	22,0	16,8	9,1	6,2	2,6	11,4
Rfm	—	54,0	3,0	5,9	3,2	2,1	1,7	1,9	7,1	9,4	25,2	48,6	69,5
H	—	ph	a	sh	a	a	a	a	h	h	ph	ph	sh
W	n	k	mk	mw	w	h	h	h	w	mw	mk	k	mw

Drei Monate waren perhumid kalt bis mäßig kalt, 2 Monate humid, warm bis mäßig warm, einer semihumid und mäßig warm, und 5 Monate arid, davon drei heiß, einer warm und einer mäßig kalt. Wie ersichtlich, weichen die Klimaverhältnisse des Jahres 1950 von dem vieljährigen Durchschnitt stark ab. Es besteht eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Jahre 1949, besonders in bezug auf die Ariditätsdauer des Klimas. Unterschiede bestehen aber vornehmlich mit Hinsicht auf die Humidität der Herbstmonate; im Jahre 1949 waren September und Oktober arid und im J. 1950 ausgesprochen humid. Diese Unterschiede im Gang der klimatischen Verhältnisse fanden natürlich ihren Ausdruck im Wasserhaushalt des Bodenprofils. Das geht klar hervor aus den in Tabelle 10 zusammengestellten Ergebnissen.

Obwohl das Klima im Jahre 1950 im allgemeinen semihumid war, können zwei kürzere Perioden perhumiden und eine längere Periode trockenen Klimas unterschieden werden. Perhumid war die erste Märzhälfte, in der die A₁, AB und B₁(g) Horizonte vernässt wurden. Die zweite Vernässung dauerte von der zweiten Aprilhälfte bis Ende Mai und die dritte umfaßte den ganzen Monat Dezember.*

* Unter Vernässung wird hier auch die längere volle Besetzung der kapillaren Hohlräume mit Stauwasser verstanden.

Tabelle 10

Datum	Wassergehalt des Bodens in Vol. % in der Tiefe von cm			
	3—10	30—40	60—70	90—100
	A ₁	AB	B ₁ (g)	B ₂ (g)
20. I.	36,41	32,07	30,11	—
6. III.	41,82	38,52	34,90	30,40
15. III.	38,50	36,71	35,45	26,62
1. IV.	25,83	29,59	33,16	36,90
15. IV.	39,25	36,44	33,83	31,54
3. V.	33,44	36,65	37,81	34,56
17. V.	26,57	29,31	30,92	28,70
1. VI.	17,24	23,52	26,06	25,49
16. VI.	21,22	19,89	26,16	27,71
1. VII.	17,57	15,93	—	—
17. VII.	13,09	15,86	—	—
2. VIII.	13,53	19,55	—	—
16. VIII.	15,62	23,94	21,65	—
2. IX.	11,83	—	—	—
30. IX.	25,07	29,26	—	—
16. X.	20,25	24,78	—	—
2. X.	28,39	32,43	—	—
15. XII.	31,94	35,22	34,25	—
4. XII.	33,33	41,20	43,66	—
15. XII.	40,63	42,26	40,42	—

Die Zeitspanne vom 1. VI. bis Anfang September kann als Periode der Bodenvertrocknung bezeichnet werden. Unter dem Einfluß ausgiebiger Niederschläge im September stieg der Wassergehalt des Bodens allmählich und erreichte gegen Mitte November die Mw-Werte, die im AB und B₁(g) -Horizont die Kwr-Werte übertroffen haben. Im Dezember waren alle Hohlräume dieser Horizonte von Wasser besetzt und ihre Luft verdrängt. Der Gang des Wassergehaltes der einzelnen Horizonte im Verhältnis zur Retentionskapazität für Wasser ist den Diagrammen 2—5 leicht zu entnehmen.

Die Mw-Werte ändern sich in den einzelnen Horizonten recht ungleichmäßig, wie aus folgenden Daten ersichtlich ist:

		Differenz
A ₁	13,09—41,85%	28,76%
AB	15,86—42,26	26,40
B ₁ (g)	21,65—40,42	18,77
B ₂ (g)	25,49—36,90	11,51

Die Schwankungen des Wassergehaltes sind erheblich grösser als in den vorigen Jahren.

Aufgrund der Angaben in Tabelle 10 ist ersichtlich, daß das semihumide Jahr 1950 für die Epigleysierung des Bodens ziemlich günstig war. Die Trockenperiode übte eine günstige Wirkung auf die Vernässung der tieferen Bodenschichten in der nachfolgenden Nassperiode aus. Infolge der Vertrocknung entstanden nämlich im Bodenprofil tiefe Risse und Spalten durch die, in der folgenden Naßperiode, die tieferen Bodenschichten sehr rasch vom Niederschlagswasser vernässt wurden.

Der Wasserhaushalt im Jahre 1951

Das Jahr 1951 war humid und mäßig warm, zeichnete sich aber durch eine etwas höhere Niederschlagssumme und eine höhere mittlere Jahrestemperatur aus als in 73-jährigem Durchschnitt.

Drei Monate waren perhumid, kalt bis mäßig kalt, 5 Monate humid, warm bis mäßig kalt, einer semihumid und warm, je ein Monat semiarid und arid, mäßig warm, und ein Monat perarid und heiß.

Tabelle 11

Klimat. Bezeichn.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres- durch- schnitt
N mm	87	60	90	50	86	135	178	16	157	26	83	56	1024
t °C	2,9	5,0	6,2	11,1	15,6	19,1	19,9	21,2	18,0	9,8	8,1	2,2	11,6
Rfm	30,0	12,0	14,5	4,5	5,5	7,0	9,4	0,7	8,7	2,6	10,2	25,4	88,2
H	ph	h	ph	sa	sh	h	h	pa	h	a	h	ph	h
W	k	mk	mk	mw	w	w	w	h	w	mw	mw	k	mw

Mit Hinsicht auf solche Klimaverhältnisse konnte man erwarten, daß im Jahre 1951 die Prozesse der Hydromorphisierung des Bodenprofils ihre maximale Intensität erreichen würden. Die in Tabelle 12 zusammengestellten Ergebnisse bestätigen in vollem Umfange diese Voraussetzung. Sie zeigen klar, daß in ausgesprochen humiden Jahren die Böden von Gor. Cerina einige ziemlich lange Perioden der Epihydromorphisierung, besonders des AB, B₁(g) und B₂(g), durchmachen können. Im Frühjahr dauerte die Vernässungsperiode vom 1. I. bis zum 19. III. Eine zweite Naßphase trat dann im Dezember auf, und kam zur Auswirkung in AB und B₁(g) Horizonten.

Tabelle 12

Datum	Wassergehalt des Bodens in Vol. % in der Tiefe von cm			
	3—10	30—40	60—70	90—100
	A ₁	AB	B ₁ (g)	B ₂ (g)
4. I.	33,79	38,92	36,76	—
15. I.	35,49	42,60	40,89	—
10. II.	50,82	38,97	36,59	34,69
15. II.	42,62	41,74	38,15	34,69
1. III.	49,29	40,10	41,78	33,43
19. III.	41,95	40,83	39,98	34,20
16. IV.	31,98	32,63	30,49	27,66
5. V.	29,94	31,59	29,26	31,13
21. V.	36,17	32,28	30,72	26,93
4. VI.	28,08	25,95	29,95	29,19
19. VI.	23,14	27,37	28,07	26,94
12. VII.	16,50	19,41	—	—
1. VIII.	27,45	29,20	29,38	26,80
17. VIII.	20,05	15,53	19,70	—
3. IX.	15,54	16,02	—	—
17. IX.	14,60	18,66	24,69	—
15. X.	24,80	29,76	29,94	—
15. XI.	35,02	32,85	27,87	—
1. XII.	37,26	36,42	32,29	28,49
17. XII.	36,26	40,51	37,22	—

Im Jahre 1951 können drei Phasen der Befeuchtung unterschiedet werden:

1. N a ß p h a s e n, vom Januar bis zum 19. März und im Dezember,
2. F e u c h t p h a s e n vom April bis Anfang Juni und vom 15. X bis zum 15. XI.
3. E i n e T r o c k e n p h a s e von Ende Juni bis zum 15. Oktober.

Die Schwankungen des Wassergehaltes in den einzelnen Horizonten sind aus folgenden Daten ersichtlich:

	Schwankung in %	Differenz in %
A ₁	14,60—50,82	36,22
AB	15,53—42,68	27,07
B ₁ (g)	19,70—40,89	21,19
B ₂ (g)	26,80—34,69	7,89

Die größte Amplitude des Wassergehaltes konnte im eluvialen A₁ und niedrigste in vergleytem B₂(g) verzeichnet werden. Daraus ist zu schließen, daß die Bewegung des Wassers mit der Bodentiefe immer träger wird und zwar sowohl in deszendenter als auch in aszendenter Richtung. Die Horizonte B₁(g) und B₂(g) enthalten im überwiegenden Teil des Jahres große Wassermengen, die zwar unter den Kwr-Werten liegen, aber auf die Besetzung des überwiegenden Teiles der kapillaren Hohlräume durch Wasser hinweisen.

Diskussion und Untersuchungsergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse über den Wasserhaushalt der mäßig podsolierten Böden auf der diluvialen Terrasse von Maksimir weisen klar darauf hin, dass die rezenten pedogenetischen Verhältnisse durch viele Jahre die epihydromorphen Prozesse begünstigt haben. Die Epihydromorphisierung ist eine Folge der Illimerisierung bzw. der Verschlämmung der tieferen Horizonte mit Tonteilchen aus dem Eluvium.

Dank dem Wurzelwachstum der Waldvegetation entstehen in lehmig-tonigem Bodenprofil zahlreiche Hohlräume, und durch Vertrocknung des Bodens in Trockenperioden zahlreiche Risse und Spalten, die Übertragung der Tonteilchen aus den oberen Schichten und die Verschlämmung der tieferen Bodenschichten erleichtern.

Die Verschlämmung des Illuviums führte zur Verlangsamung der Wasserbewegung in deszendenter Richtung und zur zeitlichen periodischen Sättigung der kapillaren und teilweise auch der nichtkapillaren Hohlräume mit Wasser. Die Änderungen im physikalischen Aufbau des Bodenprofils bedingen gleichzeitig auch die Verlangsamung des kapillaren Wasseraufstiegs von den tieferen Bodenschichten gegen die Bodenoberfläche hin. Die Wasserverluste auf rein mechanischem Wege d. h. durch Evaporation, werden infolgedessen vermindert, was ebenfalls zur Hydromorphisierung dieser Böden beiträgt.

Die Vegetation bleibt auf diese Weise die Hauptkraft, die dem Bodenwasser eine rasche Bewegung in aszendenter Richtung ermöglicht, und dadurch auch den Prozessen der Hydromorphisierung entgegenwirkt. Ihr Wurzelwerk entnimmt im Laufe der Vegetationsperiode der vernäßten Rizosphäre erhebliche Mengen von Bodenwasser, und trägt



Der Wald *Quercus-Carpinetum croaticum* in Maksimir

sehr viel dazu bei daß der Wassergehalt der tieferen Bodenschichten zu dieser Zeit merklich herabsinkt. Immerhin soll betont werden, daß nach den Untersuchungen von Gračanin M., Ilijanić, Gaži und Hulina (1969) die für *Quercus-Carpinetum croaticum* charakteristischen Arten *Quercus petraea* und *Carpinus betulus* ein verhältnismäßig niedriges Transpirationsvermögen aufweisen. Die mittlere Tagessumme der Transpiration beträgt bei diesen Phanerophyten, auf ihrem natürlichen Standort, weniger als 2,5 g Wasser auf ein Gramm des Blattfrischgewichtes (Messungen in 1967).

In den Versuchsjahren 1948–1951, die sich in klimatischer Hinsicht voneinander wesentlich unterschieden haben, konnten gewöhnlich drei verschiedene Phasen festgestellt werden:

1. **Eine Trockenphase**, die gewöhnlich die Sommermonate umfaßt und sich bis zum Herbst erstreckte; sie kommt am stärksten in A₁, schwächer in AB und noch schwächer in B₁(g) zum Ausdruck.

2. **Feuchtphase**, Sie umfaßt Frühling und Herbst in A₁, AB und B₁(g), und Spätfrühling, Spätherbst, manchmal auch Sommer in B₂(g).

3. **Nassphasen**, in A₁ sporadisch in Winter und Frühling, in AB, B₁(g) und B₂(g) ziemlich regelmässig vom Winter bis zum Vorfrühling. Wie ersichtlich, kann man von periodischer Epihydromorphisierung der ursprünglichen mässig podsolierten Böden sprechen. Es soll hervorgehoben werden, dass sich die Vernässung nicht immer auf alle, d.h. kapillare und nichtkapillare Hohlräume bezieht. Nur selten sind sie alle von Wasser besetzt. In der Nassphase ist die Luft aus allen kapillaren und gewöhnlich nur aus einem Teil der nichtkapillaren Poren von Wasser verdrängt.

Es könnte die Frage gestellt werden, ob wir als Vernässung auch solche Zustände bezeichnen dürfen, in denen nur kapillare Hohlräume besetzt und die nichtkapillaren für Luft frei bleiben.

Für die Beantwortung dieser Frage ist allerdings der Wasserzustand selbst entscheidend. Wenn die Sättigung der kapillaren Poren von dem sich bewegenden sauerstoffreichen Wasser erfolgt, dann kann es nicht zu Epigleysierung kommen. Wenn aber die kapillaren Hohlräume vom Stauwasser besetzt werden, dann können reduktive Gleysierungsprozesse eingeleitet werden.

Scheffer und Schachtschabel (1960) sprechen vom hydraulisch geschlossenem Wasser, Rode (1959) von gestutztem oder getragenen Wasser« und Zakosek (1960) definiert es folgendermassen: »Staunässe ist ein oberflächennahes, geringmächtiges Grundwasser, das in der Regel während der Vegetationszeit ganz oder teilweise verschwindet«.

Aufgrund mehrjähriger Messungen des Wasserhaushaltes sowie der Untersuchungen der Morphologie des Bodenprofils können wir schließen, dass die mässig podsolierten Böden der diluvialen Terrasse von Maksimir zu gewissen Jahreszeiten den Prozessen der Epigleysierung unterworfen sind. Es handelt sich also hier nicht um »pseudovergleyte« sondern um wirklich epigleyierte, mässig podsolierte Böden.

Die Kenntnis der Änderungen in dem Gang des Wassergehaltes in epivergleyten podsoligen Böden Kroatiens ist von besonderem Interesse für die Pflanzenökologie, spez. für die Deutung der Sukzession von Pflanzengesellschaften.

Schrifttum

- Blašković, P.*, 1967: Problemi hidromorfnih tala Jugoslavije. Treći kongres jugoslavenskog društva ZPZ. Zadar XXV—XXX.
- Gračanin, M.*, 1969: Zur Klassifikation hydromorpher Böden. Bulletin Scientifique du Conseil d. Academies d. sciences et d. arts SFR d. Yougoslavie 14, 3/4, 78—79, Zagreb.
- Gračanin, D.*, 1959: Die Gleysierung in Kroatien. Ibid., No. 3—6, 149—150, Zagreb.
- Gračanin, M.*, 1969: Gleysierte Böden. *Agrochimica* 14, 1, 17—27, Pisa.
- Mückenhausen, E.*, 1958: Der Wasserhaushalt der Pseudogleye und dessen Bedeutung für die Pflanze. Verhandlungen d. II. u. IV. Kommission d. Internat. Bodenkund. Gesellschaft. Hamburg, 105—111.
- Gračanin M., Ilijanić Lj., Gaži V. u. Hulina N.*, 1969: Über die Grösse und den Gang der Transpiration einiger Phanerophyten der Waldgesellschaften von Zagreb und Zagrebačka gora. *Acta Bot. Croat.* 28, 93—138.
- Ostendorf, E.*, 1953: Der Wasserhaushalt des Bodens in Abhängigkeit vom Boden, Bewuchs und Kultur. *Zeitschr. Pflanzenernährung u. Bodenkunde*, 60, 279—281.
- Resulović, H., Bašović, M., Vlahinić, M. i Dž. Bišić-Hajro.*, 1967: Promjene mokre, vlažne i suhe faze u pseudogleju u ovisnosti o dubini oranja i đubrenja. Treći kongres jugoslav. društva ZPZ. Zadar, 447—454.
- Rode, A.*, 1959: Učenie o počvenoi vlage. Moskva.
- Scheffer, F.—Schachtschabel, P.*, 1960: Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart.
- Škreb, S. u. Mitarbeiter*, 1942: Klima. *Zemljopis Hrvatske I.* Zagreb, 148—283.
- Zakosek, H.*, 1960: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. 32, Wiesbaden.

SADRŽAJ

PRIOLOG POZNAVANJU VODNIH PRILIKA EPIGLEJIZIRANIH TALA

Mihovil Gračanin

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

U sjeverozapadnoj Hrvatskoj znatne površine zauzimaju umjereno podzolirana tla pokrivena prirodnom vegetacijom šume *Quercus-Carpinetum croaticum* Horv. Razvijaju se pretežno na diluvijalnim terasama, izgrađenim od težih ilovasto-glinastih sedimenata. Na zaravancima i mikrodepresijama tih terasa, gdje postoje uvjeti za zadržavanje površinske vode (uglavnom oborinske), podzolirana tla s vremenom podliježu slaboj epihidromorfizaciji, zahvaljujući u prvom redu ilimerizaciji AB i B-horizonta. Za vrijeme vlažnijih perioda voda stagnira u kapilarnim, a rjeđe i nekapilarnim porama iluvija, pa se tako razvijaju Bg-horizonti s tipičnom morfologijom epiglejiziranih tala. Mramoriranje iluvija, tj. formiranje morfološki izraženog sloja išaranog sivkastim do plavkastim prugama, odigrava se već u fazi podzolizacije utjecajem korijenova sistema hrasta i graba; oni imaju veliku sposobnost dekolizacije putova, kojima prodiru u dublje slojeve (posebna uloga pripada njihovim trijeslovima). Kasnije, kada se za vrijeme vlažnih perioda pojača hidromorfizacija B-horizonta, dolazi do glejizacije, tj. tvorbe sivoplavkastih pruga, zahvaljujući redukcijским procesima, i do formiranja Bg-horizonta.

Utjecaj vegetacije na vodne prilike ovih tala je dvostruk, a moglo bi se reći i presudan. Dok, s jedne strane, ona za vrijeme vegetacijske periode suši ekološki profil i suzbija hidromorfizaciju, ona, s druge strane, u isto vrijeme, sušenjem tla potpomaže tvorbu širokih pukotina u tom istom profilu i tako omogućuje da se proces hidromorfizacije B-horizonta pojačava već na početku »mokre faze«. Oborinska voda prodira naime putem ovih pukotina vrlo brzo do B-horizonta i zasićuje ga vodom. Na taj način prirodna vegetacija znatno pridonosi hidromorfizaciji tih teških tala. U tabelama 6, 8, 10 i 12 predložen je hod vlage u ekološkom profilu epiglejiziranog tla G. Cerine (Maksimir), a u ostalim tabelama klimatske prilike u godinama, kada su vršena ova istraživanja. U dijagramima (sl. 2—5) prikazan je hod vlage u pojedinim horizontima, te retencioni kapacitet (K_{wr}) i porozitet (P) tih horizonata.

Poznavanje hoda i dinamike vlage ima posebno značenje za razumijevanje ekologije vegetacije, kao i sukcesija pedogenetskih i fitoekoloških na ovim tipovima tla.

Prof. dr Mihovil Gračanin
Istarska 29
Zagreb (Jugoslavija)