



György Bárdossy

**The Halimba Malom-völgy
bauxite deposit**

**A halimbai Malom-völgy
bauxit-előfordulása**

2009, Budapest, Hungary



Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary,
volume 210

The Halimba Malom-völgy bauxite deposit

A halimbai Malom-völgy bauxit-előfordulása

Written by — Írta
György BÁRDOSSY

Budapest, 2009

© Copyright Geological Institute of Hungary (Magyar Állami Földtani Intézet), 2009
All rights reserved! Minden jog fenntartva!

Serial editor — Sorozatszerkesztő

GYULA MAROS

Reviewer — Lektor:

ISTVÁN KIS

English text — Angol szöveg:

GYÖRGY BÁRDOSSY

Technical editor — Műszaki szerkesztő

OLGA PIROS, DEZSŐ SIMONYI

DTP

DEZSŐ SIMONYI, OLGA PIROS,

Cover design — Borítóterv

DEZSŐ SIMONYI

Printing house — Nyomda:

Innova-Print Kft.

Published by the Geological Institute of Hungary — Kiadja a Magyar Állami Földtani Intézet

Responsible editor — Felelős kiadó

LÁSZLÓ KORDOS

director — igazgató

This book has been subsidized by the Committee on Publishing Scientific Books and Periodicals
of Hungarian Academy of Sciences

A könyv a Magyar Tudományos Akadémia Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottságának
támogatásával készült

ISBN 978-963-671-277-8

Contents — Tartalom

The Halimba Malom-völgy bauxite deposit

Introduction	5
The history of the discovery and of the prospecting of the deposit	6
Stratigraphic position	7
Geomorphology, depositional and hydrogeologic features of the deposit	9
Tectonic construction	14
Lithology of the lenses	14
Texture and structure of the bauxitic rocks	16
The main chemical components of the bauxitic sequence	19
Al_2O_3 content	19
SiO_2 content	22
Fe_2O_3 content	24
TiO_2 content	25
Loss of ignition	27
$+\text{H}_2\text{O}$ content	27
The accessory component	28
CaO content	28
MgO content	29
P_2O_5 content	29
The sulphur content	29
MnO_2 content	30
The interrelation between the chemical components	30
The elements of the bauxite sequence	35
The mineral composition of the bauxite sequence	36
Comparison of some features of the lenses	37
The origin of the Malom-völgy deposit	39
Drilling and geophysical exploration of the bauxite lenses and estimation of the resources	40
Possibilities and chances of further exploration	49
Summary and conclusions	50
Acknowledgements	50

A halimbai Malom-völgy bauxit-előfordulása

Bevezetés	51
Az előfordulás megismerésének története	51
Rétegtani helyzet	52
Geomorfológia, teleptani és hidrogeológiai tulajdonságok	53
Tektonikai viszonyok	55
A lencsék közettani felépítése	56
A bauxitfajták szövete és szerkezete	58
Az összetétel fő és járulékos kémiai komponensei	59
Al_2O_3 -tartalom	60
SiO_2 -tartalom	62

Fe ₂ O ₃ -tartalom	63
TiO ₂ -tartalom	65
Izzítási veszteség	66
+H ₂ O-tartalom	66
A járulékos komponensek	67
CaO-tartalom	67
MgO-tartalom	68
P ₂ O ₅ -tartalom	68
Kéntartalom	68
Mangántartalom	68
A fő és járulékos komponensek összefüggései	69
A bauxitösszetétel nyomelemei	71
A bauxit ásványos összetétele	72
A bauxit-előfordulás tulajdonságainak összehasonlító értékelése	73
A bauxit-előfordulás genetikai értékelése	75
Fúrásos és geofizikai bauxitkutatás, valamint a készletszámítások módszertani tapasztalatai	76
Az előfordulás továbbkutatásának lehetőségei	80
Összefoglalás, következtetések	80
Köszönetnyilvánítás	81
References — Irodalom	83
Enclosure — Melléklet	85

The Halimba–Malom-völgy bauxite deposit

Introduction

There are three large bauxite deposits in the south-western part of the Bakony Mountains: Halimba, Malom-völgy and Szőc (Figure 1) They all are karst-type deposits. The Halimba one is a large layer-type deposit, the other two consist of bauxite lenses.

The Szőc deposit has been investigated and described by the author in a relatively short paper in 2001. The

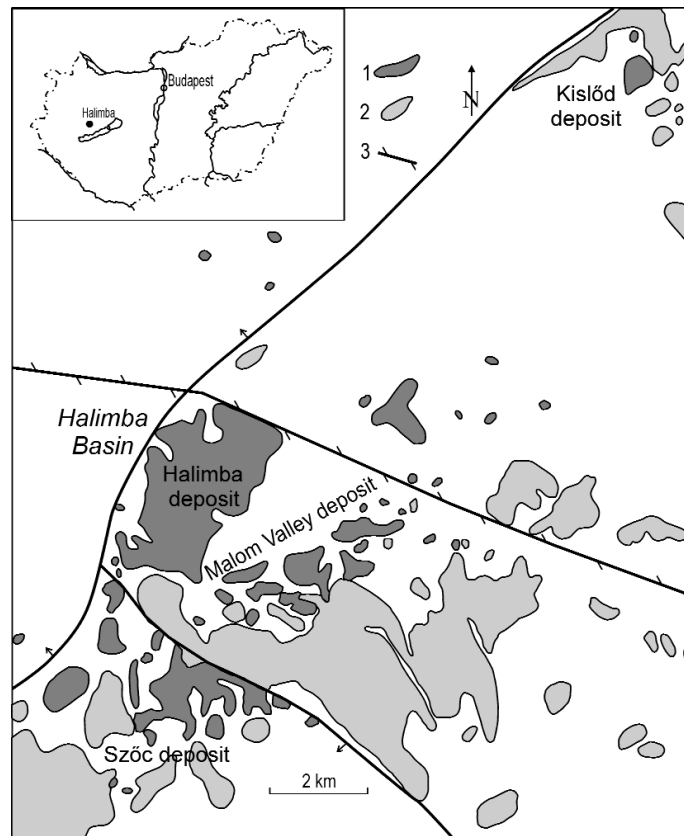


Figure 1. Geologic environment of the Malom-völgy bauxite deposit
1 — bauxite sequence on the surface and buried, 2 — Late Triassic carbonate
sediments on the surface, 3 — main fault lines

1. ábra. A malom-völgyi bauxitelőfordulás földtani környezete

1 — bauxitösszet a felszínen és a felszín alatt, 2 — felső-triász karbonátos
képződmények a felszínen, 3 — fő törésvonalak

Halimba deposit has been studied by him in detail and a monography was published about it in English and Hungarian in 2007. The Malom-völgy deposit has been described only by company reports, each bauxite lense separately. This is the oldest discovered bauxite deposit in Hungary, nevertheless no overall geologic evaluation was carried out on it. The aim of the author was to undertake an overall geologic evaluation of the deposit and to publish the results in the form of a monography.

The history of the discovery and of the prospecting of the deposit

The discovery occurred in 1908 when Joseph ZALATNAY STÜRMER, a retired colonel, landowner of the Malom-völgy area, found pieces of a red coloured rock on the surface of his territory. STÜRMER believed that this is an iron ore. He visited the director of the Hungarian State Geological Institute at Budapest, and requested a visit of a geologist on the spot. Tivadar KORMOS, geologist was sent to the Malom-völgy, but according to the notices of STÜRMER he considered the area without any economic interest. The outbreak of the first world war prevented STÜRMER to undertake further steps in favour of his findings.

In 1918 STÜRMER got acquainted with Alexander EIDLITZ, a banker from Vienna, who urged him to continue. Some samples have been investigated by Joseph LEITMEIER, professor at the Vienna University, who stated that the samples consist of bauxite. In 1919 Franz Eduard SUESS, also professor at the Vienna University visited the Malom-völgy area, found bauxite outcrops and came to the conclusion that the area is of economic interest. He suggested to start a systematic prospecting of the area. In 1920 STÜRMER and EIDLITZ obtained a prospecting and mining claim for a part of the Malom-völgy area. In 1921 a mining company was founded (Tapolca Bánya Rt.). STÜRMER, EIDLITZ and SUESS were among the founding share-holders of this company. Professor SUESS prepared a geologic map and two reports of the claim area (1920, 1921). Albert GYÖRGY, a mining engineer has been employed by the company as a prospecting and mining expert. The prospecting started to the south of Halimba village on both sides of the Malom-árok valley. Four prospecting adits were started on the two sides of the valley (Figure 2). Bauxite was reached in the adits. Samples were taken and chemical analyses were carried out. The first results have been published by GYÖRGY (1923). He estimated the bauxite resources of the area to 22.5 million tons. The Malom-völgy area has been visited in 1922 by Hermann HARRASSOWITZ, professor at the Giessen University, Germany. He visited the adits, took samples and published in 1926 in his book

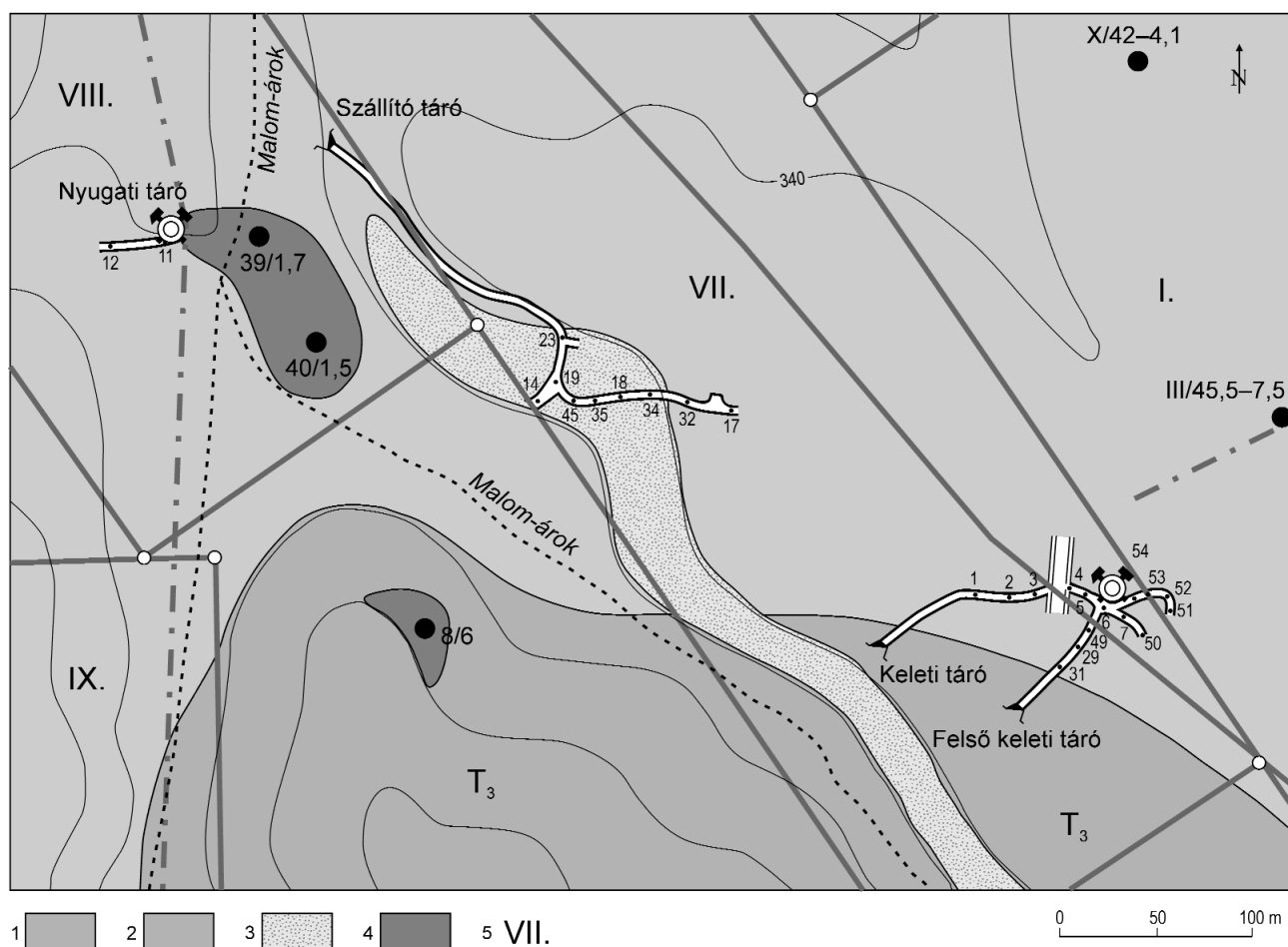


Figure 2. Exploration galleries in the Malom-árok valley, Halimba (VITÁLIS 1932)

1 — Main dolomite Formation, 2 — Eocene limestone 3 — Pleistocene sand, 4 — Bauxite, 5 — free prospecting area

2. ábra. A halimbai Malom-árok kutatótárói (VITÁLIS 1932)

1 — Fődolomit, 2 — eocén mészkő, 3 — pleisztocén homok, 4 — bauxit, 5 = zártkutatmányok, táró = drift

„Laterites” a good profile of the bauxite (Figure 3). Three Hungarian geologists, Tivadar KORMOS, Henrik TAEGER and Elemér VADÁSZ prepared in 1926 a detailed bauxite-geologic map of the area.

Károly TELEGDI ROTH, professor at the Budapest University also vited the adits, took samples and made important stratigraphic observations in the area (1927). More and more attention came to the bauxite deposit. This was reflected by István VITÁLIS, leading professor of applied geology and mining, who took a set of samples from the adits and from the surface. In several samples more Fe_2O_3 was recorded than Al_2O_3 . He considered therefore this bauxite to be an aluminous iron ore (1931). In 1932 he published a paper on the question of the usefulness of the bauxite resources in the entire Halimba area. He came to the surprising conclusion the bauxite is not suitable for alumina production. KORMOS immediately reflected to this statement declaring that the conclusions of professor VITÁLIS are premature as the prospecting is only in an early stage. VITÁLIS practically withdrew his statements and supposed the presence of about 100 to 160 million tons of bauxite in the entire Halimba area (1932). However, the interest of the investors turned to the Vértes Mountains, where in the Gánt region large deposits of high quality bauxite were found. For this reason prospecting stopped in the Malom-völgy area.

Drilling of prospecting boreholes was resumed only in 1943 by the Aluminium Ores Mining Company. The drilling extended over the entire Halimba, Malom-völgy and Szóc area. The geologic researches were directed by Elemér VADÁSZ, and the technical works by Endre ALLIQUANDER, a mining engineer. To the south of Halimba village boreholes were drilled on the surface of the Eocene limestone, arranged in profiles. The results indicated the presence of bauxite lenses below the limestone, but economic ores of aluminium were found only in one lense numbered I–II. As a further result the surface extent of the Upper Triassic dolomite was established, being the footwall of the bauxite lenses. The results were presented on a 1:5000 scale map.

In the same time more favourable results were obtained to the north, in the Halimba Basin. For this reason the drilling was concentrated in the Halimba Basin and the prospecting of the Malom-völgy area was stopped again. VADÁSZ summarized the prospecting results in two company reports (1943, 1944). The events of the war had only little effect on the prospecting of the Halimba area, as the front passed quickly over the area. With the end of the war, according to the peace treaty a Hungarian–Soviet Bauxite–Aluminium Company was founded (Maszobal), that directed the further prospecting in the area. All the drilling results were documented in a company report in 1949, edited by E. ALLIQUANDER, E. VADÁSZ and I. A. LJUBIMOV, a Soviet geologist. This well edited volume is used up to the present by the mining company and by the author of this monography.

In 1950 a prospecting company was established by Maszobal, called Bauxite-Prospecting Expedition and detailed drilling was started in the most important bauxite regions of the country. A first company report was prepared by Gy. BÁRDOSY for the I–II, III, and IV bauxite lenses of the Malom-völgy deposit in 1955. Drilling continued in the area of the deposit and new bauxite lenses were detected. A company report was prepared on lense No. X in 1966, followed by a report on lense No. XI in 1968 and on lense XII in 1970. In 1990 prospecting results on the lenses No. XIII and XV were reported. In the same year drilling of the lense No. XVI was finished. In the nineties two smaller lenses were prospected (No. XVII and XVIII), but no reports were prepared on the results. Some prospecting drilling occurred during the eighties and nineties to the east of the deposit. The area being genetically related to the Malom-völgy deposit, it has been included into this monography

All these company reports and primary documents were carefully studied by the author and a new up-to date evaluation was carried out for this monography.

Stratigraphic position

The stratigraphic position of the Malom-völgy deposit was first defined by TELEGDI ROTH and VADÁSZ (1927). Their statements have been confirmed in 1950 by Kálmán BARNABÁS who constructed a 1:25 000 scale bauxite-geologic map of the entire area and a company report for the Bauxite Prospecting Expedition. Our present knowledge is as follows:

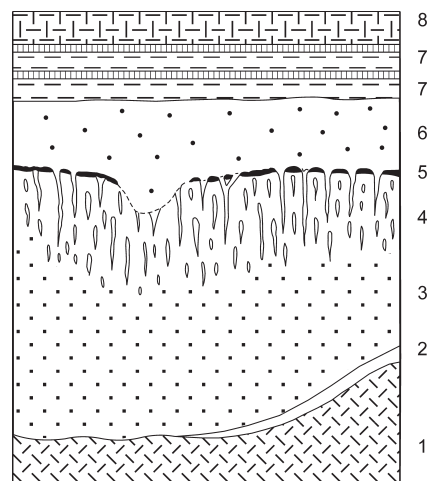


Figure 3. Breast in one of the galleries, Malom-árok valley (HARRASSOWITZ 1926)
1 — Main dolomite with karstic surface, 2 — grey bauxite, 3 — rust-red bauxite, 4 — rust-bauxite with nearly vertical yellow stripes, 5 — dark red, interrupted iron crusts, 6 — yellow clayey bauxite, 7 — grey clay with thin lignitic intercalations, 8 — middle Eocene limestone and marl

3. ábra. Vájvég az egyik táróból, Malom-árok (HARRASSOWITZ 1926)

1 — Fődolomit, karsztos felszínnel, 2 — szürkés bauxit, 3 — rozsdavörös bauxit, 4 — rozsdavörös bauxit közel függőleges okkersárga erekkel, 5 — sötétvörös meg-megszakadó vas-kérgék, 6 — sárga agyagos bauxit, 7 — szürke agyag vékony kőszénrétegekkel, 8 — középső-eocén mészkő és mészmárga

The immediate footwall of the Malom-völgy bauxite deposits is the *Main Dolomite Formation* of Upper Triassic Norian age. To the south-east of the bauxite lenses the dolomite comes to the surface and covers the entire area between the Malom-völgy and Szóc deposits. The top part of the dolomite is loose and weathered. The karstified surface of the dolomite is preserved below the bauxite lenses forming sinkholes, depressions and eminences of some metres high.

In the western part of the deposit, below the lenses No. XIII, XV and XVI transported dolomite debris and pebbles were found between the bauxite and the in situ dolomite. Some quartz pebbles were also found. The layer is 0.5 to 10 metres thick and it has a clayey ground mass. The age of this layer is not clarified as it does not contain fossils.

The *Dachstein Limestone Formation* of Norian–Rhaetian age was detected only in three boreholes to the east of the deposit (K–6, –7, –37). No outcrops of it are known in the area of the deposit. The *Kössen Limestone and Marl Formation* of Rhaetian age is represented by small outcrops to the east of the deposit on the hills Fenyér, Hajagos and Lúgos. It was detected also in several boreholes. To the west of the deposit, close to the village of Szóc another small outcrop of the Kössen Formation was detected.

The *Kardosrét Limestone Formation* of Lower Liassic age was found only in the K–7 borehole, to the east of the deposit. The entire Jurassic sequence is represented in the Úrkút area, to the north-east of the Malom-völgy deposit.

The *Zirc Limestone Formation* of Albian age occurs to the north-east of the deposit. Intercalations of bauxitic clay and clayey bauxite were found in the formation in several boreholes in a depth of 250 to 300 metre. These uncommon accumulations are restricted to a relatively small area, as seen on the north-eastern edge of Figure 4. The *Ajka Coal*



Figure 4. Distribution of the middle Eocene grey lignitic clay in the Malom-völgy deposit and in the southern part of the Halimba Basin

1 — Late Triassic carbonate rocks, 2 — layers of bauxitic clay and clayey bauxite in the Albian Requienia limestone, 3 — bauxite, 4 — contours of the bauxite lenses, 5 — boundary of the Eocene cover, 6 — distribution of the middle Eocene grey pyrite bearing clay, 7 — distribution of the Late Cretaceous bauxitic rocks

4. ábra. A középső-eocén szürke szenes agyag elterjedése a malom-völgyi előfordulásban és a Halimbai-medence déli részén

1 — felső-triász karbonátos képződmények, 2 — bauxitos agyag és agyagos bauxit rétegei a requienás mészkőben (albai), 3 — bauxit, 4 — a bauxittelepek körvonala, 5 — az eocén fedőrétegek elterjedésének határa, 6 — középső-eocén szürke, szenes, pirites agyag elterjedése, 7 — felső-kréta bauxitképződmények elterjedésének határa

Formation of Upper Cretaceous Santonian age is present in a large area to the north-east of the Malom-völgy deposit. It has been mined for several decades. Bauxite and bauxitic clay were found at many places below the coal seams during the mining operations. According to my evaluations these bauxites are older than the Malom-völgy bauxites and their palaeogeographic situation was also different. The stratigraphic and palaeogeographic conditions of the Ajka area has been evaluated by HAAS et al. (1980). I agree with their statements. At any rate, in my opinion the Malom-völgy area has not been covered at all by Upper Cretaceous sediments due to its higher morphologic position.

The immediate cover of the Malom-völgy bauxite lenses is the *Darvastó Formation* of Middle Eocene age. It was followed by the *Szóc Limestone Formation*, also of Middle Eocene age. The original thickness of the Eocene cover is unknown as it has been partially eroded. The Eocene layers dip in north-western direction. Their total actual thickness reaches 60–90 metres along the north-western rim of the deposit.

The bauxite is covered directly by a yellow and brown clay of 0.5 to 3.0 metre thickness. It contains in its lower part detrital bauxite pebbles. In the borehole H–1377 sandstone of 3.7 metre thickness is the immediate cover. It was not found in any other boreholes of the deposit.

Grey pyrite and marcassite bearing lignitic clay covers the brown clay layer. It corresponds to reducing, marshy conditions. A map of the distribution of this layer was constructed by the author, taking into account all boreholes of the deposit (Figure 4). It forms a continuous layer in the north-western part of the deposit with 1 to 7 metre thickness. In south-eastern direction the layer becomes thinner and only spots of it remain in the middle and south-eastern part of the deposit. This distribution can be interpreted as a gradual palaeogeomorphologic rise of the ancient surface of the deposit in southern direction.

The sedimentation of the marshy grey clay was continued by the shallow marine transgression of the *Szóc Limestone Formation*. It has a uniform lithology over the entire deposit. It consists mainly of limestone and in its lower part of marl. It is rich in fossils. Mainly Assilines, Miliolines and Alveolines in its lower part, mainly Nummulines in the upper part. Along the south-eastern rim of the deposit Triassic dolomite pebbles of 1 to 15 cm diameter occur in the limestone. At some places they are so frequent that the rock becomes a conglomerate. The presence of the pebbles indicate the closeness of the ancient shore line and its strong waviness. The Eocene layers were completely eroded along the south-eastern edge of the deposit (Figure 4). Spots of Quaternary sediments occur all over the deposit consisting of loess, sand and at some places of gravel. At places where the Eocene cover was eroded the bauxite lenses were also destroyed and redeposited. Their remains are present in small depressions of the surface. Their material is mixed with clay and sand, but their characteristic red colour remained.

To the east of the deposits basalt layers occur. They are the western edges of the large volcanic center of the Kab Hill. They are called the *Tapolca Basalt Formation*, presumed to be of Upper Pliocene („Pannonian”) age. The basalt covers parts of the Eocene formations and the other more ancient ones (see later Figure 6).

Geomorphology, depositional and hydrogeologic features of the deposit

The three deposits of the region occur in different geomorphologic environments.

The large Halimba deposit is situated on the flat Halimba plain, slightly rising in southern direction. The surface elevation is between 225 and 250 metre above sea level. Small hills emerge to the south of Szóc and Halimba villages, rising in southern direction. Thus the lenses of the Malom-völgy deposit are situated at 300 to 350 metre surface elevations. The deposit area is transected by a young erosional valley of south-east/north-west direction, called Malom-árók. The valley ends at the northern foot of the hills. Further smaller valleys of the same direction occur to the east of the Malom-árók Valley. They also end at the foot of the hills. There are no recent water currents in the area of the deposit.

The surface further rises to the south of the Malom-völgy deposit and it reaches its highest elevations at three hills: the Magyal-hegy (392 m), the Kis-Magyal (388 m) and the Átibor (380 m) (Figure 5). This is the geomorphologic border between the Malom-völgy and Szóc deposits. Further to the south smaller hills occur. The bauxite lenses of the Szóc deposit are situated partly in the valleys, partly on the top of the hills.

There are large differences between the depositional features of the three deposits. The large Halimba deposit forms a layer. The Malom-völgy deposit consists of 18 bauxite lenses and a number of bauxitic clay lenses. The Szóc deposit also consists of bauxite lenses, but some larger lenses of complicated form also occur. The lenses of the Malom-völgy deposit are located in a south-west/north-east directed belt of 4 km length and 1.2 to 1.5 km width. A barren strip separates the Halimba and Malom-völgy deposits being broader to the east. There is also a barren strip between the Malom-völgy and the Szóc deposits. (Figure 5).

The lenses of the Malom-völgy deposit have been numbered in the order of their discovery. The numbers V, VII, VIII,

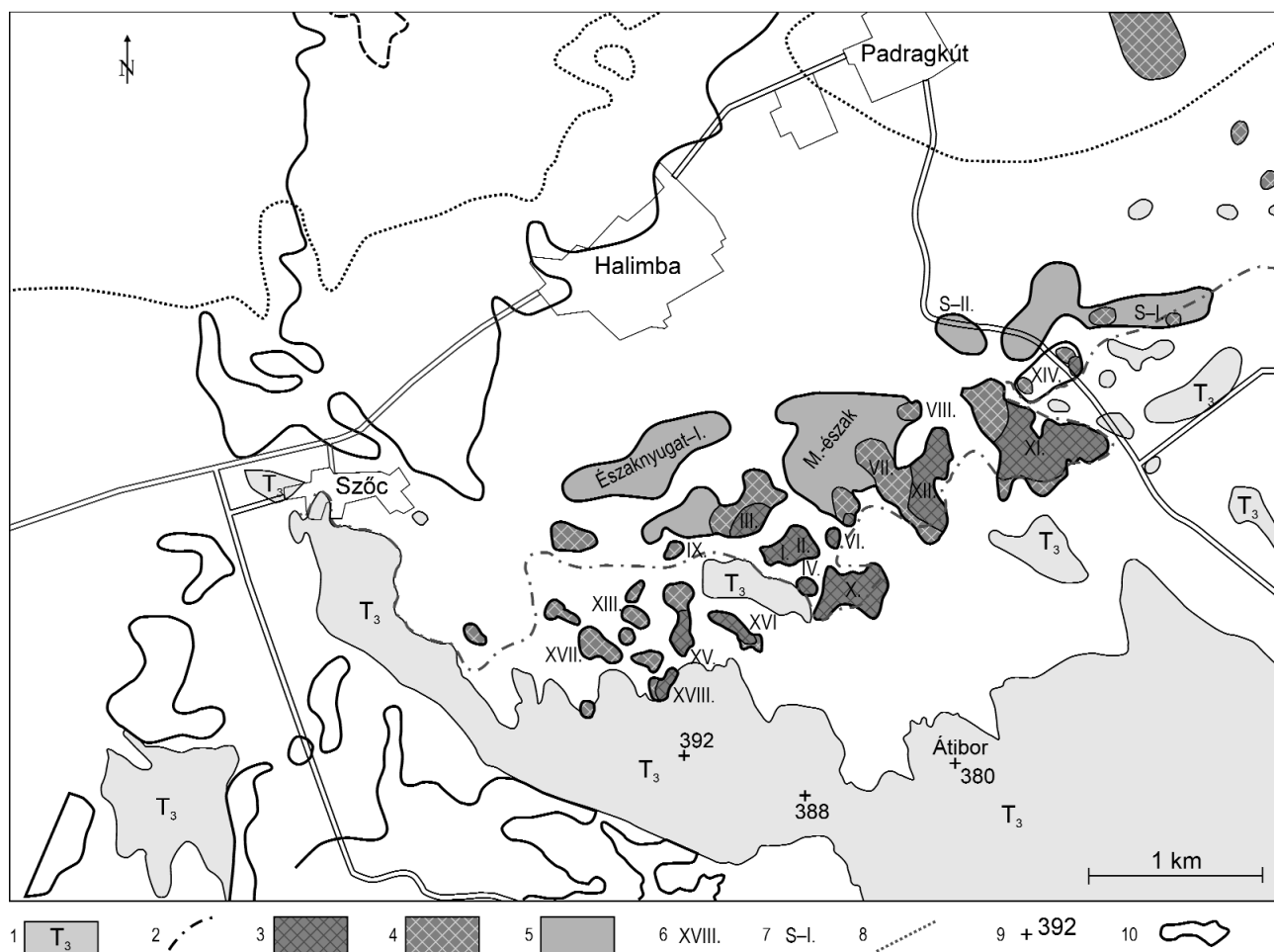


Figure 5. The bauxite, clayey bauxite and bauxitic clay lenses in the Malom-völgy deposit

1 — Late Triassic carbonate rocks, 2 — boundaries of the Eocene cover, 3 — bauxite, 4 — clayey bauxite, 5 — bauxitic clay, 6 — serial number of the bauxite lenses, 7 — bauxite lense on the Somkő Plateau, 8 — distribution of Late Cretaceous rocks, 9 — highest dolomite hills and their altitude, 10 — contours of the bauxite sequence, Északnyugat = North-west, észak = north

5. ábra. A malom-völgyi előfordulás bauxit, agyagos bauxit és bauxitos agyag telepei

1 — felső-triász karbonátos képződmények, 2 — az eocén fedőrétegek elterjedésének határa, 3 — bauxit, 4 — agyagos bauxit, 5 — bauxitos agyag, 6 — a bauxitlencsék sorszáma, 7 — a Somkő-tetőn lévő lencse, 8 — felső-kréta képződmények elterjedésének határa, 9 — kiemelkedő dombtetők és magasságuk, 10 — a bauxitösszlet körvonala

and XII correspond to parts of a large single lense and to bauxitic clay to the west of them. I carried out my lithological and geochemical evaluations separately for them. There are further four lenses consisting exclusively of bauxitic clay. As they were not numbered I indicated them by names e.g. “Northwestern lense” (Figure 5).

2.1 km to the east of the Somkő-tető I lense — being the eastern edge of the deposit — prospecting drilling revealed a new little lense consisting of clayey bauxite and called *lense Kab-hegy I*. Indications of bauxitic clay and clayey bauxite were found in eight other boreholes. This led to the conclusion that this area should be considered as the eastern prolongation of the Malom-völgy deposit. The similar stratigraphic sequence and similar composition of the bauxitic rocks confirms this conclusion. This area gradually becomes thinner in north-eastern direction, the erosion of the Eocene layers representing its south-eastern border and the appearance of the Cretaceous sequence the north-western one. These lines are indicated on Figure 6. Seven very small indications of bauxitic clay and clayey bauxite were also found in the western part of the deposit, but they do not represent any economic interest.

In the following the entire bauxite lense with all its lithologic types is called *bauxite sequence*. The different properties of the bauxite sequence and of the bauxite (*sensu stricto*) will be discussed separately.

1. The lenses of the deposit are at 100 to 300 metre distances from each other. Only to the west of the Malom-árok valley is a 400 metre broad barren strip.

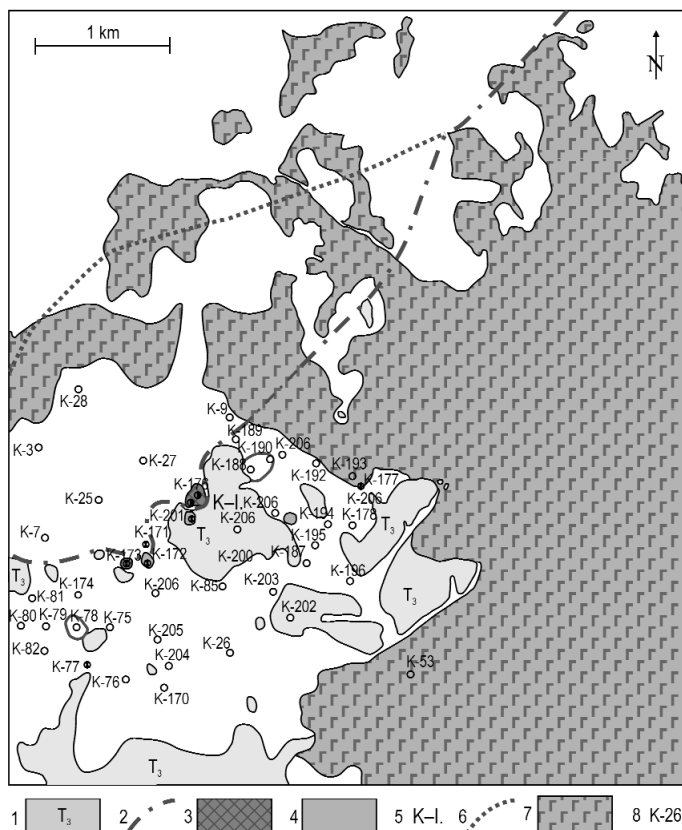
2. The *surface arc of each lense* was calculated taking as base the zero line of the bauxitic rocks (Table 1). The surface of the lenses varies from 0.3 to 24 hectares. Relatively large are the bauxitic clay lenses along the north-western rim of the deposit (22–24 hectares). The largest bauxite lense is the No. XI with 21 hectares. To the west of the Malom-árok

1 — Late Triassic carbonate rocks, 2 — boundary of the Eocene cover, 3 — bauxite and clayey bauxite, 4 — bauxitic clay, 5 — Kab Hill bauxite lense No. I, 6 — Boundary of the distribution of Late Cretaceous bauxitic rocks, 7 — surface distribution of Late Pannonian basaltic rocks, 8 — borehole

6. ábra. A maiom-völgyi előfordulás északkeleti folytatása 1 — felső-triász karbonátos képződmények, 2 — az eocén fedőrétegek elterjedésének határa, 3 — bauxit és agyagos bauxit, 4 — bauxitos agyag, 5 — a Kab-hegy I. lencse, 6 — felső-kréta bauxit-képződmények elterjedésének határa, 7 — a felső-pannóniai bazalt felszíni elterjedése, 8 — fúrárok

3. All the lenses are characterized by a very irregular, sinuous *outline*. Generally the surface of the dolomite footwall determines the outline. The most irregular is the outline of the large composite lens (Figure 5). The lenses No. XV and XVI, situated to the west of the Malom-árok valley are elongated. Along the south-eastern rim of the deposit the outline of the lenses is mainly determined by the erosion of the Eocene cover.

4. The *number of boreholes* over the lenses is very different, influencing the reliability of the evaluations. The largest number of them is over the lense



Serial numbers of the bauxite lenses and partial areas	Number of bore holes in the bauxite sequence	Surface of the bauxite sequence (hectars)	Average thickness of the bauxite sequence (meters)	Maximum thickness of the bauxite sequence m.	Relative variance of the bauxite sequence %	Average thickness of the bauxite m.	Maximum thickness of the bauxite	Relative variance of the bauxite
I-II lense	34	19	8.9	16.8	53	3.9	12.7	76
III lense	31	33	9.3	17.4	43	1.7	4.1	65
IV lense	4	3	7.1	9.7	34	4.8	8	52
V sector	12	18	5.1	11.6	67	1.4	2	43
VI lense	1	1	3.5	3.5	0	3.5	3.5	0
VII sector	22	36	11.2	15.4	28	0	0	0
VIII sector	6	10	10.2	15.2	47	0.6	0.6	0
IX lense	6	3	10.5	16.7	33	0	0	0
X lense	50	25	10.8	17.6	39	6.8	14	56
XI lense	82	84	11.0	20.1	39	3.8	8	58
XII sector	46	49	8.4	12.8	40	3.1	8	64
XIII lense	16	3	6.6	14.1	70	2.9	4.8	93
XIV lense	12	23	8.8	14.4	41	2.2	2.5	16
XV lense	42	11	6.1	15.6	74	2.4	4.8	67
XVI lense	45	12	5.5	12.5	60	3.3	8	57
XVII lense	15	7	10.8	15.8	36	0	0	0
XVIII lense	14	4	7.3	10.6	34	2.5	5.5	84
NW I	10	89	4.2	9.5	68	0	0	0
NW II	9	30	6.2	11.0	57	0	0	0
North	14	96	10.1	12.4	15	0	0	0
Somkö I	29	82	9.2	16.2	31	0	0	0
Somkö II	11	20	6.4	9.3	41	0	0	0
Kab-hegy I	4	2	8.3	15.5	78	0	0	0

No. XI (82). In most cases 10 to 50 boreholes were drilled on the lenses (Table 1). The small lense No. VI was detected only by one borehole, but it has been closely surrounded by barren boreholes. Generally a regular rectangular drilling grid was applied at 50×50 metre distances. In the small lenses of the western part of the deposit a 25×25 metre grid was applied because of the high irregularity of the deposition and ore quality.

5. The *thickness of the entire bauxite sequence* is quite uniform, it varies only from 4 to 11 metre (Table 1). The average for the entire deposit is 8.1 metre. In single boreholes the maximum thickness is mostly between 10 to 20 metre. In the Halimba deposit the thickness was much larger, reaching a maximum of 77 metre.

The average thickness of the bauxite is much smaller varying between 1 and 7 metre. The average for the entire deposit is only 3.1 metre. In single boreholes it may reach 10 metre. The largest thickness was found in lense No. X with 14.0 metre. The average thickness of the clayey bauxite for the entire deposit is 6.5 metre.

The variability of thickness is very high. For the entire bauxite sequence the coefficient of variation is 15–78% and for the bauxite 43–84%. For the entire deposit the average coefficient of variation is 61% for the bauxite.

The surface of the bauxite lenses is relatively flat or slightly undulating. Thus the variability of the bauxite thickness is related to the uneven footwall surface. For a more detailed investigation of the thickness frequency distributions were

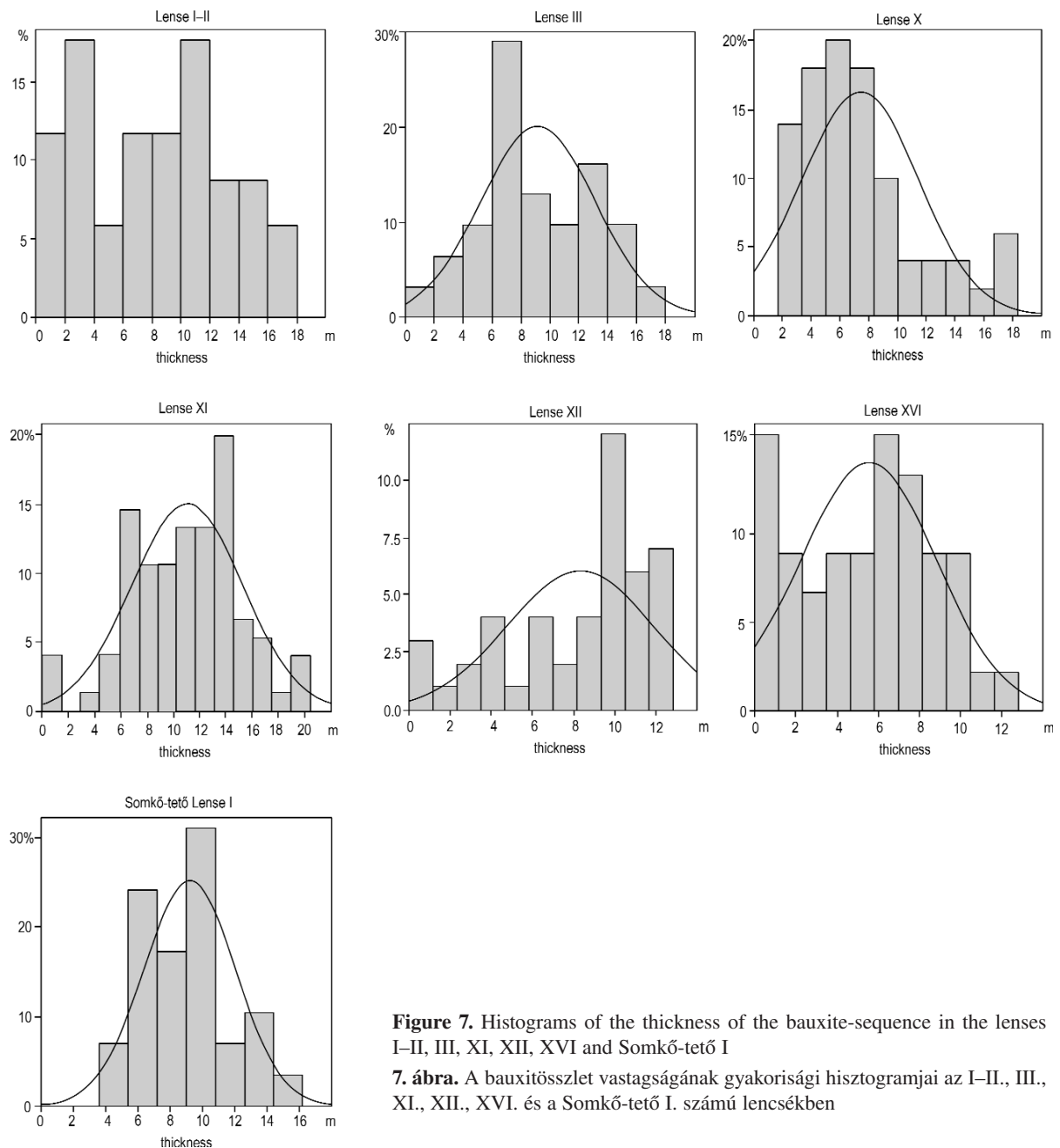


Figure 7. Histograms of the thickness of the bauxite-sequence in the lenses I-II, III, XI, XII, XVI and Somkő-tető I

7. ábra. A bauxitösszlet vastagságának gyakorisági hisztogramjai az I-II., III., XI., XII., XVI. és a Somkő-tető I. számú lencsékben

calculated and histograms were constructed by the author separately for each lense. Histograms of the entire bauxite sequence of the lenses with most boreholes are represented on Figure 7. In the lenses No. I–II, III, XI, XII, XVI and the Somkő-tető I the histograms are bimodal, the first mode being at 6–8 and the second one at 10–14 metre thickness. This distribution is determined in my opinion by the footwall surface. The first mode corresponds to the eminences, the second one to the depressions. Most histograms have a symmetric distribution. For this reason the values of skewness are smaller than ± 1.0 . In the case of bauxite thickness all histograms are skewed in positive direction except lense No. XI being negatively skewed. The most frequent bauxite thickness is 1 to 3 metre. Only in the lense No. X is the mode at 3–5 metre and in the lense No. XI at 4–5 metre thickness. (Figure 8). For a comparison on all histograms the corresponding normal distribution curve was also represented.

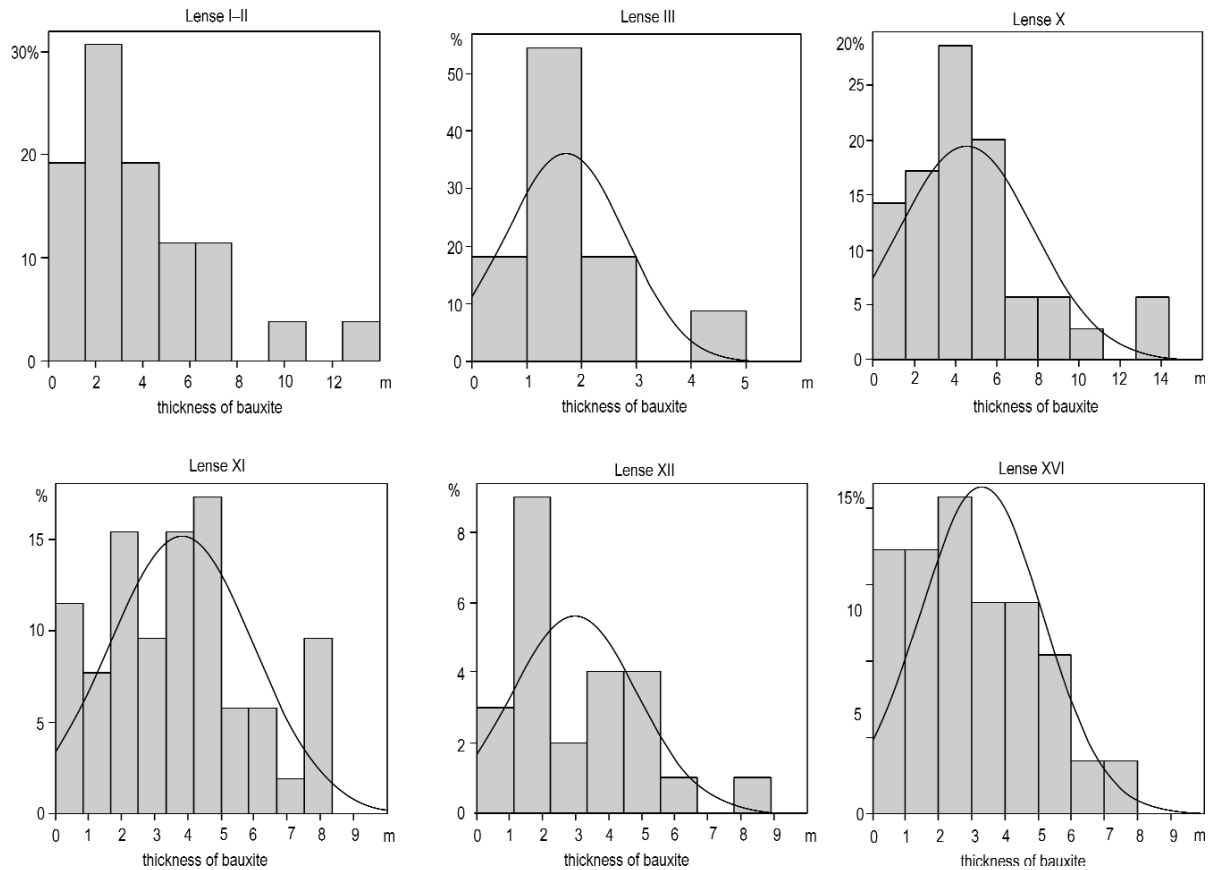


Figure 8. Histograms of the bauxite thickness in the lenses No. I–II, III, XI and XVI

8. ábra. A bauxit vastagságának gyakorisági hisztogramjai az I–II., III., XI. és XVI. számú lencsékben

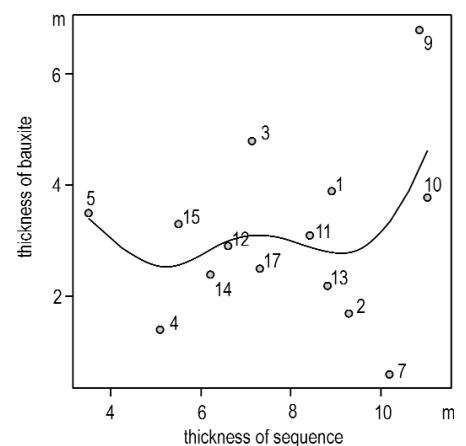
A scatter plot has been constructed to see if there is any correlation between the average bauxite thickness and the thickness of the entire bauxite sequence. According to the scatter plot there is no correlational relationship between the two variables (Figure 9). This is a difference with the large Halimba deposit, where a clear positive correlation was detected between them.

6. There are no *hydrogeologic problems* on the Malom-völgy deposit as the bauxite lenses are situated 80 to 150 metre above the main karst-water level of the region. It is at 160–170 metre above the sea level and is slightly dipping to the north.

Figure 9. Relationship between the thickness of the bauxite sequence and the bauxite thickness

The numbers correspond to the serial numbers of the lenses — see Table 1

9. ábra. Az átlagos összletvastagság és a bauxitvastagság összefüggése
A számok az 1. táblázat lencse-sorszámainak felelnek meg



Tectonic construction

The spatial position of the three bauxite deposits is mainly determined by large strike-slip fault lines. The most important of them has NW/SE direction, representing the northern end of the Halimba deposit (Figure 1). The northern side is displaced by about 2 km to the south-east. According to MÉSZÁROS (1983) the tectonic displacement occurred during the Sarmatian. The eastern edge of the Malom-völgy deposit reached the prolongation of this fault line. Almost parallel to this fault line is situated another strike-slip fault representing the north-eastern end of the Szóc deposit (Figure 1). The amount of the horizontal displacement is unknown. On the north-eastern side of the fault line the Late Triassic Main Dolomite Formation is on the surface. The south-western side is downfaulted by about 50 to 80 metre. This saved the Eocene cover and the bauxite lenses from erosion.

Another important fault line stretches from the village Kislőd in the north-east of the region to the south-west (Figure 1) for tens of kilometres. This fault line separates the Halimba and Szóc deposits from the Nyírád Basin in the west.

The Malom-völgy deposit itself is dissected by a set of smaller normal fault lines. The position and direction of the faults could be precisely detected during the mining operations. The faults have generally 60 to 80 degree dip and they dissect not only the bauxite lenses, but the Eocene cover as well. The vertical displacement along the faults is very different, most frequently 10 to 30 metres. The direction of the fault lines is generally NW/SE and NE/SW. Some parts of the lenses are dipped along the faults in northern direction. The downfaulting had an important role in the preservation of the Eocene cover and the bauxite lenses.

On the northern wall of the open pit of the lense No. X I observed a set of small normal faults of 1 to 3 metre vertical displacement, dissecting the bauxite, but not extending to the Eocene cover. Consequently these displacements took place before the sedimentation of the Eocene cover.

Lithology of the lenses

Table 2. Relative frequency of the lithologic types in descending order of the bauxite content

Lenses	Bauxite	Clayey bauxite	Bauxitic clay	Clay	Grey bauxite	Ferrite rich in Al	Dolomite scree
VI.	100	0	0	0	0	0	0
IV.	68	14	18	0	0	0	0
X.	46	27	20	7	0	1	0
XVI.	38	16	37	2	0	0	7
I-II.	36	27	33	2	1	1	0
XI.	22	30	43	2	0	2	1
XII.	18	31	51	0	0	0	0
XVIII.	16	35	49	0	0	0	0
XV.	12	41	46	1	0	0	0
III.	8	36	53	1	1	1	0
XIII.	6	29	65	0	0	0	0
XIV.	5	21	70	4	0	0	0
V.	3	49	46	0	2	0	0
VIII.	1	42	46	3	7	1	0
NW I.	0	0	89	8	2	1	0
NW II.	0	0	93	3	0	1	1
North	0	3	89	1	7	0	0
IX.	0	20	77	0	3	0	0
Kab-hegy	0	59	41	0	0	0	0
Somkő I.	0	8	79	12	1	0	0
Somkő II.	0	0	83	17	0	0	0
VII.	0	21	69	0	10	0	0
XVII.	0	17	82	0	0	0	1

Within the bauxite sequence of the lenses the following lithologic types could be distinguished:

1. Bauxite — $\text{SiO}_2 < 9.9\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 43\%$, $\text{S} < 0.6\%$,
2. Clayey bauxite — SiO_2 10.0–19.9%,
3. Bauxitic clay — $\text{SiO}_2 > 20.0\%$,
4. Red kaolinitic clay — $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 < 0.85$ (does not contain alumina minerals),
5. Grey pyrite and marcasite containing clayey bauxite and bauxitic clay $\text{S} > 0.6\%$,
6. Aluminous ferrite — $\text{Al}_2\text{O}_3 < \text{Fe}_2\text{O}_3$,
7. Dolomite detritus.

These types form lithologic units (layers) well separated from each other. I determined in each borehole the amount of these rock types and calculated the percentage of them in each lense separately (Table 2). The table is constructed in descending order of the bauxite

percentage. Bauxitic clay is the most frequent rock type followed by clayey bauxite. The bauxite is only the third in this order.

It is an important feature that only 14 lenses contain bauxite. Let us stress that the only lense consisting completely of bauxite is the No. VI being of insignificant size. The large lenses containing relatively much bauxite are all situated

in the central part of the deposit and mainly on its south-eastern side. They are all covered by Eocene sediments, protecting them from later degradation.

The high clayey bauxite content of the Kab-hegy I lense is important from the point of view of further prospecting. Undoubtedly, it is a promising feature. Within the Malom-völgy deposit the lenses No. V, VIII and XV contain the highest percentage of clayey bauxite. My geochemical investigations showed that there is smaller difference between the chemical composition of bauxite and clayey bauxite than that of clayey bauxite and bauxitic clay. For this reason the sum of bauxite and clayey bauxite has been also evaluated (Table 3). Again the lenses of the central part of the deposit contain the highest percentage, plus the Kab-hegy I lense. This is again a positive information for the future prospecting.

There are only two lenses in the deposit not containing bauxite and clayey bauxite. (Somkő-tető II and Northwestern I). They are situated on the north-western rim of the Malom-völgy deposit. Further three lenses contain only 2 to 8%. They are also situated along the north-western edge of the deposit.

Summarising the above outlined results I came to the conclusion that there is a clear lithologic trend within the deposit. Most bauxite is accumulated along the south-eastern edge of the deposit and in largest amount in the central part of it. The percentage of bauxite diminishes in north-western direction and the percentage of clayey bauxite increases. It is gradually replaced by bauxitic clay leading to lenses consisting predominantly of bauxitic clay. Reasons for this trend will be discussed in the genetic chapter.

The red kaolinitic clay listed above plays a subordinate role within the lenses. It occurs in largest amount in the bauxitic clay lenses along the north-western rim of the deposit with 12 to 17% amount. Only 1 to 3% occur in the central part and it is not present in the remaining 10 lenses. The grey pyrite and marcasite containing clayey bauxite and bauxitic clay occurs only in the top part of the lenses, mainly where the grey marshy clay is the immediate cover. Its overall percentage is less than 10%. No grey bauxite was found in 14 lenses. This rock type is clearly a product of secondary reduction under the influence of the marshy cover.

The dark red aluminous ferrite was detected only in seven lenses in maximum 1% amount. Most of it originated from the epigenetic oxydation of the pyritic clayey bauxite and it forms thin crusts and nests in the upper part of the lenses. In some places small debris of the lateritic iron crust were found in the open pits. They are clearly of detritic origin. They occur mainly along the south-eastern rim of the deposit.

The thick bauxite cemented limestone and dolomite conglomerate and breccia layers characteristic for the Halimba deposit are not present in the lenses of the Malom-völgy deposit. Only thin layers (0.5 to 2 metre) of dolomite detritus were found in four lenses, most of them in the No. XVI lense.

When comparing the vertical order of the rock types listed above I came to a surprisingly regular distribution, presented below (from the top downward):

- 0.5–2.0 metre yellow, ocre, light pink clayey bauxite and bauxitic clay,
- 0.1–0.2 metre dark red aluminous ferrite (“iron crust”),
- 1–3 metre brick red bauxite with vertical yellow coloured veins and spots,
- 1–7 metre red bauxite passing downward into clayey bauxite,
- 1–3 metre light red bauxitic clay with subordinate red kaolinitic clay.

Table 3. Relative frequency of the lithologic types in descending order of the joint bauxite and clayey bauxite content

Lenses	Bauxite and clayey bauxite	Bauxitic clay	Clay	Grey bauxite	Ferrite rich in Al	Dolomite scree
VI.	100	0	0	0	0	0
IV.	82	18	0	0	0	0
X.	73	20	7	0	1	0
I-II.	63	33	2	1	1	0
Kab-hegy I.	59	41	0	0	0	0
XVI.	54	37	2	0	0	7
XV.	53	46	1	0	0	0
V.	52	46	0	2	0	0
XI.	52	43	2	0	1	1
XVIII.	51	49	0	0	0	0
XII.	49	51	0	0	0	0
III.	44	53	1	1	1	0
VIII.	43	46	3	7	1	0
XIII.	35	65	0	0	0	0
XIV.	26	70	4	0	0	0
VII.	21	69	0	10	0	0
IX.	20	77	0	3	0	0
XVII.	17	82	0	0	0	1
Somkő I.	8	79	12	1	0	0
North	3	89	1	7	0	0
NW II.	2	93	3	0	1	1
NW I.	0	89	8	2	1	0
Somkő II.	0	83	17	0	0	0

Texture and structure of the bauxitic rocks

From the beginning to the end of bauxite mining I regularly visited the open pits and underground mining operations of the Malom-völgy deposit observing the texture and structure of the bauxitic rocks, constructing profiles and taking samples for laboratory measurements. These samples are preserved in the Museum of Natural History, Budapest. The descriptions of this chapter are based on these documents. They will be discussed in order of the above listed lithologic sequence.

The top part of the lenses is characterised by various colours: yellow, ocre, pink, greyish white and light violet, rarely spotted. Most part of it is medium hard to earthy, more rarely dense and hard with conchoidal fracture. The predominant texture is pelitomorphous (aphanitic). In the galleries of the lense II mine I observed 1–3 cm sized dark red iron rich concretions (Figure 10). In the same mine 1–5 cm size white loose concretions occur in some places in the yellow bauxite, consisting of gibbsite (Figure 11). In other galleries I observed nearly vertical brown material, very similar to roots. They diminished and finally disappeared in the lower part of the zone. In my opinion they are remains of ancient roots (Figure 12). Similar roots were found in the upper zone of lense No. XI. Thin precipitations of calcite occur in the upper zone of lense No. X I found gypsum concretions of some centimeter size in the upper zone of lense XII. In the same lense, at one place I observed goethite pseudomorphs after pyrite. In another place black earthy concretions occurred in the lower part of the upper zone, consisting of lithiophorite (Figure 13).

The „iron-crust” (aluminous ferrite) forms the bottom of the upper zone. At some places it is a continuous layer of 10 to 20 cm thickness, at other places it is interrupted or disappears entirely for some metres. In the lense No. XVI it was entirely absent. The crust consists mainly of haematite and goethite.

Based on the above observations I think that the upper zone initially consisted of grey pyrite bearing bauxite and clayey bauxite. After the emersion of the area oxydising groundwater seeped downward through the zone and it oxydised the pyrite. Most of the iron went into solution, seeped also downward and it precipitated at the ancient groundwater level, forming the “iron crust”. The gibbsite,

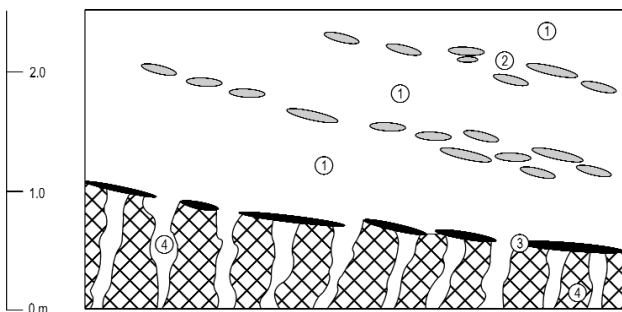


Figure 10. Structure of the upper part of the bauxite sequence. Underground mining of the lense No. II. Profile of the gallery at the +314 m level (15/07/1965)

1 — brownish yellow bauxite, 2 — dark red iron rich nests, 3 — dark red, iron rich, hard iron crust, 4 — rusted pelitomorphous bauxite with yellow stripes and spots

10. ábra. A bauxittelep felső részének felépítése, a Malom-völgy II. lencse mélyművelésén. Vágatszelvény +314 m-es szint (1965. VII. 15.)

1 — barnássárga bauxit, 2 — sötétvörös vasdús fészkek, 3 — sötétvörös, vasdús, kemény „vaskéreg”, 4 — rozsdavörös pelitomorf bauxit, sárga erekkel és foltokkal

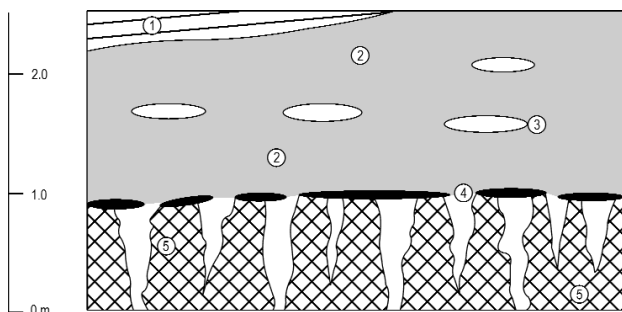


Figure 11. Gibbsite nests in the upper zone of the lense No. II, Malom-völgy underground mining. Profile of the gallery at the +302 m level (22/10/1965)

1 — brown, well stratified clay of the cover, 2 — orange bauxite, 3 — white loose, porous gibbsite nests, 4 — dark red, iron rich, hard iron crust, 5 — rusted pelitomorphous bauxite, with yellow stripes and spots

11. ábra. Gibbsitfészkek a bauxit felső övében, a Malom-völgy II. lencse mélyművelésén. Vágatszelvény + 302m-es szint (1965. X. 22.)

1 — barna, levelesen rétegzett agyag (fedő), 2 — narancssárga bauxit, 3 — hófehér, laza, porhanyós gibbsit kiválások, 4 — sötétvörös, vasdús, kemény „vaskéreg”, 5 — rozsdavörös pelitomorf bauxit, sárga erekkel és foltokkal

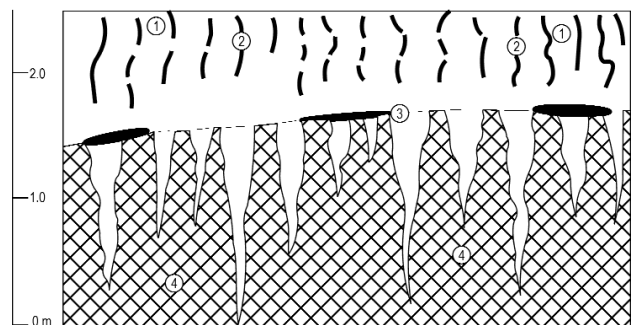


Figure 12. Upper part of the bauxite sequence with remains of roots. Underground mining of the lense No. II. Profile of the gallery at the +302 m level (22/10/1965)

1 — rose coloured bauxite, 2 — brown remains of roots, 3 — dark red iron crust (not continuous), 4 — rusted pelitomorphous bauxite with yellow stripes and spots

12. ábra. A bauxitösszlet felső része gyökérmarmokkal, a Malom-völgy II. lencse mélyművelésén. Vágatszelvény +302 m-es szint (1965. X. 22.)

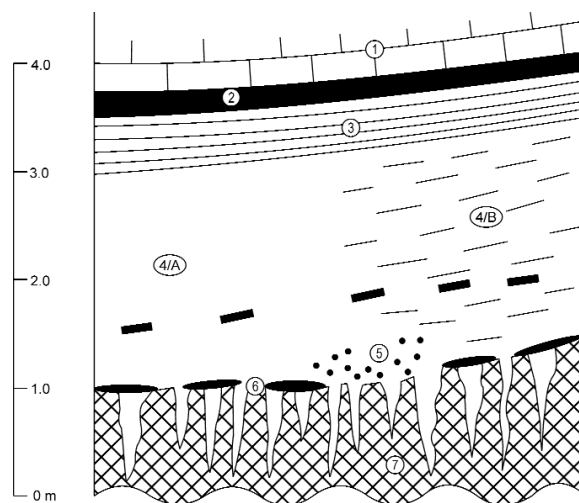
1 — rózsaszínű bauxit, 2 — barna gyökérmarmadványok, 3 — sötétvörös vaskéreg (nem folytonos), 4 — rozsdavörös pelitomorf bauxit, sárga erekkel és foltokkal

Figure 13. Lithiophorite nests in violet bauxite. Open pit mining of the lense No. XII. (13/10/1976)

1 — Middle Eocene limestone and marl with Miliolinae, 2 — dark grey and black, lamellar lignitic clay, 3 — brown, yellow clay with grey spots, 4/a — yellow and orange bauxite, in its lower part with red iron rich nests, 4/b — violet bauxite with white spots, 5 — black lithiophorite nests with cinder-like structure, 6 — dark red, iron rich iron crust, 7 — rustred pelitomorphous bauxite with yellow stripes and spots

13. ábra. Litioforit kiválások lilás bauxitban, a Malom-völgy XII. lencse külfejtésén (1976. X. 13.)

1 — középső-eocén miliolinás mészkő és mészmárga, 2 — sötétszürke, fekete, jól rétegzett szénés agyag, 3 — barna, sárga, foltosan szürke, levelesen rétegzett agyag, 4/a — okkersárga, narancssárga bauxit, alsó részén vörös vasdús kiválások, 4/b — lila-lilásfehér foltos, tarka bauxit, 5 — 0,5–2 cm-es koromfekete, salakszerű litioforit-kiválások, 6 — sötétvörös, vasdús „vaskéreg”, 7 — rozsdavörös pelitomorf bauxit, sárga erekkel és foltokkal



gypsum and lithiophorite concretions are also products of this epigenetic process. This upper zone is present in all lenses except in the redeposited bauxite.

Below the upper zone brick-red bauxite occurs with vertical yellow coloured veins and spots. The diameter of the veins diminishes downward and finally they disappear. The thickness of this zone is 1 to 3 metre. The red and the yellow coloured parts have the same pelitomorphous or microdetrital texture. Rarely pisoids of 1 to 3 mm diameter also occur. The bauxite is generally porous and earthy, more rarely hard and dense. The border between the red and yellow coloured bauxite is sharp. In my opinion downward seeping acidic solutions dissolved the initial iron content of the veins and transported it downward. With the neutralization of the solutions the dissolved iron precipitated. This opinion is confirmed by the finding of gypsum concretions in this part of the bauxite profile in the lense No. II. Some concretions of alunite of 10 to 20 cm size were also found. In many places bauxite pebbles of 3 to 10 cm size occur in this zone. They consist of densely packed bauxite “roundgrains” and pisoids (see BÁRDOSY 1982). The groundmass is light red (Photo 1). They have sharp borders to the surrounding bauxite. They are most frequent in the upper part of the zone. Rarely their size reaches 10 to 30 cm. Their form is clearly rounded or ellipsoideal. Their microscopic study revealed desiccation fractures within the roundgrains, filled by gibbsite (Photo 2). More rarely fractured roundgrains also occur (Photo 3). These pebbles are most frequent in lense No. X and in the southern part of the lenses No. XI and XII. They generally form lay-

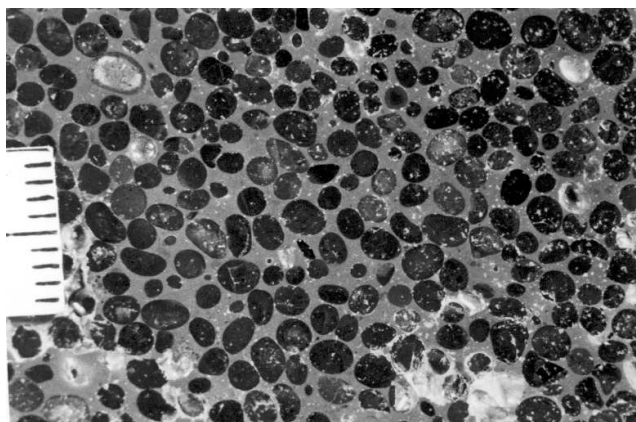


Photo 1. Malom-völgy lense X. Bauxite pebble with dark brown „roundgrains” and pisoids

1. fénykép. Malom-völgy X. lencse. Bauxitkavics sötétbarna gömbszemcsékkel és pizoidokkal

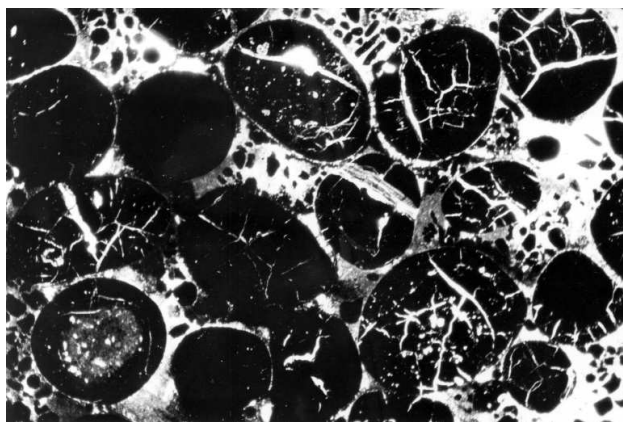


Photo 2. Desiccation cracks in “roundgrains”, filled by gibbsite
2. fénykép. Gibbsittel kitöltött száradási repedések gömbszemcsékben

ers in the bauxite (Figure 14), but at some places they are irregularly distributed. Some bauxite pebbles occur also in the upper zone of lense No. X. On the other hand, to the west of the Malom-árok valley they are much less frequent. Summarizing my observations, I have the impression that the bauxite pebbles are most frequent in the central part of the deposit, in its south-eastern part.

In most cases I could separate the bauxite roundgrains and pisoids from their groundmass. I measured the grain-size of them in two samples collected in the open pit mine of the lense No. I. 1150 roundgrains and pisoids were counted in the first pebble, and 784 in the second one. Their size distribution is as follows:

	First pebble	Second pebble
1–2 mm	1.7%	1.9%
2–3 mm	40.3%	5.0%
3–4 mm	56.3%	34.2%
4–5 mm	1.7%	48.2%
5–6 mm	–	9.7%
6–7 mm	–	1.0%

These are symmetric, almost normal frequency distributions. The density and hardness of the pebbles being limited, it is hard to imagine a long transport of them. Presumably they came from the south-east. The dense occurrence of the roundgrains and pisoids remains for the moment an open question. The next zone of the bauxite profile consists of red

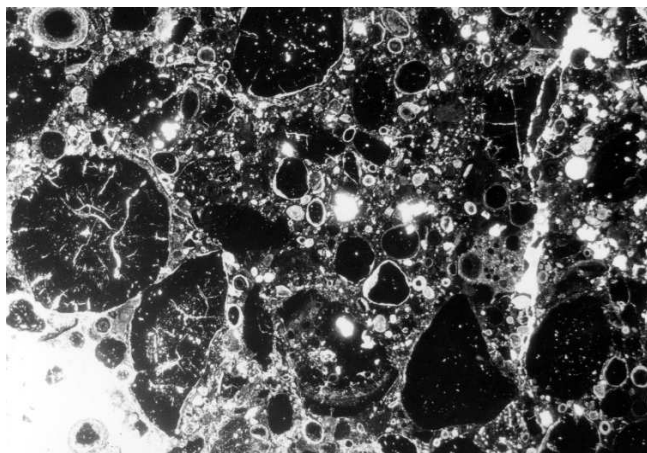


Photo 3. Broken “roundgrains” in bauxite pebble
3. fénykép. Kettétört gömbszemcsék bauxit kavicsban



Photo 4. Structure of redeposited bauxite
4. fénykép. Másodlagosan áthalmazott bauxit szerkezete

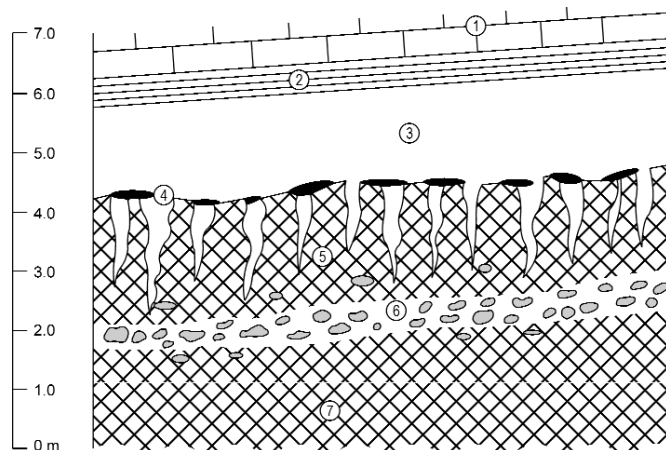


Figure 14. Layer of bauxite pebbles in the red pelitomorphic bauxite. Open pit of the lense No. XI. (13/11/1969).

1 — Middle Eocene limestone and marl, 2 — brown lamellar clay, 3 — yellow, pelitomorphic bauxite, the top 20–30 cm cream coloured and light grey, 4 — dark red iron rich ironcrust, 5 — rusted pelitomorphic bauxite with yellow stripes and spots, with few disseminated bauxite pebbles, 6 — bauxite pebbles of 2–20 cm diameter, enriched in bauxite “roundgrains” and pisoids, 7 — brickred pelitomorphic bauxite, with disseminated bauxite pebbles in its upper part

14. ábra. Bauxitkavicsos réteg a rozsdavörös pelitomorf bauxitban, a Malom-völgy XI. lencse külfejtése (1969. XI. 13.)

1 — miliolinás mészkő és mészmárga, 2 — barna, levesten rétegzett agyag, 3 — okkersárga pelitomorf, kemény bauxit, felső 20–30 cm-e krémszínű és világosszürke, 4 — sötétvörös, vasdús „vaskéreg”, 5 — rozsdavörös pelitomorf bauxit, függőleges okkersárga erekkel és foltokkal, alul néhány bauxitkavicsal, 6 — vörös bauxitba ágyazott 2–20 cm-es bauxitkavicsok sűrű bauxit gömbszemcsékkel és piszoidokkal, 7 — téglavörös pelitomorf bauxit, legfelül elszórtan bauxitkavicsokkal

bauxite, and clayey bauxite in its lower part. This zone is of 1 to 7 metre thickness. Their texture is pelitomorphic. The bauxite pebbles described above occur only very rarely in this zone. The concretions listed above are also absent.

The lowest part of the bauxite profile consists mainly of light red coloured bauxitic clay, more rarely at some places of red kaolinitic clay. The thickness of this zone is 1 to 3 metre. The texture is pelitomorphic. The crusts and concretions often found on the surface of the footwall in other deposits are absent. The only exception is the lense No. II where I found in one gallery lenticular black precipitations on the surface of the Triassic dolomite. They are enriched in iron and manganese.

The top part of the dolomite is porous and pulverised below the bauxite lenses. In the open pit mine of the lense No. X secondary calcite crystals occurred in the top part of the dolomite. In my opinion these transformations occurred after the accumulation of the bauxite lenses.

The bauxite redeposited by secondary processes occurs only where the Eocene cover has been eroded. They are red and have a typical coarse-detritic structure. The bauxite debris are hard and of good quality, but the groundmass is generally clayey (Photo 4).

The main chemical components of the bauxitic sequence

During the exploration samples were taken from the boreholes at 0.5 to 1.0 metre intervals from the entire bauxite sequence. At some places with high variability 0.1 to 0.5 metre sampling intervals were applied. The samples have been analysed to the following components: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 and ignition loss. Most of the analyses were carried out by the traditional wet method. After 2000 the neutron-activation method has been applied for the determination of the Al_2O_3 and SiO_2 content. Additionally CaO , MgO , CO_2 , total S, P_2O_5 , and MnO analyses were performed on selected samples, mainly bauxite.

All the analyses were included in the final company reports of the lenses. The analyses outside the area of the company reports were also preserved. So I had the possibility to evaluate practically all the analysed bauxite, clayey bauxite and bauxitic clay samples. All the data have been included into a computerized data base containing actually more than 12 000 records, corresponding to more than 60 000 numeric data.

In the monography “Geochemical study of the Hungarian bauxite” (BÁRDOSSY 1961) the bauxite lenses of the Malom-völgy deposit have been evaluated together, including all bauxitic rock types. This approach furnished a good overall outlook about the five main chemical components, but it did not allow the investigation of the bauxite lenses and of the bauxite rock types separately. In the present monography I tried to go into the details investigating all lenses and rock types separately. This allowed the evaluation of the *scaling factors* as well. The three scales of evaluation applied in this monography were the averages of the lenses, the averages within separate boreholes and the evaluation of each sampling interval separately.

In the following the main statistical parameters of all lenses and partial units (e.g. “lenses” V, VII and VIII) have been determined and frequency histograms have been constructed. In all lenses the outliers were investigated separately. Part of them originated from analytical errors that could be corrected. Some of them proved to be real data, corresponding to unusual local geochemical events. *Fuzzy numbers* have been constructed to express the transitions between the different rock types.

In the following the results of the study will be discussed in order of the chemical components. In a next chapter the interrelations of the components will be presented.

Al_2O_3 content

The weighted average composition of the bauxite in the lenses is presented in Table 4 in descending order of the averages. The main statistical parameters of the bauxite have been calculated by the SPSS statistical program and are presented in Table 5. It is well known that all these calculations contain a certain error. In our case the main error is the so

called *analytical error*. In the case of the wet analytical methodology its amount is $\pm 0.5\%$. Another important error is the *standard error of the weighted average* depending on the amount of the analyses and on the variability of the given component. This error varied on the Malom-völgy lenses from ± 0.2 to 1.5% . It was the largest in the lense No. V where only two boreholes dissected bauxite. A further source of error is the *asymmetry of the frequency distribution*. It can be quantified by the so called *skewness* value. For this reason I calculated it for the bauxite of each lense (Table 5). I considered that the weighted averages are distorted if the skewness is larger than ± 1.0 . In these cases robust estimators can be applied. The

Table 4. Weighted average composition of the bauxite in the lenses

Lenses	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Ignition losses	Modulus	Average thickness
III.	48.0	7.0	19.5	1.9	22.7	6.9	1.7
I-II.	47.8	3.8	*23.2	*1.7	23.7	12.6	3.9
IV.	47.7	5.7	25.2	2.0	18.8	8.4	4.8
XI.	47.4	4.8	22.6	*2.1	21.0	9.9	3.8
XIV.	47.0	6.4	22.9	2.1	18.8	7.3	2.2
XV.	46.4	7.6	22.6	2.2	19.4	6.1	2.4
XVIII.	*46.2	6.6	21.1	1.9	22.7	7.0	2.5
XII.	46.0	6.1	*24.3	2.3	20.4	7.5	3.1
XIII.	45.4	7.9	*22.9	2.0	21.0	5.7	2.9
XVI.	44.9	5.2	21.2	*1.9	24.5	8.6	3.3
VI.	44.6	4.7	26.1	2.1	22.5	9.5	3.5
X.	43.8	4.4	24.8	*1.6	23.0	10.0	6.8
V.	43.1	4.2	23.8	1.6	23.6	10.3	1.4

*Robust average according to Tukey (maximum likelihood estimator)

SPSS program offers several maximum likelihood estimators for this purpose. According to my personal experience, the Tukey-estimator is most suitable for a robust estimation in the case of bauxite. I indicated on the Table 5 and on all the following tables by a star where the Tukey-estimator was applied to correct the distortion of the weighted average. In the case of the Al_2O_3 content only the lense No. XVIII showed an asymmetric distribution, as indicated by the -1.62 skewness value. The original weighted average was 44.6% , and the robust Tukey-estimator was 46.2% . The difference is significant!

Table 5. Main statistical parameters of the Al_2O_3 content of the bauxite

Lense	Mean	Confidence interval	Min.	Max.	Mode	Trimmed mean 5%	Median	Standard deviation	Relative standard deviation %	Kurtosis	Skewness
I–II.	47.8	2.5	37.8	64.2	47–48	47.8	47.9	3.7	7.7	+2.56	+0.38
III.	48.0	5.3	35.4	60.2	47–48	48.1	47.8	5.4	11.2	+0.67	–0.21
IV	47.7	6.0	30.4	65.7		47.4	48.5	6.1	12.8	+4.74	+0.62
V.	43.1		41.1	44.6	43			1.7	7.4		+0.24
VI.	44.6	38.8	46.8	46–47							
X.	43.8	0.8	36.2	51.8	43–44	43.9	43.9	2.6	6.0	+2.79	–0.83
XI	47.4	1.0	38.0	56.4	45–46	47.4	46.9	3.6	7.5	–0.22	+0.34
XII.	46.0	2.1	31.9	54.8	46–47	46.3	46.7	4.4	9.5	+1.74	–1.04
XIII.	45.4	2.3	43.6	46.9	45.4	45.1	1.1	2.4	–0.69	+0.49	
XIV.	47.0		44.4	50.1				2.3	4.8		
XV.	46.4	2.0	39.3	52.1	40–41	46.4	45.9	2.7	5.8	–0.25	+0.30
XVI.	44.9	0.6	36.5	55.1	44–45	45.0	44.9	2.5	5.5	+2.70	–0.47
XVIII.	*46.2	4.5	35.7	48.0	46–47	44.9	46.0	3.5	7.8	+1.97	–1.62

* Robust average according to Tukey (maximum likelihood estimator)

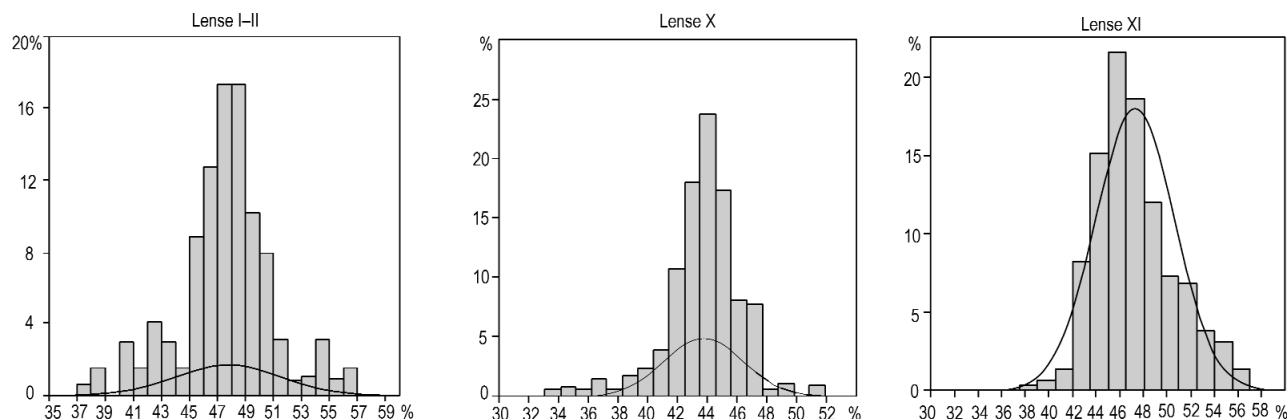
As shown on Tables 4 and 5, there is no significant difference between the weighted averages of the bauxite lenses. The Al_2O_3 content is highest in the central part of the deposit, in the lenses No. I–II, III, and IV (47.7–48.0%). The lowest value occurs in the lense No. V with 43.1%. These averages are much smaller than those of the neighbouring Halimba deposit. This is best illustrated by the weighted average of the entire deposit, being 46.0% in the Malom-völgy deposit and 54.5% in the Halimba deposit. The reason for the smaller Al_2O_3 content is the overwhelmingly gibbsitic mineral composition of the Malom-völgy bauxite.

To eliminate the effect of possible outliers the 5% *trimmed mean* has been also calculated. The difference with the original weighted average is insignificant, indicating that outliers did not influence the average values. Additionally the *medians* were also calculated as indicated on Table 5. They are also close to the original weighted averages.

The reliability of the results has been investigated by the *confidence interval* calculated at 95% level of confidence. The length of the confidence interval varies in most cases from 0.6 to 2.5%. Only the lenses No. III, IV and XVIII have longer intervals, up to 6.0%. The reason is the low number of boreholes and the higher variability of the Al_2O_3 content. The *standard deviation* is also a good indicator of the variability, as indicated on Table 5. The *relative dispersion (coefficient of variation)* offers even more information, as it allows the comparison of differing averages. This value is relatively low, varying from 2.4 to 9.5%. Thus the average Al_2O_3 content of the lenses can be considered as a relatively stable value.

Turning to the averages of the separate boreholes the effect of the scaling factor is quite significant. The averages for the bauxite vary most frequently between 43 and 50%, but in the bauxites of boehmitic composition they vary from 50 to 55%.

When investigating the *sampled intervals* even larger differences can be observed. They are expressed best by the frequency histograms. In the lenses, where the bauxite remained covered by the Eocene sediments the distribution is characterised by one mode, situated close to the weighted average. This can be seen on Figure 15. The corresponding normal distribution curves were also indicated on the histograms. The *kurtosis (peakedness)* was also calculated (see Table 5). In most lenses the distribution is more peaked than at the normal distribution.

**Figure 15.** Histograms of the Al_2O_3 content of the bauxite

15. ábra. A bauxit Al_2O_3 -tartalmának gyakorisági hisztogramjai

In the lenses of the south-western part of the deposit bimodal distributions were observed. These lenses are only partly covered by Eocene rocks or not at all. Lense No. XVI is only partly covered. Here the main mode corresponds to the normal bauxite, and a smaller one is situated between 36 and 42% Al_2O_3 . (Figure 16/A). This distribution can be explained by the secondary degradation (resilification) of the original bauxite. The Eocene cover is preserved only over the northern part of the lense No. XV. Here again a bimodal distribution occurs. The smaller mode corresponds to the normal bauxite and the larger one to the resilified bauxite (Figure 16/B). The lense No. XVIII has no Eocene cover at

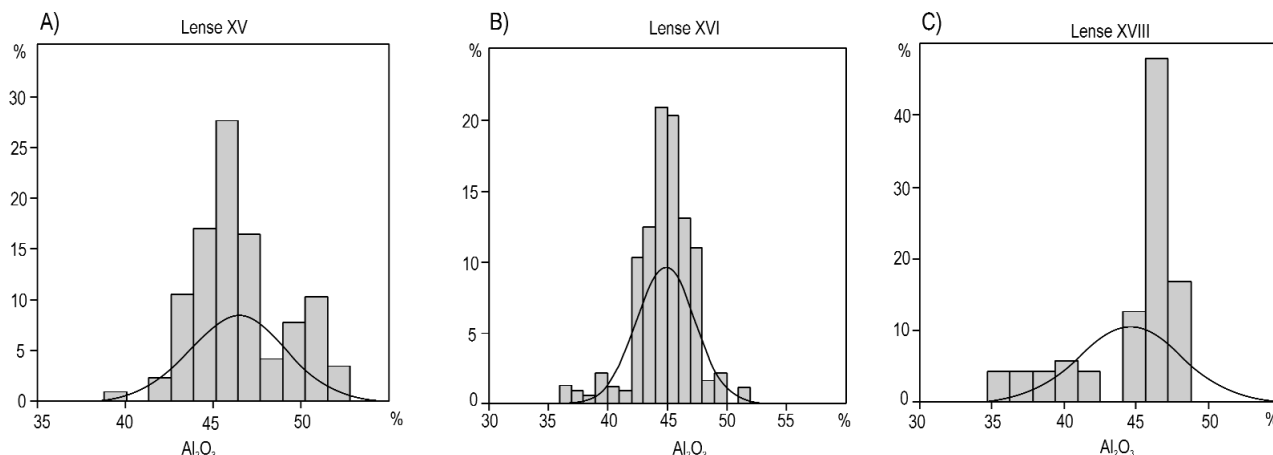


Figure 16. Histograms of the Al_2O_3 content of the bauxite lenses in the south-western part of the deposit

16. ábra. Az előfordulás délnyugati részén levő lencsék Al_2O_3 -tartalmának gyakorisági hisztogramjai

all. The distribution is clearly bimodal, the larger mode being situated between 46 and 47% and the smaller one between 36 and 43% characterised by an even distribution (Figure 16/C).

When studying the distribution on the level of the sampling intervals even larger differences were observed. The smallest Al_2O_3 values are between 35 and 40%. They correspond partly to thin intercalations of clayey bauxite within the bauxite layer. Less frequently they are iron rich bauxites with 28 to 33% Fe_2O_3 . These are also thin layers filling only one sampling interval.

Three sampling intervals were found containing more than 60% Al_2O_3 , the highest in the lense No. IV with 65.7% in the borehole H-41. This is a boehmitic bauxite with only 11.0% $+\text{H}_2\text{O}$ content. In the lense No. I-II, in the lower part of the borehole H-35 64.2% Al_2O_3 was detected in one sampling interval. This is also a boehmitic bauxite with low $+\text{H}_2\text{O}$ content and only 13.1% Fe_2O_3 . The third sample was found in lense No. III in the borehole H-1649, in the top part of the bauxite layer. It filled also only one single sampling interval. The Al_2O_3 content was 60.2%. It is again a boehmitic bauxite with low $+\text{H}_2\text{O}$ content. In my opinion all these samples arrived to their present place with their actual composition. No traces of secondary alumina enrichment could be detected. In all other lenses the highest Al_2O_3 contents of the sampling intervals are between 47 to 56%.

When comparing the alumina content with the lithologic types of bauxite I found that the highest Al_2O_3 values occur in the light yellow and pink bauxites of the “upper zone”, with 45–56%, having a very low Fe_2O_3 content. On the other hand, the underlying “iron crust” contains only 25 to 30% Al_2O_3 . The red bauxite with the yellow veins contains generally 47 to 54% Al_2O_3 , depending on its boehmite content. The red bauxite contains less alumina (42–49%). Thus, the Al_2O_3 content gradually diminishes downward.

I constructed *scatter plots* to study the interrelation between the bauxite thickness and the average Al_2O_3 content of the bauxite of the lenses. (Figure 17). No correlation was detected between these two variables.

I evaluated also the Al_2O_3 content of the other lithologic types discussed in chapter No. 6. For the *clayey bauxite* the averages of the lenses are presented on Table 6. The lenses are listed in descending order of their average Al_2O_3 content. The order is similar to that of the bauxite (Table 4), with the difference that the clayey bauxite contains less alumina. The difference between the highest and lowest Al_2O_3 contents is 7.2%. The highest averages occur in the central part of the deposit (42–43%), similarly to the bauxite.

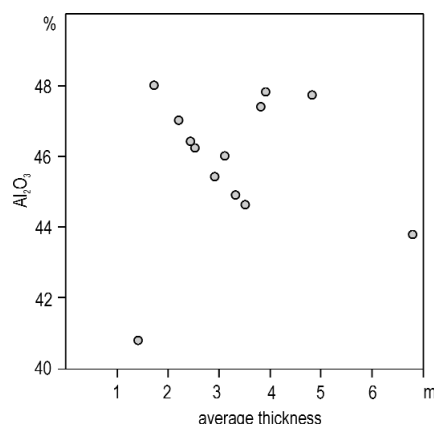


Figure 17. Correlation of the average bauxite thickness with the average Al_2O_3 content of the bauxite

17. ábra. A lencsék átlagos bauxitvastagságának és Al_2O_3 -tartalmának összefüggése

Table 6. Weighted average composition of the clayey bauxite in the lenses

Lenses	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ignition losses	Modulus
III.	43.4	14.9	19.2	1.7	20.0	2.9
XV.	43.2	15.1	20.4	1.9	17.8	2.9
IX.	43.0	18.2	18.0	1.6	17.4	2.4
XIII.	42.7	15.7	18.9	1.8	18.2	2.7
VIII.	42.6	15.8	22.9	1.8	15.5	2.7
Somkő I.	42.4	16.9	20.8	2.0	15.9	2.5
I–II.	42.2	15.5	21.8	1.6	19.0	2.7
XII.	42.1	15.2	20.3	1.9	18.7	2.8
IV.	42.0	14.1	23.2	1.7	19.0	3.0
XI.	41.9	16.0	19.9	1.9	18.5	2.6
XIV.	41.7	15.8	20.6	1.8	17.8	2.6
XVI.	40.9	14.3	18.3	1.9	21.5	2.9
Kab-hegy I.	40.8	15.3	20.3	2.0	18.8	2.7
XVIII.	40.6	16.2	18.4	1.8	19.8	2.5
V.	39.9	16.6	19.3	1.5	20.2	2.4
XVII.	39.8	16.5	22.7	1.9	17.2	2.4
VII.	39.6	16.4	19.3	1.6	20.4	2.4
X.	38.5	15.0	21.3	1.6	20.5	2.6
NW II.	35.6	17.7	16.5	2.0	17.4	2.0

Table 7. Weighted average composition of the bauxitic clay in the lenses

Lenses	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ignition losses	Modulus
V.	38.2	22.8	17.1	1.5	18.0	1.7
I–II.	38.0	26.8	18.4	1.4	15.7	1.4
XVIII.	37.7	23.3	16.5	1.6	17.8	1.6
XII.	37.3	25.9	17.7	1.6	16.0	1.4
XV.	37.3	26.1	15.9	1.5	15.1	1.4
III.	37.2	26.8	17.0	1.4	16.3	1.4
XI.	37.1	24.8	16.2	1.6	16.4	1.5
IX.	37.0	26.9	17.7	1.4	15.1	1.4
VII.	36.8	26.1	17.0	1.5	16.7	1.4
XVI.	36.6	26.2	13.2	1.6	18.2	1.4
XIV.	36.4	27.2	17.8	1.6	14.9	1.3
VIII.	36.3	25.5	20.7	1.4	14.6	1.4
NW II.	36.3	29.4	16.0	1.3	15.2	1.2
IV.	36.1	32.0	15.1	1.4	15.4	1.1
XVII.	35.8	27.3	18.2	1.6	15.3	1.3
NW I.	35.7	31.5	14.6	1.3	14.4	1.1
XIII.	35.6	27.6	15.0	1.6	13.5	1.3
North	34.9	29.1	17.3	1.5	15.2	1.2
Somkő I.	34.7	28.8	17.1	1.5	14.8	1.2
Somkő II.	34.2	30.5	16.1	1.4	14.8	1.1
Kab-hegy I.	33.8	28.1	n.e.	n.e.	n.e.	1.2
X.	32.6	28.5	17.2	1.4	16.6	1.1

n.e. = missing analyses

expressed by their longer confidence interval reaching at maximum 3.9%.

The variability of the SiO₂ content was studied by the amount of the standard deviation. It varies from ± 1.4 to 2.8%. The relative dispersion is varying from 23 to 61%. It is highest in the lenses of the lowest weighted average. When evaluating the SiO₂ content on the level of the boreholes higher variability was found as a consequence of the scaling factor. The smallest bauxite average was found in the lense No. X in the borehole H–1056, where the bauxite layer of 14.0 metre thickness had in the average only 1.9% SiO₂. The other averages in the boreholes vary from 2.0 to 9.9%, being highest where the Eocene cover has been eroded.

The averages of the *bauxitic clay* are presented in descending order in Table 7. The average Al₂O₃ content is 3–5% less than that of the clayey bauxite. The difference between the highest and lowest average is only 4.2%, indicating a rather uniform Al₂O₃ content of the bauxitic clay. It is of genetic significance that the average Al₂O₃ content is the smallest in the lenses not containing neither bauxite nor clayey bauxite. The average Al₂O₃ content of the *aluminous ferrite* varies from 20 to 30%. The variability in the scale of the sampling intervals is much larger. In the lense No. XI aluminous ferrite was found in four boreholes with a minimum of 16.9% and a maximum of 33.3% Al₂O₃. In the lense No. X also four boreholes dissected aluminous ferrite in some intervals. The minimum was 25.2% and the maximum 36.9%.

SiO₂ content

The main statistical parameters of the bauxite are presented in Table 8. The analytical error of the SiO₂ analyses is $\pm 0.3\%$ in case of wet analytical methodology. The standard error of the means varies from ± 0.2 to 0.8%. Here again the asymmetric distribution is a source of a further error. The skewness values being less than ± 1.0 — except on the lense No. I–II: +1.06 — no correction of the initial averages was necessary. The SiO₂ distributions are asymmetric in the direction of the small values.

The average SiO₂ content of the entire Malomvölgy deposit is 5.8%. This is larger than that of the neighbouring Halimba deposit, being 4.2%. The average of the lense No. I–II is smallest with 3.8%, and largest is that of the lense No. XIII with 7.9%. The difference between the largest and the smallest value is relatively small (4.1%). The smallest SiO₂ averages occur in the central part of the deposit (lenses I–II, VI and X). They all are covered by Eocene sediments.

The *silica modulus* of the bauxite varies from 12.8 to 5.7. This was acceptable for the alumina production, but the relatively low average Al₂O₃ content was a negative component. The average silica modulus of the entire deposit is 7.9.

The trimmed mean and median are very close to the weighted average, also indicating the symmetric distribution of the silica content. The confidence interval for the 95% level of confidence is relatively short in the lenses explored by a large number of boreholes (0.7–1.4%). The relatively small lenses explored by few boreholes have less reliable averages, as

Table 8. Main statistical parameters of the SiO₂ content of the bauxite

Lense	Mean	Confidence interval	Min.	Max.	Mode	Trimmed mean 5%	Median	Standard deviation	Relative standard deviation %	Kurtosis	Skewness
I–II	3.8	0.9	1.1	9.9	1.5–2.5	3.7	3.0	2.3	60.8	+0.41	+1.06
III.	7.0	2.5	2.4	14.8.	5.5–6.5	6.8	6.8	2.6	37.2	+1.72	+0.80
IV.	5.7	1.4	3.0	9.0	5.6	5.6	1.4	25.4	+0.21	+0.06	+0.06
VI.	4.7	3.6	5.6	5–6							
X.	4.4	0.7	0.9	15.0	5–6	4.3	4.2	2.4	53.9	+0.12	+0.56
XI.	4.8	0.8	1.1	12.7	1.5–2.0	4.7	4.2	2.6	55.2	-1.08	+0.48
XII.	6.1	1.2	1.6	10.9	4.5–5.5	6.1	5.8	2.5	40.8	-1.02	+0.11
XIII.	7.9	3.9	4.9	11.0	6–7	7.9	8.0	1.8	22.8	+2.09	-0.41
XIV.	6.4	3.8	9.6	6–7	1.9	29.5					
XV.	7.6	1.4	2.4	9.9	9–10	7.7	7.8	1.9	24.6	+0.34	-0.79
XVI.	5.2	1.0	1.4	10.0	7.5–8.5	5.2	5.2	2.4	46.2	-1.21	+0.09
XVII.	6.6	3.5	2.6	11.6	6–8	6.6	7.1	2.8	42.0	-1.04	+0.11

On the level of the separate sampling intervals I constructed frequency histograms. They are close to symmetric. The mode is situated in the lenses I–II and XI between 1 and 2%. (Figure 18/A). In most lenses covered by Eocene sediments the most frequent mode is between 4 and 7% (Figure 18/B). In the lenses only partly covered by Eocene sediments only a weak mode could be found. (Figure 18/D). In the lense No. XV the mode is on the right side of the histogram, at 9–10% (Figure 18/C). In my opinion this is the consequence of secondary resiliification.

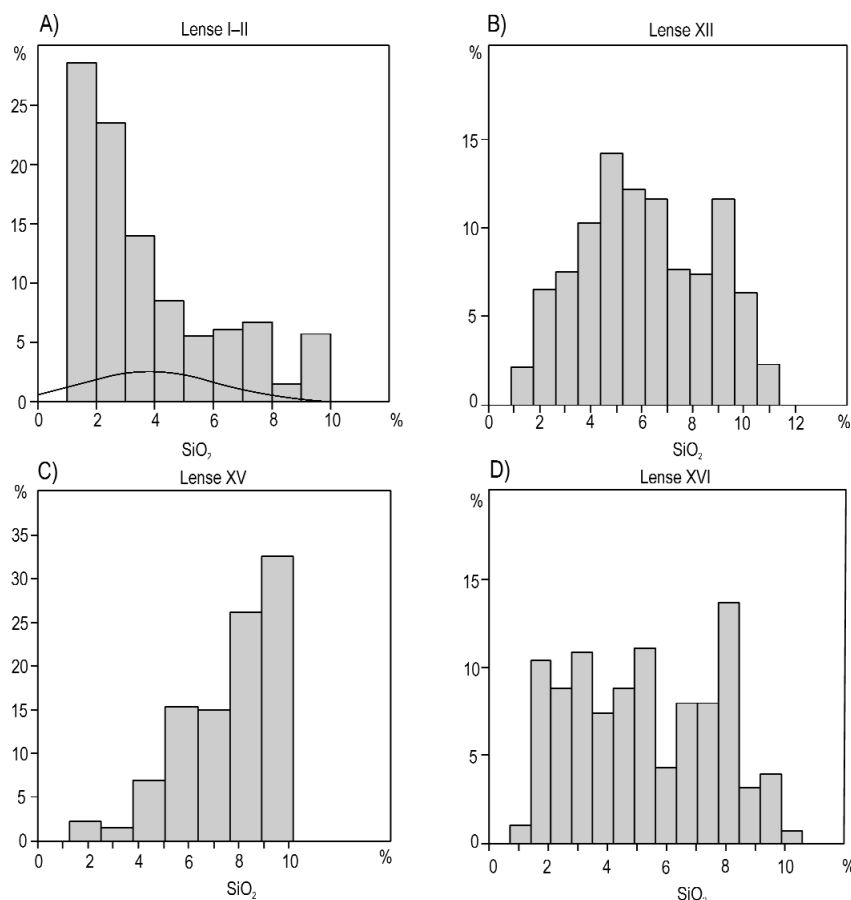
The coefficient peakedness (kurtosis) has in most cases a positive sign, that is the distribution is more peaked than the normal distribution. On the other hand four lenses have a less peaked distribution.

I evaluated the highest and lowest sampling intervals for silica for each lense separately. The lowest silica content was found in an interval of the lense No. X with 0.9%. This is a very low value in comparison with all other bauxite deposits in Hungary. This lense is entirely covered by Eocene sediments. In the other lenses the lowest silica sampling interval is between 3 and 5%.

The vertical distribution of the silica content in the bauxite profile is very similar in most lenses. The yellow and pink bauxite on the top of the profile contains mainly 3 to 6% SiO₂. The underlying iron crust has 2 to 6% silica. The red bauxite with yellow veins is the best with its 1 to 3% silica content. Going downward the SiO₂ content gradually rises to 8–9%.

The average SiO₂ content of the clayey bauxite is presented on Table 6. The averages are relatively close to each other varying from 14.1 to 18.2%. No spatial trend could be found in the distribution of these averages. The silica modulus varies from 2.0 to 3.0. It is important from the genetic point of view that the lense Kab-hegy I has a bimodal frequency distribution (Figure 19). The larger part has a higher silica content with a mode at 16–17%. But more important is the smaller part with a 10 to 13% SiO₂ content, almost reaching the bauxite quality!

The averages of the silica content of the bauxitic clay can be seen on Table 7. The differences between the averages are relatively larger varying

**Figure 18.** Histograms of the SiO₂ content of the bauxite**18. ábra.** A bauxit SiO₂-tartalmának gyakorisági hisztogramjai

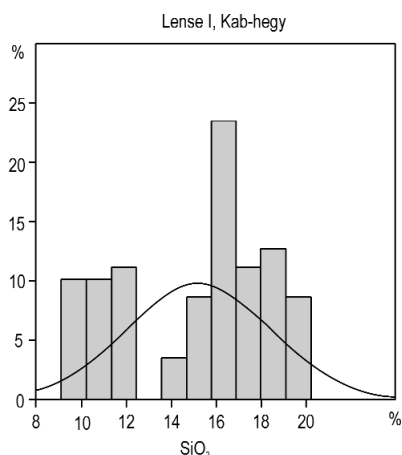


Figure 19. Histogram of the SiO₂ content of the clayey bauxite of the lense No. I of Kab Hill

19. ábra. A Kab-hegy I. lencse agyagos bauxitjának SiO₂ gyakorisági hisztogramja

largest 26.1% (Lense No. VI). No spatial trend was found in the distribution of these averages. The trimmed mean and the median are slightly smaller than the weighted average, due to the negative asymmetry of the frequency distribution.

The length of the confidence interval has been also calculated at 95% level of confidence. In most lenses the interval is short, less than 2.6%. There are only two lenses with longer intervals: lense No. III with 6.1% and lense XVIII with 4.2%. The reason for it is the higher variability of the iron content and the limited thickness of the bauxite layer. The

from 22.8 to 32.0%. The lenses having the highest bauxitic clay content have the highest SiO₂ averages. This trend can be explained by a separation of the clay-colloids during the accumulation of the bauxite lenses. The frequency distribution evaluated on the level of the sampling intervals is close to symmetric, in some lenses with a slight asymmetry in the direction of the higher SiO₂ values.

Fe₂O₃ content

The statistical parameters of the Fe₂O₃ content are shown on Table 9. The analytical error of the Fe₂O₃ determination is $\pm 0.5\%$. The standard error of the means varies from ± 0.3 to 0.6% . The skewness values only slightly surpass the ± 1.0 limit. Thus this is only a weak asymmetry. Nevertheless I calculated for the three largest values by the robust Tukey estimators with the following results:

Lense No. I–II 22.5% instead of the original 23.2%
 Lense No. XII 23.3% instead of 24.3%
 Lense No. XIII 22.5% instead of 22.9%

The sign of all the skewness parameters are negative, indicating a tail in the direction of lower iron values.

The Fe₂O₃ average of the bauxite of the entire Malom-völgy deposit is 23.1%, being less than that of the Halimba deposit (24.8%). The weighted averages of the lenses are rather different, the smallest being 19.5% (Lense No. III) and the

Table 9. Main statistical parameters of the Fe₂O₃ content of the bauxite

Lense	Mean	Confidence intervall	Min.	Max.	Mode	Trimmed mean 5%	Median	Standard deviation	Relative standard deviation %	Kurtosis	Skewness
I–II.	*23.2	2.0	2.0	38.2	23–24	22.8	23.2	5.0	22.4	+3.91	-1.15
III.	19.5	6.1	6.6	33.5	23–24	19.5	21.0	6.3	32.2	+0.28	-0.37
IV.	25.2	2.6	18.0	29.1		25.4	25.6	2.6	10.4	+1.78	-1.17
VI	26.1		24.3	27.0	25–27						
X.	24.8	0.9	11.0	36.3	23–24	24.8	24.7	3.1	12.4	+5.34	+0.18
XI.	22.6	1.1	5.7	32.0	22–23	22.8	22.6	3.8	17.1	+2.04	-0.78
XII.	*24.3	2.2	4.9	32.8	23–24	23.7	23.9	4.7	20.1	+3.21	-1.47
XIII.	*22.9	2.1	20.9	23.4		22.5	22.7	1.0	4.3	+1.06	-1.39
XIV.	22.9		21.5	24.0				1.0	4.5		
XV.	22.6	2.1	10.5	28.7	22–23	22.7	22.4	2.9	12.7	+4.32	-0.99
XVI.	21.2	1.7	4.6	35.3	21–22	21.2	21.6	2.8	13.0	+11.35	-1.06
XVIII.	21.1	4.2	14.8	26.0	23–24	21.2	22.2	3.2	15.4	-0.86	-0.36

*Robust average according to Tukey

variability has been expressed also by the standard deviation. It varies from 1.0 to 6.3%. In accordance with the confidence interval the the bauxite of the lense No. III has the largest standard deviation. The relative dispersion values are very small in the lenses No. XIII and XIV (4.3 and 4.5%). In the other lenses it varies from 10 to 32%.

In a next step the iron content was evaluated on the level of borehole averages. The variability was found to be much higher than in the case of the lense-averages. In the lense No. X the smallest average Fe₂O₃ content of bauxite was found in the borehole H–1071 with 17.5%, and the largest in the borehole H–1113 with 28%. Thus within the same lense significant differences of the borehole averages may occur.

When evaluating the Fe₂O₃ content on the level of sampling intervals even larger variability was detected. The smallest iron content was found in the lense No. I–II with 2.0%, in the others it varies from 5 to 24%. The largest Fe₂O₃ content varies from 26 to 38%. Frequency histograms were constructed for a better understanding of the iron distribution. Three types of distribution could be distinguished. The first type is characterised by a narrow distribution and a high mode (Figure 20/A). The mode is situated between 22 and 24% Fe₂O₃. The lenses No. I–II, X, XV, and XVI belong to

this group. Low and high iron intervals also occur in these lenses, but with very low frequency. The lenses of the second type are characterized by less tight distribution. The main mode is accompanied by small local modes (Figure 20/B). A typical example is the lense No. III The third group has a bimodal distribution (Figure 20/C). E.g. the lense No. XVIII has a higher mode at 23–24% and a lower one between 18 and 20%. The Eocene cover has been eroded from this lense. The bimodal distribution seems to be the consequence of secondary geochemical processes.

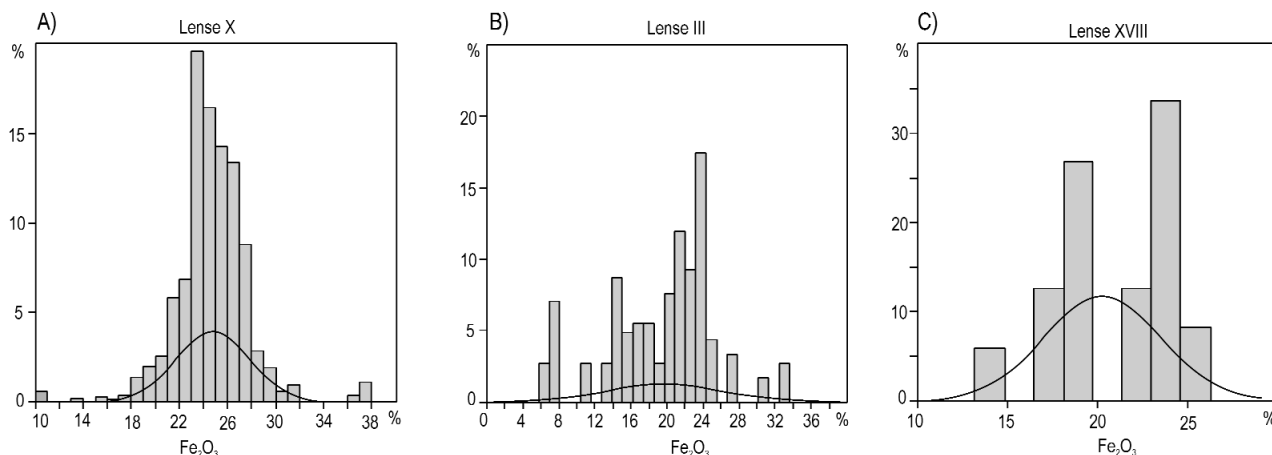


Figure 20. Histograms of the Fe_2O_3 content of the bauxite

20. ábra. A bauxit Fe_2O_3 -tartalmának gyakorisági hisztogramjai

The vertical distribution of Fe_2O_3 within the bauxite profile is more irregular than that of the Al_2O_3 and the SiO_2 content. The yellow and pink bauxite of the upper zone contains generally 5 to 10% Fe_2O_3 . Locally low iron whitish bauxite was detected with only 2–3% Fe_2O_3 . On the other hand, the iron crust contains 35–45% Fe_2O_3 . The underlying red bauxite with yellow veins has a rather uniform iron content of 22 to 25%. The iron content diminishes downward: in the red bauxite it is most frequently 20 to 23%. The aluminous ferrite was detected only in six lenses (Table 2). They contain more Fe_2O_3 than Al_2O_3 . Aluminous ferrite was found at several places in the south-eastern part of the Halimba deposit. The small aluminous ferrite debris originated in my opinion from a lateritic iron crust and they arrived to their present place in detrital form. The same occurred in the Malom-völgy deposit. The “iron crust” at the base of the upper zone consists also of aluminous ferrite, but it originated in situ, by the secondary processes of pyrite oxydation and dissolution of the iron. The iron precipitated presumably at the ancient groundwater level.

The average Fe_2O_3 content of the *clayey bauxite* is presented in Table 6. The averages of the lenses are lower than those of the bauxite, ranging from 16.5 to 23.2%. The amount of low and high iron containing clayey bauxite is low. The frequency distribution of the sampling intervals is unimodal, with a high peak, e.g. the lense No. XIV (Figure 21).

The averages of the *bauxitic clay* are shown in Table 7. It contains less Fe_2O_3 than the clayey bauxite, ranging from 13.2 to 20.7%. The distribution of the iron is more uniform than in the bauxite and in the clayey bauxite. This is demonstrated by the high mode of the lense No. XIV (Figure 22). In most lenses the lowest part of the profile consists of light red and violet bauxitic clay, containing 10–15% Fe_2O_3 .

TiO₂ content

The statistical parameters of the TiO_2 content of the bauxite are

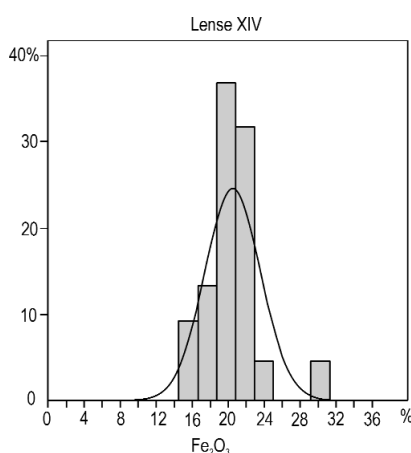


Figure 21. Histogram of the Fe_2O_3 content of the clayey bauxite of the lense No. XIV

21. ábra. A XIV. lencse agyagos bauxitjának Fe_2O_3 gyakorisági hisztogramja

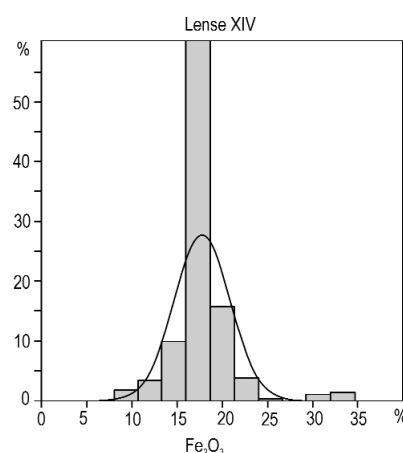


Figure 22. Histogram of the Fe_2O_3 content of the bauxitic clay of the lense No. XIV

22. ábra. A XIV. lencse bauxitos agyagjának Fe_2O_3 gyakorisági hisztogramja

shown in Table 10. The analytical error of the TiO_2 determination by the wet method is $\pm 0.2\%$. The standard error of the averages varies from 0.01 to 0.09%, thus it is negligible. As in the foregoing cases, the asymmetry of the distribution was expressed by the skewness parameter. This value is larger than ± 1.0 in four lenses. For these lenses I calculated the robust Tukey estimators. The results are as follows:

Lense No. I–II	1.7% instead of 1.9%
Lense No. X	1.6% instead of 1.7%
Lense No. XI	2.1% instead of 2.2%
Lense No. XVI	1.9% instead of 2.0%.

The TiO_2 average for the entire Malom-völgy deposit is 2.0%, significantly lower than that of the Halimba deposit (2.4%). The averages of the lenses vary from 1.6 to 2.3% (Table 10). I found no spatial trend in the distribution of these averages. The trimmed mean and the median are both slightly smaller than that of the weighted average.

Table 10. Main statistical parameters of the TiO_2 content of the bauxite

Lense	Mean	Confidence interval	Min.	Max.	Mode	Trimmed mean 5%	Median	Standard deviation	Relative standard deviation %	Kurtosis	Skewness
I–II.	*1.7	0.2	1.1	3.9	1.4–1.6	1.9	1.8	0.5	25.9	+4.38	+1.94
III.	1.9	0.3	1.3	2.8	1.8–2.0	1.9	1.9	0.4	20.1	+0.70	+0.53
IV.	2.0	0.4	1.3	2.6		2.0	2.0	0.4	19.0	–1.24	–0.13
VI.	2.1		1.9	2.3	2.2–2.3						
X.	*1.6	0.1	1.2	3.0	1.5–1.6	1.7	1.6	0.3	15.9	+2.37	+1.18
XI.	*2.1	0.3	1.5	6.3	1.8–2.0	2.1	2.1	0.6	27.7	+28.2	+4.90
XII.	2.3	0.2	1.5	3.6	1.8–2.0	2.2	2.2	0.4	19.9	+0.91	+0.98
XIII.	2.0	0.2	1.8	2.1		2.0	2.0	0.1	5.0	+0.97	–0.79
XIV.	2.1		1.7	2.3				0.3	12.9		
XV.	2.2	0.1	1.7	2.6	1.8–2.0	2.2	2.1	0.2	10.7	–0.90	–0.01
XVI.	*1.9	0.1	1.5	3.7	1.8–2.0	2.0	1.9	0.3	13.5	+80.6	+1.20
XVIII.	1.9	0.2	1.7	2.2	1.8–2.0	1.9	1.9	0.1	7.9	+0.14	+0.76

*Robust average according to Tukey

The reliability of the averages is expressed by the length of the confidence interval at 95% level of confidence. It varies from 0.1 to 0.4%, that is the results are reliable. The variability of the TiO_2 distribution has been expressed by the standard deviation. The values are small, varying from 0.1 to 0.6%. On the other hand, the relative dispersion varies from 5.0 to 27.7%, due to the relatively small percentage of the TiO_2 content.

The variability of the averages on the borehole level are slightly higher than those of the entire lenses. Significantly higher variability was detected on the level of the sampling intervals. The smallest contents are between 1.1 and 1.9% for the different lenses (Table 10). Surprisingly high maximum values have been detected ranging from 2.1 to 6.3%! The largest value was found in the lense No. XI in the borehole H–1264. Here the TiO_2 content was highest in the top interval of the bauxite (6.3%) and it diminished downward to 6.0% through four sampling intervals. On the other hand, no significant enrichment of the TiO_2 content was found in the neighbouring boreholes.

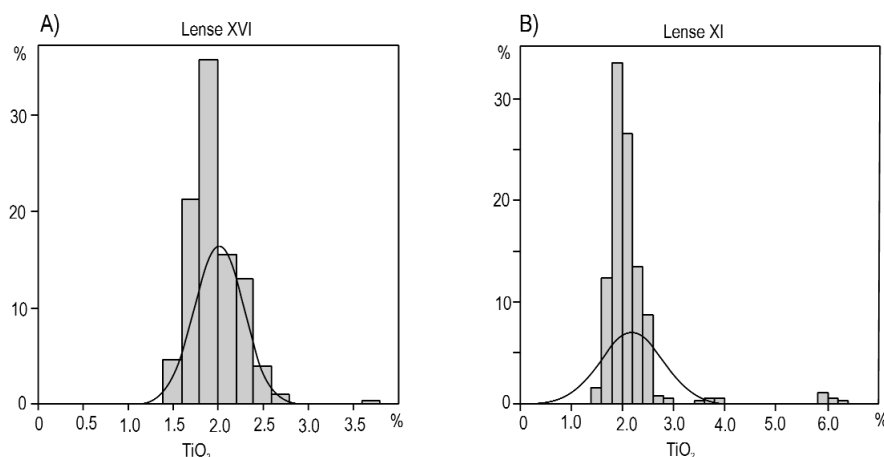


Figure 23. Histograms of the TiO_2 content of the bauxite

23. ábra. A bauxit TiO_2 -tartalmának gyakorisági hisztogramjai

It is well known that the titanium is the least mobile chemical component of the bauxites. A migration and enrichment in the form of solution can be excluded here. Presumably small detrital grains of rutile and anatase accumulated here locally at the end of the bauxite transport.

Frequency histograms have been constructed to study the TiO_2 distribution. The TiO_2 distribution is tight in most lenses, with one high mode between 1.8 and 2.0% (Figure 23/A). The high TiO_2 values are most characteristic in the lense No. XI (Figure 23/B). The peakedness (kurtosis) is positive in most lenses,

corresponding to the high percentage of the mode. The TiO_2 content generally diminishes from the top of the bauxite to its bottom. As mentioned above, the extremely high TiO_2 values occurred also on the top of the bauxite intervals.

The average TiO_2 content of the *clayey bauxite* is presented in Table 6. The averages for the lenses vary from 1.5 to 2.0%. The average for the entire deposit is 1.8%, smaller than that of the bauxite. The average TiO_2 content of the clayey bauxite reached 3.0% only in the H-1264 borehole in the lense No. XI. Here in one sampling interval 5.5% TiO_2 was detected. In my opinion, this enrichment occurred in the same way as in the bauxite, discussed above.

The TiO_2 averages of the *bauxitic clay* are shown in Table 7. The averages of the lenses are very similar, ranging from 1.3 to 1.6%. The average of the entire deposit is 1.5%, smaller than that of the clayey bauxite. The frequency distribution is quite tight characterized by one high mode, e.g. the North-western I lense (Figure 24). On the level of the sampling intervals the maximum was 2.5% — detected in a few places.

The aluminous ferrite contains the least TiO_2 ranging from 0.7 to 1.5%. In the iron crust on the bottom of the upper zone 1.5 to 3.0% TiO_2 was detected.

Loss of ignition

In the traditional wet analytical method the loss of ignition is determined comprising the chemically bound $+\text{H}_2\text{O}$, the CO_2 and the SO_3 contents of the bauxite. For the geochemical evaluation the $+\text{H}_2\text{O}$ content is of interest. For this reason I recalculated its content by subtracting the effect of the CO_2 and SO_3 contents known from the analyses. In the following the $+\text{H}_2\text{O}$ content will be discussed.

$+\text{H}_2\text{O}$ content

The statistical parameters of the bauxite are presented on Table 11. The analytical error, including that of the recalculation is $\pm 0.5\%$. The standard error of the averages ranges from 0.2 to 0.8%. The frequency distributions are symmetric, as confirmed by the values of skewness. Thus the weighted averages are not distorted, it was not necessary to calculate the robust estimators of Tukey.

There are relatively large differences between the averages of the lenses, ranging from 18.8 to 24.5% (see Table 11). The high $+\text{H}_2\text{O}$ content indicates the predominate presence of gibbsite in the bauxite. The average $+\text{H}_2\text{O}$ content of the entire Malom-völgy deposit is 21.5%. The trimmed means and the medians are very close to the weighted average or correspond to it.

The length of the confidence interval at 95% level of confidence ranges from 0.6 to 5.1% indicating very different reliability of the averages. The variability of the $+\text{H}_2\text{O}$ distribution has been expressed by the standard deviation (Table 11). It varies from ± 1.3 to 5.2%. The relative dispersion of the data ranges from 5.2 to 23.5%. This variable is highest in the lenses XI and XII due to the frequent changes in the gibbsite and boehmite content of the bauxite.

The intervals of the $+\text{H}_2\text{O}$ content are even broader on the level of the borehole averages. More important results were furnished by the study of the sampling intervals. First frequency histograms were constructed. According to my experi-

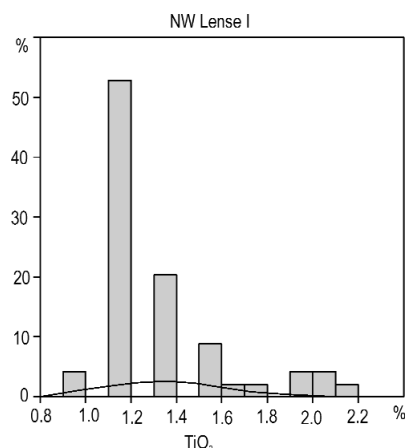


Figure 24. Histogram of the TiO_2 content of the bauxitic clay of the lense Northwest I

24. ábra. Az Északnyugati I. lencse bauxitos agyagjának TiO_2 gyakorisági hisztogramja

Table 11. Main statistical parameters of the $+\text{H}_2\text{O}$ content of the bauxite

Lense	Mean	Confidence intervall	Min.	Max.	Mode	Trimmed mean 5%	Median	Standard deviation	Relative standard deviation %	Kurtosis	Skewness
I-II.	23.7	1.2	13.7	31.9	24-25	23.8	24.1	2.8	11.9	+1.75	-0.70
III.	22.7	5.1	12.1	35.1	21-22	22.7	22.8	5.2	22.9	+0.37	-0.10
IV.	18.8	2.7	11.1	23.0		18.9	19.7	2.8	15.0	+0.60	-0.77
VI.	22.5		19.7	29.3	20-21						
X.	23.0	0.6	13.8	29.7	23-24	23.1	23.3	1.8	7.9	+3.09	-0.80
XI.	21.0	1.4	9.2	28.2	25-26	21.3	22.8	4.9	23.3	-0.71	-1.03
XII.	20.4	2.3	9.4	33.8	20-21	20.3	20.7	4.8	23.5	-0.01	-0.04
XIII.	21.0	4.4	17.0	22.5		21.1	21.7	2.1	9.8	+4.97	
XIV.	18.8		16.8	20.8				1.7	8.8		
XV.	19.4	2.8	12.3	25.6	18-19	19.4	19.7	3.7	19.2	-0.72	-0.18
VI.	24.5	0.6	21.0	29.2	24-25	24.5	24.5	1.3	5.2	+1.93	+0.72
XVIII.	22.7	1.9	20.6	26.1	22-23	22.7	22.4	1.5	6.4	+1.34	+1.02

ence gibbsite is the predominant alumina mineral when the $+H_2O$ is more than 20%. If the H_2O content is in the 15–20% interval mixed gibbsitic–boehmitic bauxite is present. Finally, if the H_2O content is less than 15% the boehmite is predominant.

Applying these experiences the histograms could be divided into two main groups. The first group consists of predominantly gibbsitic bauxite. The distribution is unimodal with the mode situated between 23 and 25%. The lenses No. I–II, X, XVI and XVIII belong to this group (Figure 25/A). The second group contains both gibbsitic and boehmitic bauxite, with a smaller amount of the mixed bauxite. The lenses No. III, XI, XII, and XV belong to this group (Figures 25/B and C). The modes between 10–11%, 13–15% and 25–26% are well expressed in the histograms.

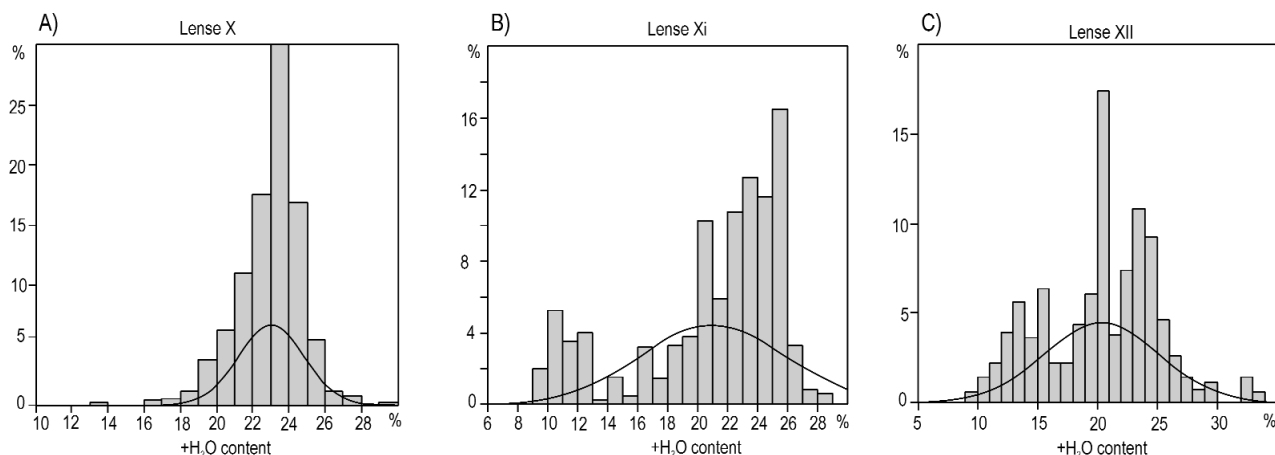


Figure 25. Histograms of the $+H_2O$ content of the bauxite

25. ábra. A bauxit $+H_2O$ tartalmának gyakorisági hisztogramjai

This picture is completed by the minimum and maximum values of the sampling intervals (Table 11). In most lenses the minimum value is clearly situated in the boehmitic interval and the maximum values in the gibbsitic one. Rarely $+H_2O$ contents reaching 30–35% were detected. In these sampling intervals the Fe_2O_3 is less than 10%. The low iron content allowed the specific enrichment of gibbsite in the bauxite. Finally, the peakedness (kurtosis) values of the bauxite have a positive sign, indicating a tight H_2O distribution.

I studied in detail the sampling intervals of the lenses No. XI and XIII and found that small $+H_2O$ values occur also in the clayey bauxite. These are often only single intervals, but at some places the entire clayey bauxite layer is characterised by low $+H_2O$ content. The boehmitic and the gibbsitic bauxites are not evenly distributed in the lenses, but they form distinct strings. Such a string is situated in the northern part of lense No. XI and in the north-western part of lense No. XII. The bauxite and clayey bauxite layers are related in this respect. My conclusion is that both boehmitic and gibbsitic bauxites and clayey bauxites arrived to their present location and no boehmitisation or gibbsitisation occurred after the sedimentation. (This question will be discussed in more detail in the mineralogic chapter.)

The averages of the *clayey bauxite* are presented in Table 6. The averages range from 15.5 to 21.5%. The $+H_2O$ content is increasingly influenced by the higher kaolinite content, as illustrated by the average of the entire deposit, being 17.7%. The $+H_2O$ content of the *bauxitic clay* depends even more of the kaolinite content. The averages of the lenses vary from 13.5 to 18.2% (Table 7). The average of the entire deposit is 15.7%, smaller than that of the clayey bauxite.

The aluminous ferrite contains 11 to 16% $+H_2O$. It does not indicate a boehmitic composition, as the alumina content is low. The very high Fe_2O_3 content is the reason for this relatively low $+H_2O$ content.

The accessory components

Unfortunately, the accessory components were not analysed systematically. Only some samples were taken from selected intervals or composite samples were produced from several boreholes. The number of analyses was also limited. For this reason no detailed statistical evaluation could be carried out as the sampling cannot be considered as representative.

CaO content

According to my estimate less than 5% of the sampling intervals were analysed for the CaO content. The analytical error for the wet method was $\pm 0.2\%$. For the entire deposit 0.59% is the average CaO content. The standard error of the mean is $\pm 0.15\%$. The weighted averages for the lenses are presented in Table 12. As seen from the table, aver-

ages could be calculated only for seven lenses. There are no large differences between the averages of the lenses, ranging from 0.26 to 0.99%. The minimum values of the analyses are quite uniform (0.06–0.16%), but large differences are between the maximum values, ranging from 0.45 to 4.2%.

From the clayey bauxite only nine analyses were made, all from the lense No. III. They vary from 0.11 to 0.50%.

No analyses were made from the bauxitic clay and the aluminous ferrite.

According to my observation, in the mines most of the CaO content is of secondary origin, filling cracks and fissures in the bauxite in the form of calcite Limestone or dolomite debris are very rare in the Malom-völgy deposit.

Table 12. Main statistical parameters of the CaO and MgO contents of the bauxite

Lense	CaO content			MgO content		
	mean	min.	max.	mean	min.	max.
I-II.	0.80	0.10	2.52	0.15	0.03	0.36
III.	0.26	0.11	0.45	0.08	0.01	0.16
X.	0.35	0.05	1.15	0.10	0.04	0.19
XI.	0.99	0.06	4.20	0.10	0.02	0.37
XII.	0.57	0.15	3.31	0.11	0.02	0.36
XV.	0.46	0.14	3.33	0.14	0.05	0.33
XVI.	0.90	0.16	4.20	0.20	0.03	0.27

MgO content

Generally the same samples have been analysed for the MgO content than for the CaO. The analytical error for the MgO determination with the wet method was $\pm 0.2\%$. The standard error of the mean was $\pm 0.10\%$. The weighted average for the entire deposit is 0.12%. The averages, the minimum and maximum values can be seen in Table 12. The distribution of the MgO is much more uniform than that of the CaO content. The averages of the lenses vary only from 0.08 to 0.20%. The minimum values are close to each other. The difference between the maximum values is also limited (0.16–0.37%). The reason for this uniform distribution is that the MgO is present as very small dolomite debris, evenly distributed over the entire deposit. The clayey bauxite has been analysed only in the lense No. III. Its MgO content is smaller than that of the bauxite, ranging from 0.01 to 0.08%. No analyses were made from the bauxitic clay and aluminous ferrite.

P₂O₅ content

Generally the same samples have been analysed for the P₂O₅ content as for the CaO and MgO. The analytical error for the wet method was $\pm 0.1\%$. The standard error of the mean was $\pm 0.02\%$. For the entire deposit the average P₂O₅ content is 0.13%. The averages for the lenses, the minimum and maximum values are seen on Table 13. The average of the lense No. X is much higher than those of the other lenses (0.32%). The minimum values are quite uniform, larger differences are between the maximum values. The highest are 0.52% in the lense No. XV and 0.47% in the lense No. X. No spatial trend was found in the P₂O₅ distribution in the bauxite.

From the clayey bauxite only in the

lense No. III were made some analyses. The average is 0.14%. No chemical analyses were carried out on samples of the bauxitic clay and aluminous ferrite.

Table 13. Main statistical parameters of the P₂O₅ and S contents of the bauxite

Lense	P ₂ O ₅ content			Sulphur content		
	mean	min.	max.	mean	min.	max.
I-II.	0.10	0.04	0.25	0.15	0.10	2.70
III.	0.09	0.04	0.15	0.18	0.05	3.10
X.	0.32	0.17	0.47	0.06	0.01	0.12
XI.	0.06	0.01	0.13	0.11	0.01	0.68
XII.	0.07	0.01	0.11	0.56	0.04	1.90
XV.	0.18	0.11	0.52	0.06	0.02	0.20
XVI.	0.17	0.07	0.30	0.05	0.02	0.16

The sulphur content

Most of the sulphur analyses were presented in the form of S, much less in SO₃ form. For this reason I recalculated all SO₃ data to the form of S. The analytical error of the wet analyses was $\pm 0.2\%$. The average for the bauxite of the entire deposit is 0.17%, much below the official cut-off value. The averages of the lenses, the minimum and maximum values are presented in Table 13. The averages range from 0.06 to 0.56%, the latter detected in the lense No. XII. The smallest values of the samples are quite uniform for the red bauxite. The largest values are much higher reaching 3.1% in the lense No. III.

The grey pyrite and marcasite bearing bauxite was evaluated separately. Its S content varies from 1 to 10%. The small number of the analyses did not allow the calculation of averages.

In the large lenses on the north-western rim of the deposit, consisting mainly of bauxitic clay the percentage of the grey pyrite bearing bauxite rises to 10%. (Table 2). Unfortunately, no S analyses were made on samples of these lenses. Based on lithologic observations I estimate their S content to 5–15%. Most pyrite was observed in the top part of these

lenses. As discussed in the chapter of stratigraphy, grey to black marshy clay of Middle Eocene age is the immediate cover, containing much pyrite and marcasite. In my opinion the top part of the lenses have been reduced by the geochemical influence of these marshy clays.

MnO₂ content

Only very few samples were analysed for the Mn content. It has been determined in different oxydic forms. The red bauxite being highly oxydised I recalculated all results into MnO₂ form.

Unfortunately, only from three lenses were found data on their manganese content. From two lenses minimum, maximum and average values were documented, as presented below:

Lense	Minimum	Maximum	Average
I-II	0.10%	0.50%	0.20%
XII	0.028%	0.455%	0.222%

From the lense No. XVI only one MnO₂ analyse could be found, being 0.21%

These results are surprisingly close to one another. Consequently, the manganese is finely disseminated within the bauxite in rather uniform percentage. The black lithiophorite concretions described in the chapter of texture and structure are very probably of secondary origin, being precipitated from solutions.

The interrelation between the chemical components

In the foregoing chapter all main and accessory components were evaluated separately. In the following the interrelations of the components of the bauxite will be discussed by different statistical methods and by the application of fuzzy membership functions.

First the *relative dispersion* values (coefficient of variation) are evaluated. This parameter is smallest in the case of the Al₂O₃ content varying from 2.4 to 12.8%. It is followed by the +H₂O content ranging from 5.2 to 23.3%. The TiO₂ content follows with 7.9 to 27.7% and the Fe₂O₃ by 4.3 to 32.2%. The relative dispersions of these components are relatively close to each other. The reason is that all the four components are the bauxitic products of the lateritisation process and they have similar geochemical properties. On the other hand, the relative dispersion of the silica content is significantly different from this group, varying from 22.8 to 60.8%. The silica is the kaolinitic end product of the lateritisation process and as we have seen before, it tends to separate itself during the accumulation process, as expressed by the spatial trend discussed before.

Unfortunately, the accessory components could not be evaluated in this respect, because of the small number of the analytical data. The CaO content seems to be the most variable. On the other hand, the P₂O₅ and the MnO₂ contents are very evenly distributed in the bauxite.

I constructed *fuzzy membership functions* to investigate the geochemical separation of the bauxite, the clayey bauxite and the bauxitic clay. The membership functions express in a very clear way the degree of separation and of the overlapping of the main chemical components. The evaluation was carried out separately for each lense as significant differences were detected in this respect. The weighted average of the lense is the center of the “core”, completed on both sides by the amount of the analytical error and the lower and upper end of the confidence interval. The minimum and the maximum values of the “support” correspond to the smallest and the largest concentrations of the given component — on the level of the sampling intervals.

The membership functions of the lense No. XI are represented on Figure 26, based on the corresponding chemical analyses of 82 exploration boreholes. The large number of the boreholes resulted in a relatively short core of the membership functions, indicating high reliability of the results. The degree of relationship can be expressed by the distance of the cores of the three main rock types. The difference of the composition is strongest with respect to the SiO₂ content. The distance between the bauxite and the clayey bauxite is 10.3%, between the clayey bauxite and the bauxitic clay 7.5%. There is a limited overlapping between the neighbouring membership functions.

For the Al₂O₃ the distance between the bauxite and the clayey bauxite is much shorter, being only 2.8%. It is short also between the clayey bauxite and the bauxitic clay with 3.1%. There is a large overlapping between the membership functions of the three bauxitic rock types.

For the +H₂O content the differences are even smaller. The distances between the cores are only 0.5%. Nevertheless, it is clearly visible that the +H₂O content diminishes from the bauxite through the clayey bauxite to the bauxitic clay. The high and low — gibbsitic and boehmitic — portions of the composition can be also well distinguished.

In the case of the Fe₂O₃ content the overlapping is even larger. It is also well expressed that the Fe₂O₃ content diminishes from the bauxite in direction of the bauxitic clay. The portion of the low iron bauxite (Fe₂O₃ less than 10%) is also well expressed.

The difference between the three rock types is smallest in the case of the TiO_2 content. The distance of the cores is only 0.2 and 0.1%. It has been discussed in the chapter of chemical composition that the lense No. XI contains samples of very high TiO_2 content. This is also well expressed by the membership functions.

All these informations furnish a good overall outlook about the chemical composition of the three bauxitic rock types, of their similarities and differences. It is more difficult to detect these features when only statistical tables are at our disposition

Bivariate correlation study was applied for the five main chemical components. In all cases the correlation was related to the Al_2O_3 content this being the most important component in geochemical respect. In the Halimba deposit most correlation relationships were non-linear. This type of correlation was also frequent in the Malom-völgy deposit. In these cases the so called LLR Smoother was applied, illustrating the general trend of the correlation relationship. The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ correlation was found to be non-linear (Figure 27/A). First the silica increases with the alumina, but over the 46% Al_2O_3 content it decreases. The averages of the lenses are irregularly distributed over the scatter plot. Pearson's correlation coefficient is only +0.29, indicating a very weak interdependence. In my opinion the reason for it is the detrital transport and accumulation of the bauxitic material.

The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ correlation is almost linear, but the averages of the lenses are very irregularly distributed (Figure 27/B). The iron content diminishes with the increasing alumina content. Pearson's correlation coefficient is -0.37, slightly tighter than the $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ correlation.

It is well known from the geochemical handbooks that in most bauxite deposits there is a positive correlation between the alumina and the titanium content. In the Malom-völgy deposit this is valid only in the 43–46% Al_2O_3 interval. Above this limit the TiO_2 content decreases. (Figure 27/C). This is most characteristic for the lense No. I–II where the average TiO_2 content is only 1.7%. Pearson's correlation coefficient is only +0.38, a rather loose geochemical relationship.

The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$ correlation is close to linear, the alumina content diminishing with the growing H_2O content. (Figure 27/D). Pearson's correlation coefficient is -0.44, being the closest in the four studied relationships. The reason for it is, in my opinion, the partly gibbsitic, partly mixed and partly boehmitic mineral composition of the bauxite. This problem will be discussed in detail in the chapter of mineral composition.

For the study of the scaling factor correlation was evaluated also on the level of borehole averages of the bauxite. As an example the results of the lense No. X are presented where 35 borehole averages were included into the calculations. In the case of the $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ correlation the distribution of the points is significantly different from those of the lense-averages (Figure 28/A). The points are more closely distributed, with exception of only one borehole (H-1053). The correlation is non-linear, as indicated by the LLR Smoother curve. The silica content diminishes with the increasing alumina content. When considering the H-1053 borehole as an outlier, the correlation becomes closer and the Pearson's correlation coefficient is -0.40, higher than in the case of the lense-averages. The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ correlation is very similar to that of the averages of the lenses. The iron content diminishes with the increasing alumina content. The correlation is non-linear (Figure 28/B). Pearson's correlation coefficient is -0.34, close to that of the lense-averages.

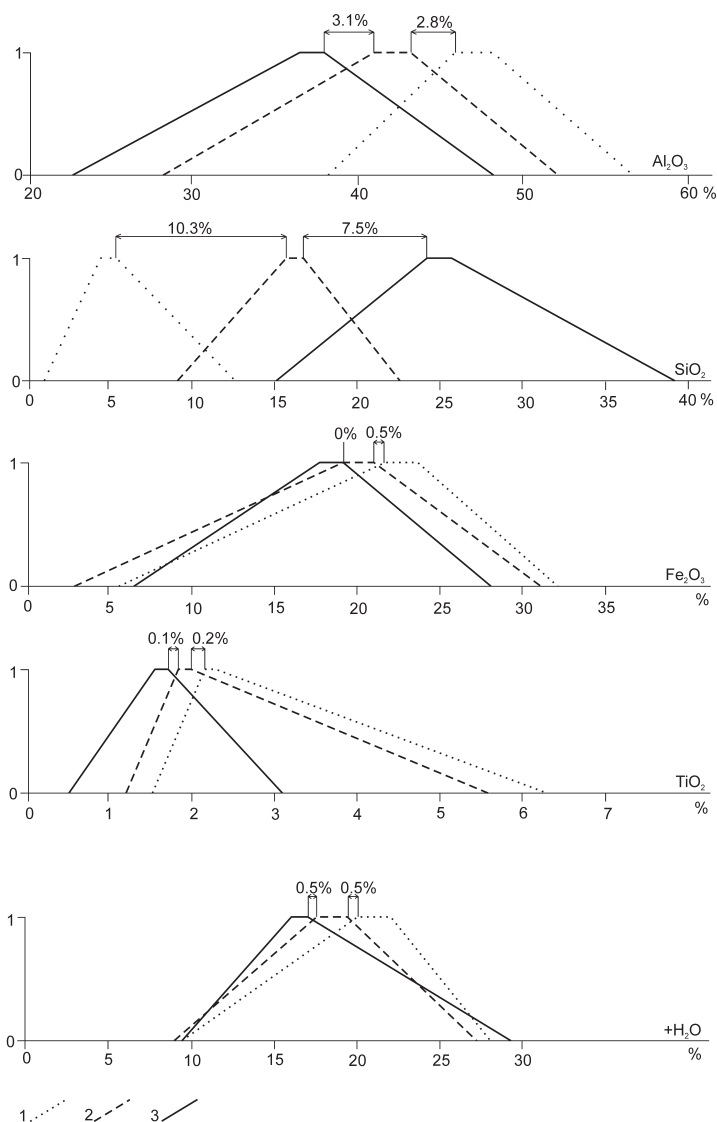


Figure 26. Fuzzy membership functions of the five main chemical components of the lense XI of Malom-völgy deposit
1 — bauxite, 2 — clayey bauxite, 3 — bauxitic clay

26. ábra. A Malom-völgy XI. lense öt fő vegyi komponensének tagsággüggvényei
1 — bauxit, 2 — agyagos bauxit, 3 — bauxitos agyag

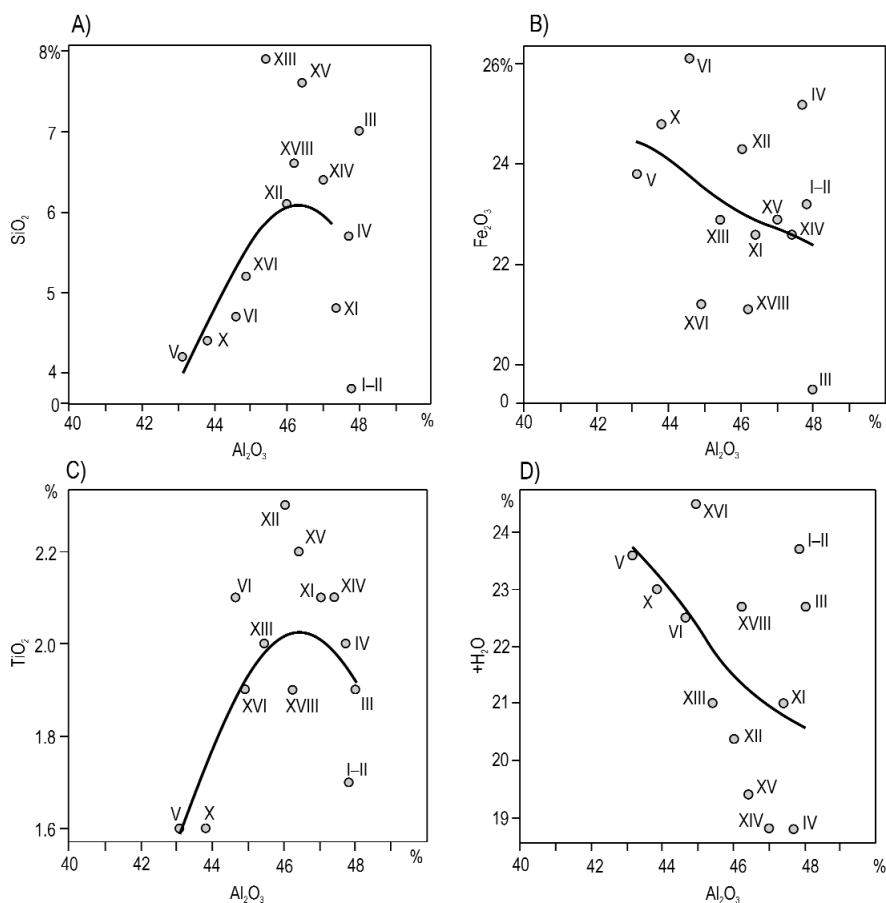


Figure 27. Correlation between the main chemical components of bauxite on the level of lense averages: A) between the Al_2O_3 and SiO_2 content, B) between the Al_2O_3 and the Fe_2O_3 content, C) between the Al_2O_3 and the TiO_2 content, D) between the Al_2O_3 and the $+\text{H}_2\text{O}$ content

27. ábra. A lencseátlagok korrelációs kapcsolatai: A) a lencsék átlagos Al_2O_3 - és SiO_2 -tartalom, B) az átlagos Al_2O_3 - és Fe_2O_3 -tartalom, C) az átlagos Al_2O_3 - és TiO_2 -tartalom, D) az átlagos Al_2O_3 - és $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalom összefüggése

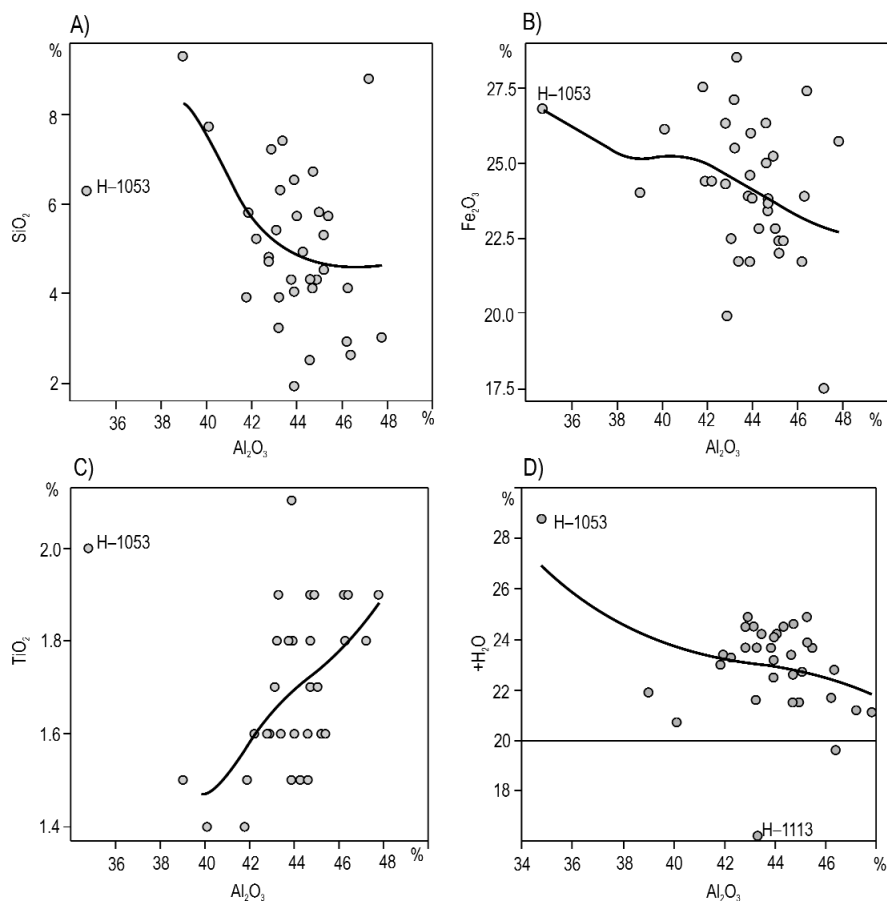


Figure 28. The correlation on the level of the borehole averages in the lense No. X: A) the Al_2O_3 / SiO_2 correlation, B) the Al_2O_3 / Fe_2O_3 correlation, C) the Al_2O_3 / TiO_2 correlation, D) the Al_2O_3 / $+\text{H}_2\text{O}$ correlation

28. ábra. A bauxit fúrásátlagainak korrelációs összefüggése a X. lencsében: A) az átlagos Al_2O_3 - és SiO_2 -tartalom összefüggése, B) az Al_2O_3 / Fe_2O_3 korreláció, C) az Al_2O_3 / TiO_2 korreláció, D) az Al_2O_3 / $+\text{H}_2\text{O}$ korreláció

The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ correlation was studied with the exclusion of the borehole H-1053 considered as an outlier. The correlation is close to linear, Pearson's correlation coefficient is +0.54 (Figure 28/C). When including the values of the H-1053 borehole, the correlation coefficient diminishes to +0.19. This is a good example for the importance of the exclusion of the outliers.

The $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$ correlation is also non-linear, but clear: the H_2O content diminishes with the increasing alumina content. (Figure 28/D). In this correlation the values of the borehole H-1053 are not outliers. Pearson's correlation coefficient is -0.39. I indicated on the diagram the 20% H_2O . Above this value the bauxite is predominantly gibbsitic. This is the case for the lense No. X. For a comparison the correlation diagram of the lense No. XI is also presented (Figure 29). Here all the three mineralogic types are present. The LLR Smoother indicates a slightly non-linear correlation. Pearson's correlation coefficient is -0.54. From the 55 boreholes included into this calculation seven are predominantly boehmitic.

Summarizing the results of the correlation study the interrelations are generally non-linear or close to linear. Real linear correlation was not detected. Pearson's correlation coefficients are lower than in other sedimentary rocks or in lateritic bauxites. The reason for this feature in the detritic transport and accumulation of these bauxites.

A multi-variate study of the main elements was also carried out. The non-representative sampling and the small number of the analyses of the accessory components did not allow their similar study.

I performed *cluster analysis* separately for the bauxite, the clayey bauxite and the bauxitic clay. The weighted averages of the lenses were applied for this study (Tables 4, 6, and 7). The SPSS program offers several methods of cluster analysis. According to my experiences on other bauxite deposits I applied the hierarchical-agglomerative cluster analysis, using as distance measures the squared Euclidean distances. The results were presented in the form of dendrograms.

The dendrogram of the bauxite is shown on Figure 30. Three groups of lenses can be distinguished, with the smallest distances within the groups. The first group consists of the lenses No. V, VI and X, situated in the central part of the deposit. The second group comprises five lenses: No. IV, XII, XIII, XIV and XV. They are situated in two places in the eastern and western parts of the deposit. The third group consists of five lenses: No. I-II, III, XVI, XVIII. They form an elongated area in the central and south-western part of the deposit. The fifth lense (No. XI) is separated of them and is situated in the central part of the deposit.

Thus the cluster analyses detected groups of lenses, but their spatial distribution is not so well defined as expected. (Figure 31). There must be certainly other factors than the main chemical components determining the grouping of the lenses.

There are 13 lenses containing bauxite. On the other hand clayey bauxite is present on 19 lenses. The corresponding dendrogram also distinguishes three groups of lenses. (Figure 32). The first group consists of five lenses, situated in the central and south-western parts of the deposit. They form a continuous, connected area. These are the lenses No. V, VII, X, XVI and XVIII. The second group comprises nine lenses. Five of them are situated in the south-western part of the deposit and they form a continuous area. These are the lenses No. I-II, III, IV, XIII and XV. The other three lenses of this group are situated in the north-eastern part of the deposit and they also form a continuous area. These are the lenses

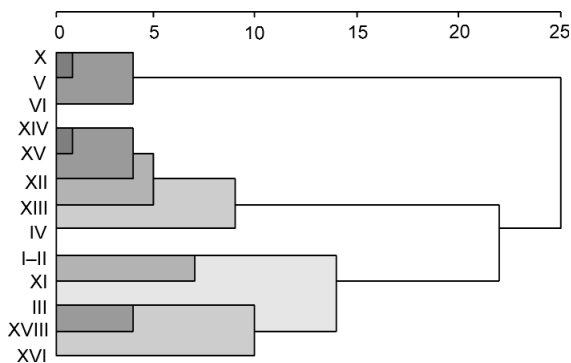


Figure 30. Dendrogram of the averages of the lenses in the bauxite

30. ábra. A bauxit lencséátlagának dendrogramja

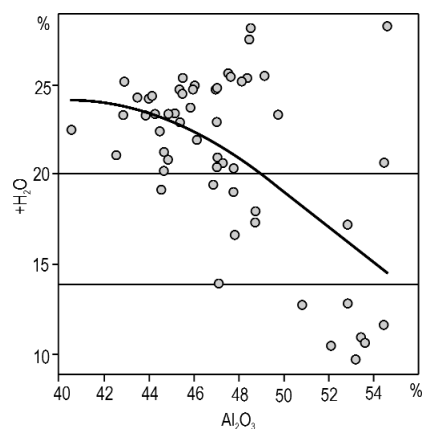


Figure 29. Correlation on the level of borehole averages in the lense No. XI, the $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$ correlation

29. ábra. A bauxit fúrásátlagának korrelációs összefüggése a XI. lencsében. Az átlagos Al_2O_3 és a kötöttvíz-tartalom összefüggése

XI, XII and XIV The squared Euclidean distances within the group are very small, indicating a uniform multivariate composition. The composition of the lense Kab-hegy I is very close to this group, as it can be seen on the Figure 32. In my opinion this confirms the idea that the Kab-hegy I lense is genetically related to the Malom-völgy deposit. The third group consists also of five lenses distributed in different parts of the deposit (lenses No. VIII, IX, XVII, Northwestern lense, Somkő-tető II lense). In my opinion this group of the dendrogram cannot be considered as a separate geochemical unit.

There are 22 lenses in the deposit containing bauxitic clay. On the dendrogram two groups can be distinguished (Figure 33). The two groups are well separated, the first being situated in the north-western part of the deposit, the second one in its south-eastern side. Thus the multivariate composition of the bauxitic clay corresponds to the general trend detected by the

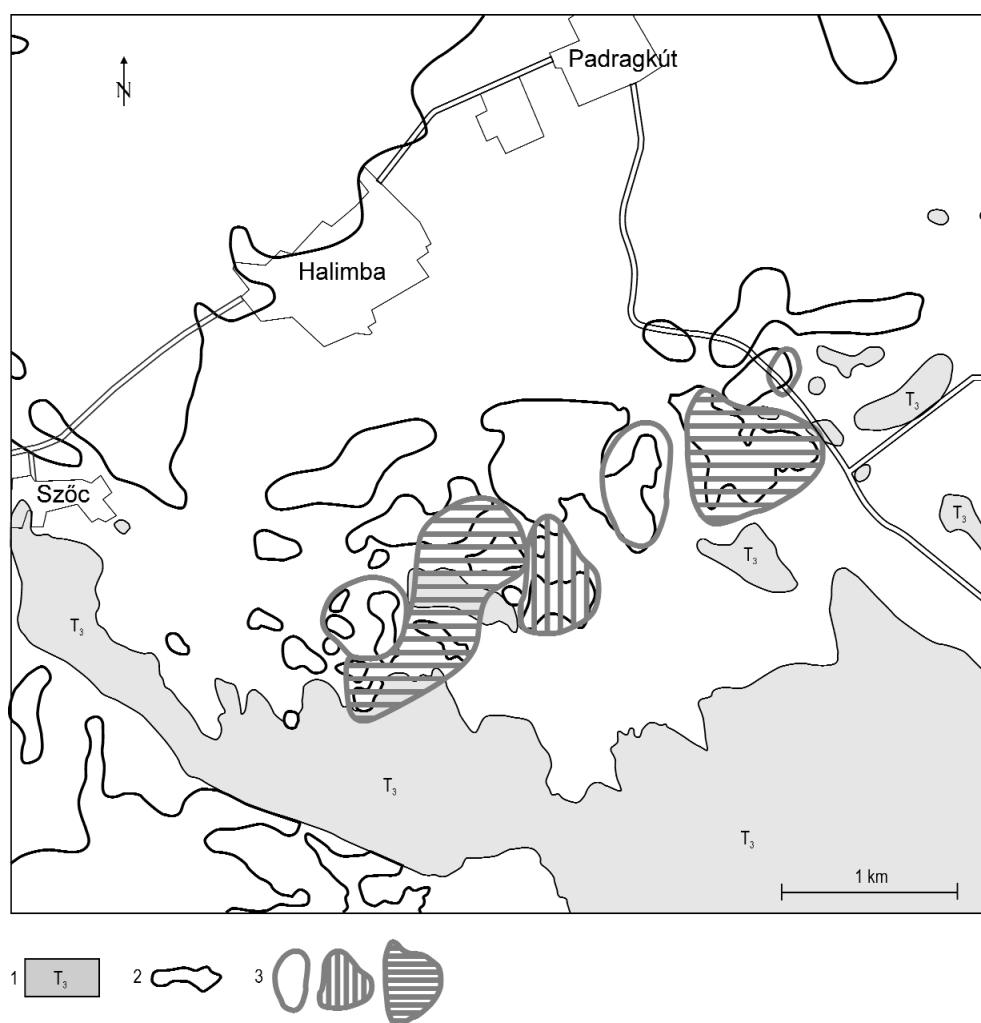


Figure 31. Location of the clusters for the bauxite
 1 — Late Triassic carbonate rocks, 2 — contours of the bauxite lenses, 3 — contours of the clusters
31. ábra. A lencseátlagok clustereinek térbeli elhelyezkedése
 1 — felső-triász karbonátos képződmények, 2 — a bauxitlencsék körvonalai, 3 — bauxit-clusterek

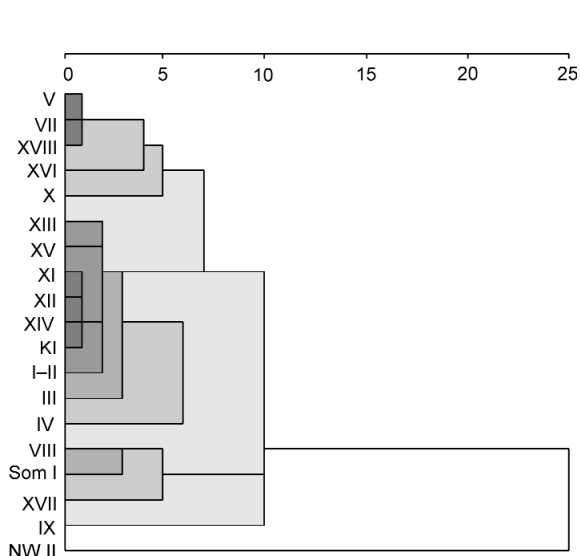


Figure 32. Dendrogram of the averages of clayey bauxite
32. ábra. Az agyagos bauxit átlagainak dendrogramja

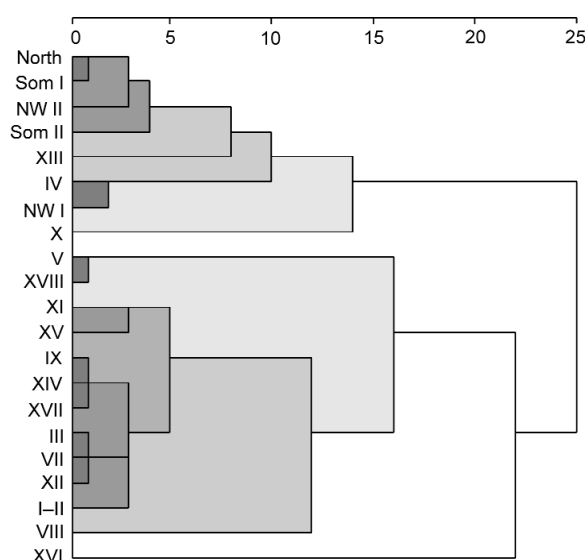


Figure 33. Dendrogram of the averages of bauxitic clay
33. ábra. A bauxitos agyag átlagainak dendrogramja

univariate study. Unfortunately, the composition of the Kab-hegy I lense could not be evaluated because only the Al_2O_3 and the TiO_2 contents were determined. This is a good example that a slight economy in the analytical expenses resulted in a much more important loss of geochemical information.

The Halimba deposit covers in a continuous way a large territory. Differences in the composition of different facies units could be detected by the discriminant analysis. The Malom-völgy deposit consisting of separate lenses is not suitable for this kind of multivariate analysis. This is confirmed by macroscopic and microscopic studies of the bauxite texture and structure not finding any facies differences within the lenses. For this reason the discriminant analysis was not applied in the Malom-völgy deposit.

Trace elements of the bauxite sequence

Trace element analyses were carried out for the final company reports of the lenses No. I–II, III, XI, XII and XVI. Some individual sampling intervals have been analysed, but mainly so called composite samples comprising several bores were investigated for the trace elements. The number of the analyses and their results are presented in the Table 14. All the analyses were performed by spectroscopic methods. The results were presented in oxydic form. The analytical error has not been published. Because of these circumstances the sampling cannot be considered as “representative” for the deposit. The results of the statistical evaluations are only of approximate value with relative high uncertainty. For this reason I applied fuzzy numbers for several evaluations.

The company reports contain weighted averages, plus the minimum and maximum values. I included them into the Table 14. The geochemical evaluation is restricted to the Malom-völgy deposit. Comparisons with the neighbouring Halimba and Szőc deposits will be published in a separate paper. Thus the Table 14 is suitable to give a general outlook, but not a detailed evaluation.

Table 15. is more important in geochemical respect showing the trace element averages of the five lenses in order of the concentration of the different trace elements. This order is rather similar in the different lenses, vanadium being the

Table 14. Weighted averages of the trace elements in the bauxite

Trace element	Lense I–II		Lense XI		Lense XII		Lense XVI	
	piece	mean (%)	piece	mean (%)	piece	mean (%)	piece	mean (%)
BaO	8	0.0006	10	0.001			30	0.0010
BeO			32	0.0003	5	0.0003		
Co_2O_3	8	0.0068						
Cr_2O_3	7	0.030	32	0.030	5	0.022	30	0.036
CuO					5	0.0028	30	0.004
Ga_2O_3	8	0.011	32	0.009	5	0.003	30	0.006
Li_2O	8	0.003						
MoO_3							30	0.0012
Ni_2O_3	8	0.021	32	0.013	5	0.0077	30	0.0126
PbO							30	0.0070
SrO	8	0.085					30	0.0020
V_2O_5	7	0.120	32	0.170	5	0.180	30	0.1228
ZrO_2	8	0.039	32	0.039	5	0.116	30	0.0716

Table 15. Descending order of the trace elements in five lenses

Lense I–II		Lense III		Lense XI		Lense XII		Lense XVI	
Trace element	mean (%)	Trace element	mean (%)	Trace element	mean (%)	Trace element	mean (%)	Trace element	mean (%)
V_2O_5	0.12	V_2O_5	0.11	V_2O_5	0.17	V_2O_5	0.18	V_2O_5	0.12
						ZrO_2	0.116		
SrO	0.085								
		SrO	0.046						
ZrO_2	0.039	ZrO_2	0.040	ZrO_2	0.038				
		Cr_2O_3	0.038					Cr_2O_3	0.036
Cr_2O_3	0.030			Cr_2O_3	0.030				
Ni_2O_3	0.021					Cr_2O_3	0.022		
		Li_2O	0.014	Ni_2O_3	0.013			Ni_2O_3	0.0013
Ga_2O_3	0.011	Ga_2O_3	0.012						
		Ni_2O_3	0.0082	Ga_2O_3	0.0090	Ni_2O_3	0.0077	PbO	0.0070
Co_2O_3	0.0068							Ga_2O_3	0.0064
Li_2O	0.0030					Ga_2O_3	0.0030		
						CuO	0.0028	SrO	0.0020
		Co_2O_3	0.0010	BaO	0.0010			MoO_3	0.0012
								BeO	0.0010
BeO	0.0006	BeO	0.0007	BeO	0.0003	BeO	0.0003		

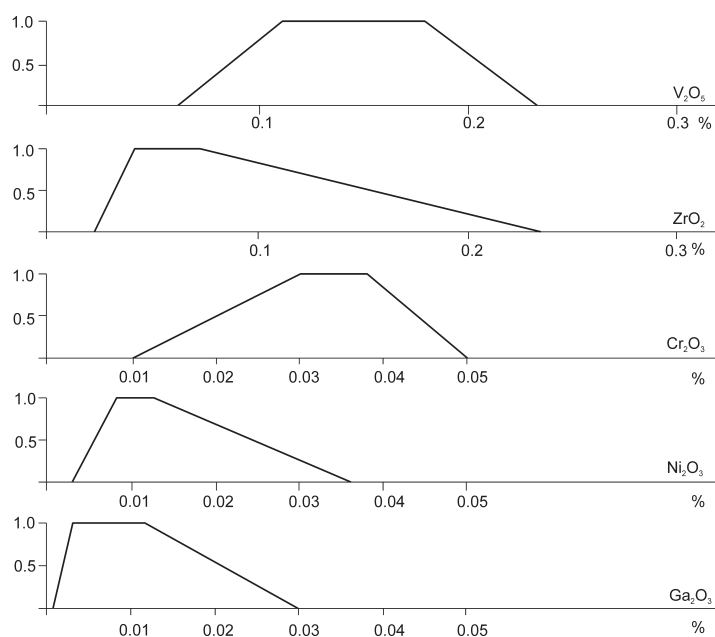


Figure 34. Fuzzy membership functions of the main trace element contents of the bauxite

34. ábra. A bauxit fő nyomelemeinek fuzzy tagságfüggvényei

distributions are asymmetric in the direction of the higher concentrations. The membership functions show differences in the concentration and in the asymmetry, but these differences are not significant for the entire Malom-völgy deposit.

Unfortunately, no trace element analyses were performed on clayey bauxite and bauxitic clay samples. Thus it was not possible to compare these rock types respecting their trace element content.

The studied trace elements belong to the following groups of SZÁDECZKY-KARDOSS's geochemical classification (SZÁDECZKY-KARDOSS 1955):

- to the siderophil elements Co and Ni,
- to the sulpho-calcophil elements Cu and Pb,
- to the oxychalcophil elements Ga,
- to the pegmatophil elements Cr, Mo, V and Zr,
- to the lithiophil elements Ba, Be, Li and Sr.

Thus all geochemical groups — except the sedimentophil ones — are represented in the Malom-völgy bauxite. Consequently several rock types participated among the source rocks of the Malom-völgy bauxite. It looks alike that the pegmatophil elements are most represented in both the Malom-völgy and Halimba deposits.

The mineral composition of the bauxite sequence

Determination of the mineral composition were carried out for the final company reports on composite bauxite samples. Mainly DTA and derivatograph measurements were made, with an analytical error of $\pm 3\%$. They were completed by some measurements of X-ray diffractometer. Samples were analysed only from the larger lenses, 3 to 9 samples for each lense.

The two main alumina minerals are *gibbsite* and *boehmite*. Predominantly gibbsitic, mixed gibbsitic-boehmitic and predominantly boehmitic samples were detected. The small number of the mineralogic phase analyses did not allow a statistical evaluation of the mineral composition of the bauxite. Knowing the minerals constituting the Malom-völgy bauxite I recalculated the chemical composition of the samples into an approximate mineral composition. I found that samples with more than 20% +H₂O are predominantly gibbsitic. Those with 15 to 20% +H₂O are of mixed gibbsitic-boehmitic composition and those with less than 15% +H₂O are predominantly boehmitic. These groups are valid for the bauxite and for the clayey bauxite. For the bauxitic clay this classification is increasingly uncertain because of the high kaolinite content. For this reason I evaluated only the bauxite and clayey bauxite intervals of the boreholes.

Figure 35. The distribution of alumina minerals in the bauxite in the lense No. XV
1 — bauxite, 2 — clayey bauxite, 3 — predominant gibbsite, 4 — mixed gibbsitic–boehmitic bauxite, 5 — predominant boehmite

35. ábra. A XV. lencse alumínium-ásványainak eloszlása

1 — bauxit, 2 — agyagos bauxit, 3 — túlnyomóan gibbsites, 4 — vegyes, gibbsit–boehmites, 5 — túlnyomóan boehmites

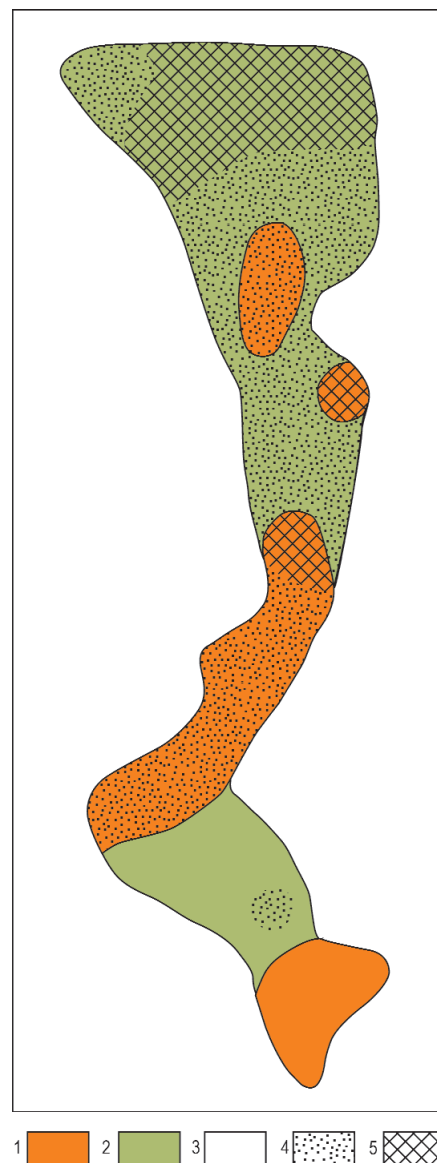
When putting the results on maps a surprisingly regular pattern could be seen. The lense No. XVI is completely gibbsitic. The lenses No. I–II, III and X are predominantly gibbsitic with a subordinate boehmite content. Boehmitic bauxite occurs in the lense No. IV in the borehole H–41. In the other boreholes the bauxite is gibbsitic. The same is valid for the clayey bauxite. In the northern part of the lense No. III mixed gibbsitic–boehmitic bauxite is present. The two large lenses in the eastern part of the deposit are also of mixed gibbsitic–boehmitic composition (lenses No. XI and XII). Within the gibbsitic bauxite long stripes of boehmitic bauxite occur, mainly in the south-eastern part of the lense No. XI. A similar pattern was found also in the clayey bauxite, with stripes of mixed gibbsitic–boehmitic and boehmitic bauxite. At the eastern end of the deposit, in the lense No. XIV only mixed gibbsitic–boehmitic bauxite occur, as well as in the clayey bauxite.

In the south-western part of the deposit the bauxite is mainly of mixed gibbsitic–boehmitic composition. A surprisingly regular pattern was detected in the lense No. XV (Figure 35). At the northern edge of the lense clayey bauxite of boehmitic composition occur. Further to the south mixed gibbsitic–boehmitic bauxite and clayey bauxite is situated. The southern end of the lense has a predominantly gibbsitic composition.

The origin of this mineralogic distribution will be discussed in the genetic chapter.

The SiO_2 content is completely in the form of *kaolinite*. Even the best bauxite contains some percents of kaolinite. In the bauxitic clay the kaolinite content reaches 60 to 80%. No *quartz* was detected in the bauxite. Micromineralogic studies by immersion microscopy detected some tiny quartz grains in the prepared samples. Most of the TiO_2 is in the form of *anatase* accompanied by very few *rutile*. The majority of the Fe_2O_3 content is in the form of *haematite*, accompanied some percents of *alumogoethite*. *Pyrite* and *marcasite* are the main iron minerals of the grey bauxite and clayey bauxite.

Gibbsite, *alunite*, *gypsum*, *lithiophorite* and *calcite* occur as secondary concretions and fissure fillings.



Comparison of some features of the lenses

Spatial trends of some lithologic and geochemical features were revealed in the foregoing chapters. These features completed by other characteristic ones have been evaluated jointly with the aim to find general spatial trends within the deposit. These features have been summarized in Table 16. All the lenses were evaluated including those consisting only of bauxitic clay. As a result of this complex evaluation the following spatial groups could be distinguished:

- 1) Western edge of the deposit (lenses XIII, XVII, 1, 2, 3),
- 2) South-western part of the deposit (lenses XV, XVI and XVIII),
- 3) North-western part of the deposit (lenses IX, NW I and NW II),
- 4) Central part, south (lenses I–II, III, IV, VI, X, XI and XII),
- 5) Central part, north (lenses V, VII, VIII, North I, Somkő-tető II),
- 6) Eastern part of the deposit (lenses XIV, Somkő-tető I),
- 7) Eastern edge of the deposit (lenses Kab-hegy I and 4, 5).

The position of these lenses and their numbers are indicated on Figure 5. The evaluated features are indicated separately for each group.

Table 16. Main deposit characteristics of the lenses

Lenses	Bauxite surface coverage (%)	Thickness of the cover (m)		Surface of the Eocene cover (%)	Surface of the Eocene lignitic clay (%)
		min.	max.		
I-II.	70	1.2	39.1	100	0
III.	32	3.8	53.2	100	5
IV.	90	1.9	6.6	100	0
V.	10	36.6	57.5	100	15
VI.	90	32	33	100	0
VII.	0	48.1	90.6	100	60
VIII.	8	40.5	57.4	100	100
IX.	0	14.6	31.7	100	0
X.	80	0.3	19.5	60	1
XI.	64	0.3	83.9	85	15
XII.	56	4.0	52.7	96	25
XIII.	6	0.2	8.1	10	0
XIV.	5	1.0	23.4	85	0
XV.	30	0.3	22.2	40	0
XVI.	65	1.4	33.0	24	0
XVII.	0	0.1	24.9	67	5
XVIII.	35	0.3	3.1	0	0
NW I.	0	21.2	56.0	100	100
NW II.	0	1.5	41.6	100	0
North	0	38.3	68.5	100	85
Somkő I.	0	2.0	78.6	95	40
Somkő II.	0	43.0	88.0	100	20
Kab-hegy I.	0	3.0	6.3	100	0

A) The surface of the lenses (expressed in hectares). Only small lenses with less than 3 ha surface occur in the two groups of the western part of the deposit. On the other hand, the largest lenses occur in the groups 3.4 and 5, that is in the central part of the deposit, the largest composite lense having 52 ha surface. At the eastern edge again smaller lenses occur (0.5–6.0 ha) (Table 1).

B) An important feature is the percentage of the entire bauxite surface occupied by bauxite (Table 16). There is no lense where the bauxite would occupy the entire surface of the lense. 90% coverage was found in the lenses No. IV and VI, 80% in the lense No. X and 70% in the lense I–II. All these lenses are in the group 4, in the central part of the deposit. In the western part of the deposit, in group 2 only the lense No. XVI reached 65% bauxite coverage. In all other spatial groups the coverage is less than 35% and in 8 lenses there is no bauxite at all. The worst in this respect is the spatial group 3, where none of the three lenses contains bauxite. The eastern edge of the deposit is characterized also by lack of bauxite.

C) The average thickness of bauxite sequence in the lenses. The average ranges from 3.5 to 11.0 metre (Table 1). I calculated averages also for the spatial groups separately. The averages increase from the west (6.2 metre) to the east to 9.5 metre, ending with the group 6. This seems to be a real spatial trend.

D) The average bauxite thickness of the lenses. The thickness is largest in the two groups of the central part of the deposit (3–4 metre). It is largest in the lense No. X (6.8 metre). In the south-western and in the eastern parts of the deposit the average thicknesses range only from 2 to 3 metre (Table 1).

E) Features of the cover. As discussed in the foregoing chapters, the presence of the Eocene cover is essential for the preservation of the bauxite lenses. The thickness of the cover was also important as it determined the type of mining: underground or open pit. The minimum and maximum values of the cover, as found in the boreholes, is presented in the Table 16. In most lenses the thickness allowed open pit mining, being less than 40 metre. In the two groups of the western part of the deposit the minimum thickness is only 0.3 to 3 metre. The thickness of the cover increases in northern direction. For this reason it reaches 50 to 80 metre over the bauxite. The thickness of the cover over the bauxitic clay lenses in groups 3 and 5 vary from 40 to 90 metre (Table 16).

F) The percentage of the surface of the lenses covered by Eocene rocks. It is essential that the line of the complete erosion of the Eocene rocks runs along the south-eastern edge of the deposit. To the east of the Malom-árok valley this is the south-eastern border of the bauxite lenses (Figure 4). Here the coverage is mainly 100%, only the lense X is covered only to

60% by Eocene layers.(Table 16). To the west of the Malomárók valley the situation is different. The Eocene was more intensely eroded, leaving most lenses only below 10 to 40% coverage. The lense No. XVIII has no Eocene cover at all, but it still preserved a few bauxite. This indicates that the post erosional degradation was not so intense here as in the neighbouring Szőc deposit. It is important for possible further exploration that the small lense Kab-hegy I is completely covered by Eocene layers and that the area to the north-west of it is continuously covered by Eocene rocks (Figure 6).

G) The coverage of the lenses by Eocene marshy sediments. It was discussed in the chapter of stratigraphy that at the base of the Eocene sequence grey to black lignitic clay occurs with a high pyrite and marcasite content. It corresponds to marshy conditions. As this layer had a strong reducing influence on the red bauxite I calculated the percentage of the marshy cover over the bauxite lenses (Table 16). The presence of the marshy layer is also of geomorphologic importance, as it indicates lower position of the palaeosurface. This has been evaluated on Figure 4. The south-eastern part of the deposit is either not covered at all by marshy clay, or only small spots of the marshy clay were found. These are the groups 2 and 4. On the other hand, over the northern part of the deposit large areas are covered by marshy clay. The coverage ranges from 60 to 100%. This indicates that the palaeosurface was inclined in north to north-western direction. It is important for further exploration that there is no marshy clay over the lense Kab-hegy I and the clay was not detected in the neighbouring barren boreholes as well. Summarizing the above discussed features, two spatial trends can be delineated. The first one changes most features from the south-east to the north-west. The second — not disturbing the first one — is characterized by the importance of the central part, where the largest and the thickest bauxite bodies occur.

The origin of the Malom-völgy deposit

The origin of the bauxite deposits in the Halimba–Szőc area has been evaluated by several authors. My opinion has been outlined in the Halimba monography (2007). This opinion is very close to the genetic ideas of A. MINDSZENTY et al. (1994, 2001). Instead of repeating them I refer to these papers. Another important genetic problem was the relationship of the bauxite deposits to the Ajka Coal Formation. HAAS et al. (1980) prepared a detailed palaeogeographic evaluation for the area of the Bakony Mountains. The evaluation extended to the Ajka coal basin and the bauxite indications found during the coal mining operations. According to my experiences, the conclusions of the authors are valid taking into account the more recent exploration results.

The main difference with the origin of the Halimba deposit is that in my opinion the Senonian transgression did not reach the Malom-völgy deposit because of its higher geomorphologic position. At any rate, there are no traces of Senonian sediments in the Malom-völgy area. Another reason against the Senonian coverage of the deposit is its independent form of accumulation with no genetic relation to the Halimba deposit. If both deposits would have originally the same cover a uniform accumulation would be the conclusion. The many depositional, chemical and mineralogical differences of the two deposits are clearly against the supposed unified origin.

The accumulation of the bauxite sequence occurred from the south-east (Figure 36) and its north-western end had an arched form. The palaeosurface was more undulating than in the Halimba area. This is the reason why isolated lenses accumulated among low dolomite hills. The proofs for a general northern dip of the palaeosurface have been discussed in the foregoing chapters and demonstrated on Figure 4. Thus in my opinion the bauxite sequence of the Malom-völgy deposit is younger than the Halimba one. Presumably it ended during the Palaeocene. The Middle Eocene transgression covered both the Malom-völgy and the Szőc deposits. As already discussed before, the Eocene cover protected the bauxite lenses from later erosion and degradation. This is illustrated by Figure 5 demonstrating that only a small part of the deposit extends beyond the Eocene cover.

A further genetic problem is the explanation of the gibbsitic and boehmitic composition of the bauxite and clayey bauxite. Their spatial distribution was discussed in the chapter of mineralogy. In the neighbouring Szőc deposit predominantly gibbsitic bauxite occurs in the central part of the deposit. To the east and west of it mixed gibbsitic–boehmitic bauxite is situated. At the eastern end of the deposit (Nyíreskút) a lense consists of predominantly boehmitic bauxite. In the same way, in the western part of the deposit the lense Félix I/1 is also predominantly of boehmitic composition. Further to the west very small gibbsitic bauxite lenses were found. I interpreted this distribution by an accumulation from the south-east, being the same direction as in the Malom-völgy deposit. Six main transport pathes could be distinguished.

In the Malom-völgy deposit three main transport pathes have been distinguished as shown on Figure 36. The direction is almost parallel to that of the Szőc deposit. Here also, the central part of the deposit is predominantly gibbsitic, in the eastern and western parts both mixed and boehmitic bauxite occurs. Within the largest lenses (No. XI, XII) the southern part is more gibbsitic and the northern one more boehmitic. This is only a generalized pattern, several local deviations were detected. I do not think that significant gibbsitisation or boehmitisation could occur after the accumulation of the lenses. More probably boehmitic and gibbsitic bauxite arrived to its present place.

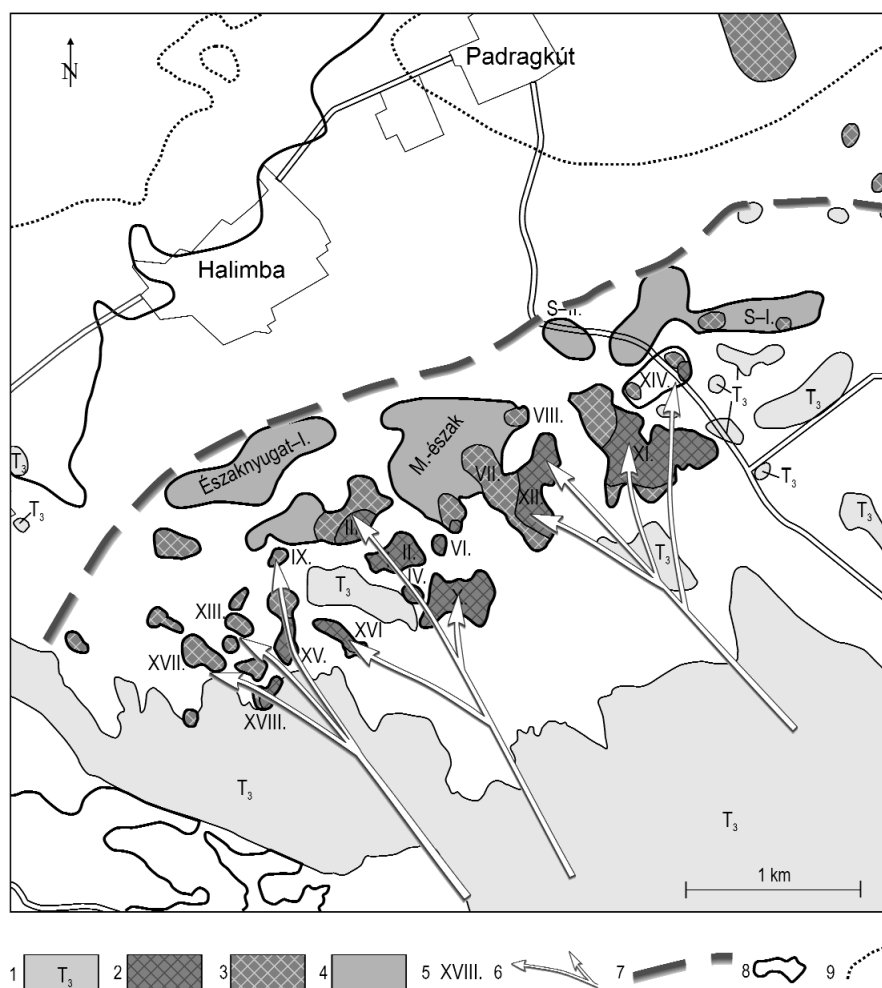


Figure 36. Reconstruction of the presumed main transport routes of bauxite in the Malom-völgy area

1 — Late Triassic carbonate rocks, 2 — bauxite, 3 — clayey bauxite, 3 — bauxitic clay, 4 — serial numbers of the bauxite lenses, 6 — the main transport routes, 7 — outer rim of bauxite accumulation, 8 — contours of the lenses, 9 — boundaries of the Late Cretaceous sediments, Északnyugat = north-west, észak = north

36. ábra. A malom-völgyi bauxittelépek felhalmozódásának feltételezett főútvonalai

1 — felső-triász karbonátos képződmények, 2 — bauxit, 3 — agyagos bauxit, 4 — bauxitos agyag, 5 — a bauxitlencsék sorszáma, 6 — fő szállítási útvonalak, 7 — a malom-völgyi előfordulás északnyugati (külső) természetes határai, 8 — a lencsék körvonala, 9 — a felső-kréta képződmények elterjedése

Drilling and geophysical exploration of the bauxite lenses and estimation of the resources

The first final company report of the Bauxite Exploration Company has been prepared by BÁRDOSSY in 1955 for the lenses I–II, III, and IV. The exploration was carried out by core drilling in the years 1953–54. The ore was sampled with a minimum 76 mm drilling diameter. The average core recovery from the bauxite was 92%, a good technical result for that time. The boreholes were situated in a 50×50 metre regular rectangular grid. At places with more complicated features a 25×25 metre grid was applied. The report included also the exploration results of the years 1943–48, based on the report of ALLIQUANDER, VADÁSZ and LJUBIMOV, a Soviet geologist (1949). The reliability of the borehole results have been checked by five new boreholes drilled exactly at the location of ancient boreholes. Four new boreholes confirmed the ancient results, but at borehole H–46 bauxite was found, where the ancient borehole was declared as barren. As a conclusion, at lenses of economic value all ancient boreholes were checked and if necessary new boreholes were drilled.

A topographic map of 1:2000 scale was prepared in 1954 by a geodesist and bauxite-geologic mapping was carried out in 1955 by the author over the territory of the report.

A detailed lithologic and stratigraphic description of each borehole was prepared. Sampling of the bauxite sequence was made at 0.5 metre intervals. Every sample was analysed for the five main chemical components. Controlling analyses were carried out for about 10% of the analyses. They confirmed the reliability of the analytical results.

For the resource estimation the following official ore grade classification was applied:

“Bayer” ore with more than 45% Al_2O_3 , thickness more than 1.0 metre:

- 1) subgroup with silica modulus more than 10,
- 2) subgroup with silica modulus from 7 to 10.

“Pyrogenic” ore with $\text{Al}_2\text{O}_3 > 40\%$, thickness > 1.0 metre, silica modulus 2.6–7.0.

The resource estimate was performed by the “polygon” method. A controlling estimate was also carried out by the “geological block method”. No significant difference was found between the results of the two resource estimates. The resources were grouped into “reliability categories” corresponding to the existing official prescriptions. Resources surrounded from all sides by productive boreholes received the A2 category. The remaining resources along the rim of the estimated area received C1 category. The following “geological” resources were obtained:

Bayer ore	> 10 modulus	166 000 tons	Al_2O_3 47.7%	SiO_2 3.2%
	7–10 modulus	71 000 tons	49.1%	5.9%
Pyrogenic ore		510 000 tons	43.4%	3.8%.

The distribution of the Bayer ore among the lenses was as follows:

- 1) Lense I–II 168 000 tons
- 2) Lense III 33 000 tons
- 3) Lense IV 23 000 tons
- 4) Lense VI 13 000 tons

The Bauxite Prospecting Company performed in 1980 16 boreholes in the north-eastern part of the lense No. III. Only three of them found bauxite, the others only clayey bauxite and bauxitic clay. Further 10 boreholes were made around the lense for a more exact contouring of the bauxite ore. No report was prepared about the results of these boreholes, but the documentation of them could be evaluated in this monography.

The western part of the lense No. I–II was extracted by open pit mining. The eastern part of the lense was downfaulted along a NW/SE directed normal fault. This part was extracted by underground mining. It was dissected by further two normal faults resulting in three blocks of +311, +302 and +314 metre elevation above sea level. All these tectonic features are presented on the mining map constructed in 1969 (Figure 37). According to this map the contouring of the original resource estimation was right. At two places the ore extended beyond the original estimated contours. On the other hand, at the eastern end of the lense No. II the bauxite of the ancient

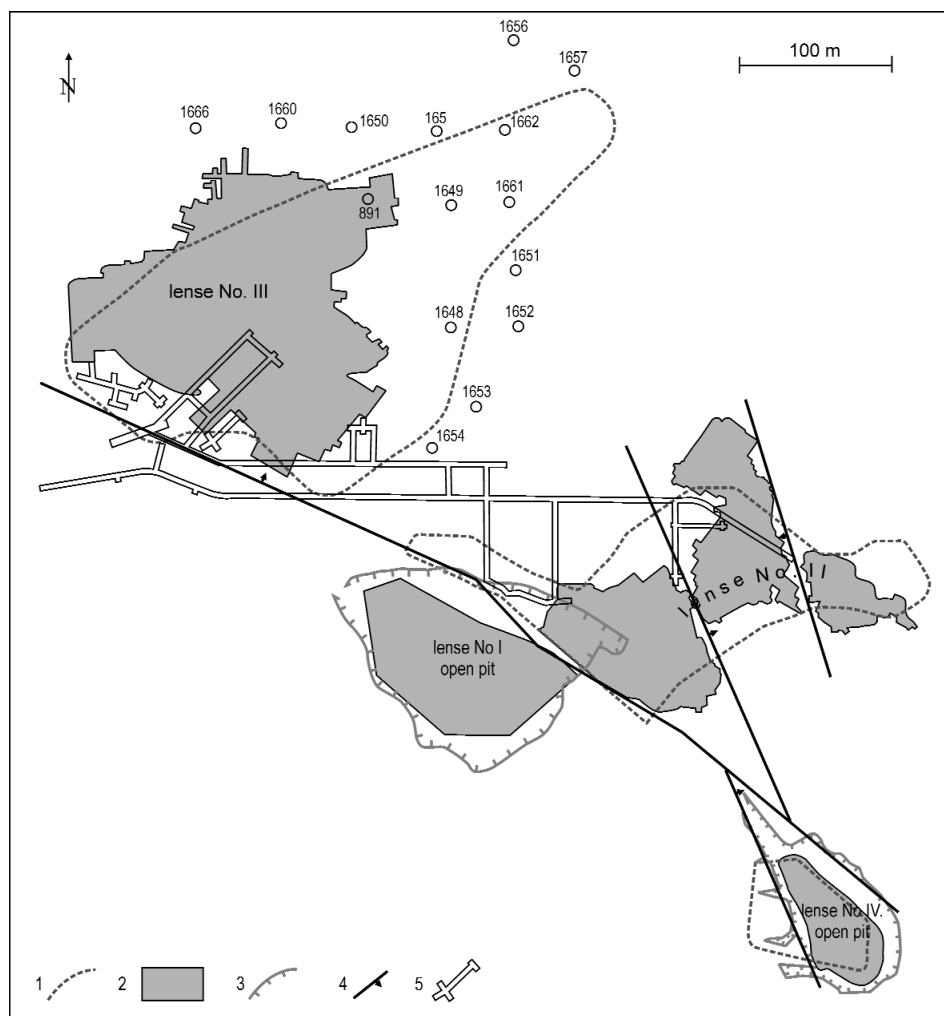


Figure 37. Mining geologic map of the lenses No. I, II, III, IV

1 — contours of the reserve estimation, 2 — excavated bauxite, 3 — contours of the open pits, 4 — main fault lines, 5 — main galleries and drifts

37. ábra. Az I., II., III. és IV. számú lencsék bányaföldtani térképe

1 — készletszámítási határa, 2 — kitermelt készlet, 3 — a külfejtés határa, 4 — fő törésvonalak, 5 — fő bányavágatok

H-35 borehole was not confirmed by the mining. According to the closing report of the mine no economic reserves remained in the mine. The geologic service of the mine prepared 33 profiles of the galleries and the breasts. All the profiles have been located on the external rim of the extracted area. The profiles indicated not only the economic ore, but also the clayey bauxite, the bauxitic clay, the footwall dolomite and the clay and limestone of the Eocene cover (Figure 38).

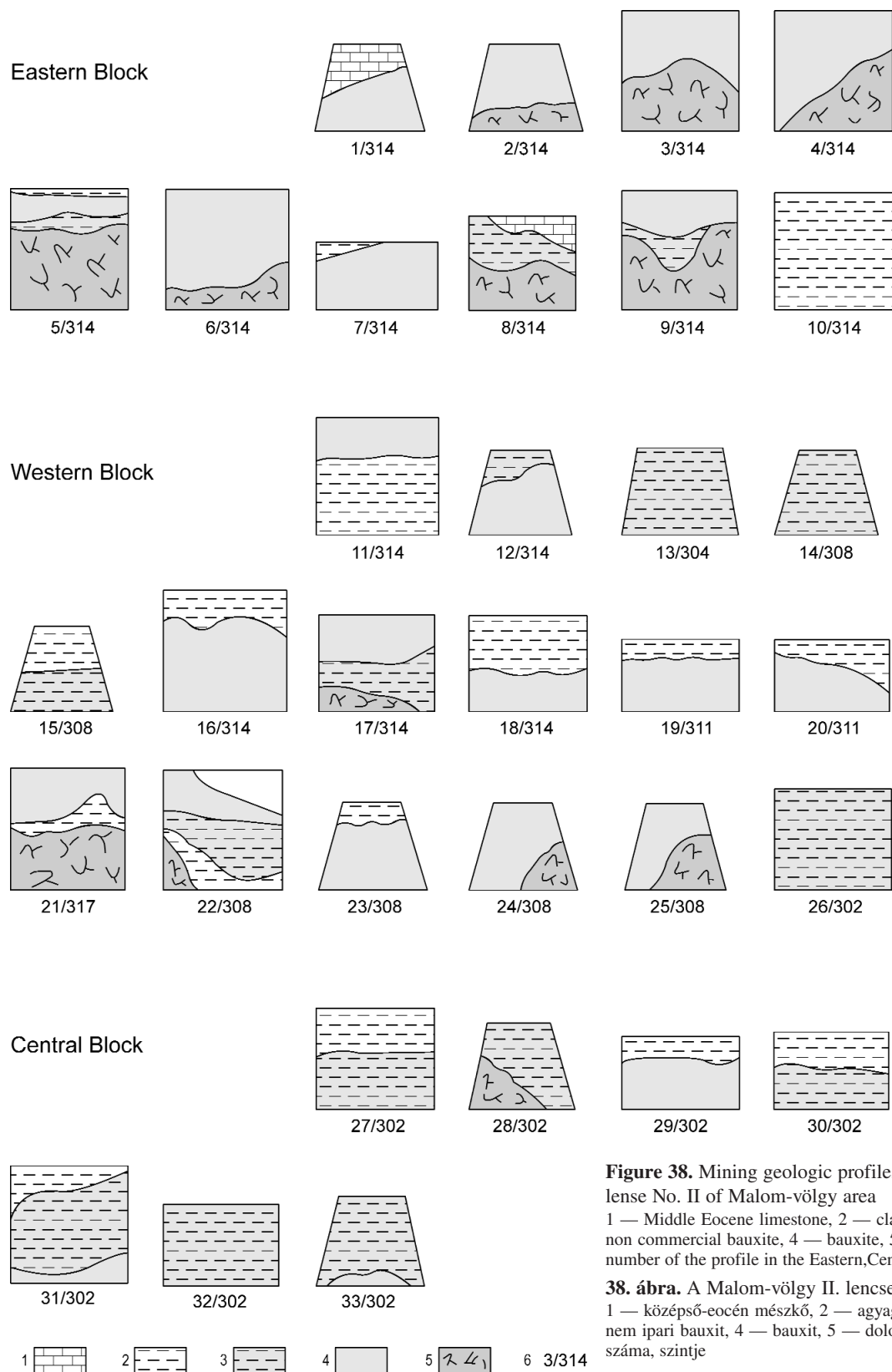


Figure 38. Mining geologic profiles of the galleries in the lense No. II of Malom-völgy area

1 — Middle Eocene limestone, 2 — clay and bauxitic clay, 3 — non commercial bauxite, 4 — bauxite, 5 — dolomite, 6 — serial number of the profile in the Eastern, Central and Western Blocks

38. ábra. A Malom-völgy II. lencse vājvégszelvényei
1 — középső-eocén mészkő, 2 — agyag és bauxitos agyag, 3 — nem ipari bauxit, 4 — bauxit, 5 — dolomit, 6 — vājvégszelvény száma, szintje

The *lense No. III* was extracted by underground mining because of the larger thickness of the cover. The ore was reached by an inclined shaft and an adit from the Malom-árok valley (Figure 37). Because of the limited thickness of the ore and the low grade of the north-eastern part of the lense, only the south-western part has been extracted. The additional exploration mentioned above did not change this situation. Profiles similar to those discussed above have been prepared also in this lense. Unfortunately, their documentation was lost. According to the official closing report of the mine 39 300 tons of geological resource remained in the mine, with the following grade: Al_2O_3 48.9%, SiO_2 7.6%, silica modulus 6.4. I do not see any possibility for the profitable extraction of this remaining ore because the limited bauxite thickness (1.0–2.3 metre) and the spatially scattered location of the bauxite nests.

The *lense No. IV* was extracted entirely by open pit mining. No economic reserves remained in the mine. The lense No. VI was not extracted, because only one ancient borehole (H–37) indicated bauxite. The borehole has been surrounded later by barren boreholes. Thus I do not believe in the existence of the 13 000 tons resource of this lense.

Unfortunately, no separate production data were preserved by the mining company. Only the sum of the lenses No. I–II, III and IV could be found: 345 900 tons of bauxite have been extracted with 60 200 tons of mining losses. These are together 406 100 tons. This is more than the sum of “Bayer” ore of the original resource estimate being 237 000 tons.

After the approval of the above discussed first report the exploration continued. To the northeast of the lense I–II, in the large composite lense three areas have been explored by a regular 50×50 metre grid, called V, VII and VIII units. No commercial bauxite was found and for this reason no company report has been prepared on them. To the south-west of the lense III a small lense was found, named *lense No. IX*. It did not contain commercial bauxite and no final report was prepared.

To the south-east of the lense I–II a large bauxite lense was detected named *lense X*. The final company report of the exploration of this lense was prepared in 1966. The drilling occurred in a 33×33 metre regular grid and the contours of the ore were determined in all directions by barren boreholes. For the resource estimation the same cut-off values were used as in the foregoing report. The resource estimation was performed by the polygon method. It has been checked by the method of weighted averages. There was no significant difference between the results of the two methods.

The fault lines dissecting the ore body have been taken into account in the construction of the resource blocks and in the external contouring of the ore body. The internal blocks surrounded by productive boreholes received the B category. The external stripe of the blocks came into the C1 category. The names and some limits of the categories have been changed. According to the new categories the following resources were determined:

I class	modulus >10, Al_2O_3 >46%	49 000 tons	Al_2O_3 47.1%	SiO_2 2.6%	Fe_2O_3 24.0%
II class	modulus 7–10, Al_2O_3 >46%	9 000 tons	47.6%	5.5%	20.3%
III class	modulus 4–7, Al_2O_3 >40%	269 000 tons	43.4%	5.8%	23.8%
IV class	modulus 2.6–4, Al_2O_3 >40%	53 000 tons	41.7%	12.6%	20.3%

In all classes the S content is less than 0.6%.

The ore reserves of the lense were extracted from 1967 to 1972 by open pit mining. According to the reports of the mining company altogether 255 600 tons of bauxite have been extracted with a mining loss of 22 500 tons. No commercial bauxite remained in the lense. The geological service of the mine prepared in 1973 a map illustrating the blocks of the resource estimation and the contours of the extracted bauxite (Figure 39). According to the map there is a good correspondence between the exploration results and the mining. Only those external blocks were not extracted where the ore grade was class IV. During the open pit mining the position of the faults dissecting the lense were also determined as indicated on Figure 39. This explained the position of the barren borehole H–1070 in the central part of the deposit.

To the north-east of the lense X a further large bauxite lense was discovered, named *lense XI*. It has been explored from 1961 to 1968. The final company report was prepared in 1968. The exploration was carried out by a 50×50 metre drilling grid. The contours of the lense were determined in all directions by barren boreholes. The resource estimation was performed by the polygon method and it has been checked by the method of weighted averages. There was no significant difference between the two results. The resources of the blocks were summarized in two groups: a southern one suitable for open pit mining and a northern one presumably more suitable for underground extraction. The internal blocks received the category B and the external ones the category C1. The dry bulk density of the ore was 1.85 tons/m³ and of the natural wet ore 2.18 tons/m³. The geological resources of the entire lense are listed below (the cut off values are the same as for the lense X):

I. class	411 000 tons	Al_2O_3 49.6%	SiO_2 2.7%	Fe_2O_3 23.9%
II. class	57 000 tons	48.8%	5.7%	20.4%
III. class	512 000 tons	45.5%	7.7%	20.8%
IV. class	447 000	43.1%	14.4%	20.4%

The sum of the four classes is 1 427 000 tons. All these resources contain less than 0.6% S. From the southern part of the lense 980 300 tons of bauxite have been extracted between 1968 and 1972 by open pit mining. The mining loss was 95 400 tons. The northern part of the lense was not extracted because of the larger thickness of the cover. According to the official report of the mine 367 400 tons of bauxite remained in the lense with the following grade: Al_2O_3 44.7%, SiO_2 11.8%, CaO 0.33% and MgO 0.22%. This composition corresponds to a silica modulus of 3.8. Bauxite of this low grade cannot be processed profitably into alumina. For this reason I recalculated the resources and grades of all the blocks with an upper cut-

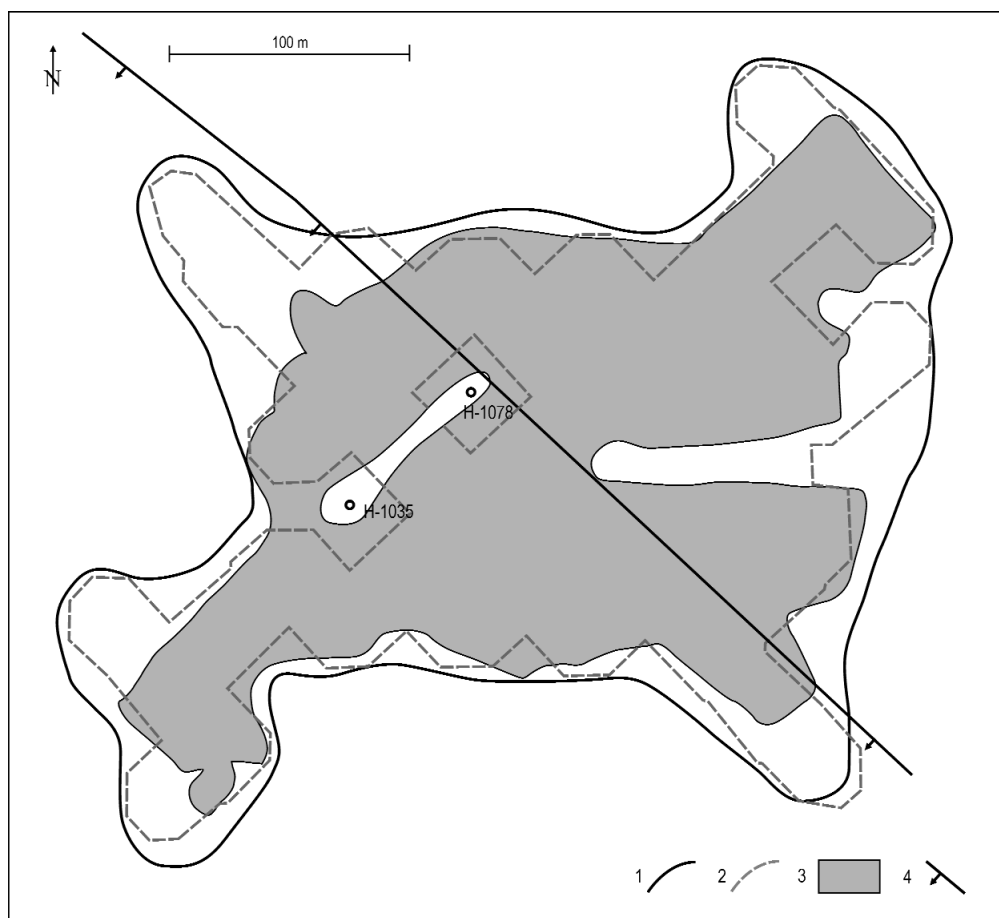


Figure 39. Mining geologic map of the lense No. X

1 — zero contour of the bauxite lense, 2 — contours of the reserve estimation, 3 — contours determined in the mine, 4 — main fault line

39. ábra. A X. lencse bányaföldtani térképe

1 — a bauxitlencse nulla vonala, 2 — készlethatár, 3 — tényleges készlethatár, 4 — törésvonal

off value of 10% SiO_2 . The results of the calculations are presented in Table 17. The spatial distribution of the new blocks is shown on Figure 40. The average thickness of the bauxite is 3.0 metre, being suitable for the underground extracting methods. The sum of the remaining ore is 115 200 tons with the following average grade:

- Al_2O_3 47.1%,
- SiO_2 6.5%,
- Fe_2O_3 21.1%,
- TiO_2 2.6%,
- $+\text{H}_2\text{O}$ 20.5%,
- Silica modulus 7.2.

Table 17. Data of the boreholes dissecting remaining bauxite in the lense No. XI

Borehole	Thickness of bauxite (m)	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Ignition losses	Modulus	Thickness of the cover (m)
H-690	1.5	44.8	9.3	21.9	1.8	21.9	4.8	39
H-1220	2.0	54.4	5.4	15.3	3.8	15.3	10.1	43
H-1224	1.0	48.4	8.5	9.4	1.8	27.5	5.7	41
H-1229	5.0	48.9	3.8	24.8	1.9	20.0	12.3	59
H-1231	3.0	48.1	4.0	20.5	2.0	25.2	12.0	50
H-1249	2.3	43.8	7.0	23.0	1.9	23.3	6.3	58
H-1253	4.0	52.8	3.8	22.6	2.4	17.2	13.9	37
H-1264	3.5	47.0	9.6	14.2	6.1	20.4	4.9	70
H-1345	2.2	40.5	7.9	23.6	1.6	22.5	5.1	66
H-1379	5.5	44.5	8.8	23.5	2.0	19.1	5.1	55

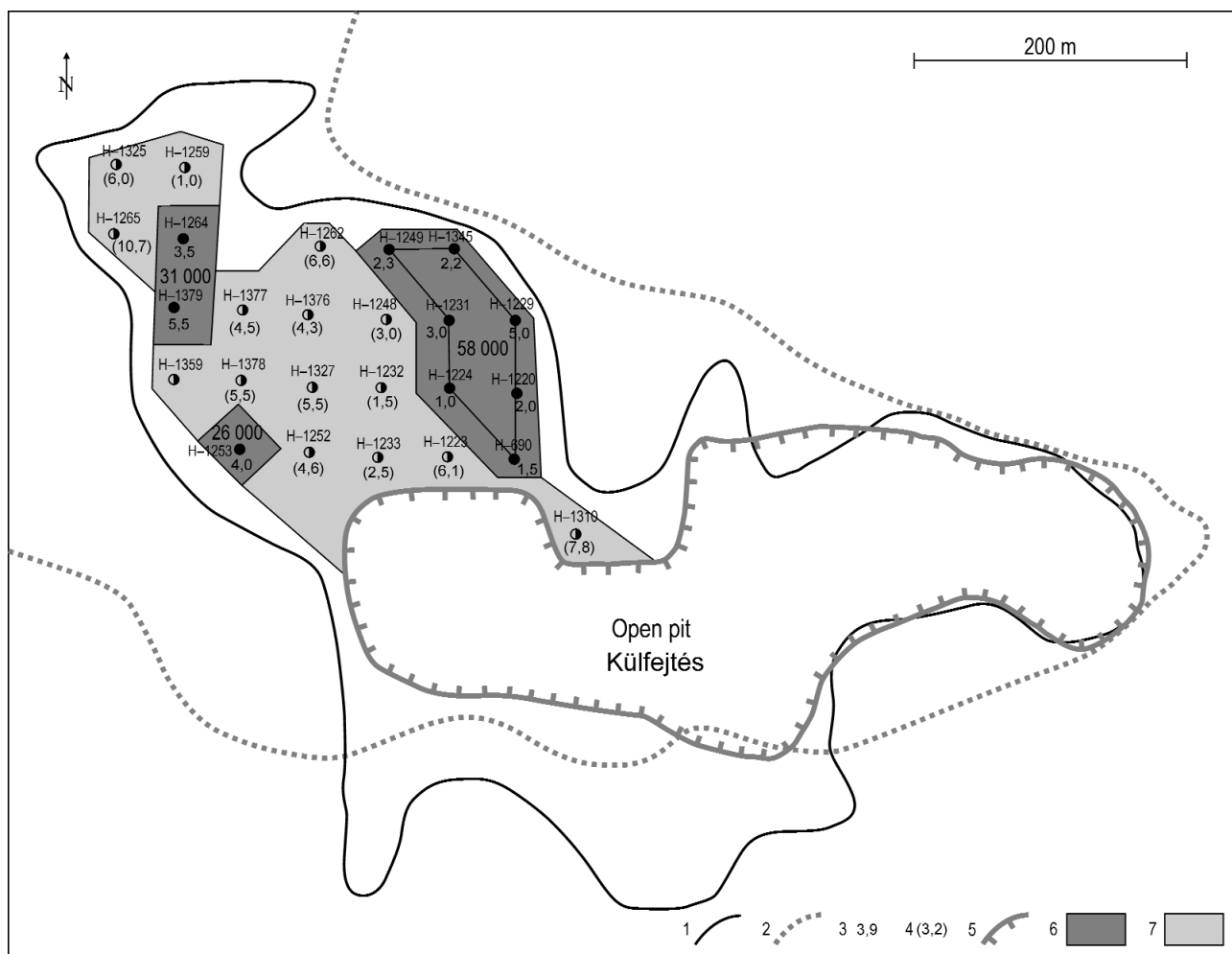


Figure 40. Mining geologic map of the lense No. XI

1 — zero contour of the bauxite lense, 2 — contours of the Eocene cover, 3 — thickness of the bauxite in the reserve estimation ($\text{SiO}_2 < 10\%$), 4 — thickness of the clayey bauxite (SiO_2 10–20%), 5 — contours of the open pit, 6 — distribution of bauxite, 7 — distribution of clayey bauxite

40. ábra. A XI. lencse bányaföldtani térképe

1 — a bauxitösszlet nulla vonala, 2 — az eocén fedőrétegek elterjedése, 3 — a számításba vett bauxit vastagsága ($\text{SiO}_2 < 10\%$), 4 — az agyagos bauxit vastagsága (SiO_2 10–20%), 5 — a külfejtés kiterjedése, 6 — bauxit elterjedése, 7 — agyagos bauxit elterjedése

This is much less than the above official ore reserve, but this reserve is suitable for a profitable processing. The thickness of the cover being 37 to 70 metre underground extraction seems to be the more suitable mining method.

Between the lenses X and XI a new lense was discovered, named *lense XII*. Its exploration occurred between 1965 and 1970 and a final report was prepared in 1970. The authors were E. SZABÓ and Á. TÓTH. The drilling occurred in a regular, perpendicular 50×50 metre grid. The commercial ore was contoured in all directions by barren boreholes. The average core recovery from the bauxite was 96%, a very high value. The bulk density of the bauxite was determined on a large number of samples. The dry bulk density was found to be 1.84 tons/m³ and that of the moist one 2.16 tons/m³. The resource calculation was carried out by the polygon method. It has been checked by the method of weighted averages. The interior blocks were classified to the B category, the external ones to C1. The resulting geologic ore resources are as follows:

I. class 86 000 t	Al_2O_3	49.3%	SiO_2	3.5%	Fe_2O_3	19.1%
II. class 44 000 t		48.6%		6.0%		22.2%
III. class 223 000 t		46.0%		7.9%		22.3%
IV. class 200 000 t		43.2%		13.8%		21.0%

418 000 tons were considered to be suitable for open pit extraction, and the remaining part for underground mining. Two pits have been suggested for the extraction. According to the mining reports both pits were extracted between 1972 and 1977. During the extraction a 207 400 tons increase of the commercial bauxite quantity was achieved. The quantity of the extracted ore was 754 200 tons with 83 000 tons of mining loss.

According to the official company report 92 300 tons of bauxite remained in the lense with an average grade of 45.4% Al_2O_3 and 12.2% SiO_2 . Again this grade is not suitable for a profitable alumina precessing. For this reason I recalculated the remaining ore with a cut-off value of maximum 10% SiO_2 . The new averages of the boreholes are presented in Table 18. The recalculation resulted in 55 000 tons, situated in two separated blocks (see Figure 41). In the larger, western block 40 000 tons

Table 18. Data of the boreholes dissecting remaining bauxite in the lense XII

Borehole	Thickness of bauxite (m)	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Ignition losses	Modulus	Thickness of the cover (m)
H-1200	1.2	42.5	6.3	25.1	2.3	22.0	6.7	48
H-1217	1.0	50.2	8.2	10.5	2.8	25.8	6.1	44
H-1243	1.9	47.4	8.5	18.8	1.9	22.2	5.6	52
H-1244	3.9	48.8	9.0	25.1	2.1	14.4	5.4	37
H-1447	1.0	54.8	8.4	22.7	2.4	11.8	6.5	36
H-1449	2.0	47.6	6.6	22.7	1.9	20.8	7.2	30

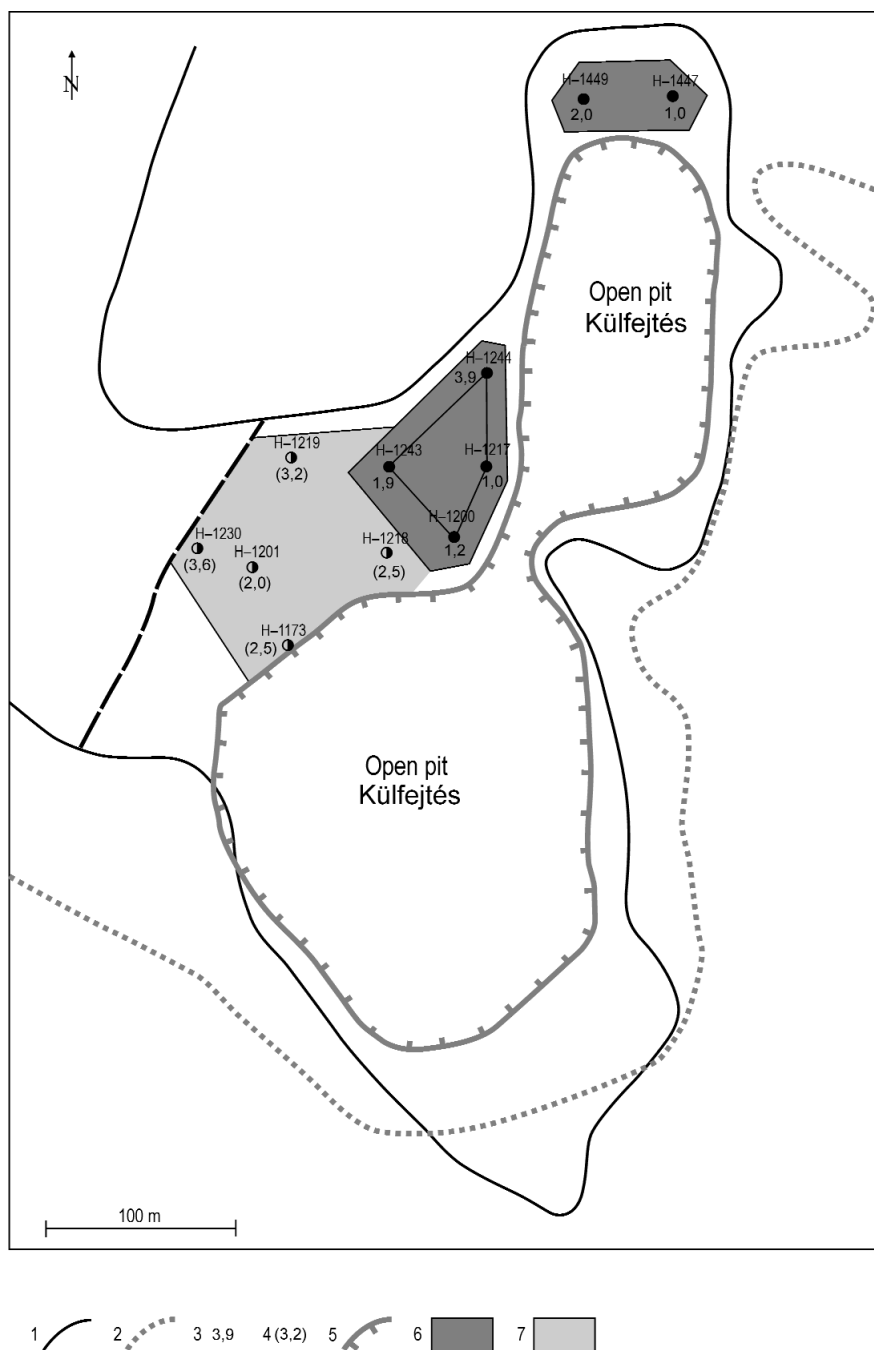


Figure 42. Mining geologic map of the lense No. XV

1 — zero contour of the bauxite lense, 2 — contours of the Eocene cover, 3 — thickness of the bauxite in the reserve estimation ($\text{SiO}_2 < 10\%$), 4 — thickness of the clayey bauxite ($\text{SiO}_2 10\text{--}20\%$), 5 — distribution of the bauxite, 6 — distribution of the clayey bauxite

42. ábra. A XV. lencse bányaföldtani térképe

1 — a bauxitösszlet nulla vonala, 2 — az eocén fedőrétegek elterjedése, 3 — a számításba vett bauxit vastagsága ($\text{SiO}_2 < 10\%$), 4 — az agyagos bauxit vastagsága ($\text{SiO}_2 10\text{--}20\%$), 5 — bauxit elterjedése, 6 — agyagos bauxit elterjedése

are situated with an average grade of 47.2% Al_2O_3 and 8.0% SiO_2 . The average ore thickness is 2.0 metre. The thickness of the overburden varies from 37 to 52 metre. It is an open question whether this small resource is suitable for a profitable extraction.

The northern block contains only 15 000 tons of bauxite with an average thickness of 1.5 metre. The thickness of the overburden varies from 30 to 36 metre. The average grade is 51.3% Al_2O_3 and 7.5% SiO_2 . In my opinion this resource is not worth for extraction.

The exploration of the *lenses XIII and XV* was carried out in the eighties and the final report was prepared in 1990. The spatial distribution of the bauxite was characterized by high variability. For this reason the exploration was carried out not in a grid, but trying to follow the spatial distribution of the lenses. The distance of the boreholes varied from 16 to 30 metres. The spatial distribution of the bauxite is presented on Figure 42. The contours of the bauxite are very irregular. Geoelectric (VLF) measurements were carried out in 1989 by the Loránd Eötvös Geophysical Institute on these lenses. The isoline map of the electric resistance considerably helped to find the depressions of the footwall dolomite and the contours of the bauxite.

The resource estimation was performed by the method of geologic blocks and it has been checked by the iso-thickness method. There was no significant difference between the two results. Because of the high variability all the resources were classified into the C1 category. For both lenses 2.26 tons/ m^3 moist bulk density was applied. The resource of the lense XIII is as follows:

Class III 12 000 tons, Al_2O_3 45.2%, SiO_2 11.8%, silica modulus 3.8

The bauxite was not extracted because of the low grade of the bauxite.

The resources of the lense XV are:

Class III 88 000 tons, Al_2O_3 45.3%, SiO_2 11.7%, CaO 0.46%, MgO 0.14%, silica modulus 3.9.

In 1990 10 500 tons of bauxite were extracted from the lense XV by open pit mining, with a mining loss of 1000 tons. The extraction was not continued because of the low grade of the extracted bauxite (Al_2O_3 47.2%, SiO_2 11.3%). According to the report of the mine 75 400 tons of bauxite remained



in the lense with an average grade of 45.6% Al_2O_3 and 11.8% SiO_2 . When preparing this monography I carried out a recalculation of the average ore grade based on 10% SiO_2 cut-off value. The averages of the boreholes involved into the recalculation are listed in Table 19. The location and the contours of the ore in the lense XV are presented on Figure 42.

Table 19. Data of bore holes dissecting remaining bauxite in the lense XV

Borehole	Thickness of bauxite (m)	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Ignition losses	Modulus	Thickness of the cover (m)
H-1743	2.2	45.8	8.7	21.4	2.2	18.8	5.3	0.8
H-1744	1.6	44.3	9.4	22.4	2.3	18.7	4.7	3.4
H-1749	4.6	49.4	4.7	25.5	2.4	15.6	10.5	5.1
H-1757	0.9	43.1	9.7	20.5	1.7	23.0	4.4	0.5
H-1759	2.4	50.6	6.8	26.3	2.4	13.2	7.4	9.0
H-1762	4.6	46.3	7.1	18.8	1.9	24.9	6.5	1.0
H-1769	3.2	45.9	8.1	24.3	2.2	16.3	5.7	18.4
H-1771	4.8	44.8	7.7	23.0	2.2	19.4	5.8	18.4
H-1789	3.8	47.3	7.5	21.2	2.2	21.9	6.3	17.2



Figure 43. Mining geologic map of the lense No. XVI

1 — Late Triassic dolomite on the surface, 2 — bauxitic clay, 3 — clayey bauxite, 4 — bauxite, 5 — thickness more than 10 m, — zero line of the bauxite lense, 7 — boundary of the Eocene cover, 7 — fault line

43. ábra. A XVI. lencse bányaföldtani térképe

1 — felső-triász Fődolomit a felszínen, 2 — bauxitos agyag, 3 — agyagos bauxit, 4 — bauxit, 5 — összlet vastagság több mint 10 m, 6 — a bauxit összlet nulla vonala, 7 — az eocén fedőrétegek elterjedésének határa, 8 — törésvonal

The recalculation resulted in 27 000 tons of ore with the following average grade:

- Al_2O_3 46.8%,
- SiO_2 7.3%,
- Fe_2O_3 22.7%,
- TiO_2 2.2%,
- $+\text{H}_2\text{O}$ 19.2%,
- silica modulus 6.2.

I received from Mr. G. VARGA an ancient mining map where the location of the extracted ore was indicated. According to my evaluation only clayey bauxite occurred at this location and the commercial bauxite is situated to the south of it. The average thickness of the recalculated bauxite being 3.1 metre, and the thickness of the overburden being only 0.5 to 9.0 metre in most part of the lense I consider even this small resource to be suitable for profitable extraction.

The exploration of the *lense No. XIV* occurred between 1968 and 1970 in a grid of 50×100 metre. The resources are 24 000 tons with an average grade of 45.2% Al_2O_3 and 8.6 SiO_2 . No final report was prepared as the resource is considered unsuitable for a profitable extraction.

The *lense No. XVI* was explored in 1989 and 1990. A final report was prepared in 1990. A 25×25 metre regular drilling grid was applied (Figure 43). Geoelectric (VLF) measurements helped to contour the bauxite of the lense. The resource estimation was performed by the method of geologic blocks and it has been checked by the methods of iso-thicknesses. The ore was classified into the C1 category because of the high variability of the ore grade and thickness. 146 000 of bauxite has been determined with an average grade of 44.3% Al_2O_3 , 7.4% SiO_2 , 20.2% Fe_2O_3 , 0.90% CaO , 0.24% MgO . The silica modulus is 6.0 and the average ore thickness 4.3 metre. The ore has been extracted by open pit mining in 1990 and 1991. The extracted ore was 108 600 tons with a mining loss of 9 600 tons. No commercial ore remained in the lense.

The *lense No. XVII* has been explored in 1989 by a 25×25 metre drilling grid. No commercial bauxite was found and no final report was prepared.

The *lense No XVIII* has been explored in 1989 and 1990. A drilling grid of 25×25 metre was applied. No final report was prepared. 6000 tons of bauxite were found with an average grade of 45.9% Al_2O_3 , 5.5% SiO_2 corresponding to a silica modulus of 8.3. This is a relatively high grade but the resource is too small for profitable extraction.

The yearly bauxite productions and production losses were collected by Mr. G. VARGA. I summarized his data for the separate lenses in Table 20. The total amount of extracted bauxite from the entire Malom-völgy deposit is 2 455 100 tons and 270 700 tons of mining losses.

Table 20. Tonnage of bauxite excavated from the Malom-völgy lenses

Lenses	Production (tons)	Excavation losses (tons)
I-II., III., IV.	345 900	60 200
X.	255 600	22 500
XI.	980 300	95 400
XII.	754 200	83 000
XV.	10 500	1 000
XVI.	108 600	9 500

Possibilities and chances of further exploration

The Malom-völgy deposit has been explored very thoroughly and in detail. The contours of all lenses were determined by barren boreholes. In my opinion there is no reason to start further exploration in the area of the deposit.

To the south-east of the erosion line of the Eocen cover — according to my experiences — there is no hope to find commercial grade bauxite because of the erosion and degradation of the bauxite. There is no reason to explore in north-western direction because of the diminishing grade trend, discussed in the former chapters. The only direction with some hope is to the north-east, based on the presence of the Eocene cover and the small Kab-hegy I lense with its clayey bauxite. In this area eight prospecting boreholes detected bauxitic clay and clayey bauxite, but no bauxite. There are large areas between the barren boreholes for the possible presence of bauxite lenses, but it is an open question whether they are present or not.

This area of possible prospectivity is confined to the south-east by the erosion of the Eocene sequence (Figure 6). Its north-western limit is determined by the appearance of Late and Middle Cretaceous layers. This represents a significant change in the palaeogeographic conditions. Further to the north and north-west bauxite was found below the Senonian coal beds. A few boreholes also dissected bauxite below the coal beds. This area has not been evaluated so far for bauxite prospectivity. It would be highly important to start a systematic research to clarify this question.

Summary and conclusions

My goal was with this monography to present an overall evaluation of the entire deposit. A number of valuable articles was published on the Halimba deposit so far. On the contrary — according to my knowledge — no article was published on the study of the Malom-völgy deposit. This was one of the reasons to prepare this monography. I included into the evaluation up-to-date geomathematical methods, that can be applied not only on other bauxite deposits, but on other solid mineral resources as well. This was the reason to include the English translation of the text into the monography. A further important goal was to collect all available data on the deposit: maps, profiles, boreholes descriptions, chemical and mineralogical analyses etc. before they get lost forever.

In the “applied” part of the monography I paid much attention to the methods of resource estimation, to their reliability, the quantity of extracted ore and the resources remaining in the lenses. I made some calculations and suggestions for their profitable extraction

I do not consider the bauxite prospecting activity to be finished in the broader area of Malom-völgy, as outlined above. As a further step in this direction I plan to evaluate in detail the neighbouring Szőc deposit and to prepare a comparison of the three deposits of the region: Halimba, Szőc and Malom-völgy. I hope that the more up-to-date knowledge of these deposits may lead to new scientific and practical results.

Acknowledgements

I received to the preparation of this monography all necessary help from the Hungarian Aluminium Company (MAL). I am personally indebted to Mr. István KIS, strategic director, Gusztáv VARGA, Bálint JANKOVICS and János TISZAY geologists for their help in collecting the documentation of the bauxite lenses. I received further valuable help from the Hungarian Mining and Geological Authority, personally from Mrs. Gizella GOMBÁR-FORGÁCS head of department and Mr. Zoltán PARTÉNYI geologist in finding the old resource balances regarding the Malom-völgy bauxite lenses.

The list of references can be found at the end of the Hungarian text.

A halimbai Malom-völgy bauxit-előfordulása

Bevezetés

Halimba és Szőc térségében a több évtizedes bauxitkutatás eredményeként három bauxit-előfordulást ismertünk meg, a Halimbai-medencében a nagyterjedésű, összefüggő halimbai előfordulást, tőle délkeletre a lencsés kifejlődésű malom-völgyit és végül a délen elhelyezkedő ugyancsak lencsés szőci előfordulást (1. ábra).

A szőci előfordulást több éven át tartó munkával feldolgoztam. A legfontosabb eredmények 2001-ben a Bányászati és Kohászati Lapokban jelentek meg, sajnos túlságosan rövidre fogott terjedelemben. A halimbai előfordulás monografikus feldolgozásával 2007-re készültem el és jelent meg nyomtatásban. A malom-völgyi előfordulásról eddig csak vállalati zárójelentések készültek, egy-egy lencsére szorítkozva. Bár ez a térség legrégebben ismert bauxit-előfordulása, összefoglaló földtani értékelés mindmáig nem készült róla. Ezt a hiányt szeretném e monográfiával pótolni.

Az előfordulás megismerésének története

A történet 1908-ban kezdődött, amikor ZALATNAI STÜRMER József ny. ezredes vörös színű kőzetet talált a Halimba községtől délre fekvő földbirtokán a Malom-árokban. STÜRMER a kőzetet vasércnek nézte, ezért felkereste a Magyar Állami Földtani Intézetet és helyszíni szakértői bejárást kért. Ez 1908 júliusában meg is történt KORMOS Tivadar geológus személyében. STÜRMER feljegyzései szerint KORMOS a helyszínt értéktelennek tartotta. Az első világháború kitörése megakadályozta STÜRMERt abban, hogy e témával akkor tovább foglalkozzon.

1918-ban STÜRMER megismerkedett EIDLITZ Sándor bécsi bankárral, akinek ösztönzésére megvizsgáltatta a Malom-árokban gyűjtött kőzetmintákat a bécsi egyetem professzorával Josef LEITMEIERREL. Ő állapította meg, hogy a kőzet bauxit. EIDLITZ felkérésére 1919-ben Franz Eduard SUESS, a neves bécsi geológus professzor a helyszínt megtekintette és arra a véleményre jutott, hogy a Malom-árok térségében kitermelésre érdemes bauxit van. Egyben a kutatás folytatását javasolta. 1920-ban meg is indult a bauxitkutatás azzal, hogy STÜRMER, majd EIDLITZ a térségben zártkutatmányokat jegyeztetett be. 1921-ben megalakították a Tapolcai Bánya Rt.-t. Az alapító részvényesek között STÜRMER és EIDLITZ mellett SUESS professzor neve is szerepel, aki a kutatás számára a térségről földtani térképet és két kutatási jelenést készített (SUESS 1920, 1921). Kutatási szakértőként GYÖRGY Albert bányamérnököt alkalmazták. A kutatások Halimba községtől délre, a Malom-árok térségére terjedtek ki. Kutató aknákat mélyítettek és a völgy két oldalából kiindulva négy kutató tárót hajtottak ki. Ezek helye látható a 2. ábrán. Az aknák egy részében és a tárókban bauxitot találtak, amit megelemeztek. Az eredményekről GYÖRGY Albert számolt be a Bányászati és Kohászati Lapokban (1923). 1922-ben Hermann HARRASSOWITZ professzor (Giesseni Egyetem) látogatta meg a Malom-árkot a bécsi Dr. Paul HERRMANN kíséretében. Megtekintette a kutató tárókat, mintákat vett és a bauxitlepről meglepően jó kőzettani szelvényt készített (3. ábra). Eredményeiről röviden beszámolt „Laterit” című könyvében (1926). 1926-ban KORMOS Tivadar, TAEGER Henrik és VADÁSZ Elemér a térségben részletes földtani térképezést végzett.

GYÖRGY Albert fenti cikkében megemlíti, hogy a tárókat TELEGDI ROTH Károly professzor is meglátogatta, bauxit-mintákat vett és azokat Dr. EMSZT Kálmánnal megelemezte. (TELEGDI ROTH 1927). Cikkében GYÖRGY a Malom-árok térségében 22,5 millió tonna bauxitérc jelenlétét tételezte fel.

A következő években VITÁLIS István professzor is megtekintette a kutató létesítményeket és újabb mintákat vett. Azt találta, hogy több mintában a vas-oxid mennyisége meghaladja az Al_2O_3 -at. Ezért az „alumíniumvasércként” való értékesítés lehetőségét is felvetette (1931). Ezt követően a Halimba vidéki bauxitok hasznosításáról átfogó cikket írt (1932). Végül következtetése az volt, hogy „A halimba vidéki bauxit a jelenleg alkalmazott feldolgozási módszer mellett mint Alumíniumérc nem értékesíthető”. E sommás megállapításra KORMOS Tivadar reagált a Bányászati és Kohászati Lapokban (1932) Véleménye szerint a terület még távolról sem tekinthető megkutatottnak és ezért VITÁLIS professzor megállapításait még korainak tartja. VITÁLIS e cikke azonnal reagált azzal, hogy negatív megállapításai csak arra a területrésze vonat-

koztak, ahonnan a vegyelemzések származnak. Ezért az egész halimbai térségre 100–180 millió tonna feldolgozható bauxit jelenlétét lehetségesnek tartja (1932). Mindezek ellenére a beruházók figyelmét egyre inkább a sikeres gánti kutatások kötötték le. Ezért a harmincas években a Malom-völgy térségében újabb kutatásokról nincsen tudomásom.

Újabb érdemi fúrásos kutatás csak 1943-ban indult meg az Alumíniumérc Bánya és Ipar Rt. kezdeményezésére. E kutatások a halimbai–szőci térség nagy részére kiterjedtek. A kutatások földtani irányítását VADÁSZ Elemér, műszaki vezetését pedig ALLIQUANDER Endre bányamérnök látta el. E kutatások a malomvölgyi előfordulásra is kiterjedtek. A Halimba községtől délre emelkedő dombokon (Macska-hegy, Pityer-domb) az eocén mészkő felszínén szelvénytérű elrendezésben mélyítették fúrásokat. Ezek jelezték a bauxitösszlet jelenlétét, de iparilag felhasználható bauxitot egyedül a ma I–II. számúnak nevezett bauxitlencsében találtak. Ezen felül meglepő pontossággal határozták meg 1:5000 méretarányú térképen a felső-triász dolomit felszíni elterjedését. Ezután a halimbai medencében elért kedvező eredmények miatt a kutatások a cseresi telepre helyeződtek át, a malomvölgyi előforduláson nem folytatódtak. VADÁSZ E. az elért eredményekről 1943 és 1944-ben rövid kéziratban jelentésben számolt be.

A háborús események csak rövid időre szakították meg a fúrásos kutatást. Az 1946-ban megalakult Magyar–Szovjet Bauxit–Alumínium Rt. (Maszobal) 1949-ben kéziratban kötet formájában rögzítette a kutatási eredményeket, szöveges értékelés nélkül. A kötet összeállítói ALLIQUANDER Endre, VADÁSZ Elemér és I. A. LJUBIMOV szovjet geológus voltak. Ez a kötet mindmáig a halimbai bauxitkutatás alapidokumentációja, rétegsorait, vegyelemzéseit ma is felhasználjuk.

1950-ben a Maszobal Balatonalmádi székhellyel megalakította a Bauxitkutató Expedíciót. Részletes fúrásos kutatás indult meg a legfontosabbnak tekintett bauxit-előfordulásokon, így a malom-völgyi előforduláson is. Az I, II, III, és IV. számú bauxitlencséről BÁRDOSY Gy. készített kutatási zárójelentést 1955-ben. (A korábban külön lencséknek feltételezett I. és II. számú telepekről kiderült, hogy egyetlen összefüggő lencsét alkotnak.) Ezt követte 1966-ban a X. lencse zárójelentése, melyet ERDÉLYI Tibor készített. 1968-ban a XI. lencse, amelyet a BKV Földtani Kamerális Osztálya készített, 1970-ben pedig a XII. lencse zárójelentése készült el (SZABÓ E. és TÓTH Á. munkája). 1990-ben a XIII. és XV. lencséről készült zárójelentés (SZABÓ E., LUDAS F.-né, FÁBIÁN J. és HORVÁTH I. munkája). Ugyanebben az évben a XVI. lencséről is zárójelentést készítettek (FÁBIÁN J., FELVINCZI I., HORVÁTH I., KARDOS L.-né.). A 1989 és 1990-ben még két kisebb bauxitlencsét megkutattak XVII. és XVIII. számmal, de ezekről tudomásom szerint nem készült zárójelentés. Az összes zárójelentés területéről 1:2000 és 1:5000 méretarányú bauxitföldtani térképek készültek megfelelő geodéziai előkészítéssel. Az előfordulás szorosan vett területén azóta fúrásos kutatás nem folyt. Felderítő fúrásokat végeztek azonban az előfordulástól keletre a nyolcvanas és a kilencvenes években, melyek eredményeiről a következőkben be fogok számolni.

Rétegtani helyzet

A bauxit rétegtani helyzetét már a húszas években meglepő pontossággal ismerték a kutatás vezetői. Ebben nyilvánvalóan nagy szerepe lehetett TELEGDI ROTH Károly és VADÁSZ Elemér professzorok helyszíni bejárásainak és publikációinak (TELEGDI ROTH 1927). Megállapításait BARNABÁS Kálmán 1950-ben végzett 1:25 000 méretarányú bauxitföldtani térképezése és kéziratban jelentése is megerősítette. Ezek szerint a bauxitlepek fekszik a malom-völgyi előfordulás közvetlen területén a felső-triász korú nori *Földolomit Formáció*, amely a lencsesortól 50–100 méterre délre és délkeletre a felszínre is kibukkan. Dél felé egészen a szőci előfordulásig a Földolomit Formáció van a felszínen. A lencsék alatt a Földolomit legfelső 0,5–3,0 méteres része mállott, murvásodott és porlódó. A bauxitlencsék alatt megőrződött a Földolomit Formáció paleokarszt felszíne, melyet néhány méteres töbrök és kiemelkedések jellemeznek.

Az előfordulás nyugati részén található XIII., XV., és XVI. lencsék alatt a szálban álló dolomit felszínén 0,5–10 méter vastag áthalmozott, törmelékenyes dolomitréteg található, maximum 8 cm átmérőjű, alig koptatott dolomitdarabokkal és kevés kvarckavicssal. E réteg alapanyaga agyagos. Ez az áthalmozás nyilvánvalóan megelőzte a bauxitösszlet felhalmozódását. Valószínű, hogy az egykori felszíni morfológia szabta meg, hogy ez a képződmény csak a Malom-árokotól nyugatra volt megfigyelhető.

A nori–rhaeti *Dachsteini Mészkő Formációt* a tulajdonképpeni előfordulástól keletre, a Fenyér-tetőtől északra három fúrásban mutatták ki (K–6, –7, –37). Felszíni kibúvását az előfordulás területén nem ismerjük. A rhaeti *Kösseni Formáció* (mészkő és márga) az előfordulás keleti folytatásában a Fenyér-tető, Lúgos-tető, Halyagos-hegy térségében több helyen felszíni kibúvásban észlelhető. Az eocén összlet fekszik itt több fúrásban is észlelték, pl. K–49, –78, –79, –80, –81. Az előfordulástól közvetlenül nyugatra, Szőc községtől délre a Kösseni Formáció több kisebb felszíni kibúvása található. Az alsó-liász *Kardosréti Mészkő Formáció* jelenléte az előfordulástól keletre a K–7 számú fúrásban kimutatható volt. A közeli Úrkút térségében a jura korú képződmények teljes rétegtani együttest alkotnak.

A malom-völgyi előfordulástól északkeletre és Padragkúttól keletre több fúrás az albai korú ún. *requieniás mészkőben* (*Zirci Mészkő Formáció*) bauxitos agyagot és agyagos bauxitot harántolt 200–350 méter mélységben. Ez a szokatlan felhalmozódás viszonylag szűk területre korlátozódott, déli elvégződése a 4. ábra északkeleti szélén látható. A santoni korú *Ajkai Kőszén Formáció* fekszik ismét a szénbányászat során bauxitos agyagot és bauxitot. Mindezek a képződmények a malom-völgyi előfordulástól eltérő földtani körülmények között jöttek létre, ezért nem is foglalkozom

velük. Rétegtani és ősföldrajzi helyzetüket HAAS et al. (1980) értékelte. A halimbai előfordulást feltehetően beborították a senon korú fedőrétegek (BÁRDOSY 2007). A malom-völgyi előfordulás magasabb térszíni helyzete miatt ide a senon rétegek már nem terjedtek ki.

A közvetlen fedő a malom-völgyi előfordulás területén középső-eocén korú *Darvastói Formáció*, amire a *Szőci Mész-
kő Formáció* következik. A transzgressziós jellegű eocén összlet 5–10 fok alatt északnyugat felé dől. Ezzel együtt vastagsága is megnő és az előfordulás északnyugati peremén már 60–90 métert ér el. A lepusztulás miatt eredeti teljes vastagságát nem ismerjük.

Az eocén összlet alján többnyire 0,5–3,0 méter vastag sárga és barna agyag található. Gyengén rétegzett és alsó részén áthalmazott bauxitkavicsokat tartalmaz. A H–1377 számú fúrásban a szenes agyag alatt 3,7 méter vastag homokkővet találtak. Más fúrásokban ezt a képződményt nem észlelték.

A sárga és barna agyag felett szürke, szenes és pirites-markazitos agyag következik. A kiértékelés során a malom-völgyi előfordulás minden egyes fúrási réteg leírását átnéztem, különös tekintettel a bauxit közvetlen fedőjére. Azt tapasztaltam, hogy az előfordulás északnyugati részét összefüggően 1–7 méter vastag mocsári és lagúna fáciesű szürke szenes, pirites agyag borítja. (4. ábra) Délkelet felé ez a réteg kivékonyodik és szétszakadozik. A fő bauxitlencsék területén már csak kisebb foltokban jelenik meg. Így például a XI. lencse területén mélyített 82 fúrás közül csak 9-ben fordul elő szenes agyag az eocén összlet alján 1,1 méter átlagos vastagsággal. Említést érdemel, hogy HARRASSOWITZ (1926) a Malom-árok táróiban a közvetlen fedőben néhány cm vastag, sötétszürke szenes agyagot figyelt meg.

A sekélytengeri fáciesű *Szőci Mész-
kő Formáció* az egész halimbai térségben közel azonos kifejlődésű, mészkőből, főleg alsó részén alárendelten márgából áll. Jellegzetes ősmaradványai alul Miliolinák, Assilinák és Alveolinák, feljebb pedig a Nummulinák is megjelennek. Ősföldrajzi értékelés szempontjából igen fontos az a megfigyelés, hogy az előfordulás déli részén a mészkő 1–15 cm átmérőjű dolomitkavicsokat tartalmaz. Ez egyrészt az egykori partvonal közelségét jelzi, másrészt gyakori hullámverésre enged következtetni. Egyes helyeken a dolomitkavicsok annyira felszaporodtak, hogy a kőzetet dolomitos mészkő-konglomerátumnak lehet nevezni.

A középső-eocén fedő rétegekre 1–10 méter vastag negyedkorúnak tekintett lösz, homok, lejtőtörmelék és kavicsos patakhordalék települ. Ez azokra a részekre is kiterjed, ahonnan az eocén fedőrétegek lepusztultak, tehát az előfordulás délkeleti szélére. Ahonnan az eocén fedő lepusztult ott a bauxit áthalmazódott és degradálódott, jellegzetes vörös színét azonban megtartotta.

Az előfordulás keleti meghosszabbításában a felszínen *bazalt* jelenik meg, amely kelet felé haladva egyre vastagabbá válik. A kab-hegyi nagy kitörési centrum nyugati elvégződését képezi. A bazalt korát az újabb vizsgálatok a késő-pannoniaiba helyezik és *Tapolcai Bazalt Formáció* néven különböztetik meg. A bazalttakaró részben beborítja az előfordulás alábbiakban ismertetendő északkeleti folytatását (1. később a 6. ábrán).

Geomorfológia, teleptani és hidrogeológiai tulajdonságok

A térség három bauxit-előfordulása *geomorfológiai* tekintetben is különbözik egymástól. Északon a nagy halimbai telep a Halimbai-medence alatt helyezkedik el viszonylag sík, dél felé enyhén emelkedő térszínen. A felszín 225–250 tengerszint feletti magasságban van. Szőc és Halimba községekétől délre dombok jelennek meg, amelyek dél felé egyre magasabbakká válnak. A malom-völgyi előfordulás bauxitlencséi 300–350 méter tengerszint feletti magasságban vannak. Az előfordulást DNY/ÉK-i irányban egy fiatal eróziós völgy szeli át, a Malom-árok. Ez északon a dombok lábánál véget is ér. A Malom-ároktól keletre több kisebb DK/ÉNY irányú eróziós völgy található, amelyek a dombok lábánál ugyancsak véget érnek. Az előfordulás területén állandó felszíni vízfolyás nincs.

A malom-völgyi előfordulástól délkelet felé tovább emelkedik a térszín és a Magyal-hegy, Kis-Magyal és Átibor-hegy vonalában 392, 388 és 380 méter tengerszint feletti magasságot ér el (5. ábra). Ez tekinthető geomorfológiai értelemben a malom-völgyi és a szőci előfordulás elválasztó vonalának. A szőci Szőlő-hegy nagy törésvonala mentén mintegy 20–40 métert lejt a térszín, de jellege dombos marad. Itt helyezkednek el a szőci bauxitletelek, részben völgyek alatt, részben a dombtetőkön (Szár-hegy). Délkelet felé a bazalttakarók megjelenése jelenti a geomorfológiai határt.

Teleptani tekintetben is érdemi különbség van a három előfordulás között. A nagy kiterjedésű halimbai teleppel szemben a malom-völgyi előfordulás 18 kisebb-nagyobb bauxitlencséből és több kisebb bauxitos agyag és agyagos bauxitlencséből áll. A szőci előfordulás is hasonló ehhez, azzal a különbséggel, hogy a kisebb bauxitlencsék mellett bonyolult alakú nagyobb lencsék is előfordulnak.

A malom-völgyi előfordulás lencséi egy ÉK/DNY-i irányú sávban helyezkednek el. Ennek hossza 4,0 km, szélessége rá merőlegesen 1,2–1,5 km. A malom-völgyi előfordulást a halimbaitól kelet felé egyre szélesedő meddő területsáv választja el. A szőci előfordulás felé is egy kelet felé szélesedő meddő területsáv következik a felső-triász Földolomit felszíni kibúvásaival (5. ábra).

A kutatások során a bauxitlencséket a megismerés sorrendjében római számokkal jelölték meg. Közülük az V., VII., VIII. és XII. számúak egyetlen nagy, összetett lencse részei, melynek északnyugati része bauxitos agyag. Ezeket a

részterületeket a kőzettani és a geokémiai fejezetben külön-külön értékeltem. Ezen kívül négy olyan nagyobb bauxitlencsét is kimutattak, amelyek csak bauxitos agyagból állnak. Ezek nem lettek megszámozva. Én is helynevekkel különböztettem meg őket, pl. ”Malom-völgy észak,.. A lencsék körvonalát és sorszámát, ill. elnevezését az 5. ábrán tüntettem fel.

Az előfordulás keleti szélén levő Somkő-tető I. számú lencsétől 2,1 km-re kelet/északkeletre egy kis, agyagos bauxitot is tartalmazó lencsét mutattak ki a fúrások, amelyet *Kab-hegy I*-nek nevezek. Ennek térségében eocén fedő alatt nyolc felderítő fúrásban néhány méter vastag bauxitos agyagot, ill. agyagos bauxitot találtak. A monográfia készítése során ismertem fel, hogy a szorosan vett malom-völgyi lencsesortól északkeletre húzódó fent említett területsáv az előfordulás meghosszabbításának tekinthető. E mellett szól az azonos rétegtani helyzet, valamint az agyagos bauxit azonos kémiai és ásványtani felépítése (lásd a kémiai fejezetet), E területsáv északkelet felé haladva fokozatosan kivékonyodik. Az északnyugati oldalon a felső- és középső-kréta rétegek megjelenése képezi szerintem a határt, a délkeleti oldalon pedig az eocén rétegek lepusztulási vonala jelenti a határt. Ettől délre felső-triász korú képződmények vannak a felszínen, ill. bazalt takarja őket (6. ábra).

A Malom-árokától nyugatra a fent említett számozott lencséken kívül fúrásokkal három olyan kis lencsét is kimutattak, melyek bauxitos agyag mellett agyagos bauxitot is tartalmaznak. Négy további kis lencse kizárólag bauxitos agyagból áll. Mindezek a lencsék vagy a felszínen vannak, vagy csak néhány méter vastag negyedkori fedő alatt találhatóak. Ipari jelentőségük nincs, de a bauxitgenetika számára hasznos információkat tartalmaznak.

Értékelésem során *bauxitösszletnek* neveztem a telepek teljes kőzetanyagát, a kőzettani fejezetben ismertető kőzetfajtákkal. A következőkben különböző teleptani ismérvek szerint értékelem a lencséket.

1. A lencsék többnyire egymástól 100–300 méter távolságra helyezkednek el, csak a Malom-árok délnyugati oldalán található egy kb. 400 méter széles meddő sáv.

2. Kimértem minden egyes lencse *alapterületét* a bauxitösszlet nulla vonalát véve alapul.(1. táblázat). Legnagyobb a

1. táblázat. A bauxitösszlet és a bauxit fő statisztikai mutatói

A bauxitlencsék és részterületek sorszáma	A bauxitösszlet					A bauxit		
	fúrásainak száma	területe (hektár)	átlagos vastagsága m	maximális vastagsága m	relatív szórása %	átlagos vastagsága m	maximális vastagsága m	relatív szórása %
I–II. lencse	34	19	8,9	16,8	53	3,9	12,7	76
III. lencse	31	33	9,3	17,4	43	1,7	4,1	65
IV. lencse	4	3	7,1	9,7	34	4,8	8	52
V. részt.	12	18	5,1	11,6	67	1,4	2	43
VI. lencse	1	1	3,5	3,5	0	3,5	3,5	0
VII. részt.	22	36	11,2	15,4	28	0	0	0
VIII. részt.	6	10	10,2	15,2	47	0,6	0,6	0
IX. lencse	6	3	10,5	16,7	33	0	0	0
X. lencse	50	25	10,8	17,6	39	6,8	14	56
XI. lencse	82	84	11,0	20,1	39	3,8	8	58
XII. részt.	46	49	8,4	12,8	40	3,1	8	64
XIII. lencse	16	3	6,6	14,1	70	2,9	4,8	93
XIV. lencse	12	23	8,8	14,4	41	2,2	2,5	16
XV. lencse	42	11	6,1	15,6	74	2,4	4,8	67
XVI. lencse	45	12	5,5	12,5	60	3,3	8	57
XVII. lencse	15	7	10,8	15,8	36	0	0	0
XVIII. lencse	14	4	7,3	10,6	34	2,5	5,5	84
ÉNy I.	10	89	4,2	9,5	68	0	0	0
ÉNy II.	9	30	6,2	11,0	57	0	0	0
Észak	14	96	10,1	12,4	15	0	0	0
Somkő I.	29	82	9,2	16,2	31	0	0	0
Somkő II.	11	20	6,4	9,3	41	0	0	0
Kabhegy I.	4	2	8,3	15,5	78	0	0	0

fent említett összetett lencse, 52 ha alapterülettel. Az előfordulás északnyugati és északi oldalán további két viszonylag nagy, bauxitos agyagból álló lencse található, a *Malom-völgy északnyugat* I. 22 ha és *Somkő-tető* I. 20 ha alapterülettel. A bauxitot is tartalmazó lencsék közül a legnagyobb a XI. számú, 21 ha alapterülettel. Figyelemre méltó, hogy a Malom-árokotól délnyugatra található hat lencse mindegyike 3 hektárnál kisebb alapterületű. A Kab-hegy I lencse is csak 0,5 ha alapterületű.

3. Az összes bauxitlencsét rendkívül szabálytalan *körvonal* jellemzi. Az eocénnel fedett lencsék esetében a körvonalat a dolomit felszínének megemelkedése határozza meg. Különösen kacskaringós a középső nagy összetett lencse körvonala, melyet mély beöblösödések és kihajlások jellemeznek (5. ábra). A Malom-árokotól délnyugatra elhelyezkedő XV. és XVI. lencse a többitől eltérő módon hosszan elnyúlt körvonalú. Az előfordulás délkeleti oldalán a lencsék déli határa több helyen eróziós jellegű.

4. Az egyes lencsékre eső *fúrások száma* is igen eltérő, ami az értékelések megbízhatóságát befolyásolja. A XI. lencsén mélyült a legtöbb fúrás, szám szerint 82, amit a X. lencse követ 50 fúrással és a XII. 46 fúrással (1. táblázat.). A legtöbb lencsére 10–40 fúrás jutott. Kevés fúrás került az V. és a Kab-hegy I. lencsékre (4–4 fúrás). A sort a VI. lencse zárja egyetlen fúrással, de ez meddő fúrásokkal szorosan körül van véve. A fúrásokat a legtöbb helyen 50×50 méteres szabályos hálózathoz telepítették. Az előfordulás délnyugati részén talált hat kis lencsét a nagy változékonyság miatt 25×25 méteres hálózattal kutatták meg.

5. Részletesebben értékeltem a bauxitösszlet és a bauxit vastagságát. A *bauxitösszlet* lencsénkénti *átlagos vastagsága* meglepően egységes, 4–11 méter (1. táblázat), az előfordulás átlagában 8,1 méter. A fúrásokban mért maximális összletvastagság lencsénként többnyire 10–20 méter. A legnagyobb vastagságot a XI. számú lencsében egy törésvonal mentén éri el 20,1 méterrel (H–1378 számú fúrás). A halimbai előforduláson ennél lényegesen nagyobb (maximum 77 méter) összletvastagságok fordulnak elő.

A *bauxit* lencsénkénti átlagos vastagsága ennél lényegesen kisebb, 1–7 méter, az előfordulás egészére pedig 3,1 méter. Legnagyobb a X. lencsében (6,8 méter). Az egyes fúrásokban mért legnagyobb bauxitvastagság csak két lencsében haladta meg a 10 métert: (X. lencsében 14,0 méter, a II. lencsében 12,7 méter). Az agyagos bauxit átlagos vastagsága az előfordulás egészére 6,5 méter, tehát a bauxiténál lényegesen nagyobb.

A bauxitlencsét rendkívül változó *összlet- és bauxitvastagság* jellemzi. Ennek megfelelően az *összletvastagság relatív szórása* 15–78%, a bauxitvastagságé pedig 43–84% (1. táblázat). Az előfordulás egészére az összlet átlagos relatív szórása 47%, a bauxité pedig 61%. A bauxitvastagság változékonysága tehát lényegesen nagyobb az összlet vastagságánál.

A *bauxitösszlet felszíne* viszonylag sima, vagy enyhén hullámos, a vastagság változékonysága nagyrészt az egyenetlen fekvőfelszín következménye. Az összlet a fekvő felszínének mélyedései felett a legvastagabb. A bauxitvastagság alakulása ettől többnyire független.

A vastagságeloszlás még részletesebb megismerése céljából *gyakorisági hisztogramokat* szerkesztettem lencsénként mind az összletre, mind a bauxitra. Ezek közül a nagyobb lencsék hisztogramjait mutatom be, mert ezeknek a nagyobb fúrásszám miatt nagyobb a statisztikai megbízhatósága (7. ábra). Az I–II., III., XI, XII., XVI. és a Somkő-tető I. lencsékben az összletvastagság eloszlása kétmaximumos: 6–8, ill. 10–14 méteres móduszokkal. Ezt a jelenséget véleményem szerint a fekvő mélyedései szabják meg. A hisztogramok többsége közel szimmetrikus eloszlást mutat. A ferdeségi mutatók is ezt erősítik meg, mert az összes vizsgált lencsében 1,0-nél kisebbek. Hét lencsében enyhe pozitív, kettőben pedig enyhe negatív aszimmetriát jeleznek az előjelek. A bauxitvastagság hisztogramjai a XI. lencse kivételével enyhe pozitív aszimmetriát mutatnak. A leggyakoribb bauxitvastagság sajnos csak 1–2, ill. 2–3 méter. Csak a X. lencsében ér el a módusz 3–5 méter vastagságot, valamint a XI. lencsében, ahol a leggyakoribb bauxitvastagság 4–5 méter (8. ábra). Összehasonlítás céljából az adott eloszlásnak megfelelő normál eloszlásgörbét is feltüntettem az ábrákon.

Azt is megvizsgáltam, hogy van-e korrelációs kapcsolat az összlet átlagos vastagsága és az átlagos bauxitvastagság között. A 9. ábrán látható diagram szerint nincs kapcsolat a két változó között, amit a kiegyenlítő görbe hullámos lefutása jelez. A halimbai előforduláson ezzel szemben a bauxittek főleg az összlet vastagabb részein helyezkednek el.

6. A malom-völgyi előfordulás bauxitlepei 80–150 méterrel a fő karsztvízszint felett helyezkednek el, amely a tengerszint felett 160–170 méterrel található és észak felé lejt.

Tektonikai viszonyok

A térség bauxit-előfordulásainak mai térbeli helyzetét elsősorban a fő törésvonalak mentén bekövetkezett vízszintes elmozdulások határozták meg. Legfontosabb a halimbai előfordulást északon lezáró NyÉNy/KDK irányú törésvonal, amely mentén az északi szárny kb. 2 km-t kelet felé eltolódott (1. ábra). MÉSZÁROS (1983) szerint ez a szarmata időszakban történt. A malom-völgyi előfordulás keleti része eléri ezt a törésvonalat, sőt kelet felé azon túl is követhető. Ezt jelzi a korábbiakban már említett Kab-hegy I. lencse. E törésvonallal közel párhuzamos az a nagy vető, amely a szöci előfordulást északkelet felé lehatárolja (1. ábra). Ennek északkeleti oldalán a Fődolomit Formáció a felszínen van,

délnyugati oldala pedig 50–80 métert lezökkent. Ezáltal egy sor bauxitlencse megmenekült az eróziótól. Nem kizárt, hogy e törésvonal mentén is bekövetkezett vízszintes eltolódás.

Egy további jelentős törésvonal húzódik Kislődtől Ajkán át délnyugati irányban és a Balaton-hegytől valamint a Cseket-hegytől nyugatra egészen Ódörögdig folytatódik. Ez a nagy törésvonal választja el a halimbai és a szőci előfordulást a Nyirádi-medencétől (1. ábra).

Magát a malom-völgyi előfordulást is töréses tektonika jellemzi. A lencsék külfejtéses kitermelése során sikerült a törésvonalak lefutását pontosan meghatározni. Ezek vetők, többnyire 60–80 fokos vetősfokkal, melyek az eocén fedőrétegeket is átszelik. Az elvetési magasság többnyire 10 méternél kevesebb. A földtani szelvények alapján néhány 10–30 méteres elvetési magasságú vető is kimutatható volt. A vetők zöme ÉNy/DK és ÉK/DNy-i irányú. Ezek mentén több lencse északi irányban 10–20 fokot megbillent, amit a külfejtésekben jól meg lehetett figyelni. A vetők fontos szerepet játszottak a bauxit megmaradásában, ugyanis többnyire levetett árkokban maradt meg a bauxit és az eocén fedő.

A X. lencse külfejtésében az északi falon egy sor 1–3 méteres elvetési magasságú vetőt figyeltem meg, melyek a bauxitot elvetették, de az eocén fedőre már nem terjedtek ki. Ezek a mozgások feltehetően a senon és a középső-eocén között jöttek létre.

A lencsék kőzettani felépítése

Kiértékelésem során az összes hozzáférhető vegyelemzést és korábbi kőzettani leírást kiértékeltem. Ennek során a bauxitösszleten belül a következő kőzetfajtákat különböztettem meg:

- Szorosan vett bauxit. $\text{SiO}_2 < 9,9\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 43\%$, $\text{S} < 0,6\%$.
- Agyagos bauxit. SiO_2 10,0–19,9%.
- Bauxitos agyag. $\text{SiO}_2 > 20,0\%$.
- Kaolinos vörös agyag. Modulus $< 0,85$ (bauxitásványokat nem tartalmaz).
- Szürke, pirites, markazitos bauxit, agyagos bauxit és bauxitos agyag $\text{S} > 0,6\%$.
- Alumíniumdús ferrit. $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$.
- Dolomittörmelék (10 cm-nél kisebb, alig koptatott szemcsék).

Ezek a kőzetfajták a lencsékben önálló kőzettani egységeket alkotnak és többnyire éles határral válnak el egymástól. Meghatároztam minden egyes fűrásban e kőzetfajták vastagságát és ennek alapján kiszámítottam mennyiségi arányukat a lencsékben (2. táblázat).

2. táblázat. A kőzetfajták relatív gyakorisága a bauxit gyakorisági sorrendje szerint

Lencsék	Bauxit	Agyagos bauxit	Bauxitos agyag	Agyag	Szürke bauxit	Al-dús ferrit	Dolomit-törmelék
VI.	100	0	0	0	0	0	0
IV.	68	14	18	0	0	0	0
X.	46	27	20	7	0	1	0
XVI.	38	16	37	2	0	0	7
I–II.	36	27	33	2	1	1	0
XI.	22	30	43	2	0	2	1
XII.	18	31	51	0	0	0	0
XVIII.	16	35	49	0	0	0	0
XV.	12	41	46	1	0	0	0
III.	8	36	53	1	1	1	0
XIII.	6	29	65	0	0	0	0
XIV.	5	21	70	4	0	0	0
V.	3	49	46	0	2	0	0
VIII.	1	42	46	3	7	1	0
ÉNy I.	0	0	89	8	2	1	0
ÉNy II.	0	0	93	3	0	1	1
Észak	0	3	89	1	7	0	0
IX.	0	20	77	0	3	0	0
Kab-hegy	0	59	41	0	0	0	0
Somkő I.	0	8	79	12	1	0	0
Somkő II.	0	0	83	17	0	0	0
VII.	0	21	69	0	10	0	0
XVII.	0	17	82	0	0	0	1

Az előforduláson a *bauxitos agyag* a leggyakoribb kőzetfajta. Ezt követi az agyagos bauxit és csak harmadikként következik a szorosan vett bauxit. A többi kőzetfajta szerepe ezekhez képest teljesen alárendelt.

Az egyes lencsék között a kőzetfajták gyakorisága tekintetében érdemi különbségek vannak. Az esetleges törvényszerűségek felderítésére kőzetfajtánként és lencsenként gyakorisági sorrendet állítottam elő az SPSS program segítségével. A *szorosan vett bauxitra* vonatkozó sorrendet a 2. táblázatban mutatom be. Az előforduláson csak 14 lencse tartalmazott bauxitot. Közülük öt 10%-nál is kevesebbet, négy 10–30%-ot és csak öt ennél többet. Tulajdonképpen csak az utóbbiak nevezhetők igazi bauxitlencséknek. Ezek közül is kettő egészen kis kiterjedésű (IV. és VI. számú lencsék). A fennmaradó három nagyobb lencse (I–II., X., XVI. számú) csapás tekintetében az előfordulás középső részén helyez-

kedik el, annak délkeleti oldalán. Figyelemre méltó körülmény, hogy az I–II. és a X. lencsét teljes kiterjedésében eocén „védő-réteg” fedi, a XVI. lencsét pedig csak részben.

Az *agyagos bauxit* esetében. kutatási szempontból megkülönböztetett figyelmet érdemel, hogy a Kab-hegy I. lencse tartalmazza a legtöbb agyagos bauxitot, 59%-ot. 40–50% agyagos bauxitot tartalmaz az V., VIII. és a XV. lencse. A többiben ennél kevesebb található. A kémiai fejezetben ismertetendő összetételi adatok azt mutatják, hogy kémiai tekintetben a bauxit és az agyagos bauxit kevésbé különbözik egymástól, mint az agyagos bauxit és a bauxitos agyag. Ezért a bauxit és az agyagos bauxit együttes részarányát is kiszámítottam. A sorrendet a 3. táblázat tartalmazza. Tíz olyan lencse van, ahol az együttes mennyiség 50%-nál nagyobb. Figyelemre méltó, hogy az I–II., X. és XVI. lencsék után az ötödik helyet a kab-hegyi lencse foglalja el. Ez azt valószínűsíti, hogy e területre is érkezhetett szorosan vett bauxit.

Az előforduláson csak két olyan lencse van, amely sem bauxitot, sem agyagos bauxitot nem tartalmaz: ezek a Somkő-tető II. és az Északnyugat I. számú lencsék. Mindkettő az előfordulás északnyugati oldalán helyezkedik el. Közel áll hozzájuk a Somkő-tető I., az Északnyugat II. és az Észak jelzésű lencse kőzettani összetétele, mert csak 10%-nál kevesebb agyagos bauxitot tartalmaznak. Ezek is az előfordulás északnyugati oldalán helyezkednek el, de az előzőknél kissé beljebb. A *bauxitos agyag* részaránya a fenti öt lencsében, továbbá az előfordulás délnyugati szélén levő XVII. lencsében a legnagyobb: 79–93%

Összefoglalva, kőzettani felépítés tekintetében az előforduláson egy szabályszerű térbeli elrendeződés rajzolódik ki: Az északnyugati oldalon a bauxitos agyag kizárólagos, vagy túlsúlyban van. Délkelet felé haladva egyre több agyagos bauxit és bauxit jelenik meg, míg a délkeleti szegélyen a legnagyobb a bauxit részaránya. További szabályszerűség még az is, hogy a csapás tekintetében az előfordulás közepén van a legtöbb bauxit. Ezt a kőzettani törvényszerűséget a későbbiekben még részletesebben értékeljük.

Vörös kaolinos agyag az előforduláson csak igen alárendelten fordul elő, legtöbb a Somkő-tető I. és II. lencsékben: 17 és 12%. További tizenegy lencsében 10%-nál kisebb a részaránya, tíz lencsében pedig egyáltalában nincs jelen.

Szürke pirites–markázitos bauxit és agyagos bauxit még az előzőnél is ritkábban fordul elő és a lencsék legfelső részére korlátozódik. Összesen kilenc lencsében található 1–10% mennyiségben. Legtöbb a VII., VIII. és az Északi lencsében, tehát ott, ahol a lencsétet szürke pirites agyag és szenes agyag fedi (3. táblázat).

A sötétvörös *alumíniumdús ferrit* összesen hét lencsében fordult elő, maximum 1%-nyi mennyiségben. Egy részük pirites bauxit epigenetikus oxidációja révén jött létre, tehát helyben keletkezett vékony vaskéreg ezek. Ilyenek találhatók az északnyugati I. és II, valamint a VIII. lencse felső részében. A többi valószínűleg egykori laterites vaskéregdarabok törmelékese felhalmozódása révén jött létre. Az I–II., X. és XI. lencsében fordulnak elő.

Négy lencsében elvéve vékony *dolomit-törmelékese közbetelepüléseket* találtak, legtöbbet a XVI. lencsében. (7%). A halimbai előfordulás délnyugati részén nagy vastagságban előforduló mészkő és dolomit *konglobreccsa* és *karbonát-aleurolit* a malom-völgyi előforduláson nem található

A lencsékben meglepően azonos a kőzetfajták mélység szerinti elrendeződése. Az alábbi sorrend a leggyakoribb:

0,5–2 m	sárga, sárgásfehér és tarka bauxit és agyagos bauxit(„felső övezet”)
0,1–0,2 m	sötét rozsdavörös vaskéreg (alumíniumdús ferrit)
1–3 m	rozsdavörös és téglavörös bauxit függőleges sárgás erekkel és foltokkal
1–7 m	rozsdavörös bauxit, lefelé agyagos bauxitba megy át
1–3 m	világos téglavörös, rózsaszínű bauxitos agyag, ritkábban kaolinos agyag

3. táblázat. A kőzetfajták relatív gyakorisága az egyesített bauxit és agyagos bauxit sorrendjében

Lencsék	Bauxit és agyagos bauxit	Bauxitos agyag	Agyag	Szürke bauxit	Al-dús ferrit	Dolomit-törmelék
VI.	100	0	0	0	0	0
IV.	82	18	0	0	0	0
X.	73	20	7	0	1	0
I–II.	63	33	2	1	1	0
Kab-hegy I.	59	41	0	0	0	0
XVI.	54	37	2	0	0	7
XV.	53	46	1	0	0	0
V.	52	46	0	2	0	0
XI.	52	43	2	0	1	1
XVIII.	51	49	0	0	0	0
XII.	49	51	0	0	0	0
III.	44	53	1	1	1	0
VIII.	43	46	3	7	1	0
XIII.	35	65	0	0	0	0
XIV.	26	70	4	0	0	0
VII.	21	69	0	10	0	0
IX.	20	77	0	3	0	0
XVII.	17	82	0	0	0	1
Somkő I.	8	79	12	1	0	0
Észak	3	89	1	7	0	0
ÉNy II.	2	93	3	0	1	1
ÉNy I.	0	89	8	2	1	0
Somkő II.	0	83	17	0	0	0

A bauxitfajták szövete és szerkezete

A malom-völgyi bauxitbányászat kezdetétől annak befejezéséig rendszeresen látogattam a külfejtéseket és mélyműveléseket, fényképeztem, szelvényeket szerkesztettem szöveti leírással és több mint száz mintát vettem. Ezek jelenleg a Természettudományi Múzeum Ásványtárában vannak elhelyezve. A bauxitfajták szövetét e dokumentációk alapján ismertetem, mégpedig a fenti közettani szelvény szerint felülről lefelé haladva.

A telepek „felső övezetnek” nevezett legfelső része tehát igen változatos világos sárga, sárgásbarna, krémszínű, szürkésfehér és tarka bauxitból, valamint agyagos bauxitból áll. A XII. lencsében világos húsvörös bauxit is előfordult. Többnyire közepesen kemény, porózus, földes megjelenésű. Ritkábban igen kemény, tömött, kagylós törésű. Túlnyomóan pelitomorf szövetű. A II. lencse mélyművelésében a narancssárga bauxitban 1–3 cm-es sötétvörös, vasdús konkréciákat figyeltem meg (10. ábra). Ugyanitt a sárga bauxitban több helyen 1–5 cm-es hófehér, laza porhanyós gibbsitkiválásokat figyeltem meg (11. ábra). A mélyművelés más részein e szint felső részén 0,5–1 cm átmérőjű, függőleges barna képződményeket észleltem, amelyek lefelé fokozatosan kimaradtak (12. ábra). Ezeket egykori gyökerek maradványaiként értelmezem. Hasonlókat a XI. lencse felső övezetében is megfigyeltem. A X. lencsében elvékony vékony kalciterek is előfordultak. A XII. lencsében néhány cm-es gipszkiválásokat találtam, sőt egy helyen pirit utáni goethit-pszeuomorfózát figyeltem meg. A XII. lencsében egy helyen, az övezet legalján 0,5–2 cm-es koromfekete kiválásokat észleltem, laza, salakszerű felépítéssel. Ezek oldalirányban maximum fél méterre terjedtek ki. Megjelenésük alapján litioforitnak tartom őket (13. ábra).

E „felső övezet” alján többnyire 10–20 cm vastag, sötét rozsdavörös „vaskéreg” helyezkedik el. Összetételét tekintve ez alumíniumdús ferit. Helyenként összefüggő réteget alkot, másutt meg-megszakított, sőt egyes helyeken teljesen kimarad. A XVI. lencsében egyáltalában nem fordult elő. Többnyire sima, ritkábban hullámos felületű. Váltakozóan tömött, vagy salakos–likacsos szerkezetű. Főleg hematitból és goethitből áll.

Megjelenése és a fent leírt kiválások alapján azt gondolom, hogy a bauxitlencséknek ez a legfelső része korábban piritos bauxit és agyagos bauxit volt. Az utólagos kiemelkedés nyomán a felülről leszivárgó oxigéndús talajvíz oxidálta a piritet és a markazitot. A vas nagyobb része oldatba ment és az egykori talajvízszinten kicsapódott. Így jöhetett létre a fent említett vaskéreg. A gipsz, kalcit, gibbsit és litioforit kiválások is ennek az epigenetikus folyamatnak a termékei. Vékonyabb, vagy vastagabb formában a felső övezet minden egyes bauxitlencse legfelső részén megvan, Csak a másodlagosan áthalmozott bauxit felett marad ki.

A felső övezet alatt a lencsék legnagyobb része rozsdavörös és téglavörös bauxitból és agyagos bauxitból áll, melynek felső 1–3 méter vastag részén okkersárga és rózsaszínű, közel függőleges erek figyelhetők meg. Felülről lefelé haladva az erek kivékonyodnak, majd teljesen kimaradnak. A vörös és a sárga színű részek egyaránt pelitomorf és mikro-törmelékeny szövetűek, elvétele 1–3 mm átmérőjű pizoidokkal. A bauxit porózus, földes megjelenésű, ritkábban kemény és tömött. A sárga és a vörös színű részek határa éles. Véleményem szerint a lefelé szivárgó savas kémhatású oldatok oldották ki a bauxit vastartalmát és szállították el lefelé. Ahogy az oldatok semlegesedtek, úgy szűntek meg fokozatosan a függőleges sárgás erek. Megerősíti ezt a véleményemet, hogy a X. lencse külfejtésének keleti szélén a vörös sárgaeres bauxitban vékony gipszereket találtam Ezen felül a II. lencse mélyművelésében a rozsdavörös bauxitban 10–20 cm átmérőjű rózsaszínű és sárgásfehér, gumós alunitkiválásokat észleltem.

A bauxitban többnyire 3–10 mm átmérőjű *bauxitkavicsok* is előfordulnak. Világos téglavörös alapanyagban sötétbarna gömbszemcsékből (lásd BARDOSY 1982) és pizoidokból állnak (1. fénykép). A környező pelitomorf bauxittól élesen elkülönülnek. Főleg a vörös és rózsaszínű, sárgaeres bauxit felső 1–3 méterében fordulnak elő. Egyes lencsékben méretük a 10–30 cm-t is eléri. Koptatottak, gömb-, vagy ellipszoid alakúak. Számos gömbszemcsében mikroszkóppal száradási repedések figyelhetők meg, melyeket gibbsit tölt ki (2. fénykép). Ritkábban kettétört gömbszemcsék is előfordulnak (3. fénykép). A legtöbb ilyen bauxitkavicsot a X. lencsében, valamint a XI. és XII. lencse déli részében észleltem. Többnyire rétegesen helyezkednek el (14. ábra), ritkábban szabálytalan elrendezésűek. E bauxitkavicsok a X. lencsében a felső övezetben is előfordulnak néhány helyen. Ugyanakkor a Malom-árokától nyugatra levő kisebb lencsékben csak elvétele találtam bauxitkavicsokat. Összességében úgy tűnik, hogy a legtöbb és legnagyobb bauxitkavics az előfordulás középső lencséiben, az előfordulás délkeleti oldalán fordul elő.

A bauxitkavicsok többsége kézzel szétnyomható. Ez lehetővé tette a gömbszemcsék és pizoidok méretének megmérését. Az I. lencse külfejtéséből két nagyobb bauxitkavics anyagát mértem meg és a következő eredményt kaptam: Az első kavicsban 1150, a másodikban 784 gömbszemcsét és pizoidot találtam. Méretük eloszlása a következő:

	1. kavics	2. kavics
1–2 mm	1,7%	1,9%
2–3 mm	40,3	5,0
3–4 mm	56,3	34,2
4–5 mm	1,7	48,2
5–6 mm	–	9,7
6–7 mm	–	1,0

Tehát egy szimmetrikus, a normálishoz közel álló eloszlásról van szó. A kavicsok alapanyaga oly kevésbé kemény, hogy hosszabb szállítást nem tudok elképzelni, néhány kilométerről lehetett csak szó, délkelet felől. Az hogy a kavicsokban miért dúsulnak fel ennyire a gömbszemcsék és pizoidok nyitott kérdés.

A vörös, sárgaeres bauxit alatt egységesen rozsdavörös színű bauxit következik, alsó részén agyagos bauxittal. Főként pelitomorf szövetű. A fent leírt bauxitkavicsok csak igen ritkán fordulnak elő benne és a fent leírt konkréciók sincsenek jelen.

A bauxitlencsék legalja 1–3 vastag bauxitos agyagból, ritkábban kaolinos vörös agyagból áll. Színük világosabb: világos téglavörös, lilás, rózsaszínű. Szövetük pelitomorf, földes megjelenésűek. A fekü dolomit határán többnyire nincsenek a más előfordulásokon gyakori kérgesödések és kiválások. A II. lencse mélyművelésében az egyik vágatban a dolomit határán 5–10 cm vastag barnásfekete lencsés kiválásokat észleltem. Ezeket a vas és mangán feldúsulása jellemzi. Maga a dolomit közvetlenül a bauxit alatt porlódo és helyenként mangánkiválásoktól szürkére színeződött. A X. lencse külfejtésében helyenként másodlagos sugaras, rózsás kalcit kiválásokat figyeltem meg a dolomit felszínén.

Külön kell szólnom a másodlagosan áthalmozott bauxitról és agyagos bauxitról, amely ott található, ahonnan az eocén fedőrétegek lepusztultak. Vörös színűek és jellegzetes durvatörmelékés felépítésűek. Az alig koptatott, szögletes törmelékdarabok főként jó minőségű kemény, pelitomorf bauxitból állnak, míg az alapanyag lazább agyagos bauxit és bauxitos agyag (4. fénykép).

Az öszszlet fő és járulékos kémiai komponensei

A bauxitöszszletből a fúrásos kutatás során rendszeresen mintákat vettek 0,5 és 1,0 méter mélységközönként. Ritkábban 0,1–0,5 méteres mélységközöket is megmintáztak, ha a bauxitban makroszkópos változásokat észleltek. A mintákat megelemezték az öt fő komponensre: Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, TiO₂ és izzítási veszteség. Az elemzések zöme nedves kémiai módszerekkel készült. 2000 után a sorozatelemzéseket az Al₂O₃ és a SiO₂ meghatározására korlátozták, mégpedig neutronaktivációs módszerrel. A szorosan vett bauxitból kisebb számban CaO, MgO, CO₂, összes kén S-ben, P₂O₅ SO₃ és MnO meghatározások is történtek.

A vegyelemzéseket a zárójelentéssel lefedett területrészeken mellékletben közölték. A zárójelentések területén kívül elszórtan talált bauxitos agyagot, ritkábban agyagos bauxitot is megelemezték. Ezeket az elemzéseket is feldolgoztam. Az elemzések kiválogatásában VARGA Gusztáv értékes segítséget nyújtott. Mindezeket az adatokat számítógépes adatbázisban helyeztük el. Több mint 12 000 rekord került így feldolgozásra, ami 60 000 numerikus adatnak felel meg.

„A magyar bauxit geokémiai vizsgálata” című monográfiámban (BÁRDOSY 1961) a malom-völgyi előfordulás addig megismert lencséit együtt értékeltem az öt fő komponensre. Összesen 1087 db öt komponenses elemzés került kiértékelésre. Ennek során az egész bauxitöszszletet egységesen értékeltem. Ez az öszszlet egészéről áttekintést adott, de nem tette lehetővé az egyes bauxitos kőzetfajták öszszetételének megismerését. Mostani monografikus feldolgozásom során minden egyes kőzetfajtaát vegyi öszszetétel tekintetében külön értékeltem. Ezen felül igyekeztem a *mérettartomány hatást* is figyelembe venni. A halimbai előfordulás feldolgozása során ugyanis azt tapasztaltam, hogy a bauxitlepek felépítésében a mérettartomány hatásnak is komoly szerepe van, mégpedig a lencsék, az egyes fúrások és a mintavételi intervallumok szintjén.

A 23 lencsét és részterületet statisztikailag külön értékeltem, melynek során kiszámítottam fő statisztikai mutatóikat.

Ezen felül sűrűségfüggvényeket is szerkesztettem. Figyelmet fordítottam a *kiütő értékekre* is. Ezek egy része elemzési, vagy adatrögzítési hibákból származott, amiket ki lehetett küszöbölni. Más részük valós földtani folyamatok révén jött létre. Igyekeztem ezek okait felderíteni. A vegyi öszszetétel átmeneteinek értékelésére *fuzzy számokat* szerkesztettem, amelyek jól szemléltetik az átfedések mértékét.

A következőkben előbb kémiai komponensenként mutatom be a kapott eredményeket, majd a komponensek közötti kapcsolatokat értékelem. Első lépésként a lencsék bauxitjának súlyozott átlagos öszszetételét mutatom be az Al₂O₃-tartalom csökkenő sorrendjében (4. táblázat).

4. táblázat. A lencsék bauxitjának súlyozott átlagos öszszetétele

Lencsék	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. vesz.	Modulus	Átlagos vastagság
III.	48,0	7,0	19,5	1,9	22,7	6,9	1,7
I–II.	47,8	3,8	*23,2	*1,7	23,7	12,6	3,9
IV.	47,7	5,7	25,2	2,0	18,8	8,4	4,8
XI.	47,4	4,8	22,6	*2,1	21,0	9,9	3,8
XIV.	47,0	6,4	22,9	2,1	18,8	7,3	2,2
XV.	46,4	7,6	22,6	2,2	19,4	6,1	2,4
XVIII.	*46,2	6,6	21,1	1,9	22,7	7,0	2,5
XII.	46,0	6,1	*24,3	2,3	20,4	7,5	3,1
XIII.	45,4	7,9	*22,9	2,0	21,0	5,7	2,9
XVI.	44,9	5,2	21,2	*1,9	24,5	8,6	3,3
VI.	44,6	4,7	26,1	2,1	22,5	9,5	3,5
X.	43,8	4,4	24,8	*1,6	23,0	10,0	6,8
V.	43,1	4,2	23,8	1,6	23,6	10,3	1,4

*Tukey–féle robusztus átlag (“maximum likelihood estimator”)

Al_2O_3 -tartalom

A szorosan vett bauxit vastagsággal súlyozott lencsénkénti statisztikai mutatói az 5. táblázaton láthatók. Ezekhez a számokhoz szükségszerűen több-kevesebb hiba tartozik. Az első az elemzések *analitikai hibája*, amely nedves elemzés esetében az Al_2O_3 -ra $\pm 0,5\%$ (1955 előtt az engedélyezett hibahatár $\pm 2,0\%$ volt). A második hibaforrás az *átlag standard hibája*, amely az elemzések számától és az eloszlás változékonyságától függ. Ennek nagysága az Al_2O_3 esetében lencsénként $\pm 0,2$ -től $1,5\%$ -ig terjedt. Legnagyobb az V. lencsében, ahol csak két fúrás három mélységközében találtak

5. táblázat. A bauxit Al_2O_3 -tartalmának fő statisztikai mutatói

Lencse	Átlag	Konfidencia intervallum	Min.	Max.	Módusz	5% trim. átlag	Medián	Szórás	Relatív szórás %	Lapultság	Ferdeség
I-II.	47,8	2,5	37,8	64,2	47-48	47,8	47,9	3,7	7,7	+2,56	+0,38
III.	48,0	5,3	35,4	60,2	47-48	48,1	47,8	5,4	11,2	+0,67	-0,21
IV	47,7	6,0	30,4	65,7		47,4	48,5	6,1	12,8	+4,74	+0,62
V.	43,1		41,1	44,6	43			1,7	7,4		+0,24
VI.	44,6		38,8	46,8	46-47						
X.	43,8	0,8	36,2	51,8	43-44	43,9	43,9	2,6	6,0	+2,79	-0,83
XI	47,4	1,0	38,0	56,4	45-46	47,4	46,9	3,6	7,5	-0,22	+0,34
XII.	46,0	2,1	31,9	54,8	46-47	46,3	46,7	4,4	9,5	+1,74	-1,04
XIII.	45,4	2,3	43,6	46,9		45,4	45,1	1,1	2,4	-0,69	+0,49
XIV.	47,0	44,4	50,1					2,3	4,8		
XV.	46,4	2,0	39,3	52,1	40-41	46,4	45,9	2,7	5,8	-0,25	0,30
XVI.	44,9	0,6	36,5	55,1	44-45	45,0	44,9	2,5	5,5	2,70	-0,47
XVII.	*46,2	4,5	35,7	48,0	46-47	44,9	46,0	3,5	7,8	+1,97	-1,62

*Tukey-féle robusztus átlag ("maximum likelihood estimator")

bauxitot és a XVIII. lencsében, ahol öt fúrásban volt bauxit ($\pm 1,0\%$). Az átlagérték további hibaforrása lehet az *eloszlás jellege*, hiszen egy átlag csak akkor torzításmentes, ha az eloszlás szimmetrikus, vagy közel szimmetrikus. Kiértékelésem során azokat az eloszlásokat tekintettem legalább közel szimmetrikusnak, ahol a statisztikai ferdeség (skewness) 1,0-nél kisebb. Ezt minden egyes átlagra kiszámítottam, lásd az 5. táblázatot. 1,0-nél nagyobb ferdeség esetében robusztus becslőket alkalmaztam. Az SPSS programcsomag erre többféle lehetőséget nyújt. Közülük a Tukey-féle becslő (maximum likelihood estimator) bizonyult legalkalmasabbnak. Az ötödik és a soron következő táblázatokban csillaggal feltüntettem, ahol a szokásos átlag helyett ez a robusztus becslő szerepel. Az Al_2O_3 esetében egyedül a XVIII. lencsében találtam a megengedettnél nagyobb ferdeséget ($-1,62$) és ezért itt a Tukey-féle becslőt vettem figyelembe. A különbség szignifikáns: az eredeti átlag $44,6\%$, a robusztus átlag pedig $46,2\%$

A lencsék átlagos Al_2O_3 -tartalma nem sokkal különbözik egymástól. A legnagyobb és a legkisebb lencse átlag között csak $4,9\%$ a különbség. Az előfordulás középső részén, az I-II., III. és a IV. lencsékben a legnagyobb ($47,7$ – $48,0\%$) és az V. lencsében a legkisebb ($43,1\%$) (5. táblázat). Ezek az átlagok jóval kisebbek a halimbai részterület átlagainál, amelyek $47,7$ -től $56,0\%$ -ig terjedtek. Az egész malom-völgyi előfordulás átlaga $46,0\%$ szemben a halimbai előfordulás $54,5\%$ -os átlagával. A kisebb alumíniumtartalom oka az itteni bauxit túlnyomóan gibbsites ásványtani felépítése.

A súlyozott átlagon felül az 5% -al kétoldalt csökkentett eloszlás átlagát is kiszámítottam (trimmed mean). Ez a lencsék többségében alig különbözik a súlyozott átlagtól. Azt jelzik, hogy kiütő értékek nem befolyásolták az átlagokat. Kiszámítottam továbbá a *mediánt* is, amely ugyancsak a súlyozott átlag közelében helyezkedik el (lásd az 5. táblázatot).

Kiszámítottam a lencse átlagok *konfidencia intervallumát* is a 95% -os konfidencia szintre. Ez igen jó áttekintést ad az átlagok megbízhatóságára. Többségük $0,6$ és $2,5\%$ között mozog. Csak a III., IV. és XVIII. lencsékben nagyobb ennél: $4,5$ – $6,0\%$. Ezekben a lencsékben a legnagyobb az alumíniumtartalom *változékonysága* és a fúrások száma is csekély. A *szórás* (standard deviation) is jó mutatója az eloszlás változékonyságának. Ez a mutató az Al_2O_3 esetében $2,5$ és $6,1\%$ között mozog. Kifejezőbb ennél a *relatív szórás*, amely a II. és IV. lencsékben a legnagyobb $11,2$, ill. $12,8\%$. A többi lencsében ez a mutató csak $2,4$ – $9,5\%$. Mindez viszonylag kismértékű változékonyságra utal.

A *fúrásoként* számított átlagok a méréshez következőben nagyobb intervallumra terjednek ki, többnyire 47 és 50% között helyezkednek el, de a boehmites bauxitban 50 – 55% -ot is elérhetnek.

A *mintavételi intervallumok* elemzése alapján *gyakorisági hisztogramokat* szerkesztettem. Az eocén rétegekkel fedett lencsékben a hisztogramok egy maximumosak és közel szimmetrikusak. A leggyakoribb intervallum (módusz) igen közel van a súlyozott átlaghoz. Ez látható az I-II., X. és XI. lencsék hisztogramjain (15. ábra). A hisztogramoknak megfelelő normál eloszlást jelző görbék a Gauss-eloszláshoz közel álló eloszlást mutatnak. Ezt jelzi a *lapultsági együttható* (kurtozis) is, amit az 5. táblázaton szintén feltüntettem. Normális eloszlás esetén a lapultság zérus, lapultabb eloszlás esetében negatív, hegyesebb esetében pedig pozitív előjelű. A lencsék többségében az eloszlás a normálisnál hegyesebb.

Az előfordulás délnyugati részén levő, eocénnel csak részben, vagy egyáltalában nem fedett lencsékben két maximum figyelhető meg. Így a XVI. lencse esetében a bauxitra jellemző fő maximumtól balra egy kisebb maximum jelenik meg 36-tól 42%-ig terjedő Al_2O_3 -tartalommal (16. ábra, A). Ezt az eocén fedő lepusztulását követő rezsilifikációval magyarázom. A XV. lencse esetében az eocén fedő csak a lencse északi részén maradt meg. A hisztogramon egy kisebb maximum jelzi az eredeti bauxitot, míg a nagyobb maximum szerintem a rezsilifikáció hatását tükrözi (16. ábra, B). Végül a XVIII. lencséről teljesen lepusztult az eocén fedő. Az Al_2O_3 eloszlás itt két részre szakadt: A nagyobb maximumú 46 és 49,7% között helyezkedik el. A kisebbik 36 és 43% között helyezkedik el, majdnem teljesen egyenletes eloszlással. Ez szerintem az utólagos rezsilifikáció következménye (16. ábra, C)

A mintavételi intervallumokban észlelt *legkisebb és legnagyobb alumíniumtartalom* az Al_2O_3 eloszlás szélső értékeinek felel meg. A legtöbb lencsében 35 és 40% között vannak a legkisebb értékek. Ezek egyrészt vékony — de külön megelemezett — agyagos bauxit-közbetelepülések a bauxitban, másrészt olyan bauxitok, amelyekben erősen feldúsult az Fe_2O_3 , tehát átmenetek az alumíniumdús ferrit felé. Ezek is csak egy-egy elemzési intervallumban észlelhetők, vastagabb réteget nem alkotnak.

Három olyan lencse van, ahol egyes intervallumokban a bauxit maximális Al_2O_3 -tartalma meghaladja a 60%-ot. A legnagyobb a IV. lencsében 65,7%! Ez a H-41-es furás legalján található 0,5 méteres intervallum kis kovásv tartalmú boehmites bauxit, amit 11,0%-os izzítási vesztesége jelez. Hasonló helyzetű a következő szélső érték, a I-II. lencse legalján, a H-35-ös fúrásban. Itt egy mélységközben 64,2% az Al_2O_3 -tartalom. Ez is kis izzítási veszteségű boehmites bauxit, csak 13,1% Fe_2O_3 -tartalommal. A harmadik ilyen magas szélső érték a III. lencse H-1649 számú fúrásában fordult elő 60,2% Al_2O_3 -tartalommal. Ez is boehmites bauxit kis izzítási veszteséggel, de nem legalul, hanem a telep felső részén található, 0,4 m vastagságban. Véleményem szerint ezek a minták a bauxit felhalmozódásakor már ezzel az összetétellel kerültek jelenlegi helyükre. A többi lencsében lényegesen kisebbek a bauxit Al_2O_3 -tartalmának felső szélső értékei: 47-től 56%-ig terjednek.

A vegyelemzéseket a kőzettani leírásokkal összevetve azt tapasztaltam, hogy a lencsék legfelső részén levő sárga és krémszínű bauxitban a legnagyobb az Al_2O_3 -tartalom (45–56%), amelyekben igen kicsiny a vastartalom. Az alatta levő vaskéregben ez 25–30%-ra csökken. A téglavörös, sárgaeres bauxitban 47–54%, az alatta következő rozsdavörös bauxitban pedig a gibbsit-boehmit aránytól függően 42–49% az Al_2O_3 -tartalom. Az alumíniumtartalom tehát a bauxitban felülről lefelé haladva csökken.

Korrelációs számítást is végeztem a lencsénkénti átlagos bauxitvastagság és az Al_2O_3 -tartalom között. A 17. ábrán látható diagram szerint nincs érdemi korreláció e két változó között. A halimbai előfordulás esetében sem észleltem kapcsolatot (lásd a monográfia 19. ábráját).

A szorosan vett bauxitot kísérő bauxitos kőzetek vegyi összetételét is kiértékeltem az összes megelemezett minta alapján. Az *agyagos bauxit* lencsénkénti súlyozott átlagait a csökkenő Al_2O_3 -tartalom sorrendjében az 6. táblázatban mutatom be. Itt 19 egység szerepel, mert hat lencsében nem volt szorosan vett bauxit. A sorrend a bauxitéhoz hasonló, azzal a különbséggel, hogy az átlagos Al_2O_3 -tartalom 4–6%-al kevesebb. Figyelmet érdemel a Somkő-tető I. lencse viszonylag magas Al_2O_3 -tartalma (42,4%). A legnagyobb és legkisebb lencseátlag között 7,8% a különbség. A szorosan vett bauxitnál ez a különbség 7,2% volt. A legnagyobb átlagos Al_2O_3 -tartalmú agyagos bauxit az előfordulás csapásmenti középső lencséiben található, hasonlóan a szorosan vett bauxithoz (42–43%).

A *bauxitos agyag* lencsénkénti súlyozott átlagai ugyancsak csökkenő sorrendben a 7. táblázatban láthatók. Az átlagos Al_2O_3 -tartalom az agyagos bauxitnál 3–5%-al kisebb. A legnagyobb és a legkisebb átlag közötti különbség csak 4,2%, ami e bauxitos kőzet-fajta kisebb változékonyságát jelzi. Genetikai szempontból figyelemre méltó az a körülmény, hogy azokban a lencsékben a legkisebb a bauxitos agyag átlagos Al_2O_3 -tartalma, amelyek sem bauxitot, sem agyagos bauxitot nem tartalmaznak.

Öt olyan bauxitlencse van (I-II., III., X., XI. és az északnyugati), amelyben néhány mélységközben *alumíniumdús ferrit* található. Ezekben az Al_2O_3 -tartalom többnyire csak 20–30%. A mintavételi intervallumok-

6. táblázat. A lencsék agyagos bauxitjának súlyozott átlagos összetétele

Lencse	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Izz. veszt.	Modulus
III.	43,4	14,9	19,2	1,7	20,0	2,9
XV.	43,2	15,1	20,4	1,9	17,8	2,9
IX.	43,0	18,2	18,0	1,6	17,4	2,4
XIII.	42,7	15,7	18,9	1,8	18,2	2,7
VIII.	42,6	15,8	22,9	1,8	15,5	2,7
Somkő I.	42,4	16,9	20,8	2,0	15,9	2,5
I-II.	42,2	15,5	21,8	1,6	19,0	2,7
XII.	42,1	15,2	20,3	1,9	18,7	2,8
IV.	42,0	14,1	23,2	1,7	19,0	3,0
XI.	41,9	16,0	19,9	1,9	18,5	2,6
XIV.	41,7	15,8	20,6	1,8	17,8	2,6
XVI.	40,9	14,3	18,3	1,9	21,5	2,9
Kab-hegy I.	40,8	15,3	20,3	2,0	18,8	2,7
XVIII.	40,6	16,2	18,4	1,8	19,8	2,5
V.	39,9	16,6	19,3	1,5	20,2	2,4
XVII.	39,8	16,5	22,7	1,9	17,2	2,4
VII.	39,6	16,4	19,3	1,6	20,4	2,4
X.	38,5	15,0	21,3	1,6	20,5	2,6
ÉNy II.	35,6	17,7	16,5	2,0	17,4	2,0

7. táblázat. A lencsék bauxitos agyagjának súlyozott átlagos összetétele

Lencse	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. veszt.	Modulus
V.	38,2	22,8	17,1	1,5	18,0	1,7
I–II.	38,0	26,8	18,4	1,4	15,7	1,4
XVIII.	37,7	23,3	16,5	1,6	17,8	1,6
XII.	37,3	25,9	17,7	1,6	16,0	1,4
XV.	37,3	26,1	15,9	1,5	15,1	1,4
III.	37,2	26,8	17,0	1,4	16,3	1,4
XI.	37,1	24,8	16,2	1,6	16,4	1,5
IX.	37,0	26,9	17,7	1,4	15,1	1,4
VII.	36,8	26,1	17,0	1,5	16,7	1,4
XVI.	36,6	26,2	13,2	1,6	18,2	1,4
XIV.	36,4	27,2	17,8	1,6	14,9	1,3
VIII.	36,3	25,5	20,7	1,4	14,6	1,4
ÉNy II.	36,3	29,4	16,0	1,3	15,2	1,2
IV.	36,1	32,0	15,1	1,4	15,4	1,1
XVII.	35,8	27,3	18,2	1,6	15,3	1,3
ÉNy I.	35,7	31,5	14,6	1,3	14,4	1,1
XIII.	35,6	27,6	15,0	1,6	13,5	1,3
Észak	34,9	29,1	17,3	1,5	15,2	1,2
Somkő I.	34,7	28,8	17,1	1,5	14,8	1,2
Somkő II.	34,2	30,5	16,1	1,4	14,8	1,1
Kab-hegy I.	33,8	28,1	n.e.	n.e.	n.e.	1,2
X.	32,6	28,5	17,2	1,4	16,6	1,1

(n.e. = nincs elemzés)

3,8% és legnagyobb a XIII. lencsében 7,9%. A legkisebb és legnagyobb érték különbsége tehát csak 4,1%. Összességében az előfordulás csapás menti közepén levő három lencse SiO₂-tartalma a legkisebb: 4–6% (I–II., VI., X.). Ezeket teljes egészében eocén rétegek fedik megvédvé őket az utólagos reszilizifikációtól.

A bauxit lencsénkénti átlagos modulusa 12,8 és 5,7 között mozog, ami a timfölddé váló feldolgozás szempontjából kedvező, de lerontja ezt a viszonylag kis átlagos Al₂O₃-tartalom. Az egész előfordulásra számított átlagos modulus 7,9 (lásd a 4. táblázatot).

A „trimmed” átlag és a medián néhány tized százalékkal kisebb a súlyozott átlagnál, ami az eloszlás aszimmetriájának a következménye.

A SiO₂ lencseátlagokra is kiszámítottam 95%-os konfidencia szintre a *konfidencia intervallumokat*. A nagyobb, több fúrással megkutatott lencsék esetében ez 0,7–1,4% között mozog, a kisebbeknél 3,9%-ra is megnőhet. Az átlagok bizonytalansága tehát a nagy lencsékénél a legkisebb.

A SiO₂-tartalom *változékonyságát* fejezi ki a *szórás*. Ez viszonylag szűk határok 1,4 és 2,8% között mozog. Jóval kifejezőbb a *relatív szórás*, amely viszonylag magas: 23 és 61% között mozog. Érdekes módon legnagyobb a kis átlagos SiO₂-tartalmú lencsékben. (I–II., X., XI.).

ban nagy változékonyság észlelhető. Például a XI. lencsében négy fúrással volt alumíniumdús ferrit minimum 16,9 és maximum 33,3% Al₂O₃-tartalommal

SiO₂-tartalom

A szorosan vett bauxit vastagsággal súlyozott lencsénkénti statisztikai mutatói a 8. táblázatban láthatók. A SiO₂-tartalom meghatározásának analitikai hibája nedves analitikai módszer esetében 0,3%. Az átlagok standard hibája 0,2–0,8%. További hibaforrás lehet az aszimmetrikus eloszlás, amit a ferdeségi mutató jelez. A SiO₂ esetében a legnagyobb ferdeség +1,06, mégpedig az I–II. lencsében, a többiben pedig 1,0-nál kisebb. Ezért a ferdeségi korrekcióra nem volt szükség. A ferdeségi mutatók a XIII. és XV. lencse kivételével mind pozitív előjelűek, tehát a kis SiO₂ értékek felé aszimmetrikusak.

Az egész malom-völgyi előfordulás SiO₂ átlaga 5,8%. Ez lényegesen nagyobb, mint a halimbai előfordulás 4,2%-os átlaga. Legkisebb az I–II. lencse SiO₂ átlaga:

8. táblázat. A bauxit SiO₂-tartalmának fő statisztikai mutatói

Lencse	Átlag	Konfidencia intervallum	Min.	Max.	Módus	5% trim. átlag	Medián	Szórás	Relatív szórás %	Lapultság	Ferdeség
I–II	3,8	0,9	1,1	9,9	1,5–2,5	3,7	3,0	2,3	60,8	+0,41	+1,06
III.	7,0	2,5	2,4	14,8	5,5–6,5	6,8	6,8	2,6	37,2	+1,72	+0,80
IV.	5,7	1,4	3,0	9,0	5,6	5,6	1,4	25,4	+0,21	+0,06	+0,06
VI.	4,7	3,6	5,6	5–6							
X.	4,4	0,7	0,9	15,0	5–6	4,3	4,2	2,4	53,9	+0,12	+0,56
XI.	4,8	0,8	1,1	12,7	1,5–2,0	4,7	4,2	2,6	55,2	–1,08	+0,48
XII.	6,1	1,2	1,6	10,9	4,5–5,5	6,1	5,8	2,5	40,8	–1,02	+0,11
XIII.	7,9	3,9	4,9	11,0	6–7	7,9	8,0	1,8	22,8	+2,09	–0,41
XIV.	6,4	3,8	9,6	6–7	1,9	29,5					
XV.	7,6	1,4	2,4	9,9	9–10	7,7	7,8	1,9	24,6	+0,34	–0,79
XVI.	5,2	1,0	1,4	10,0	7,5–8,5	5,2	5,2	2,4	46,2	–1,21	+0,09
XVII.	6,6	3,5	2,6	11,6	6–8	6,6	7,1	2,8	42,0	–1,04	+0,11

Az Al_2O_3 -tartalomhoz hasonlóan *fúrásonként* is kiszámítottam a bauxit SiO_2 -tartalmának átlagait. Az átlagok változékonysága a mérőhatás következtében nagyobb, mint a lencseátlagok esetében. A legkisebb fúrásátlagot a X. lencsében találtam, a H-1056-os fúrásban, ahol a 14,0 méter vastag bauxit SiO_2 átlaga csak 1,9% volt. Ez még a halimbai előfordulásban is a legjobbak közé tartozna. A legnagyobb SiO_2 átlagok ugyanakkor megközelítik az általam felvett 9,9%-os határt, elsősorban ott, ahol az eocén fedőrétegek részben, vagy teljesen lepusztultak.

A *mintavételi intervallumok* elemzése alapján szintén *gyakorisági hisztogramokat* szerkesztettem. A hisztogramok közel szimmetrikusak. A leggyakoribb intervallum (módusz) az I–II. és XI. lencse esetében 1 és 2% között van, az eloszlás bal szélén (18. ábra, A) A legtöbb eocénnel fedett lencsénél a módusz 4 és 7% között van és az eloszlás kevésbé egységes, mint az előbb említett két lencsénél (18. ábra, B). Az eocénnel csak részben fedett lencsénél széles határok között mozog a SiO_2 eloszlás és a módusz alig emelkedik ki a többi intervallumból (18. ábra, C). Végül a XV. lencse esetében a módusz az eloszlás jobb szélén van (9–10%) és a növekvő SiO_2 -tartalommal az intervallumok gyakorisága is egyértelműen nő (18. ábra, D). Ezt az eloszlást véleményem szerint a másodlagos rezsilifikáció hozta létre.

Az Al_2O_3 -hoz hasonlóan a SiO_2 eloszlás *lapultsági együtthatóját* is kiszámítottam. Ez a lencsék többségében pozitív előjelű, tehát az eloszlások a normálisnál csúcsosabbak. A XI., XII., XVI., és XVIII. lencsék viszont enyhén lapultak, mínusz 1,04–1,21 értékekkel.

A mintavételi intervallumokban a bauxitban észlelt legkisebb és legnagyobb SiO_2 értékeket lencsénként értékeltem. Legkisebb a X. lencsében fordult elő (0,9%), amit az I–II. és a XI. lencse követ 1,1%-al. Figyelemre méltó, hogy ezeket a lencsákat teljes egészében eocén fedő borítja. A többi lencsében 3–5% a legkisebb SiO_2 -tartalom.

A SiO_2 -tartalom vertikális eloszlása a legtöbb lencsében közel azonos. A lencsék tetején levő sárga és krémszínű bauxitban 3–6%, az alatta levő vaskéregben pedig 2–6%. A téglavörös, sárgaeres bauxitban a legkisebb a SiO_2 mennyisége: 1–3%. Lefelé haladva a téglavörös bauxitban pedig fokozatosan 3-ról 9%-ra növekszik.

Kiszámítottam az *agyagos bauxit* lencseátlagait is, melyek a 6. táblázatban láthatók. Az átlagok közel állnak egymáshoz: 14,1-től 18,2%-ig terjednek. Kifejezett trend nem figyelhető meg e lencseátlagokban. A modulusok 2,0-tól 3,0 között helyezkednek el. Fontossága miatt a Kab-hegy I. lencse bauxitjának hisztogramját is bemutatom (19. ábra). Feltűnő, hogy az eloszlás két részre oszlik. Nagyobb, agyagosabb részének módusza 16–17%-nál van, míg kisebbik részében csak 10–13% a SiO_2 -tartalom. Ez már közel áll a szorosan vett bauxithoz!

A *bauxitos agyag* lencsénkénti átlagai a 7. táblázatban láthatók. Itt kissé nagyobbak a különbségek: 22,8-től 32,0%-ig terjednek. Azoknak a lencséknek, amelyek a legtöbb bauxitos agyagot tartalmazzák a legnagyobb a SiO_2 -tartalma. Pl. Északnyugat I. és II. lencsék, valamint a Somkő-tető I. és II. lencsék. Ez az eloszlás a bauxit-felhalmozódás geokémiai körülményeivel magyarázható, amelyekről a genetikai fejezetben szólok. Összehasonlítás céljából kiszámítottam a XIV. lencse bauxitos agyagjának gyakorisági hisztogramját. Az eloszlás egy maximumos enyhe pozitív — felfelé irányuló — aszimmetriával. Nincs érdemi különbség a lencse bauxitjának és bauxitos agyagjának gyakorisági eloszlása között.

Fe_2O_3 -tartalom

A *szorosan vett bauxit* statisztikai mutatóit a 9. táblázatban mutatom be A vas meghatározásának analitikai hibája nedves kémiai elemzés esetén $\pm 0,5\%$. Az átlagok standard hibája 0,3 és 0,6 között mozog. Az átlagszámítás további hibaforrása az eloszlás aszimmetriája, amit az előző két komponenshez hasonlóan a ferdeségi mutatóval határoztam meg.

9. táblázat. A bauxit Fe_2O_3 -tartalmának fő statisztikai mutatói

Lencse	Átlag	Konfidencia intervallum	Min.	Max.	Módusz	5% trim. átlag	Medián	Szórás	Relatív szórás %	Lapultság	Ferdeség
I–II.	*23,2	2,0	2,0	38,2	23–24	22,8	23,2	5,0	22,4	+3,91	–1,15
III.	19,5	6,1	6,6	33,5	23–24	19,5	21,0	6,3	32,2	+0,28	–0,37
IV.	25,2	2,6	18,0	29,1		25,4	25,6	2,6	10,4	+1,78	–1,17
VI	26,1		24,3	27,0	25–27						
X.	24,8	0,9	11,0	36,3	23–24	24,8	24,7	3,1	12,4	+5,34	+0,18
XI.	22,6	1,1	5,7	32,0	22–23	22,8	22,6	3,8	17,1	+2,04	–0,78
XII.	*24,3	2,2	4,9	32,8	23–24	23,7	23,9	4,7	20,1	+3,21	–1,47
XIII.	*22,9	2,1	20,9	23,4		22,5	22,7	1,0	4,3	+1,06	–1,39
XIV.	22,9		21,5	24,0				1,0	4,5		
XV.	22,6	2,1	10,5	28,7	22–23	22,7	22,4	2,9	12,7	+4,32	–0,99
XVI.	21,2	1,7	4,6	35,3	21–22	21,2	21,6	2,8	13,0	+11,35	–1,06
XVIII.	21,1	4,2	14,8	26,0	23–24	21,2	22,2	3,2	15,4	–0,86	–0,36

*Tukey-féle robusztus átlag ("maximum likelihood estimator")

Csupán három lencsében volt szükség ferdeségi korrekcióra a Tukey-féle robusztus átlag kiszámításával. A következő eredményeket kaptam:

I–II. lencse	22,5% helyett 23,2%
XII. lencse	23,3% helyett 24,3%
XIII. lencse	22,5% helyett 22,9%

A ferdeségi mutatók a X. lencse kivételével mind negatív előjelűek, tehát az eloszlás megnyúlása a kis vasértékek felé irányul.

Az egész malom-völgyi előfordulás Fe_2O_3 átlaga 23,1%, ami a halimbai előfordulás 24,8%-os átlagánál kisebb. Az egyes lencsék vas-átlagértékei lényegesen különböznek egymástól. Legkisebb a III. lencsében (19,5%) és legnagyobb a VI. lencsében 26,1%. Érdemi területi trendet a vasátlagok eloszlásában nem fedeztem fel. A trimmed átlag és a medián a negatív előjelű ferdeség miatt a súlyozott átlagnál többnyire néhány tizedszázalékkal nagyobb.

Kiszámítottam a lencseátlagokra vonatkozó *konfidencia intervallumokat*, mert ezek az átlagok megbízhatóságát szemléltetik. A lencsék többségében ez az intervallum szűk: 0,9 és 2,6% között mozog. A III. lencsében viszont 6,1% a XVIII.-ban pedig 4,2% a konfidencia intervallum szélessége. Az elemzett bauxitos mélységközők kis összesített hossza lehet szerintem az oka ennek a nagyobb bizonytalanságnak.

A vaseloszlás *változékonyságát* az előző két komponenshez hasonlóan első lépésben a *szórással* vizsgáltam. Ezek 1,0-tól 6,3%-ig terjednek. Legnagyobb a III. lencsében, ami a fent említett bizonytalanság másik oka lehet. Rendkívül eltérő a *relatív szórások* nagysága: a XIII. és XIV. lencsékben csupán 4,3, ill. 4,5%. A többi lencsében 10–22%, legnagyobb megint a III. lencsében 32,2%-al.

Fűrásonként is kiszámítottam a bauxit vastartalmának súlyozott átlagait. A mérhető következtében az átlagok változékonysága a lencseátlagoknál jóval nagyobb. Például a X. lencsében a legkisebb fűrásátlag 17,5% (H–1071 jelű fűrásban), a legnagyobb pedig 28,5% (H–1113 jelű fűrásban).

Az *elemzett mélységközőkre* vonatkozóan természetesen még nagyobb a változékonyság. Ez mind a legkisebb, mind a legnagyobb vastartalomnál megmutatkozik. Öt lencsében 2–6% a legkisebb vastartalmú intervallum, a többiben pedig 5-től 24%. Ezzel szemben a legnagyobb vastartalom minden lencsében nagyobb 23%-nál, hat lencsében pedig 32–38%. Legnagyobb az I–II. lencsében (38,2%).

Az eloszlások még részletesebb megismerésére *gyakorisági hisztogramokat* szerkesztettem. Ezek három csoportra oszthatók. Az elsőt az I–II., X., XV. és XVI. lencsék alkotják, nagy gyakoriságú, szűk maximummal. (20. ábra, A). Móduszuk az első három lencse esetében 23–24% között van, a XV. lencsében 22–23%, a XVI.-ban pedig 21–22%. Az utóbbiak kisebb móduszát utólagos vastalanodással magyarázom az eocén fedő részleges lepusztulása miatt. Jellemző az is, hogy mindegyik lencsében vannak igen kis gyakorisággal vasszegény és vasdús intervallumok. A második csoport hisztogramjai kevésbé egységesek, a fő módusz mellett kisebb helyi maximumok is jelentkeznek. Jó példa erre a III. lencse (20. ábra, B). Mindkét csoporttól eltér a XVIII. lencse kétmaximumos hisztogramja egy nagyobb gyakoriságú módusszal 23–24% között és egy kisebbel 18 és 20% között. Figyelmet érdemel, hogy a két maximum nem is függ össze egymással (20. ábra, C). Ismeretes, hogy a XVIII. lencséről lepusztultak az eocén fedőrétegek. Valószínű, hogy ezt követő epigenetikus geokémiai folyamatok hozták létre ezt a szokatlan eloszlást.

A vastartalom vertikális eloszlása az Al_2O_3 és SiO_2 -nél szabálytalanabb. A lencsék tetején levő sárga és halványlila bauxitban 5–10% az Fe_2O_3 -tartalom. A ritkábban előforduló sárgásfehér bauxit 2–3% Fe_2O_3 -at tartalmaz. Az alatta levő vaskéreg többnyire nem is bauxit, hanem alumíniumdús ferrit 35–45%-os vastartalommal. A téglavörös, sárgaeres bauxit 22–25%-os vastartalma a leggyakoribb és ezt fejezik ki a már értékelt móduszok is. Az alatta következő téglavörös bauxit viszonylag egységesen 20–23% Fe_2O_3 -at tartalmaz.

Alumíniumdús ferrit csupán hat lencsében ismeretes és azokban is 1%-ot nem meghaladó mennyiségben (lásd a 2. táblázatot). Ezekben a vas meghaladja az Al_2O_3 mennyiségét (31–61%). Alumíniumdús ferritet a halimbai előfordulás délkeleti részének fűrásaiban is találtam. Véleményem szerint az alumíniumdús ferrit az esetek többségében a lateritszelvények vaskéregének lepusztulásából származik és törmelékes formában került jelenlegi helyére. Alumíniumdús ferrit másodlagos folyamatok révén is létrejöhetett a közvetlen fedő szenes, pirites agyagjának és szürke pirit bauxitnak epigenetikus oxidációja révén. A kioldott vas lefelé szivárgott, vasdús fészkek és vaskéreg formájában csapódott ki.

Az *agyagos bauxit* lencseátlagait a 6. táblázat tartalmazza. A vastartalom a bauxiténál néhány százalékkal kisebb, 16,5 és 23,2% között váltakozik. A vasszegény és a vasdús bauxit aránya is kisebb. Példaként a XIV. lencse agyagos bauxitjának hisztogramját mutatom be 19 és 21% között elhelyezkedő, kiemelkedő módusszal (21. ábra).

A *bauxitos agyag* lencseátlagai a 7. táblázaton láthatók. Ez a kőzetfajta még kevesebb vasat tartalmaz. Legkisebb a XVI. lencse átlaga 13,2%-al és legnagyobb a VIII. lencse 20,7%-al. A vastartalom eloszlása itt a legegységesebb. Jó példa erre a XIV. lencse gyakorisági hisztogramja 55%-gyakoriságot elérő móduszával (22. ábra). A legtöbb lencsében a fekü határán 0,5–2 méter vastag, világos téglavörös bauxitos agyag található 10–15%-os Fe_2O_3 -tartalommal.

TiO₂-tartalom

A szorosan vett bauxit vastagsággal súlyozott statisztikai mutatói a 10. táblázaton láthatók. A TiO₂ meghatározás analitikai hibája nedves analitikai módszer esetében 0,2%. Ehhez jön még az átlagszámítás standard hibája, amely lencsénként 0,01 és 0,09% között mozog. További hibaforrás az aszimmetrikus gyakorisági eloszlás, amelynek mértékét

10. táblázat. A bauxit TiO₂-tartalmának fő statisztikai mutatói

Lencse	Átlag	Konfidencia intervallum	Min.	Max.	Módusz	5% trim. átlag	Medián	Szórás	Relatív szórás %	Lapultság	Ferdeség
I–II.	*1,7	0,2	1,1	3,9	1,4–1,6	1,9	1,8	0,5	25,9	+4,38	+1,94
III.	1,9	0,3	1,3	2,8	1,8–2,0	1,9	1,9	0,4	20,1	+0,70	+0,53
IV.	2,0	0,4	1,3	2,6		2,0	2,0	0,4	19,0	–1,24	–0,13
VI.	2,1		1,9	2,3	2,2–2,3						
X.	*1,6	0,1	1,2	3,0	1,5–1,6	1,7	1,6	0,3	15,9	+2,37	+1,18
XI.	*2,1	0,3	1,5	6,3	1,8–2,0	2,1	2,1	0,6	27,7	+28,2	+4,90
XII.	2,3	0,2	1,5	3,6	1,8–2,0	2,2	2,2	0,4	19,9	+0,91	+0,98
XIII.	2,0	0,2	1,8	2,1		2,0	2,0	0,1	5,0	+0,97	–0,79
XIV.	2,1		1,7	2,3				0,3	12,9		
XV.	2,2	0,1	1,7	2,6	1,8–2,0	2,2	2,1	0,2	10,7	–0,90	–0,01
XVI.	*1,9	0,1	1,5	3,7	1,8–2,0	2,0	1,9	0,3	13,5	+80,6	+1,20
XVIII.	1,9	0,2	1,7	2,2	1,8–2,0	1,9	1,9	0,1	7,9	+0,14	+0,76

*Tukey-féle robusztus átlag ("maximum likelihood estimator")

a ferdeségi mutatóval határozta meg (lásd a 10. táblázatot). Az aszimmetria négy lencse esetében haladta meg a megengedhető 1,0-es határt és ezeknél a korábbiakban már említett Tukey-féle robusztus átlagot vettem figyelembe. A következő eredményeket kaptam:

I–II. lencse	1,9% helyett 1,7%
X. lencse	1,7% helyett 1,6%
XI. lencse	2,2% helyett 2,1%
XVI. lencse	2,0% helyett 1,9%

A teljes malom-völgyi előfordulás TiO₂ átlaga 2,0%, ami kevesebb, mint a halimbai előfordulás 2,4%-os átlaga. A lencseátlagok 1,6%-tól 2,3%-ig terjednek. Legkisebb a X., legnagyobb a XII. lencsében, ami azért meglepő, mert ezek egymás szomszédai. A trimmelt átlag és a medián legfeljebb 0,1%-al különböznek a súlyozott átlagtól.

Az átlagok bizonytalanságát kifejező *konfidencia intervallumok* igen szűkek, 0,1-től 0,4%-ig terjednek. A TiO₂ eloszlás *változékonyságát* első lépésben a *szórással* vizsgáltam. Ezek is igen szűkek, 0,1%-tól 0,6%-ig terjednek. A *relatív szórások* ennél jóval nagyobb különbségeket mutatnak, 5,0%-tól 27,7%-ig terjednek. Legnagyobb a XI. lencse relatív szórása.

A mérhető megismerése céljából *fúrásoként* is kiszámítottam a bauxit súlyozott TiO₂ átlagait. Ezek változékonysága némileg nagyobb a lencseátlagokénál. Az *elemzett mélységközökre* még nagyobb a változékonyság, ami a legjobban a legkisebb és a legnagyobb titántartalommal jellemezhető (lásd a 10. táblázatot). A legkisebb TiO₂ érték a legtöbb lencsében 1,7–1,9%, csupán négyben 1,1–1,3%. Ezzel szemben a legnagyobb érték igen változó, 2,1-től 6,3%-ig terjed. Az utóbbit a XI. lencsében észleltem, a H–1264-es fúrásban. Itt a bauxit négy mélységközébe terjedt és ezek mindegyikében nagy a titántartalom. Legfelül 6,3%, ami lefelé 6,0%-ra csökken. Ugyanakkor a szomszédos, bauxitot is harántolt fúrásokban nem észleltem TiO₂ dúsulást, az egész lencsében egyetlen fúrás egyetlen mélységközében találtam 3,0%-ot meghaladó TiO₂-t (H–1292). Említést érdemel, hogy a halimbai előforduláson is volt egy fúrás, amelyben 4,7–4,9%-ra dúsult a bauxit TiO₂-tartalma (H–2286).

Tekintettel arra, hogy a bauxit fő kémiai komponensei közül a titán a legkevésbé mobilis csak a behordás egy véletlen szerű törmelékcs rutil-, vagy anatózszemcsék feldúsulására tudok gondolni.

Az eloszlások még részletesebb megismerésére *gyakorisági hisztogramokat* készítettem. A lencsék többségében szűk, nagy gyakoriságú módusszal jellemzett eloszlás található pl. III., X., XV., XVI. és XVIII. lencsékben (23. ábra, A). Néhány lencsében viszont igen kis gyakorisággal feldúsul a 3,0%-ot meghaladó TiO₂-tartalom, melynek legtipusosabb példája a fentiekben ismertetett XI. lencse (23. ábra, B). A *módusz* a legtöbb lencsében 1,8 és 2,0% között helyezkedik el. A *lapultság* (kurtozis) két lencse kivételével pozitív előjelű, tehát a gyakorisági eloszlások a normális eloszlásnál csúcsosabbak.

A TiO₂-tartalom a legtöbb fúrás bauxitjában felülről lefelé haladva fokozatosan csökken. A fent említett kiugróan nagy titántartalom is a bauxittest felső részén volt.

Az *agyagos bauxit* lencsénkénti átlagos TiO₂-tartalma a 6. táblázatban látható. Feltűnően egységes ez az összetétel, 1,5 és 2,0% között mozog. Az egész előfordulásra az átlag 1,8%, tehát kisebb, mint a bauxitban. Egyetlen fúrásban

találtam 3,0%-ot meghaladó titántartalmat és ez a XI. lencse fentiekben ismertetett H-1264-es fúrása. Ebben 6,5 méter vastag intervallumban 4,5-től 5,5%-ig terjedő TiO_2 -tartalmat jeleztek a vegyelemzések. Véleményem szerint a felhalmozódás a bauxitéhoz hasonlóan történt.

A *bauxitos agyag* titántartalmának lencsénkénti átlagai a 7. táblázatban láthatók. Ez is igen egységes, 1,3 és 1,6% között mozognak a lencseátlagok. Az egész előfordulásra 1,5% az átlag, tehát az agyagos bauxiténál is kisebb. Az összetétel eléggé egységes, nagy gyakorisággal jellemzett módusszal. Példaként az Északnyugat I. lencse TiO_2 hisztogramját mutatom be (24. ábra). Csupán néhány fúrásban észleltem egy-egy olyan intervallumot, ahol a TiO_2 -tartalom meghaladta a 2,5%-ot.

A malom-völgyi előfordulás lencséiben az *alumíniumdús ferrit* titántartalma a legkisebb, 0,7-től 1,5%-ig terjed. A lencsék legfelső részén található néhány centiméteres epigenetikus vaskéregben viszont 2–3% a TiO_2 -tartalom.

Izzítási veszteség

A hagyományos nedves vegyelemzések során rendszeresen meghatározták az izzítási veszteséget is. Ez a kémiaiilag kötött víz mellett magába foglalja a minta CO_2 - és SO_3 -tartalmát is. Ezért az olyan elemzéseket, melyekben feldúsult ez a két komponens $+\text{H}_2\text{O}$ -ra számítottam át. A következő értékelés tehát a kémiaiilag kötött vízre vonatkozik.

$+\text{H}_2\text{O}$ -tartalom

A szorosan vett bauxit vastagsággal súlyozott lencsénkénti statisztikai mutatói a 11. táblázaton láthatók. A vegyelemzések analitikai hibája 0,5%. Az átlagszámítás standard hibája pedig 0,2–0,8%. A gyakorisági eloszlások közel szimmetrikusak, a ferdeségi mutatók 1,03-nál kisebbek. Ezért a súlyozott átlagok reálisak, nem volt szükség a Tukey-féle robusztus átlagok alkalmazására.

A lencsék átlagos kötött víztartalma 18,8-től 24,5%-ig terjed. Ezek tehát átlagukban igazi trihidrátos (gibbsites) bauxitok, ami alapvető különbség a halimbai előfordulás boehmites bauxitjával szemben. Az egész malom-völgyi előfordulás átlaga pedig 21,5%

Az 5%-al csökkentett (trimmed) átlag és a medián a súlyozott átlaggal egybeesnek, vagy csak 1–2 tized százalékkal térnek el tőle.

Az átlagok *konfidencia intervalluma* a 95%-os konfidencia szinten 0,6 és 5,1% között mozog. Ott a legnagyobb, ahol kevés fúrás harántolt bauxitot az adott lencsében (III. és XIII. lencse). A kötött víztartalom változékonyságát itt is a *szórással* jellemeztem (11. táblázat). Ez a mutató 1,3 és 5,2% között mozog. Kifejezőbb ennél a *relatív szórás*, amely a $+\text{H}_2\text{O}$ esetében széles határok között mozog: 5,2–23,5%. Feltűnő a XI. és XII. lencsék nagy változékonysága, ami monohidrátos bauxit jelenlétét jelzi.

A *fúrásonként* számított átlagok a mérrethatás következtében szélesebb intervallumra terjednek ki. Még sokatmondóbbak a *mintavételi intervallumok* szerint végzett számítások eredményei. Ennek keretében először a *gyakorisági hisztogramokat* tekintjük át. Sokéves geokémiai és ásványtani bauxitvizsgálataim alapján az a tapasztalatom, hogy ahol a bauxit $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalma 20%-nál nagyobb ott a gibbsit az uralkodó alumínium ásvány, 15–20% $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalom esetén a bauxit vegyes boehmites–gibbsites összetételű. Végül 15%-nál kisebb $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalom esetén uralkodóan boehmites a bauxit.

Ennek tükrében a malom-völgyi gyakorisági hisztogramok két csoportra oszthatók. Az első csoport tisztán gibbsites

11. táblázat. A bauxit $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalom fő statisztikai mutatói

Lencse	Átlag	Konfidencia intervallum	Min.	Max.	Módus	5% trim. átlag	Medián	Szórás	Relatív szórás %	Lapultság	Ferdeség
I-II.	23,7	1,2	13,7	31,9	24-25	23,8	24,1	2,8	11,9	+1,75	-0,70
III.	22,7	5,1	12,1	35,1	21-22	22,7	22,8	5,2	22,9	+0,37	-0,10
IV.	18,8	2,7	11,1	23,0		18,9	19,7	2,8	15,0	+0,60	-0,77
VI.	22,5		19,7	29,3	20-21						
X.	23,0	0,6	13,8	29,7	23-24	23,1	23,3	1,8	7,9	+3,09	-0,80
XI.	21,0	1,4	9,2	28,2	25-26	21,3	22,8	4,9	23,3	-0,71	-1,03
XII.	20,4	2,3	9,4	33,8	20-21	20,3	20,7	4,8	23,5	-0,01	-0,04
XIII.	21,0	4,4	17,0	22,5		21,1	21,7	2,1	9,8	+4,97	
XIV.	18,8		16,8	20,8				1,7	8,8		
XV.	19,4	2,8	12,3	25,6	18-19	19,4	19,7	3,7	19,2	-0,72	-0,18
VI.	24,5	0,6	21,0	29,2	24-25	24,5	24,5	1,3	5,2	+1,93	+0,72
XVIII.	22,7	1,9	20,6	26,1	22-23	22,7	22,4	1,5	6,4	+1,34	+1,02

szoros egymaximumos, 23–25% közötti módusszal. Ilyen az I–II., X., XVI. és XVIII. lencsék hisztogramja. Csak az I–II. és a X. lencsében van e mellett kevés vegyes boehmites–gibbsites bauxit (25. ábra, A). A második csoportba olyan lencsék tartoznak, amelyekben a gibbsites bauxit mellett jól kifejezett csúccsal boehmites bauxit is előfordul, a kettő között kisebb gyakorisággal vegyes boehmites–gibbsites bauxit. Ilyen a III., XI., XII. és XV. lencsék bauxitja (25. ábra B és C). Jól kivehető a XI. lencse 10–11% és a XII. lencse 13–15% közötti kisebb módusza. Ugyanakkor a fő módusz 25–26%, ill. 20–21%-nál van.

Kiegészíti ezt a képet a lencsék minimális és maximális kötöttvíz-tartalma (11. táblázat). A legtöbb lencsében a minimum a boehmites bauxit tartományába esik. Egyes lencsékben feltűnően nagyok a maximum értékek (30–35%). Ezekben a mintákban 10%-nál kisebb az Fe_2O_3 -tartalom. Tehát a vas rovására dúsulhatott fel ennyire a $+\text{H}_2\text{O}$. Végül a *lapultsági együtthatók* többsége pozitív előjelű, ami a normálisnál szorosabb eloszlást jelez.

Részletesen átnéztem a XI. és a XII. lencse összes elemzett intervallumát. Azt tapasztaltam, hogy a szorosan vett bauxit mellett az agyagos bauxitok között is van kis $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalommal jellemzett elemzési intervallum. Mind a bauxitra, mind az agyagos bauxitra jellemző, hogy a kis kötöttvíz-tartalmú intervallumok egyes helyeken az egész kőzettani szakaszra kiterjednek, másutt viszont csak egy-egy elszigetelt intervallumról van szó. A boehmites és a boehmit–gibbsites minták nem véletlenszerűen, ill. nem egyenletesen oszlanak el a két bauxitlencsében, hanem összefüggő vonulatokat alkotnak. A XI. lencse északkeleti része ilyen, a XII. lencsének pedig északi és nyugati részén van két ilyen sáv. A bauxit és az agyagos bauxit e tekintetben egymáshoz kapcsolódnak. Mindezek alapján az a véleményem, hogy itt eredeti felhalmozódási eloszlásról van szó, tehát nem helyben történt a boehmitesezés vagy gibbsitesezés (További részletekről az ásványtani fejezetben szövegek).

Az *agyagos bauxit* lencsénkénti átlagai a 6. táblázatban találhatók. Nincs nagy különbség közöttük: 15,5 és 21,5 között váltakoznak. Az előfordulás átlaga 17,7%. Ebben már a nagyobb kaolinittartalomnak is határozottabb szerepe van. A *bauxitos agyag* kötöttvíz-tartalma méginkább a kaolinittartalomtól függ és a lencsék közötti különbségek is egyre kisebbek (7. táblázat). Itt 13,5-től 18,2%-ig terjednek az átlagok. Az előfordulás átlaga 15,7%, tehát az agyagos bauxiténál kisebb.

Az *alumíniumdús ferrit* $+\text{H}_2\text{O}$ -tartalma 11–16%. Ez azonban nem boehmit tartalom, hanem a rendkívül nagy vas-tartalom következménye.

A járulékos komponensek

A bauxit járulékos komponenseiről nem készültek rendszeres elemzések, csak egyes kiválasztott fúrások bauxitját, ill. összetett mintákat elemeztek meg, ami nem tekinthető reprezentatív mintavételnek. Ezért az előzőkhöz hasonló részletes statisztikai értékelésre nem volt lehetőségem.

CaO-tartalom

A bauxit kalciumtartalmát sajnos csak néhány kiválasztott fúrásban határozták meg. Átlagosan az összes főalkotós elemzés kevesebb, mint 5%-ban került sor kalcium meghatározásra. A vegyelemzések analitikai hibája $\pm 0,2\%$. Az egész malom-völgyi előfordulásra 0,59% átlag adódott, ami a halimbai átlagnál nem sokkal kevesebb (0,70%). Az átlagszámítás standard hibája $\pm 0,15\%$. Az elemzések kis száma miatt nem láttam értelmét a fő alkotókra bemutatott statisztikai paraméterek kiszámításának. Csak a lencsénkénti súlyozott átlagot, valamint a legkisebb és a legnagyobb elemzési értéket mutatom be a 12. táblázatban.

Nincs nagy különbség a lencse-átlagok között. Legkisebb a III. lencse, legnagyobb a XI., lencse CaO-átlaga. A minimum értékek közel egybeesnek, a maximumok azonban lényegesen különböznek egymástól. A III. lencse kivételével meghaladják az 1%-ot, a legnagyobb érték 4,2%. Az agyagos bauxitról csupán a III. lencsében készültek kalcium-meghatározások, amelyek 0,11 és 0,50% között mozognak (9 elemzés). A bauxitos agyagból és az alumíniumdús ferritből egyetlen elemzés sem készült.

Megfigyeléseim szerint a malom-völgyi bauxitban a kalcium nagyobb része másodlagos kalcitkiválásos formájában van jelen, kisebb része pedig dolomit és mészkő törmelékben.

12. táblázat. CaO-és MgO-tartalom fő statisztikai mutatói a bauxitra

Lencse	CaO-tartalom			MgO-tartalom		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
I–II.	0,80	0,10	2,52	0,15	0,03	0,36
III.	0,26	0,11	0,45	0,08	0,01	0,16
X.	0,35	0,05	1,15	0,10	0,04	0,19
XI.	0,99	0,06	4,20	0,10	0,02	0,37
XII.	0,57	0,15	3,31	0,11	0,02	0,36
XV.	0,46	0,14	3,33	0,14	0,05	0,33
XVI.	0,90	0,16	4,20	0,20	0,03	0,27

MgO-tartalom

Rendszeresen ugyanazokból a mintákból készült MgO elemzés, mint a CaO-ból. A MgO meghatározások analitikai hibája $\pm 0,2\%$. Az egész malom-völgyi előfordulásra $0,12\%$ átlagos MgO-tartalom adódott ki. Ez jóval kevesebb, mint a halimbai átlag ($0,20\%$). Az átlagszámítás standard hibája $\pm 0,10\%$. A lencsénkénti átlagokat, valamint a minimum és maximum értékeket a 12. táblázatban tüntettem fel. A magnéziumtartalom eloszlása a kalciuménál jóval egységesebb. A maximum értékek is csak $0,19$ és $0,37\%$ között mozognak. Ennek az az oka, hogy a magnézium kizárólag dolomittörmelék formájában van jelen. Az agyagos bauxitból csupán a III. lencsében készültek MgO meghatározások. Ezekben $0,01$ – $0,08\%$ a magnéziumtartalom, tehát kevesebb, mint a szorosan vett bauxitban. Bauxitos agyagból és az alumíniumdús ferritből nem készültek MgO meghatározások.

P₂O₅-tartalom

A foszfor-meghatározások is többnyire ugyanazokból a mintákból történtek, mint a CaO és a MgO meghatározásai. A foszfor elemzések analitikai hibája $\pm 0,1\%$. Az egész malom-völgyi előfordulásra átlagosan $0,13\%$ P₂O₅-tartalom adódott. Az átlagszámítás standard hibája $\pm 0,02\%$. A lencsénkénti átlagértékeket a 13. táblázatban tüntettem fel. Kimagaslóan a legnagyobb a X. lencse átlaga: $0,32\%$, a többi $0,06$ és $0,18\%$ között mozog. A legkisebb értékek eléggé

13. táblázat. A P₂O₅- és S-tartalom fő statisztikai mutatói a bauxitra

Lencse	P ₂ O ₅ -tartalom			Kéntartalom		
	átlag	min.	max.	átlag	min.	max.
I–II.	0,10	0,04	0,25	0,15	0,10	2,70
III.	0,09	0,04	0,15	0,18	0,05	3,10
X.	0,32	0,17	0,47	0,06	0,01	0,12
XI.	0,06	0,01	0,13	0,11	0,01	0,68
XII.	0,07	0,01	0,11	0,56	0,04	1,90
XV.	0,18	0,11	0,52	0,06	0,02	0,20
XVI.	0,17	0,07	0,30	0,05	0,02	0,16

egységes, a legnagyobbak változatosabbak. Kimagasló a XV. lencse $0,52$ és a X. lencse $0,47\%$ -al. A kis számú minta miatt az eltérésekre nem találtam magyarázatot. Az agyagos bauxitból csak a III. lencsében készültek elemzések. Ezek átlaga $0,14\%$, ami közel megegyezik a bauxit átlagával. A bauxitos agyagból és az alumíniumdús ferritből nem készültek foszfor-meghatározások.

Kéntartalom

A malom-völgyi bauxitból többnyire S-formájában összkén meghatározások történtek. Ezért a kevesebb SO₃ meghatározást is S-re számoltam át. A kén-meghatározások analitikai hibája $0,2\%$. Az előforduláson a vörös bauxit átlagosan $0,17\%$ ként tartalmaz. Az egyes lencsék átlagait a 13. táblázat tartalmazza. Ezek az átlagok $0,06$ és $0,18\%$ között mozognak, egyedül a XII. lencse átlaga több ennél: $0,56\%$. Az egyes intervallumok legkisebb értékei igen egységesek, $0,01$ – $0,05\%$. A legnagyobb értékek igen különbözők: a X., XI., XV. és XVI. lencsékben nem érik el az 1% -ot, ugyanakkor az I–II., III., és a XII. lencsékben $1,9$ – $3,0\%$ -ot érnek el. A III., XI. és XII. lencsék tetején levő szürke bauxitban az S-tartalom 1 -től 10% -ig terjed. A rendkívül változékony S-tartalom és az elemzések kis száma miatt, átlag kiszámításának nem láttam értelmét.

A malom-völgyi előfordulás északnyugati oldalán levő, zömmel bauxitos agyagból álló lencsékben 7 – 10% -ra nő a szürke pirites–markazitos bauxitos agyag aránya (lásd 2. táblázatot). Ezekből sajnos vegyelemzések nem készültek, de a makroszkópos közetleírások alapján többnyire 5 – 15% ként tartalmazhatnak. Rendszeresen a lencsék legfelső részén dúsulnak fel. Eocén korú szürkés–feketés mocsári agyag a közvetlen fedőjük, jelentős pirit- és markazittartalommal. E mocsarasodás során redukálódott az eredetileg vörös bauxitos agyag szürkévé és vált ki benne pirit és markazit.

Mangántartalom

A járulékos elemek közül a mangánról készült a legkevesebb vegyelemzés. Az itteni bauxit magas oxidációs foka miatt minden elemzést MnO₂-re számítottam át. Csak a három nagyobb lencse anyagából találtam mangánelemzéseket:

Lencse	minimum	maximum	átlag
I–II.	$0,10\%$	$0,50\%$	$0,20\%$
XII.	$0,03\%$	$0,46\%$	$0,22\%$
XVI.			$0,21\%$

Figyelemre méltó, hogy a lencsék adatai mennyire közel állnak egymáshoz. Korábbi tapasztalatokat is figyelembe véve úgy látszik, hogy a mangán finoman és egyenletesen eloszolva helyezkedett el a bauxitban. A szövetszerkezeti fejezetben említett fekete litoforit kiválások véleményem szerint másodlagos geokémiai folyamatok révén jöttek létre.

A fő és járulékos komponensek összefüggései

Az előzőekben külön-külön vizsgáltuk a fő és járulékos komponenseket. A következőkben a komponensek összefüggéseit vizsgáljuk néhány egy-, két- és sokváltozós statisztikai módszer, valamint fuzzy tagsággüggvények segítségével a szorosan vett bauxitra.

Az összehasonlítást a komponensek *relatív szórásával* kezdjük a lencseátlagok szintjén. Legkisebb az Al_2O_3 relatív szórása: 2,4–12,8%, ezt követi a $+\text{H}_2\text{O}$ 5,2–23,5%-al, majd a TiO_2 7,9–27,7%-al és az Fe_2O_3 4,3–32,2%-al. Ezek a kémiai komponensek tehát változékonyság tekintetében közel állnak egymáshoz, aminek az a magyarázata, hogy ezek mind a bauxitásványok összetevői. Szignifikánsan nagyobb a SiO_2 relatív szórása: 22,8–60,8%. Ez a laterites mállás kaolinitként visszamaradt mállási maradéka, ami a bauxitlencsék felhalmozódása során szeparálódott. Ez a nagy változékonyság oka.

A járulékos komponensekről a kis elemzésszám miatt nem készítettem ilyen értékelést. A kémiai elemzések áttekintése alapján a CaO változékonysága a legnagyobb, amit a kén követ. Az MgO -, a P_2O_5 - és az MnO_2 -tartalom viszonylag kis változékonyságú (lásd a 12. és 13. táblázatot).

Fuzzy tagsággüggvények segítségével megvizsgáltam, hogy mennyire különül el kémiai tekintetben egymástól a bauxit, az agyagos bauxit és a bauxitos agyag. A tagsággüggvények ugyanis igen szemléletesen mutatják a szétkülönülés és az átfedések mértékét. Ezt az értékelést lencsénként végeztem el, mert e téren érdemi eltéréseket észleltem. A tagsággüggvények magjának közepe a súlyozott átlag. Ehhez mértem fel kétoldalt az analitikai hibát és a 95%-os konfidencia szintre számolt konfidencia intervallum alsó és felső határát. A tagsággüggvény talpa az elemzett intervallumok legkisebb értékétől a legnagyobbig terjed a mintavételi intervallumok szintjén.

A 26. ábrán a XI. lencse öt fő alkotójának tagsággüggvényeit mutatom be a bauxitra, az agyagos bauxitra és a bauxitos agyagra 82 produktív fúrás elemzései alapján. Ennek köszönhető, hogy mindegyik komponens esetében igen rövid a tagsággüggvény magja, ami az átlagszámítás eredményének megbízhatóságát jelzi. Tekintettel arra, hogy a bauxit kőzet-tani osztályozása a kaolinittartalom nagysága szerint történt érthető, hogy a három kőzetfajta a SiO_2 -tartalom tekintetében tér el a legjobban egymástól. Ezt számszerűen is kifejezi a tagsággüggvények magjának távolsága. A bauxit és az agyagos bauxit között ez 7,5%, az agyagos bauxit és a bauxitos agyag között pedig 10,3%. Ennek ellenére — ha kis mértékben is — van átfedés a szomszédos bauxitfajták között.

Jóval kisebb a különbség a három bauxitfajta között az Al_2O_3 esetében: a bauxit és az agyagos bauxit között csak 2,8%, az agyagos bauxit és a bauxitos agyag között pedig 3,1%. Az ábrán az is jól látszik, hogy igen nagy az átfedés a három bauxitfajta Al_2O_3 -tartalma között. Még a bauxitnak és a bauxitos agyagnak is van közös alumíniumtartalmú szakasza.

A kötött víz esetében a különbség 0,5%-ra csökken a három bauxitfajta között. Az azonban egyértelmű, hogy a bauxitos agyag felé haladva egyre kisebb a kötött víz mennyisége. Az is jól felismerhető, hogy mindhárom kőzetfajta tartalmaz kis kötött vizet tartalmazó, tehát boehmites részeket. Ezt már a hisztogramok is jelezték.

Az Fe_2O_3 -tartalom esetében még nagyobb az átfedés, de itt is egyértelmű, hogy a bauxittól a bauxitos agyag felé haladva csökken az Fe_2O_3 -tartalom. Ezt nem csak a tagsággüggvények magja, hanem a tartó maximuma is jól szemlélteti. Mindhárom kőzetfajtában nagyjából azonos arányban szerepel vasszegény (<10% Fe_2O_3 -tartalmú) kőzetfajta. Végül a TiO_2 -tartalom esetében is a bauxitos agyag felé haladva csökken a titántartalom és a kőzetfajták magjának különbsége csupán 0,2, ill. 0,1%. Az előző fejezetben már ismertettem, hogy ebben a bauxitlencsében több fúrásban rendkívül nagy titántartalmat észleltek. Ez jól látszik a tagsággüggvényeken, mégpedig a bauxit és az agyagos bauxit esetében közel azonos mértékig terjed ez a titándús rész (5,6–6,3%). Viszont a bauxitos agyagban csupán 3,1% a maximális érték.

Mindezek olyan információk, amelyekhez a hagyományos statisztikai értékeléssel nem, vagy csak igen nehezen jutottunk volna el. Nagy előnye a fuzzy tagsággüggvényeknek az is hogy igen szemléletesen mutatják be a vizsgált kőzetfajták összetételének jellegét.

A fő komponensek közötti geokémiai kapcsolatok felderítésére kétváltozós *korreláció vizsgálatokat* végeztem. Mivel geokémiai tekintetben az Al_2O_3 a legfontosabb komponens ehhez viszonyítva vizsgáltam a korrelációs kapcsolatokat. Az értékelést a bauxit-lencseátlagokra vonatkozóan végeztem. Halimbai értékeléseim során az esetek többségében nem-lineáris korrelációs kapcsolatot észleltem, amit egy kiegyenlítő görbe (LLR Smoother) segítségével lehetett bemutatni. Ezt alkalmaztam a malom-völgyi előfordulásra is.

Az Al_2O_3 és SiO_2 korreláció esetében is nem-lineáris a kapcsolat (27. ábra, A). Meglepő módon az Al_2O_3 -tartalom növekedésével előbb nő a SiO_2 , majd 46% Al_2O_3 átlag felett hirtelen csökkenni kezd. E mellett a lencseátlagok elhelyezkedése erősen szórt. A Pearson-féle korrelációs együttható ezzel összhangban csupán +0,29. Ennek okát a halimbaihoz hasonlóan a bauxit szállított, törmeléken felhalmozódásában látom.

Az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ korreláció is erősen szórt, de a kiegyenlítő görbe közel lineáris (27. ábra, B). A növekvő Al_2O_3 -tartalommal csökken az átlagos Fe_2O_3 -tartalom. A Pearson-féle korrelációs együttható –0,37, valamivel szorosabb, mint az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ korreláció, de még mindig igen laza geokémiai kapcsolatot jelez.

A geokémiai szakirodalomból közismert, hogy a legtöbb bauxit előforduláson pozitív geokémiai kapcsolat van az Al_2O_3 és a TiO_2 között. A halimbai előforduláson is ezt tapasztaltam. A malom-völgyi előforduláson ez a pozitív kapcsolat csak 43–46% Al_2O_3 átlagok között érvényesül, ennél nagyobb alumínium átlagoknál hirtelen lecsökken az átlagos TiO_2 -tartalom. Jól jelzi ezt a kiegyenlítő görbe is (27. ábra, C). Különösen feltűnő ez az I–II. számú lencse esetében, ahol a bauxit átlagos TiO_2 -tartalma csak 1,7%. A korrelációs együttható +0,38 ami a geokémiai kapcsolat lazaságát jelzi.

Az Al_2O_3 / kötött víz geokémiai kapcsolat közel lineáris: a növekvő alumíniumtartalommal csökken az izzítási veszteség átlaga (27. ábra, D). A geokémiai kapcsolat a többinél szorosabb, ezt jelzi a korrelációs együttható is: –0,44. E jelenség okát abban látom, hogy a malom-völgyi előforduláson egyes lencsék tisztán gibbsitesek (pl. X. és XVI. lencsék), míg másokban a boehmit is feldúsul (IV., XIV. és XV. lencsék). Ennek megfelelően alakul mind az Al_2O_3 , mind a $+\text{H}_2\text{O}$ mennyisége.

A mérettartomány-hatás felderítése céljából a fúrásátlagok szintjén is végeztem korrelációs számításokat. Példaként a X. lencsét mutatom be, ahol 35 fúrás bauxitátlagát értékeltem. Az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ korreláció esetében az egyes fúrások átlagai eléggé egységes halmazt alkotnak (28. ábra, A). Egyetlen fúrás lóg ki e halmazból, a H–1053 jelű. A halmazon belül a korreláció nem lineáris, amit a kiegyenlítő görbe jól jelez. A növekvő Al_2O_3 -tartalommal csökken a SiO_2 mennyisége. Ez az eloszlás érdemben eltér az előzőekben ismertetett lencse átlagok korrelációjától. A nem lineáris kapcsolat miatt a korrelációs együttható csak tájékoztató értékű. A kiűtő H–1053 fúrás csak 0,8 m bauxitot tartalmazott, ezért kihagyását indokoltan láttam. A korrelációs együttható így –0,40, tehát szorosabb, mint az összes fúrás esetében.

Az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ kapcsolat a lencseátlagokéhoz igen hasonló, a növekvő alumíniumtartalommal csökken a vas mennyisége. A kapcsolat itt sem lineáris (28. ábra, B). A korrelációs együttható –0,34, közel megegyezik a lencseátlagokéval

Az $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ kapcsolat a kiűtő H–1053 fúrás kivételével közel lineáris, az alumíniummal együtt nő a TiO_2 -tartalom (28. ábra, C). A H–1053 fúrást is figyelembe véve a korrelációs együttható csupán +0,19, a fúrás elhagyásával viszont +0,54-re nő. Jó példa ez arra, hogy egyetlen kiűtő fúrás mennyire meg tudja változtatni a korreláció számítás eredményeit.

Az $\text{Al}_2\text{O}_3/+\text{H}_2\text{O}$ korreláció is egyértelmű: a növekvő alumíniummal csökken a kötött víz mennyisége. A korreláció enyhén nem lineáris és a H–1053 jelű fúrás is belesimul az általános kapcsolatba. (28. ábra, D). A korrelációs együttható –0,39. Ásványtani vizsgálataim tapasztalatai szerint e bauxitok 20%-ot meghaladó kötöttvíz-tartalom esetén tisztán gibbsitesek. Ezt a határt az ábrán is feltüntettem. Jól látszik, hogy két fúrás kivételével a X. lencse bauxitja tisztán gibbsites felépítésű. Összehasonlítás céljából a XI. lencse $\text{Al}_2\text{O}_3/+\text{H}_2\text{O}$ korrelációját is bemutatom (29. ábra). Itt tisztán gibbsites bauxit mellett vegyes gibbsit-boehmites és tisztán boehmites bauxit is előfordul. A kapcsolat tehát szélesebb sávban tanulmányozható. A kiegyenlítő görbe szerint a kapcsolat itt is enyhén nem-lineáris. A korrelációs együttható –0,54. A behúzott határvonalak alapján jól látszik, hogy az itt ábrázolt 55 fúrás közül 7 tisztán boehmites felépítésű.

Összefoglalva a korrelációs kapcsolatok többsége nem lineáris, vagy csak közelíti a lineáris kapcsolatot. A korrelációs együtthatók jóval kisebbek, mint más üledékes kőzetekben, vagy a lateritszelvényekben, ami a lencsék törmelékeny felhalmozódásának lehet a következménye.

A kétváltozós statisztikai értékelések mellett sokváltozós módszereket is alkalmaztam, cluster-elemzést és főkomponens elemzést. Ezekben csak az öt fő komponenset vettem figyelembe. A járulékos elemekre vonatkozó elemzések kis száma és „nem reprezentatív” mintavétele miatt ezeket nem értékeltem.

A *cluster-elemzést* a bauxitra, agyagos bauxitra és bauxitos agyagra külön-külön végeztem el, mégpedig a súlyozott lencseátlagokkal (4., 6. és 7. táblázat). Hierachikus agglomeratív cluster-elemzés módszerét választottam, amelyet már a halimbai előfordulás értékelésekor is használtam, euklideszi távolságnégyzetekkel. Az eredményeket *dendrogramok* formájában mutatom be.

A szorosan vett bauxit esetében a lencsék három csoportba tömörültek, amelyeken belül az összetétel különbségei a legkisebbek (30. ábra). Az első csoport az előfordulás közepén elhelyezkedő három lencséből áll: V., VI. és X. lencsék. Ezek egymással szomszédosak. A második csoport öt lencsét foglal magába. Közülük a XIII. és XV. egymással szomszédos. A másik három (IV., XII. és XIV. számú) az előfordulás középső és keleti részén található. A harmadik csoport öt lencséből áll. Közülük négy az előfordulás délnyugati részén alkot összefüggő vonulatot (I–II., III., XVI., XVIII. számú). Az ötödik, a XI. lencse ezeztől elkülönülten az előfordulás keleti részén található. A cluster-elemzés tehát kimutatott térben is elkülönülő csoportokat, de vannak ezekhez nem illeszkedő lencsék is. Térbeli elhelyezkedésüket a 31. ábrán mutatom be. Feltehetően más tényezők is befolyásolták a csoportok elhelyezkedését.

Míg bauxit 13 lencsében volt jelen, addig agyagos bauxit 19 lencsében fordul elő. A dendrogramon itt is három csoportot lehet megkülönböztetni. (32. ábra). Az első csoportba öt lencse tartozik, amelyek az előfordulás középső és dél-keleti részén alkotnak összefüggő vonulatot: V., VII., X., XVI. és XVIII. lencse. A második csoport kilenc lencsét foglal magába. Közülük öt az előfordulás délnyugati részén alkot összefüggő vonulatot (I–II., III., IV., XIII. és XV.). A csoport másik három tagja az előfordulás északkeleti részén ugyancsak összefügg egymással. A XI., XII. és XIV. lencsék ezek. Figyelemre méltó, hogy milyen kicsinyek közöttük az eltérő összetételt kifejező euklideszi távolságnégyzetek. Még ennél

is fontosabb információ az, hogy a Kab-hegy I. lencse agyagos bauxitjának összetétele szorosan beleillik a fenti második csoportba — ahogy ez a 32. ábrán jól látható. Ez azt bizonyítja, hogy kémiai összetétel tekintetében a Kab-hegy I. lencsét a malom-völgyi előfordulás részeként tekinthetjük! Végül a harmadik csoport öt lencséje egymástól messze elkülönülve található az előfordulás területén. (VIII., IX., XVII., Északnyugat II., Somkő-tető II.) Ezért nem is tekintem önálló geokémiai területegységnek.

A bauxitos agyag az előforduláson 22 lencsét, ill. részterületet alkot. A dendrogramon két csoportot lehet megkülönböztetni (33. ábra). A két csoport térben igen jól elkülönül: az első az előfordulás északnyugati oldalán, a második a délkeleti oldalán alkot vonulatot. Tehát a bauxitos agyag vegyi összetétele is megfelel az előfordulás korábbiakban leírt zónás felépítésének. Egyedüli kivétel a X. lencse amely egyik csoportba sem illik bele. A Kab-hegy I. lencse sajnos kimaradt az értékelésből, mert a bauxitos agyagból itt csak az Al_2O_3 -at és a SiO_2 -t határozták meg. A minimális pénzügyi megtakarítás fontos kutatási információ elvesztésével járt tehát.

A halimbai előforduláson a szorosan vett bauxit is összefüggően nagy területre terjedt ki. A leülepedés és felhalmozódás eltérő fázisokban történt. Ezek határait diszkriminancia-elemzéssel sikerült pontosítani. A malom-völgyi előforduláson ezzel szemben 18 lencse található. Ezekben belül nem észleltem érdemi üledékfázis-eltéréseket. Ezért a diszkriminancia-elemzés alkalmazását ennél az előfordulásnál feleslegesnek tartottam

A bauxitösszetétel nyomelemei

A malom-völgyi előfordulásról a zárójelentések keretében készültek nyomelemzések, ezen belül is csak az I–II., III., XI., XII. és a XVI. lencséről. Az első két lencse esetében több mélységköz anyagából készítették ún. átlagmintát, a többi három lencse esetében egyes mélységközők mintáinak elemzésére került sor. A minták számát és az elemzési eredményeket a 14. táblázatban tüntettem fel. Az elemzések színképelemzéssel készültek, de az analitikai hiba nagyságát nem adták meg. Sajnos az elemzésre kiválasztott minták együttese nem képez ún. reprezentatív mintát az adott lencsék egészére. Az elemzések statisztikai értékelése tehát csupán közelítő, tájékoztató jellegűnek tekinthető. Ezért a hagyományos statisztikai módszerek mellett az eredményeket fuzzy-számok formájában is kiértékeltem.

Geokémiai kiértékelésem kizárólag a malom-völgyi előfordulásra korlátozódik. A szomszédos halimbai és szöci előfordulásokkal való összehasonlítást egy külön tanulmányban kívánom elvégezni. A 14. táblázat tehát egy általános áttekintést nyújt arról, hogy milyen mennyiségben vannak jelen a nyomelemek az egyes lencsékben.

14. táblázat. A bauxit nyomelemeinek átlagai

Nyomelem	I–II. lencse		XI. lencse		XII. lencse		XVI. lencse	
	db	átlag (%)	db	átlag (%)	db	átlag (%)	db	átlag (%)
BaO	8	0,0006	10	0,001			30	0,0010
BeO			32	0,0003	5	0,0003		
Co_2O_3	8	0,0068						
Cr_2O_3	7	0,030	32	0,030	5	0,022	30	0,036
CuO					5	0,0028	30	0,004
Ga_2O_3	8	0,011	32	0,009	5	0,003	30	0,006
Li_2O	8	0,003						
MoO_3							30	0,0012
Ni_2O_3	8	0,021	32	0,013	5	0,0077	30	0,0126
PbO							30	0,0070
SrO	8	0,085					30	0,0020
V_2O_5	7	0,120	32	0,170	5	0,180	30	0,1228
ZrO ₂	8	0,039	32	0,039	5	0,116	30	0,0716

Geokémiai tekintetben sokkal több információt nyújt a 15. táblázat, amelyben lencsenként az átlagok mennyiségi sorrendjét tüntettem fel. Bár a lencseátlagok sokszor különböznek, a nyomelemek gyakorisági sorrendje mégis hasonló. Mindegyik lencsében a vanádium a leggyakoribb nyomelem, amit a cirkon és a stroncium követ. A következő csoportot a króm, a nikkel és a gallium szolgáltatta. Végül legkisebb koncentrációban a lítium, kobalt, molibdén, bárium és berillium van jelen.

Még ennél is jobb áttekintést nyújtanak a nyomelemek fuzzy tagságfüggvényei. Ezeket sajnos csak azokra az elemekre tudtam elkészíteni, ahonnan kellő számú elemzés állt rendelkezésre. Öt tagságfüggvényt szerkesztettem, amelyek a 34. ábrán láthatók. A szerkesztés során a lencseátlagokat a tagságfüggvény „magjára” (core) vittem fel, a legkisebb és legnagyobb elemzési értékeket pedig a tagságfüggvény „tartójának” (support) minimum és maximumát adják. A tagságfüggvények így módon az egész malom-völgyi előfordulás nyomelemeloszlását tükrözik.

A legnagyobb koncentrációjú vanádiumtartalomnak feltűnően széles a magja, ami az elem átlagos koncentrációjának nagy változékonyságát jelzi. Ehhez képest a minimum és a maximum értékek kevésbé szélsőségesek. A cirkontartalom lencse átlagai a vanádiumnál jóval egységesebbek, amit a rövidebb mag jól jelez. Ugyanakkor az átlag koncentrációt messze meghaladó maximum jelentkezett, amelynek koncentrációja eléri a vanádiumét. Ezért ez a tagságfüggvény jobb felé erősen aszimmetrikus. A csökkenő koncentráció sorrendjében következő króm tagságfüggvénye a cirkonnal ellenkező irányban, lefelé aszimmetrikus. Végül a nikkel és a gallium újból felfelé aszimmetrikus és a lencsenkénti átlagos összetétel itt a legegységesebb. Összefoglalóan az a véleményem, hogy a tagság-

15. táblázat. A bauxit nyomelemeinek sorrendje öt lencsében

I–II. lencse		III. lencse		XI. lencse		XII. lencse		XVI. lencse	
nyomelem	átlag (%)	nyomelem	átlag (%)	nyomelem	átlag (%)	nyomelem	átlag (%)	nyomelem	átlag (%)
V ₂ O ₅	0,12	V ₂ O ₅	0,11	V ₂ O ₅	0,17	V ₂ O ₅	0,18	V ₂ O ₅	0,12
						ZrO ₂	0,116		
SrO	0,085								
		SrO	0,046						
ZrO ₂	0,039	ZrO ₂	0,040	ZrO ₂	0,038				
		Cr ₂ O ₃	0,038					Cr ₂ O ₃	0,036
Cr ₂ O ₃	0,030			Cr ₂ O ₃	0,030				
Ni ₂ O ₃	0,021					Cr ₂ O ₃	0,022		
		Li ₂ O	0,014	Ni ₂ O ₃	0,013			Ni ₂ O ₃	0,0013
Ga ₂ O ₃	0,011	Ga ₂ O ₃	0,012						
		Ni ₂ O ₃	0,0082	Ga ₂ O ₃	0,0090	Ni ₂ O ₃	0,0077	PbO	0,0070
Co ₂ O ₃	0,0068							Ga ₂ O ₃	0,0064
Li ₂ O	0,0030					Ga ₂ O ₃	0,0030		
						CuO	0,0028	SrO	0,0020
		Co ₂ O ₃	0,0010	BaO	0,0010			MoO ₃	0,0012
								BeO	0,0010
BeO	0,0006	BeO	0,0007	BeO	0,0003	BeO	0,0003		

függvények a többé-kevésbé eltérő változékonyság és eloszlás ellenére a malom-völgyi előfordulás egészére egységes nyomelem-összetételt jeleznek.

A halimbai előforduláson a bauxiton kívül a többi bauxitos kőzetfajtából is készültek nyomelemzések és lehetőségem volt ezek mennyiségi összehasonlítására. Sajnos ilyen elemzések a malom-völgyi előforduláson nem készültek, így erre az összehasonlításra nem volt lehetőség.

A Malom-völgyön vizsgált nyomelemek a SZÁDECZKY-KARDOSS E.-féle geokémiai elemfelosztás szerint a következő csoportokba tartoznak:

- a sziderofil elemekhez tartozik a Co és az Ni,
- a szulfokalkofil elemekhez tartozik a Cu és a Pb,
- az oxikalkofilelemekhez tartozik a Ga,
- a pegmatofil elemekhez tartozik a Cr, Mo, V és a Zr,
- a litofil elemekhez tartozik a Ba, Be, Li és az Sr.

Ez a geokémiai sokféleség megerősíti azt a véleményemet, hogy a halimbai térség bauxit-előfordulásainak anyaga sokféle kőzet málladékából származhatott. Ezen belül úgy tűnik, hogy a pegmatofil elemek dúsultak fel leginkább a malom-völgyi és a halimbai bauxitban.

A bauxit ásványos összetétele

A kutatási zárójelentések készítésekor összevont mintákon ásványtani vizsgálatokat készítettek DTA-készülékkel, ill. derivatográfval. Ezek pontossága 1–3% volt. Néhány mintából röntgendiffraktométeres vizsgálat is készült. A nagyobb lencsék anyagából lencsenként 3–9 mintát vizsgáltak meg, a kisebb lencséből egyáltalán nem készült ásványtani vizsgálat. Ezért a kémiai összetételhez hasonló részletes statisztikai értékelésre nem volt lehetőség.

A két fő alumíniumásvány a *gibbsit* és a *boehmit*. Vannak tisztán gibbsites, vegyes gibbsit–boehmites és ritkábban tisztán boehmites bauxitok. A kisszámú ásványtani vizsgálaton felül az itteni bauxit ásványainak ismeretében a kémiai elemzések is átszámíthatók ásványos összetételre. Tapasztalataim szerint tisztán gibbsites a bauxit, ha az izzítási veszteség 20%-nál nagyobb. Vegyes gibbsites–boehmites az összetétel 15–20% izzítási veszteség esetében. Végül tisztán boehmites a bauxit, ha az izzítási veszteség 15%-nál kisebb. Ugyanez érvényes az agyagos bauxitra is. A bauxitos agyag esetében a megnövekedett kaolinittartalom miatt az eredmény egyre bizonytalanabb. Ezért csak a lencsék bauxitját és agyagos bauxitját értékeltem ki a fenti szempontok szerint minden egyes fúrásra. Az eredményeket térképre felrakva meglepően egyértelmű kép rajzolódott ki. Az előfordulás középső részén levő XVI. lencse tisztán gibbsites felépítésű, az I–II., III. és X. pedig uralkodóan gibbsites, igen alárendelt gibbsit–boehmites bauxittal. Egyedül a kicsiny IV. lencsében volt egy fúrásban (H–41) kevés boehmites bauxit. Ugyanez érvényes az agyagos bauxitra azzal az eltéréssel, hogy a III. lencse északi részén összefüggően gibbsit–boehmites az agyagos bauxit, sőt két fúrásban tisztán boehmites agyagos bauxit is előfordult.

Az előfordulás keleti oldalán levő két nagy lencse (XI. és XII.) vegyes felépítésű. Legtöbb a tisztán gibbsites bauxit, de összefüggő vonulatokban kevesebb gibbsit–boehmites és tisztán boehmites bauxit is előfordul, az utóbbi főként a

XI. lencse keleti és délkeleti részén. Az agyagos bauxitban közel egyenlő arányban van a három bauxitfajta, itt is vonulatokba rendeződve. Az előfordulás északkeleti szélén levő XIV. lencsében nincs tiszta gibbsites bauxit. Főként gibbsit–boehmites bauxit fordul elő, egy fúrásban pedig tiszta boehmites bauxit. Ugyanez érvényes az agyagos bauxitra.

Az előfordulás délnyugati részén levő kisebb lencsékben vegyes az összetétel, de a gibbsit–boehmites bauxit van túlsúlyban. Meglepően szabályos a XV. lencse felépítése (35. ábra). A lencse északi szélén boehmites, agyagos bauxit található. A középső rész gibbsit–boehmites bauxitból és agyagos bauxitból áll. A legdélibb rész pedig tisztán gibbsites. A kicsiny IX., XIII., XVII. és XVIII. lencsék főként vegyes gibbsites–boehmites bauxitból állnak

A fenti eloszlásra a genetikai fejezetben próbálok magyarázatot adni.

A SiO_2 -tartalom teljes egészében *kaolinit* formájában van jelen. A szorosan vett bauxitban ez 20%-nál kevesebb, de teljesen kaolinitmentes bauxit itt nem ismeretes. Az agyagos bauxitban és a bauxitos agyagban a kaolinit mennyisége 60–80%-ra nő. *Kvarcsejcséket* csak a mikromineralógiai vizsgálatok mutattak ki század %-nyi mennyiségben. A TiO_2 -tartalom a többi bakonyi bauxithoz hasonlóan főleg *anatáz*, alárendelten *rutil* formájában van jelen. A vastartalom főként *hematit* (15–25%), 1–10% *alumogothit* kíséretében. Másodlagos fészkek formájában gibbsit, alunit, gipsz fordult elő. Elvértve 1–2% másodlagos *kalcit* is előfordul. A redukált, szürke bauxitban *pirit* és *markazit* a fő vasásvány.

A bauxit-előfordulás tulajdonságainak összehasonlító értékelése

Az előfordulás közettani és vegyi felépítésének értékelésekor bizonyos területi trendekre derült fény, amelyekre röviden a szövegben utaltam, így például az előfordulás délkeleti oldalán a bauxit, északnyugati oldalán pedig a bauxitos agyag volt túlsúlyban. A területi összefüggések még részletesebb megismerése érdekében az előfordulást földtani ismérvek alapján hét részterületre osztottam, majd pedig megvizsgáltam, hogy van-e szignifikáns különbség az egyes részterületek tulajdonságai között. A teleptani és rétegtani tulajdonságokat lencsénként értékeltem és a 16. táblázatban mutatom be. Az eddig értékelt számozott lencséken kívül öt olyan, arab számokkal jelölt, kis lencsét is kiértékeltem, amelyekben a bauxitos agyag mellett agyagos bauxit is előfordult. Nem értékeltem viszont az egyetlen fúrással kimutatott, csak bauxitos agyagból álló kis lencséket. (A lencsék sorszámai az 5. ábrán láthatók. Az egyes részterületekbe a következő lencsék kerültek:

16. táblázat. A lencsék főbb teleptani tulajdonságai

Lencse	Relatív bauxitterület (%)	A fedőréteg vastagsága (m)		Az eoecén fedőterület (%)	A szenes agyagterület (%)
		min.	max.		
I-II.	70	1,2	39,1	100	0
III.	32	3,8	53,2	100	5
IV.	90	1,9	6,6	100	0
V.	10	36,6	57,5	100	15
VI.	90	32	33	100	0
VII.	0	48,1	90,6	100	60
VIII.	8	40,5	57,4	100	100
IX.	0	14,6	31,7	100	0
X.	80	0,3	19,5	60	1
XI.	64	0,3	83,9	85	15
XII.	56	4,0	52,7	96	25
XIII.	6	0,2	8,1	10	0
XIV.	5	1,0	23,4	85	0
XV.	30	0,3	22,2	40	0
XVI.	65	1,4	33,0	24	0
XVII.	0	0,1	24,9	67	5
XVIII.	35	0,3	3,1	0	0
ÉNy I.	0	21,2	56,0	100	100
ÉNy II.	0	1,5	41,6	100	0
Észak	0	38,3	68,5	100	85
Somkő I.	0	2,0	78,6	95	40
Somkő II.	0	43,0	88,0	100	20
Kab-hegy I.	0	3,0	6,3	100	0

- Nyugati szélső rész: (XIII., XVII., 1, 2, 3),
- Nyugati belső rész, dél: (XV., XVI., XVIII.),
- Nyugati belső rész, észak: (IX., Északnyugat I., Északnyugat II.),
- Középső rész, dél: (I–II., III., IV., VI., X., XI., XII.),
- Középső rész, észak: (V., VII., VIII., Észak I., Somkő-tető II.),
- Keleti rész: (XIV., Somkő-tető I.),
- Szélső keleti rész: (Kab-hegy I., 4. 5.).

A) Elsőként a *lencsék területét* értékeltem hektárban kifejezve. Az előfordulás nyugati részén levő két részterületen csupa kis lencse található 3 hektárnál kisebb alapterülettel. Ugyanakkor a belső három részterületen 20-tól 52 hektárig terjed a legnagyobb lencseméret. Az utóbbi négy részterületből álló összetett lencse. Az előfordulás keleti szélén újra csak kis lencsék találunk (1. táblázat).

B) Ezután a *bauxit alapterületét* értékeltem a teljes lencse alapterületének százalékában kifejezve (16. táblázat). Egyetlen lencse sincs, amelyben a bauxit a teljes lencsére kiterjedne. Legnagyobb arányt a középső déli részterületen levő VI. lencsében találtam 90%-al és a X. lencsében 80%-al, valamint az I–II. lencsében 70%-al. Figyelemre méltó, hogy a nyugati belső déli részterületen a XVI. lencsében 65% a bauxit alapterület aránya. Ez a két szomszédos részterület messze kiemelkedik e tekintetben a többi részterület közül. A többi részterületen a bauxit terület aránya nem haladja meg a 35%-ot és nyolc lencsében egyáltalában nincs bauxit. Leggyengébb e tekintetben a nyugati belső terület északi része és a keleti szélső rész (Kab-hegy I.).

C) A következő tulajdonság a *bauxitösszlet átlagos vastagsága lencsénként*. A részterületek legnagyobb lencse-átlagai 3,5-től 11,0 méterig terjednek. A részterületek egészére számított átlagok nyugatról kelet felé haladva fokozatosan növekednek 6,2-től 9,5 méterig. Egy ilyen fokozatos növekedést véleményem szerint nem lehet csak véletlennek minősíteni (1. táblázat).

D) A *bauxit lencsénkénti átlagos vastagsága*. Legnagyobb a középső déli részterületen levő X. lencsében 6,8 méterrel. A többi lencsében a legnagyobb lencse átlag sem haladja meg a 3,3 métert. A középső részterület déli részének az átlaga a legnagyobb: 3,9 méter. Tehát azokon a részterületeken a legnagyobb a lencsénkénti bauxitátlag, ahol a lencsék alapterületének legnagyobb részére terjed ki a bauxit. Ez eléggé egyértelmű összefüggésnek látszik. Az előfordulás nyugati és keleti részén csak 2–3 méter a bauxit átlagos vastagsága (1. táblázat).

E) Egy egészen másik csoportba tartoznak a *fedőrétegek*. Több évtizedes tapasztalat a malom-völgyi és a szőci előforduláson, hogy az eocén fedőrétegek jelenléte a bauxitlepek megmaradásának egyik legfontosabb előfeltétele. A szőci előforduláson szorosan vett bauxit legfeljebb 50–100 méterrel terjed túl az eocén fedőrétegeken. Ezen felül az is fontos tényező, hogy milyen vastagok a fedőrétegek a lencsék felett. Ezért elsőnek a *fedőrétegek teljes vastagságát* értékeltem lencsénként és fúrásonként. (16. táblázat). A középső északi részterület kivételével minden részterületen találhatók olyan lencsék, amelyeknek legalább egy része a felszín közvetlen közelében van, csupán 0,2–2,0 méter vastag fedő borítja őket. A fedőrétegek vastagsága nagy átlagban északnyugat felé nő, de ezt a trendet számos kisebb-nagyobb vető tarkítja. A fedőrétegek a középső északi részterületen a legvastagabbak 36,6-tól 90,6 méterig terjednek. Figyelemre méltó, hogy a két szélső részterület kivételével egyes levetett részterületen is elérheti egyes fúrásokban a fedő vastagsága az 55–85 métert. Ez a körülmény meghatározó volt a lencsék külfejtéses, ill. mélyműveléses kitermelése szempontjából.

F) Ezután azt értékeltem, hogy a *lencsék területének hány százalékát borítják eocén fedőrétegek*. (16. táblázat). Az eocén összlet lepusztulási határa délnyugat–északkelet irányban az előfordulás délkeleti szélén fut. Középen és északkeleten az előfordulás délkeleti határát jelenti, majd a Malom-árokotól nyugatra 500–700 métert észak felé beöblösödik. Ezen a területen három nagyobb és több kisebb foltban megmaradt az eocén fedő és ezekhez bauxitlepek kapcsolódnak. A nyugati szélső és a belső déli részterületen maximum 40–67% a bauxitlencsék eocén lefedettsége, sőt a XVIII. lencsét egyáltalában nem fedik eocén rétegek. Ezzel szemben a középső déli részterületen 60–100%-os az eocén lefedettség, a két északi részterület lencseit pedig teljes egészében összefüggő eocén fedő takarja. A keleti részterületen is 85–95% a lencsék eocén fedettsége. Lényeges végül, hogy a Kab-hegy I. lencsét is teljes egészében eocén fedi és ez a fedő észak és északnyugat felé összefüggően folytatódik.

Figyelmet érdemel az is, hogy a középső részterület három nagy lencséje — X., XI. és XII. — az eocén fedő tektonikusan kialakult beöblösödéseiben helyezkedik el, közöttük kimarad az eocén összlet, sőt helyenként a felső-triász Földolomit is a felszínre bukkan. Egyértelmű, hogy itt az eocén fedő őrizte meg e három bauxitlencsét. Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az eocén fedő védő szerepe itt is meghatározó volt. Ugyanakkor a lepusztulás itt kevésbé volt heves, mint a szőci előfordulás területén, mert a két nyugati részterületen több lencsében túlterjed a szorosan vett bauxit az eocén fedő határain.

G) Az eocén transzgressziót megelőzően a térszín mélyebb részein mocsarasodás indult el és a transzgresszió kezdetén lagúnák alakultak ki. Ezek jelenlétét az eocén összlet bázisán szürke pirites–markazitos agyag jelzi, ami fontos paleomorfológiai mutató. Kiértékeltem ezért, hogy a *lencsék területének hány százaléka felett szürke agyag a közvetlen fedő*. (16. táblázat). Az ilyen helyeken a bauxittest legfelső része több helyen redukálódott és vastartalma részben kioldódott, részben piritté és markazittá alakult át. A részterületek e tekintetben markánsan különböznek egymástól. A két

északi részterületen 100%-ot is elérhet a lencsék szürke agyaggal fedett része. Ugyanakkor délkelet felé haladva ez az arány rohamosan csökken, sőt a délkeleti szegélyen már csak kis foltokban található szürke pirites markazitos bauxit. Ezek a helyeken a bauxitot sárga, vörös és tarka agyag fedi. Ez a területi eloszlás egyértelműen jelzi az egykori térszín fokozatos lejtését északnyugati irányba. Figyelemre méltó még az is, hogy a Kab-hegy I. lencse felett, továbbá a környező fúrásokban az eocén bázisán nincs szürke agyag, ami azt sejteti, hogy ez a területrész kissé kiemeltebb helyzetben lehetett.

Összefoglalva, a fentiekben értékelt tulajdonságok két területi trendet jeleznek: Az első az előfordulás csapásirányára merőleges és délkelet felől északnyugat felé egyirányú változásokat mutat. A másik — az első fenntartása mellett — az előfordulás középső részét emeli ki a legnagyobb, a legvastagabb és a legtöbb bauxitot tartalmazó lencsékkel.

A bauxit-előfordulás genetikai értékelése

A térség földtörténeti fejlődésmenetét bauxitgenetikai szempontból számosan értékelték. Ezeket az értékeléseket a Halimbai bauxit-előfordulás című monográfiám (2007) „A bauxit-előfordulás kialakulása” című fejezetében részletesen ismerttettem, ismételtesük feleslegesnek tartom. A térség egészére vonatkozó genetikai elképzeléseim MINDSZENTY et al. tanulmányaihoz állnak legközelebb (1994, 2001). HAAS et al. (1980) részletesen értékelték a Bakony hegységben a bauxit-előfordulások és az Ajkai Kőszén Formáció térbeli elterjedését és ősföldrajzi kapcsolatait. Ez az értékelés a malom-völgyi előfordulástól északkeletre elterülő ajkai szénmedencére is kiterjedt és ezért genetikai vizsgálódásaim során figyelembe vettem őket.

A halimbai előfordulás fejlődéstörténetével szemben a legfőbb különbséget abban látom, hogy a késő-kréta transzgresszió a malom-völgyi előfordulásra annak magasabb térszíni fekvése miatt nem terjedt ki. Ennek egyik bizonyítéka, hogy semmi nyoma sincs a malom-völgyi előfordulás területén késő-kréta korú képződményeknek. Az előfordulás alakja is a halimbaitól független felhalmozódásra utal. Ha mindkét előfordulást késő-kréta transzgresszió fedte volna le, akkor a két előfordulás azonos korát kellene feltételezni. A számos eltérő tulajdonság, a települési mód és az összetétel eltérései mind ez ellen szólnak. A malom-völgyi bauxit behordása és felhalmozódása ezért a késő-krétára is kiterjedt. A kiemeltebb helyzet miatt a paleotérszín itt tagoltabb volt. Ezért egy nagy kiterjedésű, rétegszerűen összefüggő telep helyett egymástól dolomit kiemelkedésekkel elválasztott kisebb-nagyobb bauxitlencsék jöttek létre. A felhalmozódás délkelet felől történt és északnyugat felé ívesen végződött (36. ábra), a térszín fokozatos lejtésének megfelelően. Ezt jelzi a közvetlen fedő eocén szenes agyagrétegek elterjedése (4. ábra). A malom-völgyi előfordulás bauxit összelete tehát a halimbainál fiatalabb, felhalmozódása a paleocénben érhetett véget.

A középső-eocénben megindult transzgresszió a malom-völgyi és a szöci előfordulásra is kiterjedt. Ennek az a jelentősége, hogy az eocén fedőrétegek megvédték a bauxitot a későbbi lepusztulástól. Ahonnan az eocén rétegek lepusztultak a bauxit összetétel az erózió áldozatául esett, vagy vörös agyaggá degradálódva és áthalmozódva kisebb mélyedésekben halmozódott fel. Jól mutatja az 5. ábra, hogy a bauxitlencsék túlnyomó többsége az eocén lepusztulási határán nem terjed túl. Egyedül a Malom-árokotól délnyugatra található néhány kisebb bauxitlencse, ahonnan az eocén fedő részben (XIII, XV., XVI., XVII. lencsék), vagy teljes egészében lepusztult (XVIII. lencse). Ezekben felismerhetők a helyi áthalmozódás nyomai, továbbá a degradálódás következtében megnőtt bennük a bauxitos agyag aránya.

Ásványgenetikai problémát jelentett a boehmites bauxit jelenléte a túlnyomóan gibbsites összetételű bauxitban. Ezek térbeli elhelyezkedését az ásványtani fejezetben ismerttettem.

A szomszédos szöci előforduláson a malom-völgyihez hasonló ásványeloszlást észleltem: A nyugat-kelet irányban elnyúlt előfordulás középső részén tisztán gibbsites bauxit található, tőle keletre és nyugatra pedig gibbsit-boehmites bauxit. Az előfordulás keleti szélén (Nyíreskút) egy kisebb, tisztán boehmites lencse van. Ugyanígy a nyugati oldalon a Félix I. lencse is teljesen boehmites felépítésű. Az egyedüli különbség az, hogy ettől nyugatra több kisebb tisztán gibbsites bauxitból álló lencse helyezkedik el. Ezt az eloszlást délkelet felől északnyugat felé tartó bauxitszállítással magyaráztam és ezen belül hat közel párhuzamos szállítási útvonalat tételeztem fel.

A malom-völgyi előforduláson is hasonló felhalmozódási különbségekkel magyarázom az eltérő összetételű lencsákat. A mai triász térszín délkelet felől északnyugat felé lejt és feltételezem, hogy a bauxit-felhalmozódás idején is ez volt a helyzet. Három fő behordási útvonalat tételezek fel (36. ábra). A középső túnyomóan gibbsites bauxitot hozott, a keleti és a nyugati pedig vegyesen mindhárom bauxitfajtát. Úgy tűnik továbbá, hogy ha nem is teljes rendszerességgel, de többnyire a délkeleti oldalon gibbsitesebb a felhalmozódott bauxit, az északnyugatin pedig boehmitesebb. Persze ezt az általánosított képet, számos helyi eltérés tarkítja. Elképzelhető, hogy a helyi térszínalakulás (kisebb kiemelkedések és bemélyedések) is befolyásolták a gibbsites és a boehmites bauxit elkülönülését. Nem hiszem, hogy a bauxit felhalmozódása után érdemi gibbsitesedés vagy boehmitésedés történt volna, hiszen ennek ellentmond e bauxitfajták térbeli elrendeződése.

A fúrásos és geofizikai bauxitkutatás, valamint a készletszámítások módszertani tapasztalatai

A Malom-völgy térségében az első mai értelemben vett kutatási zárójelentést a Bauxitkutató Vállalat keretei között BÁRDOSSY (1955) készítette az akkor érvényes előírásoknak megfelelően. A fúrásos kutatás 1953–54-ben történt Crälius-fúrógépekkel, magfúrással. A bauxit átfúrását minimum 76 mm átmérővel végezték. A bauxitból nyert magkihozatal átlagosan 92% volt, amit abban az időben igen jó eredménynek lehetett tekinteni.

A zárójelentés az I–II., III., és IV. számú lencsék területére terjedt ki, amelyeken 50×50 méteres derékszögű hálózatban végezték a fúrásokat. E hálózatot bonyolultabbnak tűnő helyeken 25×25 méterre sűrítették. Az ALLIQUANDER, et al. (1949) jelentésben szereplő fúrások megbízhatóságát öt helyen ellenőrizték úgy, hogy a korábbi fúrások helyén új fúrást mélyítették. Négy helyen viszonylag jó egyezést találtak, de egy helyen (H–46 fúrás) bauxitot találtak, ott ahol a régi fúrást meddőnek írták le. Emiatt, nagyon helyesen, felhívták a figyelmet a régi fúrások esetleges eltéréseire. Tudomásom szerint a későbbi bányászati kitermelés során ilyen eltéréseket nem észleltek.

A zárójelentés részeként 1954-ben 1:2000 méretarányú topográfiai térkép készült a területről. E területen BÁRDOSSY Gy. 1955-ben részletes bauxitföldtani térképet készített, ami ugyancsak a zárójelentés része lett.

A fúrások rétegsoráról részletes földtani leírás készült, a bauxitról pedig zömében 0,5 méteres mélységközökben vegyelemzések az öt fő komponensről. Az ellenőrző elemzések megerősítették a sorozatelemzések eredményeit.

A készletszámítások az alábbi minisztériumi előírások szerint készültek:

— „Bayer érc” Al_2O_3 több mint 45%, minimális vastagság 1,0 m,

1. alcsoport: modulus több mint 10,

2. alcsoport: modulus 7–10.

— „Pirógén érc” Al_2O_3 több mint 40%, vastagság min. 1,0 m, modulus 2,6–7.

A készletszámítás sokszög-módszerrel készült és ellenőrzésként a földtani tömb módszerrel is kiszámították a készleteket. A két számítás között nem volt érdemi különbség. A készletek ismeretességi kategóriákba való besorolása is az akkori minisztériumi előírások szerint történt. A_2 kategóriába kerültek a lencsék produktív fúrásokkal lehatárolt belső részei, a külső, szegély övezet pedig C_1 kategóriát kapott.

Az összesített földtani vagyon:

Bayer érc	>10 Md	166 000 tonna	Al_2O_3	47,7%	SiO_2	3,2%
	7–10 Md	71 000 tonna		49,1%		5,9%
Pirógén	2,6–7 Md	510 000 tonna		43,4%		13,8%

A Bayer érc lencsék szerinti megoszlása a következő:

I–II. lencse	168 000 tonna
III. lencse	33 000
IV. lencse	23 000
VI. lencse	13 000

A III. lencse északkeleti részén 1980. év folyamán a Bauxitkutató Vállalat 16 fúrást mélyített, melyek közül csak öt harántolt szorosan vett bauxitot, a többiben csak agyagos bauxitot és bauxitos agyagot észleltek. További 10 meddő fúrást telepítettek a lencse pontosabb lehatárolására. E kiegészítő kutatások eredményeiről nem készült külön jelentés, de a fúrások dokumentációját sikerült megszerezni.

Az I–II. lencse nyugati oldala külfejtéssel került kitermelésre. A keleti oldalt pedig, amely egy ÉNy/DK irányú vető mentén lezökkent mélyműveléssel termelték ki. Ezen belül a kitermelés során két további vetőt mutattak ki, melyek a lezökkent teleprészt három tömbre bontották. Ezek nyugatról kelet felé haladva a +311, +302 és a + 314-es szinten helyezkedtek el. Mindez az 1969-ben készült bányaföldtani térképen látható (37. ábra). A művelési térkép szerint a műrevaló bauxit délen és északon túlterjedt a készletszámítás határán. A lencse keleti végén levő régi H–35 jelű produktív fúrást viszont nem igazolta a termelés. A hivatalos kimutatás szerint a lencsében nem maradt vissza számbavételi határt elérő bauxit. A bányaföldtani szolgálat ezen felül a mélyművelésből 33 vágat- és vājvégszelvényt készített, melyek helyét a fenti térképen feltüntették. Ebből kiderül, hogy a szelvények mindenütt a lefejtett terület külső szélén helyezkedtek el. A szelvények igen hasznosak, mert feltüntetik az eocén mészkő és agyag, a bauxit, a „nem-ipari bauxit”, a bauxitos agyag és a fekvő dolomit térbeli elhelyezkedést (38. ábra).

A III. lencsét a nagyobb fedő vastagság miatt a Malom-árok felől egy lejtőszaknával és egy altárával tárták fel. A kis bauxitvastagság és a többnyire gyenge minőség miatt a termelés a lencse nyugati részére korlátozódott. (lásd a 37. ábrát). A fent említett 1980. évi pótkutatás sem változtatott e helyzeten. A III. lencséről is készültek a fentiekhez hasonló vágat- és vājvégszelvények, de ezeket sajnos nem sikerült megtalálnom. A bányavállalat hivatalos kimutatása szerint a lencsében 39 300 tonna C_1 kategóriájú földtani vagyon maradt 48,9% Al_2O_3 és 7,6% SiO_2 -tartalommal, ami 6,4 modulusnak felel meg. A bauxit kis vastagsága (1,0–2,3 m) és térben elszórt helyzete miatt ennek gazdaságos kitermelését nem tartom valószínűnek.

A IV. lencsét teljes egészében külfejtéssel termelték ki. Ennek helye ugyancsak a 36. ábrán látható. Itt nem maradt vissza számbavételi határt elérő bauxit. A VI. lencsét nem termelték ki, mivel csak egyetlen fúrásban volt bauxit (H-37). A bauxittelepülés nagyfokú bizonytalansága miatt gazdaságos kitermelésére nem látok esélyt.

E lencséről sajnos csak összevont termelési adataim vannak. Ezek szerint az I–II., III. és IV. számú lencséből 1964 és 1969 között összesen 345 900 tonna bauxitot termeltek ki 60 200 tonna termelési veszteség mellett. Ez összesen 406 100 tonna bauxit. Mivel a fentiek szerint a 7,0-nál jobb modulusú bauxit össz mennyisége 236 000 tonna volt, szükségszerűen gyengébb minőségű bauxit is kitermelésre került.

Az 1955-ben készült első zárójelentés elfogadása után a térségben folytatódott a fúrásos kutatás. Az I–II. lencsétől északkeletre talált V., VII. és VIII. számú részterületeken nem találtak művelelő bauxitot. Ezért kutatási zárójelentés nem készült róluk. A III. lencsétől délnyugatra 1966-ban talált IX. lencsében sem találtak művelelő bauxitot és így erről sem készült zárójelentés.

Az I–II. lencsétől délkeletre viszont egy nagyobb lencsére találtak, amely a X. lencse számot kapta. Erről a lencséről 1966-ban készült zárójelentés. A jelentés szerzője ERDÉLYI Tibor geológus volt. A lencsét 33×33 méteres derékszögű hálózattal kutatták meg és minden irányban meddő fúrásokkal határolták le. A készletszámításhoz az előzőekben ismertetett számbavételi határokat használták. Alap módszerül a sokszög-módszert választották. Ellenőrző módszerül a számtani középátlagos módszer szolgált. A két módszer eredményei között nem volt érdemi különbség.

A készletszámításba vett terület határát a szomszédos produktív és meddő fúrások féltávolságában vették fel. A lehatárolásnál egyes helyeken a bauxitot átszelő törésvonalak lefutását is figyelembe vették. A készletek ismeretességi kategóriákba való besorolása a fennálló minisztériumi előírások szerint történt. B kategóriába kerültek a lencse belső, produktív fúrásokkal határolt részei, a külső, szegély övezet pedig a C₁ kategóriába került. Az első zárójelentés óta némi-
leg módosultak a minőségi kategóriák és elnevezésük. A lencse összesített földtani vagyona az új kategorizálás szerint:

I. oszt.	>10 Md (min. Al ₂ O ₃ 46%)	49 000 tonna	Al ₂ O ₃ 47,1%	SiO ₂ 2,6%	Fe ₂ O ₃ 24,0%
II. oszt.	7–10 Md (min. Al ₂ O ₃ ua.)	9 000 tonna	47,6	5,5	20,3
III. oszt.	4–7 Md (min. Al ₂ O ₃ 40%)	269 000 tonna	43,4	5,8	23,8
IV. oszt.	2,6–4 Md (min. Al ₂ O ₃ ua.)	53 000 tonna	41,7	2,6	20,3.

Az S-tartalom pedig 0,6%-nál nem lehet több.

A lencse bauxitját 1967 és 1972 között külfejtéssel művelték. A bánya kimutatása szerint összesen 255 600 tonna művelelő bauxitot termeltek ki 22 500 tonna termelési veszteség mellett. Ez összesen 278 100 tonna bauxitnak felel meg. A hivatalos kimutatás szerint a lencsében nem maradt vissza számbavételi határt elérő bauxit. A bányaföldtani szolgálat 1973-ban egy összefoglaló térképet szerkesztett, amelyen az eredeti készletszámítás mellett a ténylegesen kitermelt bauxit határait is feltüntették (39. ábra). A térkép szerint a kitermelés igazolta az eredeti készletszámítást, csak a szélső, a lencséből kinyúló tömbök maradtak ki, amelyekben csak harmad- és negyedosztályú bauxit volt. Ez összhangban volt a timföldgyárak igényeivel. A külfejtés során igazolódtott a lencsét DK/ÉNy irányban átszelő fő vető. Ez egyben magyarázatot adott a lencse közepén lefűrt H-1070 fúrás meddő eredményére is.

A XI. lencsén 1961 és 1968 között végzett kutatások eredményeiről 1968-ban készült zárójelentés, melynek szerzője a Földtani Kamerális Osztály volt, vezetője pedig KOMLÓSSY György. A kutatások irányításában és a rétegleírásokban ERDÉLYI Tibor és POSGAY Károly geológusok vettek részt.

A lencsét kelet–nyugat/észak–dél irányban tájolt 50×50 méteres szabályos fúrási hálózattal kutatták meg és minden irányban meddő fúrásokkal határolták le. A készletszámítást sokszög-módszerrel végezték, ellenőrzésre pedig a számtani középátlagos módszert alkalmazták. A tömbönkénti készleteket külön összesítették a lencse déli, külfejtéssel kitermelhető (XI/a jelű) és északnyugati mélyműveléses (XI/b jelű) részére. A belső tömböket B, a szélsőket pedig C₁ és C₂ kategóriába sorolták. A készletszámításhoz 1,85 tonna/m³ térfogatsúlyt használtak, 15,9% átlagos nedvességtartalom mellett. (Az átlagos nedves térfogatsúly 2,18 t/m³). A lencse teljes földtani vagyona a következő:

I. oszt.	411 000 tonna	Al ₂ O ₃ 49,6%	SiO ₂ 2,7%	Fe ₂ O ₃ 23,9%
II. oszt.	57 000	48,8	5,7	20,4
III. oszt.	512 000	45,5	7,7	20,8
IV. oszt.	447 000	43,1	14,4	20,4

Az I–IV. osztályú teljes vagyon tehát 1 427 000 tonna. A lencsében emellett jelentéktelen mennyiségű (11 000 tonna) III és IV. osztályú „kénes” bauxitot is kimutattak. A lencse déli részéből 1968 és 1972 között külfejtéssel 980 300 tonna bauxitot termeltek ki 95 400 tonna termelési veszteséggel. Ez összesen 1 075 700 tonna bauxitnak felel meg. A lencse északnyugati része a nagyobb fedővastagság miatt nem került kitermelésre. A zárójelentés szerint itt mélyműveléssel termelnék ki a bauxitot. A bánya hivatalos kimutatása szerint itt 367 400 tonna C₁ kategóriájú bauxit van 44,7% Al₂O₃ és 11,8% SiO₂-tartalommal, ami 3,8 modulusnak felel meg. Ilyen gyenge minőségű bauxitot ma nem lehet gazdaságosan feldolgozni. Ezért a zárójelentés eredeti sokszög-módszerének területi adatait megtartva az érintett tíz tömbre új átlag-számítást végeztem maximum 10% SiO₂ számbavételi határral. A számítás tömbönkénti eredményeit a 17. táblázatban

17. táblázat. A XI. lencsében a bányában visszamaradt bauxitot harántolt fúrások adatai

Fúrás	Vastagság (m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. veszt.	Modulus	Fedővastagság (m)
H-690	1,5	44,8	9,3	21,9	1,8	21,9	4,8	39
H-1220	2,0	54,4	5,4	15,3	3,8	15,3	10,1	43
H-1224	1,0	48,4	8,5	9,4	1,8	27,5	5,7	41
H-1229	5,0	48,9	3,8	24,8	1,9	20,0	12,3	59
H-1231	3,0	48,1	4,0	20,5	2,0	25,2	12,0	50
H-1249	2,3	43,8	7,0	23,0	1,9	23,3	6,3	58
H-1253	4,0	52,8	3,8	22,6	2,4	17,2	13,9	37
H-1264	3,5	47,0	9,6	14,2	6,1	20,4	4,9	70
H-1345	2,2	40,5	7,9	23,6	1,6	22,5	5,1	66
H-1379	5,5	44,5	8,8	23,5	2,0	19,1	5,1	55

mutatom be. A készlet térbeli elhelyezkedése a 40. ábrán látható. A kitermelést megnehezíti, hogy a szorosan vett bauxit három különálló tömbben helyezkedik el. A bauxit átlagos vastagsága 3,0 méter, ami elfogadható érték.

Összesítve így 115 200 tonna földtani készletet kaptam a következő súlyozott átlagminőséggel:

Al ₂ O ₃	47,1%
SiO ₂	6,5%
Fe ₂ O ₃	21,1%
TiO ₂	2,6%
Izz. veszt.	20,5%
Átlagos modulus	7,2

Ez jóval kevesebb, mint a fent említett hivatalos készlet, de ez a bauxitminőség gazdaságosan feldolgozható. Gazdaságos kitermelésére valószínűleg a mélyművelés lesz a legalkalmasabb, hiszen a fedővastagság 37–70 méter.

A X. és XI. lencse között található *XII. lencse* megkutatására 1965 és 1970 között került sor. Kutatási zárójelentése 1970-ben készült, szerzői SZABÓ Elemér és TÓTH Álmos voltak. Ezt a lencsét is kelet–nyugat/észak–dél irányban tájolt 50×50 méteres hálózattal kutatták meg és minden irányban gondosan lehatárolták meddő fúrásokkal. A bauxitból átlagosan 96%-os magkihozattal érték el. A bauxit száraz térfogatsúlya 1,84 t/m³, nedves térfogatsúlya pedig 2,16 t/m³ volt. A készletszámítás alapmódszere itt is a sokszög módszer, ellenőrző módszere a számtani középátlagos módszer volt. A belső tömböket a B, a szélsőket C₁ kategóriába sorolták.

A lencse összesített készletei:

I. oszt.	86 000 tonna	Al ₂ O ₃	49,3%	SiO ₂	3,5%	Fe ₂ O ₃	19,1%
II. oszt.	44 000 tonna		48,6		6,0		22,2
III. oszt.	223 000 tonna		46,0		7,9		22,3
IV. oszt.	200 000 tonna		43,2		13,8		21,0

A szerzők 418 000 tonnát tartottak külfejtéssel kitermelhetőnek, a többire pedig mélyművelést javasoltak. Az I. és II. osztályú érc kitermelésére egy déli és egy északi, egymással nem összefüggő külfejtési gödröt javasoltak. A rendelkezésemre álló információk szerint mindkét gödröt 1972 és 1977 között termelték ki. A kitermelés során 207 400 tonna készletnövekedést értek el a termelési kutatás során. A kitermelt bauxit mennyisége 754 200 tonna, 83 000 tonna termelési veszteség mellett.

A bánya nyilvántartása szerint a lencsében 92 300 tonna földtani készlet maradt vissza 45,4% Al₂O₃- és 12,2% SiO₂-tartalommal. Mivel ilyen minőségű készlet gazdaságosan nem dolgozható fel újraszámoltam a visszamaradt készletet maximálisan 10% SiO₂ cut-off értékkel. A számításba vett fúrások átlagértékeit a 18. táblázatban mutatom be. Összesen 55 000 tonna földtani készletet találtam, amely az északi külfejtés nyugati és északi szélén található két különálló tömbben (41. ábra). A nyugati tömb földtani készlete 40 000 tonna, 2,0 méter átlagos bauxitvastagsággal. Átlagos minősége 47,2%

18. táblázat. A XII. lencsében a bányában visszamaradt bauxitot harántolt fúrások adatai

Fúrás	Vastagság (m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. Veszt.	Modulus	Fedővastagság (m)
H-1200	1,2	42,5	6,3	25,1	2,3	22,0	6,7	48
H-1217	1,0	50,2	8,2	10,5	2,8	25,8	6,1	44
H-1243	1,9	47,4	8,5	18,8	1,9	22,2	5,6	52
H-1244	3,9	48,8	9,0	25,1	2,1	14,4	5,4	37
H-1447	1,0	54,8	8,4	22,7	2,4	11,8	6,5	36
H-1449	2,0	47,6	6,6	22,7	1,9	20,8	7,2	30

Al₂O₃ és 8,0% SiO₂. Így az átlagos modulus 5,9. A fedővastagság 37-től 52 méter, ami mélyművelést tenne indokolttá. A kis ércvastagság és a gyenge minőség miatt kérdéses, hogy érdemes-e ezt a visszamaradt készletet kitermelni?

Az északi tömb csak 15 000 földtani készletet tartalmaz, 1,5 méter átlagos bauxit vastagsággal és 30–36 méter fedő vastagsággal. Az átlagos minőség 51,3% Al₂O₃ és 7,5% SiO₂, ami 6,8 modulusnak felel meg. A kis ércmennyiség és vastagság miatt e készlet kitermelését nem tartom gazdaságosnak.

A XIII. és XV. bauxitlencsék kutatási eredményeiről 1990-ben készült zárójelentés SZABÓ Elemér, LUDAS Ferencné, FÁBIÁN József és HORVÁTH István tollából. E lencsék településének nagy változékonysága miatt — nagyon helyesen — szabályos fúrási hálózat helyett a bauxit térbeli elhelyezkedését próbálták követni (42. ábra). A fúrások egymástól 16–30 méterre helyezkednek el. A rendkívül szabálytalan körvonal miatt a lencsék lehatárolására különös gondot fordítottak. A fúrópontok optimális telepítéséhez nagy segítséget jelentettek az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1989-ben végzett felszíni VLF mérései és elektromos szondázásai. Az ezek alapján készített ellenállástérkép jól jelezte a fekü triász felszín mélyedéseit és kiemelkedéseit. A készletszámítást földtani tömb módszerrel készítették, az ellenőrző készletszámítás vastagságvonalas módszerrel történt. A két eredmény igen jó egyezést mutatott. A nagy változékonyság miatt az összes készletet a C₁ kategóriába sorolták. A XIII. lencse földtani érckészlete 2,26 tonna/m³ nedves térfogatsúllyal számolva:

III. oszt. 12 000 tonna, Al₂O₃ 45,2%, SiO₂ 11,8%, CaO 0,40%, MgO 0,13%, C_{org} 0,08, modulus 3,8. A kis készlet és a gyenge minőség miatt kitermelésére nem került sor.

A XV. lencsében is csak III. osztályú ércet mutattak ki. A földtani vagyon:

88 000 tonna Al₂O₃ 45,3%, SiO₂ 11,7%, CaO 0,46%, MgO 0,14%, C_{org} 0,04%, modulus 3,9. A lencséből 1990. év során külfejtéssel csupán 10 500 tonna bauxitot termeltek ki 1000 tonna termelési veszteséggel. A kitermelt bauxit gyenge minősége miatt (Al₂O₃ 47,2%, SiO₂ 11,3%) a termelést nem folytatták. Ezután a lencsében még 75 400 tonna bauxitot tartottak nyilván 45,6% Al₂O₃ és 11,8% SiO₂-tartalommal. A monográfia készítésekor szükségesnek láttam e készletet maximum 10%-os SiO₂ cut-offal újraszámolni. A számításba vett fúrások átlagos minőségét a 19. táblázat tartalmazza. A készlet térbeli kiterjedése a 42. ábrán látható. A VARGA Gusztáv által megtalált régi termelési térkép szerint a lencse legészakibb részét termelték ki. Ugyanakkor a 42. ábra szerint ezen a részen csak agyagos bauxit volt,

19. táblázat. A XV. lencsében a bányában visszamaradt bauxitot harántolt fúrások

Fúrás	Vastagság (m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. veszt.	Modulus	Fedővastagság (m)
H-1743	2,2	45,8	8,7	21,4	2,2	18,8	5,3	0,8
H-1744	1,6	44,3	9,4	22,4	2,3	18,7	4,7	3,4
H-1749	4,6	49,4	4,7	25,5	2,4	15,6	10,5	5,1
H-1757	0,9	43,1	9,7	20,5	1,7	23,0	4,4	0,5
H-1759	2,4	50,6	6,8	26,3	2,4	13,2	7,4	9,0
H-1762	4,6	46,3	7,1	18,8	1,9	24,9	6,5	1,0
H-1769	3,2	45,9	8,1	24,3	2,2	16,3	5,7	18,4
H-1771	4,8	44,8	7,7	23,0	2,2	19,4	5,8	18,4
H-1789	3,8	47,3	7,5	21,2	2,2	21,9	6,3	17,2

tehát érthető a gyenge minőség. A műrevaló bauxit ettől délre van. Végeredményben 27 000 tonna földtani vagyon adódott ki a következő átlagos minőséggel:

Al ₂ O ₃	46,8%
SiO ₂	7,3%
Fe ₂ O ₃	22,7%
TiO ₂	2,2%
Izz. veszt.	19,2%

Az átlagos modulus 6,4, az átlagos ércvastagság 3,1 méter. A fedővastagság a három északi fúrásban (H-1769, -1771, -1789) 17,2–18,4 méter, a déli hat fúrásban pedig 0,5–9,0 méter. Véleményem szerint a kis fedővastagság miatt nem kizárt e kis készlet gazdaságos kitermelése.

A XIV. lencséről nem készült kutatási zárójelentés. Megkutatása 1968 és 1970 között történt egymástól 50–100 méterre szabálytalanul elhelyezett fúrásokkal. A bányavállalat nyilvántartása szerint földtani vagyona 24 000 tonna, Al₂O₃ 45,2%, SiO₂ 8,6%, CaO 0,92%, MgO 0,34%. Az érc nem került kitermelésre és nem is látom erre alkalmasnak.

A XVI. lencséről is 1990-ben készült zárójelentés FÁBIÁN József, FELVINCZI István, HORVÁTH István és KARDOS Lajosné tollából. A kutató fúrások 1989-től 1990-ig mélyültek. Ez a lencse is rendkívül változékonyságú településű. Ezért a kutató-fúrásokat 25×25 méterese szabályos hálózatban telepítették kelet–nyugat/észak–dél irányba tájolva. Szerencsésebb lett volna a hálózatot ÉNy/DK-i irányba tájolni a lencse ilyen irányú elhelyezkedése és tektonikai helyzete miatt (43. ábra).

A lencse lehatárolását itt is nagyban segítették a Geofizikai Intézet VLF mérései és elektromos szondázásai. Az alap készletszámítás földtani tömb módszerrel, az ellenőrző, vastagságvonalas módszerrel készült. A földtani vagyont C_1 kategóriába sorolták.

III. oszt. 146 000 tonna, Al_2O_3 44,3%, SiO_2 7,4%, Fe_2O_3 20,2, CaO 0,90%, MgO 0,24%, modulus 6,0. A számba vett érc átlagos vastagsága 4,3 méter.

A lencse készletét 1990–1991-ben külfejtéssel kitermelték. Összesen 108 600 tonna bauxitot termeltek ki 46,5% Al_2O_3 és 6,3% SiO_2 -tartalommal, ami 7,4 modulusnak felel meg. A termelési veszteség 9 500 tonna volt. A termelés befejezése után a lencsében készlet nem maradt vissza.

A XVII. lencsét 1989-ben kutatták meg 25×25 méteres szabálytalan hálójával. A lencsében nem találtak műrevaló bauxitot, ezért zárójelentés sem készült róla.

20. táblázat. A malom-völgyi előfordulásról kitermelt bauxit mennyisége

Lencsék száma	Termelés (tonna)	Termelési veszteség (tonna)
I–II., III., IV.	345 900	60 200
X.	255 600	22 500
XI.	980 300	95 400
XII.	754 200	83 000
XV.	10 500	1 000
XVI.	108 600	9 500

A XVIII. lencse megkutatása 1989 és 1990-ben történt. Kutatási zárójelentés nem készült róla. A fúrások szabálytalan hálóban egymástól 20–25 méterre helyezkednek el. A bányavállalat a következő földtani készletet tartja nyilván:

I–II. oszt. 6 000 tonna, Al_2O_3 45,9%, SiO_2 5,5%, CaO 0,54%, MgO 0,06%, modulus 8,3

A kis készlet miatt a bauxitot nem termelték ki.

A malom-völgyi bányászat termelési és termelés veszteség adatait VARGA Gusztáv gyűjtötte össze. Ezeket az adatokat, lencsékre összevonva a 20. táblázatban tüntettem fel. Az I–II., III., IV., X., XI., XII., XV. és XVI. lencséből összesen 2 455 100 tonna bauxitot termeltek ki 270 700 tonna termelési veszteséggel.

Az előfordulás továbbkutatásának lehetőségei

Az előző fejezetben leírtakból kitűnt, hogy a malom-völgyi bauxitlencséket igen alaposan és szakszerűen kutatták meg. A lencsék lehatárolása is teljesnek mondható. Az előfordulás szorosan vett területén ezért további fúrások kutatásnak nem látom értelmét.

Az eocén fedőrétegek lepusztulási vonalától délkeletre eddigi tapasztalatim szerint nem látok esélyt érdemi bauxittelep fennmaradására. Északnyugat felé a már ismertetett minőségromlás miatt nincs értelme újabb kutatásnak. Tulajdonképpen csak az előfordulás északkeleti folytatásában látok némi reményt sikeres kutatásra. E mellett szól a malom-völgyivel azonos rétegtani helyzet, valamint a Kab-hegy I. lencse agyagos bauxitjának kémiai és ásványtani felépítése. Ebben a térségben nyolc felderítő fúrás talált néhány méter vastag bauxitos agyagot és agyagos bauxitot, de szorosan vett bauxitot nem. A meddő fúrások között van elegendő hely a malom-völgyihez hasonló méretű bauxitlencsék megtalálására, de semmi biztosíték nincs arra, hogy valóban ott is felhalmozódott bauxit.

Ezt a perspektívikusnak mondható területsávot délkelet felé az eocén rétegek lepusztulása határolja le (6. ábra). Az északnyugati oldalon a felső-kréta, majd a középső-kréta fedőrétegek megjelenése jelenti a földtani határt. Ez megváltozott rétegtani helyzetet jelez. Ugyanakkor északabbra, az ajkai kőszéntepek alatt számos bányászati megfigyelés jelzett vörös színű, bauxitnak gondolt képződményeket. Néhány kőszénkutató fúrás is harántolt bauxitot a kőszéntepek formáció alatt. Ez a terület bauxitföldtani szempontból feldolgozatlan. Igen hasznos és kíváncsú lenne részletes bauxitföldtani feldolgozását elvégeztetni.

Összefoglalás, következtetések

Mint már a bevezetésben leírtam, célom a malom-völgyi előfordulás egészének összefoglaló kiértékelése volt. Míg a halimbai előfordulásról monográfiám megjelenése előtt több értékes cikk látott napvilágot, addig egyetlen a malom-völgyi előfordulásnak szentelt cikkről sem tudok. Ez is indokoltá tette e monográfia megírását. A feldolgozás során igyekeztem a hagyományos bauxitföldtani módszerek mellett korszerű geomatematikai módszereket is alkalmazni. Monográfiám tehát egyben módszertani példa is, ez indokolja a szöveg és ábrák angol nyelvű megjelenését. További célom volt a még hozzáférhető bauxitföldtani adatok, térképek, szelvények főbb eredményeinek megmentése, mielőtt végleg veszendőbe mennének.

A gyakorlati részben megkülönböztetett figyelmet szenteltem a készletszámításoknak. A leírtakból kitűnik, hogy sikerült három lencsében kitermelésre és gazdaságos feldolgozásra alkalmas visszahagyott bauxitot kimutatni. Nagy örömmre szolgálna, ha ezeket sikerülne a jövőben kitermelni.

E monográfia megjelentetésével nem tartom lezártnak a térség bauxitföldtani kiértékelését. Mint a bevezetésben már

említettem, a szőci előfordulás kiértékelését a kilencvenes évek során elvégeztem. Sajnos az eredmények publikálására csak túlságosan lerövidített lehetőséget kaptam. A halimbai és a malom-völgyi előfordulások monografikus kiértékelése a szőci előfordulás értékelése számára is több új bauxitföldtani felismerést hozott. Szeretném ezért az új ismeretek és értékelési módszerek felhasználásával a szőci előfordulást újraértékelni és ezen felül a egész térségről egy összefoglaló képet alkotni.

Köszönetnyilvánítás

Munkámhoz a MAL részéről minden lehetséges segítséget megkaptam. Megkülönböztetett köszönettel tartozom KIS István stratégiai igazgatónak, VARGA Gusztáv, JANKOVICS Bálint és TISZAY János geológusoknak. Értékes segítséget kaptam a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) Ásványvagyon Főosztályának vezetőjétől GOMBÁRNÉ FORGÁCS Gizellától, valamint PARTÉNYI Zoltán geológustól a régi éves készletmérlegek előkerítésével. Ezeknek köszönhető a visszamaradt bauxitkészletek számba vétele.

References — Irodalom

Nyomtatott kiadványok

- BÁRDOSY, Gy. 1982: Karst Bauxites. — *Developments in Economic Geology. Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York.* 441 p.
- BÁRDOSY, Gy. 2001: A szőci bauxitelőfordulás átfogó földtani értékelése. (General geologic evaluation of the Szőc bauxite deposit.) — *Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat* 134, pp. 36–50.
- BÁRDOSY, Gy. 2007: The Halimba bauxite deposit. A halimbai bauxitelőfordulás. — *A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa* 119 p.
- BÁRDOSY, Gy., PATAKI, A., TISZAI, J. 1998: A halimbai bauxittelep földtani megismerésének és megkutatásának története. (The history of geological research and exploration of the Halimba bauxite deposit.) — *Földtani Kutatás* 35, pp. 3–7.
- GYÖRGY, A. 1923: Bauxittelep Halimbán és környékén Veszprém vármegyében. (Bauxite deposit at Halimba and surroundings in Veszprém county.) — *Bányászati és Kohászati Lapok* 56 (8), pp. 57–62 és 73–77.
- HAAS, J., BERNHARDT, B., CSÁSZÁR, G., JOCHA-EDELÉNYI, E. 1980: Stratigraphic and palaeoecologic control of the bauxite and coal resources: an analysis based on examples from the Cretaceous and Eocene in Hungary. — *Industrie Minérale – Les Techniques* pp. 273–281.
- HARRASSOWITZ, H. 1926: Laterit. Material und Versuch erdgeschichtlicher Auswertung. — *Fortschritte der Geologie und Palaeontologie* IV (14), 566 p.
- KÁROLY F. 2009: 100 éve kezdődött a Halimba, Szőc, Taliándörögd-térségi bauxitkutatás. (Bauxite exploration started 100 years ago in the Halimba, Szőc, Taliándörögd area.) — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* 142 (2–3), pp. 33–36.
- KORMOS, T. 1932: Néhány szó a halimbavidéki bauxitokról. (Some words about the bauxites of the Halimba region.) — *Bányászati és Kohászati Lapok* 65 (22), pp. 460–461.
- MÉSZÁROS, J. 1983: A bakonyi vízszintes eltolódások szerkezeti és gazdaságföldtani jelentősége. (Structural and economic geological significance of strike-slip faults in the Bakony Mountains.) — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1981 évről*, pp. 485–502.
- MINDSZENTY, A., KNAUER, J., MÁTÉFINÉ STEFFLER M. 1994: Superimposed paleokarst phenomena in the Halimba basin, South Bakony, Hungary. — *Proceedings of the International Association of Sedimentologists, Ischia* pp. 285–286.
- MINDSZENTY, A., CSOMA, A., TÖRÖK, A., HIPS, K., HERTELENDI, E. 2001: Flexura jellegű előtéri deformációhoz köthető karsztbauxit-szintek a Dunántúli-középhegységben. (Rudistid limestones, bauxites, paleokarst and geodynamics. The case of the Cretaceous of the Transdanubian Range.) — *Földtani Közlöny* 131 (1–2), pp. 107–152.
- PATAKI, A. 1987: A bauxitkutatás és földtani kép. (Bauxite Exploration and geological model at Halimba.) — In: GÁDORI V., SZEPESHEGYI I. (szerk.): *Bauxitbányászat a Bakonyban*. Bakonyi Bauxitbánya Vállalat kiadványa, Tapolca, pp. 59–73.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. 1955: *Geokémia (Geochemistry)*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 680 p.
- SZEPESHEGYI, I. 1987: A Bakonyi Bauxitbánya jogelődjai. A Tapolcai Bánya Rt. (The Tapolca Ltd. the predecessor of the Bakony Bauxite Mines.) — In: GÁDORI V., SZEPESHEGYI I. (szerk.): *Bauxitbányászat a Bakonyban*. Bakonyi Bauxitbánya Vállalat kiadványa, Tapolca, pp. 27–39.
- TELEGDI ROTH, K. 1927: Die Bauxitlager des Transdanubischen Mittelgebirges in Ungarn. — *Földtani Szemle* I (1), pp. 33–46.
- VITÁLIS, I. 1931: A hazai bauxitokkal kapcsolatos alumíniumvasércék. (Aluminous iron ores related to the Hungarian bauxites.) — *Bányászati és Kohászati Lapok* 64, p. 486.
- VITÁLIS, I. 1932: A halimbavidéki bauxitok és hasznosításuk. (The bauxites of the Halimba region and their utilisation.) — *Bányászati és Kohászati Lapok* 65 (19), pp. 386–392.
- VITÁLIS, I. 1932: Válasz a halimbavidéki bauxitokra vonatkozó megjegyzésekre. (Answer to the remarks regarding to the bauxites of the Halimba region.) — *Bányászati és Kohászati Lapok* 65 (19), p. 461.

Kézírtas jelentések

- ALLIQUANDER, E., LJUBIMOV, I. A., VADÁSZ, E. 1949: A délnyugati Bakonyban Halimba, Padrag és Szőc bauxitterületen végzett geológiai kutatások adatai. (Data on the geologic exploration for bauxite in the Halimba, Padrag, Szőc region in the southwestern Bakony Mountains.) — Maszobal Rt. 334 p.

- BÁRDOSSY, Gy. 1955: Jelentés a Halimba malom-völgyi bauxitelőforduláson végzett kutató munkálatok és készletszámítás eredményeiről. (Report on the exploration and resource estimation of the Malom-völgy deposit.) — Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- ERDÉLYI, T. 1966: Jelentés a Halimba Malom-völgy X. számú bauxitlencsén végzett kutató munkálatok és készletszámítás eredményeiről. (Report on the exploration and resource estimation of the lense No. X, Malom-völgy deposit.) — Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- Földtani Kamerális Osztály 1968: Jelentés a Halimba Malom-völgy XI. számú lencsén végzett kutató munkálatok és készletszámítás eredményeiről. (Report on the exploration and resource estimation of the lense No. XI, Malom-völgy deposit.) — Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- SUESS, E. F. 1920: Erster Bericht über das Vorkommen ausgedenter Bauxitlager im Bakony Gebiete.
- SUESS, E. F. 1921: Bericht über die Entdeckung eusgedenter Bauxitlager im Bakony Gebiete.
- SZABÓ, E., TÓTH, Á. 1970: Jelentés a Halimba Malom-völgy XII. számú bauxitlencsén végzett kutató munkálatok és készletszámítás eredményeiről. (Report of the exploration and resource estimation of the lense No. XII, Malom-völgy deposit.) — Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- SZABÓ, E., LUDAS, F-NÉ, FÁBIÁN, J., HORVÁTH, I. 1990: Jelentés a Halimba-Malom-völgy XIII–XV. számú bauxitlep részletes kutatásáról és készleteiről. (Report on the detailed exploration and resource estimation of the lenses No. XIII and XV, Malom-völgy deposit.) — Magyar Bányászati, Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- VADÁSZ, E. 1943: A halimbai kutatások helyzetképe. (The situation of the bauxite exploration in the Halimba region.) — A Bakonyi Bauxitbánya Kft. Bányászati gyűjteménye, Ajka.
- VADÁSZ, E. 1944: A halimbai bauxitterület kutatásáról. (On the exploration of the Halimba Bauxite deposit.) — A Bakonyi Bauxitbánya Kft. Bányászati gyűjteménye, Ajka.

Enclosure — Melléklet



1. Open pit of lense No. IV in 1966. Below bauxite, above it middle Eocene limestone. In the background the Átíbor Hill.

1. IV. külfejtés 1966-ban. Alul bauxit, felette középső-eocén mészkő. Háttérben az Átíbor-domb.

2. Open pit of lense No. X in 1968. The central part of the lense. View from the south.

2. X. külfejtés 1968-ban. A bauxitlencse középső, levetett része észak felé nézve.

3. Open pit of lense No. X in 1968. View from the south-east.

3. X. külfejtés 1968-ban. Délkelet felé nézve.

4. Open pit of lense No. X. in 1968. Rounded bauxite pebbles in pelitomorphous bauxite.

4. X. külfejtés 1968-ban. Gömbszemcsés bauxitkavics vörös, pelitomorf bauxitban.

5. Open pit of lense No. X in 1968. The central, down-faulted part of the lense. In the lower part red bauxite with yellow stripes, above it middle Eocene limestone.

5. X. külfejtés 1968-ban. A lencse középső, levetett része. Alul vörös sárgaeres bauxit, felette középső-eocén gumós mészkő.

6. Open pit of lense No. X in 2008. Bauxite in the central part of the lense. View from the eastern rim of the lense.

6. X. külfejtés 2008-ban. A lencse széléről kelet felé nézve. Középen visszahagyott agyagos bauxit.

7. Open pit of lense No. XI in 1970. The central part of the lense. In the lower part red bauxite, above it middle Eocene limestone.

7. XI. külfejtés 1970-ben. A lencse középső része. Alul a bauxit, felette középső-eocén mészkő.



8



9



10



11



14



11



12

8. Open pit of lense No. XI in 1968. Eastern rim of the lense. In the central part red bauxite, in the background middle Eocene limestone.

8. XI. külfejtés 1968-ban. A lencse keleti széle. Középen vörös bauxit, háttérben az eocén fedő.

9. Open pit of lense No. XI in 1968. Southern rim of the lense. In the lower part red bauxite, above it yellow and light violet clayey bauxite. On the top grey clay and middle Eocene limestone.

9. XI. külfejtés 1968-ban. A lencse déli széle. Alul vörös bauxit, felette sárgás és halványlila agyagos bauxit. Legfelül eocén szürke agyag és mészkő.

10. Open pit of lense No. XI in 1968. South-western rim of the lense. Red bauxite in the lower part. Above it yellow clayey bauxite. On the top middle Eocene clay and limestone.

10. XI. külfejtés 1968-ban. A lencse délnyugati széle. Alul vörös bauxit, felette okkersárga agyagos bauxit, legfelül eocén agyag és mészkő.

11. Open pit No. XII in 1976. Central part of the lense. In the lower part high grade bauxite, above it orange coloured clayey bauxite. On the top grey clay and limestone of middle Eocene age.

11. XII. külfejtés 1976-ban. Középen alul jó minőségű bauxit, felette kb. egy méter vastag narancsszínű agyagos bauxit. Felette szürke eocén agyagrétegek, majd gumós középső eocén mészkő.

12. Open pit of lense No. XII in 1976. Excavation of high grade bauxite in the north-eastern part of the lense. Above it thick grey clay and middle Eocene limestone.

12. XII. külfejtés 1976-ban. Jó minőségű bauxit termelése a lencse északkeleti részéről. Felette vastag eocén szürke agyag és mészkő.

13. Open pit of lense No. XVI in 1991. The uneven surface of the bauxite. In the background the southern entrance of the excavations.

13. XVI. külfejtés 1991-ben. Letakarított hullámos bauxitfelszín. Háttérben a külfejtés déli bejárata.

14. Open pit of lense No. XVI in 1991. View of the lense from the south-west. In the central part high grade bauxite, in the background the middle Eocene cover: marl and limestone.

14. XVI. külfejtés 1991-ben. Rálátás a külfejtésre a lencse délnyugati széléről. Középen jó minőségű vörös bauxit, háttérben középső-eocén márga és felette mészkő.

15. Open pit of the lense No. XVI in 1991. Excavation of the bauxite in the central part of the lense. View from the south-east. Middle Eocene marl and limestone in the background.

15. XVI. külfejtés 1991-ben. Fejtés a lencse középső részén délkelet felől nézve. Háttérben eocén márga és mészkő.

16. Open pit of lense No. XVI in 1991. North-western rim of the lense with backfill in the foreground.



15. Open pit of the lense No. XVI in 1991. Excavation of the bauxite in the central part of the lense. View from the south-east. Middle Eocene marl and limestone in the background.

15. XVI. külfejtés 1991-ben. Fejtés a lense középső részén délkelet felől nézve. Háttérben eocén márga és mészkő.

16. Open pit of lense No. XVI in 1991. North-western rim of the lense with backfill in the foreground.

16. XVI. külfejtés 1991-ben. A lense északnyugati szélé elkezdett visszatöltéssel.

17. Open pit of lense No. XVI in 1991. High grade pelitomorphic bauxite in the central part of the lense.

17. XVI. külfejtés 1991-ben. Jó minőségű pelitomorf bauxit a lense középső részén.

18. Open pit of lense No. XII in 2009. Northern rim of the lense with the middle Eocene cover (Photo: B. Jankovics).

18. XII. külfejtés 2009-ben. A külfejtés északi fala középső-eocén mészkővel. Előtérben a benőtt külfejtés (fotó: Jankovics B.).

19. Open pit of lense No. XII, in 2009. North-eastern rim of the open pit with the middle Eocene limestone. In the lower part clayey bauxite (Photo: B. Jankovics).

19. XII. külfejtés 2009-ben. A külfejtés északkeleti fala, középső-eocén mészkővel. Alul visszahagyott agyagos bauxit (fotó: Jankovics B.).

20. Open pit of lense No. XII in 2009. The north-western rim of the open pit, with large bauxite blocks (Photo: B. Jankovics).

20. XII. külfejtés 2009-ben. A külfejtés északnyugati szélé visszahagyott bauxit tömbökkel (fotó: Jankovics B.).

21. Open pit of lense No. XII in 2009. The western rim of the lense. In the foreground clayey bauxite (Photo: B. Jankovics).

21. XII. külfejtés 2009-ben. A külfejtés nyugati elvégződése, előtérben agyagos bauxittal (fotó: Jankovics B.).