



**Der Bauxit von Brezová pod Bradlom  
(Kleine Karpaten, Slowakei)  
im Licht der vorgosauischen Paläogeographie**

JURAJ ČINČURA\*)

4 Abbildungen und 2 Tabellen

*Slowakei  
Westkarpaten  
Kreide  
Vorgosauische Paleokarstsedimente  
Paleokarstformen  
Paläogeographie  
Bauxitbildung*

**Inhalt**

|  |     |
|--|-----|
| Zusammenfassung .....  | 149 |
| Abstract .....   | 150 |
| 1. Einführung .....  | 150 |
| 2. Geologischer Überblick .....  | 150 |
| 3. Vorgosauischer Paleokarst .....                                       | 151 |
| 3.1. Paleokarstsedimente .....   | 151 |
| 3.1.1. Süßwasserkalke .....  | 151 |
| 3.1.2. Bauxite .....   | 151 |
| 3.1.3. Rotlehme .....  | 152 |
| 3.1.4. Valchovkonglomerate .....   | 152 |
| 3.2. Paleokarstformen .....  | 152 |
| 3.2.1. Uvalaartige Depressionen .....                                    | 152 |
| 3.2.2. Dolinenartige Depressionen .....                                  | 153 |
| 3.2.3. Canyonartige Depressionen .....                                   | 153 |
| 4. Grundmerkmale der Paläogeographie des vorgosauischen Festlandes ..... | 153 |
| 5. Herkunft des Bauxits .....  | 154 |
| 6. Schlussfolgerungen .....  | 154 |
| Dank .....   | 155 |
| Literatur .....  | 155 |

**Zusammenfassung**

Vor der Transgression der Gosau – in Oberturon bis Coniac – lagen große Bereiche der slowakischen Westkarpaten (ČINČURA, 1990), ähnlich wie weite Teile der österreichischen Kalkalpen (LEISS, 1989) und des Ungarischen Mittelgebirges (BARDOSSY & KORDOS, 1989) sub-aerisch exponiert. Das vorgosauische Festland der Westkarpaten, Ostalpen und des Ungarischen Mittelgebirges bildete eine größere Gesamtheit, die DERCOURT et al. (1990) als „Austrian-Slovakian-Tisza-Bihor Block“ bezeichnen. Im Nordteil der Kleinen Karpaten unterscheiden wir folgende vorgosauische Paleokarstsedimente und -formen: Süßwasserkalke, Bauxite, Rotlehme, Valchovkonglomerate, seichte uvalaartige Depressionen, seichte dolinenartige Depressionen und tiefe canyonartige Depressionen.

Das Bauxitvorkommen von Brezová pod Bradlom ist an die regional verbreitete Diskordanz zwischen den letzten marinen Ablagerungen der Nedzov-Decke (Malm) und den basalen Sedimenten der Brezová-Gruppe bzw. „Tieferen Gosau“ (Coniac) gebunden. Bauxit kommt im vorgosauischen Karst verhältnismäßig selten vor (ČINČURA, 1997, 1998). Das Auftreten – höchstwahrscheinlich in Linsen, die von Rotlehmen (bauxitische, kaolinitisch-illitische u.a.) umgeben sind, ist an bodennahe Teile tiefer, canyonartiger Depressionen gebunden. Das neue Bauxitvorkommen ist das westlichste Vorkommen in der Slowakei (bisher Mojtin) und stellt ein wichtiges Glied in der Kette der vorgosauischen Bauxite der Ostalpen und Westkarpaten dar.

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. JURAJ ČINČURA, Geologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, SK-84226 Bratislava, Dúbravská 9, Slowakische Republik.

# The bauxite from Brezová pod Bradlom (Malé Karpaty Mountains, Slovakia) in the Light of Pre-Gosau Palaeogeography

## Abstract

Extensive areas of the Slovak Western Carpathians (ČINČURA, 1990), as well as of the Austrian Northern Calcareous Alps (LEISS, 1989) and Hungarian Transdanubian Central Range (BARDOSSY & KORDOS, 1989) were exposed to subaerial destruction before the transgression of the Gosau. The pre-Gosau mainland of the Western Carpathians, Eastern Alps and Hungarian Transdanubian Central Range represented a part of the "Austrian-Slovakian-Tisza-Bihor Block" (DERCOURT et al., 1990). In the northern part of the Malé Karpaty Mts. the following pre-Gosau karst sediments and morphological forms can be distinguished: freshwater limestones, bauxites, red ferruginous clays, Valchov Conglomerate, uvala-like depressions, shallow doline-like depressions, and deeper canyon-like depressions.

The bauxite occurrence from Brezová pod Bradlom is connected with the unconformity between the last marine sediments of the Nedzov nappe (Malm) and the basal conglomerates of the Brezová Group (Coniacian). The red, probably lens-shaped bauxite is in the pre-Gosau karst relatively rare (ČINČURA, 1997, 1998). Bauxite occurs in the bottom parts of deeper canyon-like depressions. The new bauxite occurrence is the westernmost locality in Slovakia (until now Mojtin) and an important link in the chain of pre-Gosau bauxites of the Eastern Alps and Western Carpathians.

## 1. Einführung

Die bisherigen Bauxitfunde in den slowakischen Westkarpaten hatten folgende Verbreitung:

- 1) Mojtin-Region (weitere Umgebung der Lokalitäten Nad Lopušnou und Borová) im Strážov-Gebirge (ORLOV, 1937, 1938).
- 2) Markušovce und Umgebung; drei Fundstellen am Kontakt von Slovenský raj-Gebirge und Hornád-Becken (ZORKOVSKÝ, 1952).
- 3) Drienovec und Umgebung (MATEJKA, 1958) im Slowakischen Karst. Zu dieser Gruppe gehört auch der Fund des so genannten bauxitischen Eisenerzes am Paläokarstplateau Silická planina (BORZA & POSPÍŠIL, 1959).

Der neue Bauxitfund von Brezová pod Bradlom stellt ein Teilresultat der Erforschung der Karstsedimente und -formen dar, die während der paläoalpinen Karstperiode (ČINČURA, 1990; ČINČURA & KÖHLER, 1995) in den zentralen und inneren Westkarpaten gebildet wurden.

Das Bauxitvorkommen von Brezová pod Bradlom liegt in den Kleinen Karpaten, im nördlichsten Teil der Brezovské Karpaty am linken Ufer des epigenetischen Abschnittes des Baches Brezovský potok an den Abhängen der Kote Zúbková. Es handelt sich um die westlichste slowakische Fundstelle (bisher Mojtin). Damit stellt dieses Vorkommen ein wichtiges Glied in der Kette der vorgosauischen Bauxite der Ostalpen und Westkarpaten dar. Dieser Bauxitfund deutet gewisse gemeinsame Züge in der paläoalpinen Karstentwicklung beider Gebirgsketten an (Abb. 1).

## 2. Geologischer Überblick

Die Kleinen Karpaten stellen den westlichsten Teil der Westkarpaten dar und bilden einen isolierten Horst des kristallinen Untergrundes, der zwischen dem Wiener Becken im Westen und dem Pannonischen Becken im Osten liegt. Folgende tektonische Einheiten können innerhalb der Kleinen Karpaten unterschieden werden (MAHEL, 1986):

- 1) Tatrikum – tektonisch-sedimentäre Zone mit Kristallinkernen (präalpines Grundgebirge) und subautochthonen sedimentären Abfolgen (Jungpaläozoikum und Trias bis Unterturon).
- 2) Paläoalpine Decken: Krížna-Deckensystem bzw. Patrikum (Trias–Cenoman), Choč-Decke und höhere austroalpine Decken bzw. Hronikum (Karbon–Hauterive).
- 3) Sedimente der Oberkreide und des Paläogens (Gosau bzw. Brezová-Gruppe) und des Neogens.

Im nördlichsten Teil der Kleinen Karpaten (Brezovské Karpaty) unterscheidet man innerhalb der mesozoischen Einheiten zwei individuelle Zyklen (SALAJ et al., 1987), den vorgosauischen (Trias–Unterkreide) und den gosauischen (Oberkreide–Paläogen). Während der Paleokarst der südlicheren Teile der Kleinen Karpaten hauptsächlich an Wettersteinkalke gebunden ist, haben in den Brezovské Karpaty helle, massive, oft tektonisch zerbröckelte Wettersteindolomite (300 bis 500 m mächtig, Ladin–Cordevol) und Hauptdolomite (400 bis 600 m mächtig, Karn–Nor) der Nedzov-Decke aus der Gruppe der höheren austroal-

Abb. 1.  
Lage der wichtigsten slowakischen Bauxitgebiete und ihre oberkretazische Paläogeographie (nach ČINČURA, ), ergänzt um österreichische und ungarische Bauxitgebiete (nach BARDOSSY, 1961).  
1 = Bauxitgebiete; 2 = Festland; 1 = Brezová pod Bradlom; 2 = Markušovce; 3 = Drienovec; 4 = Mojtin.

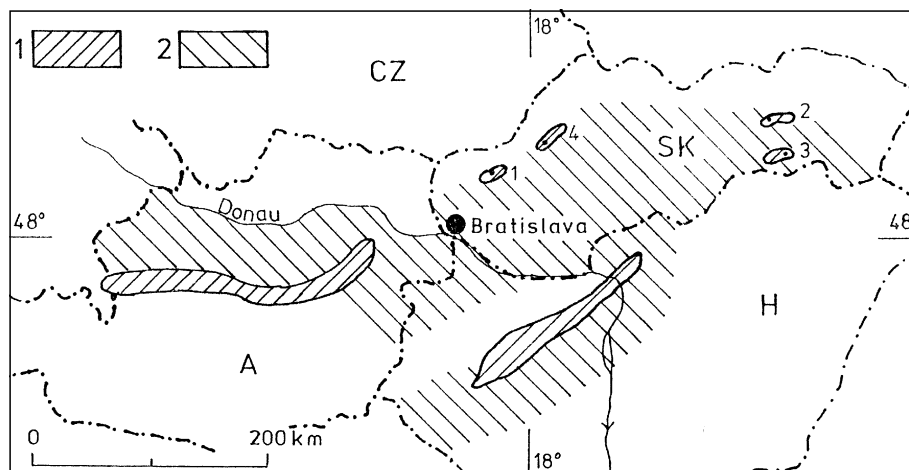


Abb. 2.  
Schematisches lithostratigraphisches Profil des Arbeitsgebietes.  
Modifiziert, nach MICHALÍK (1984), SALAJ et al. (1987) und LOBITZER et al. (1990).

pinen Decken die größte Verbreitung. Sie sind im Bau des Gebirges dominierend und aus der Sicht der Paläokarstentwicklung haben sie die größte Bedeutung. Die Entwicklung des Jura der Nedzov-Decke gehört zu den geringstmächtigen in den gesamten Westkarpaten (Abb. 2).

### 3. Vorgosauischer Paleokarst

Die Ablagerungen der Brezová-Gruppe (SAMUEL et al., 1980) bzw. der Gosau überlagern transgressiv und diskordant meistens verschiedene Kalke und Dolomite der mittleren und oberen Trias. Aus dieser Tatsache folgt, dass die in der Regel einige Zehnermeter mächtigen jurassischen und unterkretazischen Sequenzen (Oberalmer und Barmsteinkalk, Mergel und Mergelkalk, Krinoidenkalk mit Hornsteinen u.a.; SALAJ et al., 1987) während der vorgosauischen Verkarstung, also noch vor dem Senon, an vielen Stellen aufgelöst wurden. Spongiennadeln und Radiolarien innerhalb der kretazischen Rotlehme werden als Lösungsrückstände von Radiolarienkalken und Spongolithen interpretiert, die während der vorgosauischen Karstperiode aufgelöst wurden (BORZA et al., 1959; BORZA, 1962; ČINČURA, 1997). Die vorgosauische Kontinentalperiode ist auch durch limnische Kohlenflöze im Liegenden der Gosau belegt (SAMUEL et al., 1980). Erst nach der Entfernung der jurassischen und unterkretazischen Schichtfolgen unterlagen die Karbonatkomplexe der mittleren und oberen Trias einer ausgeprägten Karstlösung.

Im Nordteil der Kleinen Karpaten (Brezovské Karpaty) unterscheiden wir folgende Paleokarstsedimente und -formen (wobei wir als Karstsedimente Ablagerungen betrachten, die im Karstgebiet abgelagert wurden; dabei ist es notwendig zwischen autochthonen – im Karstgebiet gebildeten – und allochthonen – außerhalb des Karstes entstandenen, in den Karst transportierten – Ablagerungen zu unterscheiden): Süßwasserkalke, Bauxite, Rotlehme, Valchovkonglomerate, seichte uvalaartige Depressionen, seichte dolinenartige Depressionen, tiefe canyonartige Depressionen.

#### 3.1. Paleokarstsedimente

##### 3.1.1. Süßwasserkalke

Im Nordteil der Kleinen Karpaten sind mehrere Süßwasserkalkvorkommen bekannt (SALAJ et al., 1987; Pustá-Ves-Formation [MICHALÍK et al., 1993; MIŠÍK & SOTÁK, 1994]). Das bedeutendste Vorkommen bilden verhältnismäßig ausgedehnte Felsaufschlüsse nördlich von Kočín. Es handelt sich um fast massive schokoladebraune Kalke mit häufigen organischen Resten (Ostracoden, Gastropoden und hauptsächlich verschiedenen Algen). Die Süß-

|   |  |
|---|--|
| <b>Oberkreide</b>   | <b>Valchovkonglomerate/-breccien bzw. Tiefe Gosau</b><br><b>Gosau bzw. Brezová Gruppe</b>  |
| <b>Mittelkreide</b>   | <b>Süßwasserkalk, Bauxit, Rotlehm</b>  |
| <b>Unterkreide</b>  | <b>Mergel<sup>X</sup>, Mergelkalk<sup>X</sup></b>  |
| <b>Jura</b>   | <b>Oberalmkalk<sup>X</sup>, Barmsteinkalk<sup>X</sup></b><br><b>Krinoidenkalk mit Hornstein<sup>X</sup></b>  |
| <b>Trias</b>  | <b>Dachsteinkalk<sup>X</sup></b><br><b>Opponitzkalk<sup>X</sup>, Hauptdolomit</b><br><b>Lunzschiefer<sup>X</sup></b><br><b>Wettersteinkalk/Wettersteindolomit</b><br><b>Reiflingkalk</b><br><b>Steinalmkalk</b><br><b>Gutensteinkalk</b> |
| <b>xxx - Diskordanz</b><br><b>x - teilweise oder völlig aufgelöst</b> |  |

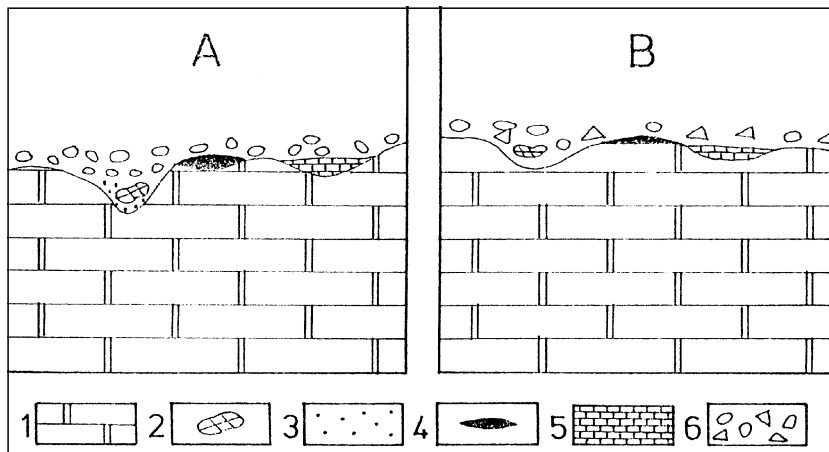
wasserkalke (höchstwahrscheinlich Turon bis Unterconiac) überlagern mittel- und obertriadische Karbonate. Aus den Kalkalpen (im Gebiet Weyerer Bögen) sind Süßwasserkalkvorkommen in ähnlicher stratigraphischer Position bekannt (FAUPL, 1983). Wir halten die Süßwasserkalke der Pustá-Ves-Formation für eine der ältesten Karstsedimente des vorgosauischen Karstes. Sie wurden in Seebecken abgelagert, die an der Oberfläche der verkarsteten Karbonate (hauptsächlich an Wettersteindolomiten) entstanden sind.

Das fast vollständige Fehlen terrigener Beimischung in den Süßwasserkalken weist auf die Tatsache hin, dass sie in seichten vorgosauischen Seebecken in einem verhältnismäßig verebneten Relief abgelagert wurden. MIŠÍK & SOTÁK (1994) bezeichnen das Relief der Umgebung der Seebecken sogar als peneplainisiert. Die Tatsache, dass in den Basalschichten der Brezová-Gruppe (Valchovkonglomerate) Gerölle dieser Süßwasserkalke gefunden wurden, beweist, dass sich ihre Lithifikation in subaerischen Bedingungen noch vor der Transgression der Gosau abgespielt hat.

##### 3.1.2. Bauxite

Das Bauxitvorkommen von Brezová pod Bradlom ist an die regional verbreitete Diskordanz zwischen den letzten marinen Ablagerungen der Nedzov-Decke (Malm) und den basalen Sedimenten der Brezová-Gruppe („Tiefe Gosau“) gebunden. Bauxit kommt im vorgosauischen Karst der Brezovské Karpaty selten vor (ČINČURA, 1997, 1998). Das Auftreten – höchstwahrscheinlich in Linsen, die von Rotlehm (bauxitischen, kaolinitisch-illitischen u.a.) umgeben sind – ist an bodennahe Teile tiefer, canyonartiger Depressionen gebunden. Wichtig ist die Feststellung, dass der Bauxit durch Valchovkonglomerate, bzw. -breccien überlagert ist. In analoger Position befindet sich auch

Abb. 3.  
Schematische Darstellung der stratigraphischen Lage und Lithologie der Bauxitvorkommen.  
A = Brezová pod Bradlom; B = Unterlaussa (nach ČINČURA, 1998; BARDOSSY, 1961, 1987).  
1 = Hauptdolomit; 2 = Bauxit; 3 = Rotlehm; 4 = Kohlenflöze; 5 = Süßwasserkalk; 6 = Valchovkonglomerate/-breccien der Brezová Gruppe bzw. Konglomerate und Breccien der Tiefen Gosau.



das Bauxitvorkommen Unterlaussa, Weyerer Bögen (Abb. 3) in den Nördlichen Kalkalpen (FAUPL, 1983; LEISS, 1989).

Der Bauxit von Brezová pod Bradlom ist makroskopisch sehr feinkörnig bis kompakt, nur mit wenigen Andeutungen pisolitischer Textur (ca. 5 %), matt, ziegel- bis dunkelrot, ohne Anzeichen von Eisenauslaugung und Bildung heller Flecke. Röntgenographisch wurde im Bauxit die Anwesenheit vom Böhmit, Kaolinit und Chlorit nachgewiesen (ČINČURA, 1977).

Die durchschnittliche chemische Zusammensetzung (PUŠKELOVÁ) des Bauxits ist in der Tab. 1 angegeben.

Tabelle 1.  
Chemische Zusammensetzung des Bauxits von Brezová pod Bradlom.

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| SiO <sub>2</sub>                     | 22,39 - 24,67 |
| TiO <sub>2</sub>                     | 1,87 - 2,00   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 38,90 - 41,48 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -tot. | 15,53 - 16,58 |
| MnO                                  | 0,04 - 0,07   |
| MgO                                  | 1,82 - 2,06   |
| CaO                                  | 0,21 - 0,30   |
| Na <sub>2</sub> O                    | 0,10 - 0,21   |
| K <sub>2</sub> O                     | 0,31 - 0,37   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>        | 3,58 - 4,34   |

Von PUŠKELOVÁ wurden auch die Spurenelementegehälter des Bauxits ermittelt (Tab. 2). Die Verteilung der Spurenelemente, die vor Allem durch die Muttergesteine im Liefergebiet beeinflusst werden (v.a. Zirkonium, Vanadium, Nickel und Chrom), weist auf silikatische Gesteine im Liefergebiet hin. Es sind das vor allem die wesentlich erhöhte Werte von V (354–630 ppm), Ni (213–240 ppm), Zr (690–954 ppm) und Cr (190–316 ppm), die auf ein Liefergebiet mit basischen Gesteinen deuten.

### 3.1.3. Rotlehme

Tiefe Klüfte, Spalten und verschiedene Hohlräume in den Karbonaten sind oft durch Rotlehme gefüllt. Manchmal bilden die Rotlehme auch die Matrix der Valchovkonglomerate. In der Tonfraktion der Rotlehme wurden Chlorit, Kaolinit, Illit, Illit/Smektit festgestellt (ČINČURA, 1997).

Die durchschnittliche chemische Zusammensetzung (PUŠKELOVÁ) der Rotlehme unterscheidet sich deutlich

Tabelle 2.  
Verteilung der Spurenelemente des Bauxits von Brezová pod Bradlom in ppm.

|    |           |
|----|-----------|
| Ba | 25 - 35   |
| B  | 91 - 141  |
| Pb | 72 - 83   |
| Ga | 25 - 31   |
| Mo | 5 - 10    |
| V  | 354 - 630 |
| Cu | 9 - 18    |
| Ni | 213 - 240 |
| Zr | 690 - 954 |
| Co | 0 - 0     |
| Y  | 40 - 76   |
| Sc | 42 - 95   |
| Cr | 190 - 316 |
| La | 40 - 134  |
| Sr | 281 - 426 |

vom Bauxit: Der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt bewegt sich von 10 bis 20 % und der Gehalt der Eisenoxyde (total) liegt unter 10 %. Der SiO<sub>2</sub>-Gehalt ist um einiges höher als im Bauxit.

Zwischen der qualitativen Zusammensetzung der Spurenelemente im Bauxit und in den Rotlehmen gibt es keine wesentliche Unterschiede (hauptsächlich in der Verteilung der Spurenelemente, die die Muttergesteine im Liefergebiet charakterisieren [Vanadium, Nickel, Chrom, Zirkonium]). Diese Tatsache erlaubt uns die Feststellung, dass die Herkunft des Materials der Rotlehme in denselben Liefergebieten zu suchen ist wie die Herkunft der Bauxite.

### 3.1.4. Valchovkonglomerate

Grob- bis mittelkörnige Valchovkonglomerate (SAMUEL et al., 1980; SALAJ et al., 1987; MISÍK, 1991) gehen manchmal in Breccien über. Sie überlagern diskordant verschiedene verkarstete triadische Karbonate, wobei sie die Unebenheiten des vorgosauischen Paläokarstreliefs verfolgen und verebnen. Sie sind bei der Unterscheidung des vorgosauischen Karstes von jüngeren Karsten sehr behilflich.

Ihre Komponenten sind unsortiert bis schlecht sortiert und haben angulare bis subangulare Zurundung, wobei es sich um verschiedene Kalke und Dolomite (60–75 % Karbonate der Trias, 25–30 % verschiedene jurassische Kalke) handelt und den Rest bilden Eruptivgesteingerölle (SALAJ et al., 1987). Die wechselnden Matrixanteile bildet ein eisenhaltiger Rotlehm mit feinklastischem Material (Kalk, Dolomit und Quarz). Selten treten innerhalb der Rotlehme pisoidische Strukturen auf. Spongiennadeln und Radiolarien innerhalb der Rotlehme werden als Lösungsrückstände von Radiolarienkalken und Spongoliten interpretiert, die während der vorgosauischen Karstperiode gelöst wurden. Eine Parallele der Valchovkonglomerate stellen in den Nördlichen Kalkalpen Konglomerate an der Basis der „Tiefen Gosau“ (FAUPL, 1983) dar.

## 3.2. Paleokarstformen

### 3.2.1. Uvalaartige Depressionen

Die vorgosauische Karstlösung hat nicht nur einige Zehnermeter mächtige, hauptsächlich jurassische Kalke entfernt, sondern auch uvalaartige Hohlformen in triadischen Karbonaten erzeugt. Verhältnismäßig seichte Depressionen, die flächenhaft ausgedehnter als eine Doline sind, haben sich im heutigen Relief nicht erhalten. Den Beweis ihrer Existenz im vorgosauischen Karst stellen die Süßwasserkalkvorkommen dar. Die heutige Ausdehnung

der Süßwasserkalke ist 700–800 m mal 100 m. Die seichten Seebecken mussten also mindestens ähnliche – wahrscheinlich aber größere – Dimensionen haben, da wir mit Abtragung eines Teiles der Süßwasserkalke rechnen müssen.

Ein schwer übersehbares Zeichen für die Existenz eines länglichen Seebeckens ist die 7 bis 8 malige Länge im Vergleich zur Breite. Ähnliche Depressionen im heutigen Karst bezeichnet man als „Uvalas“. Es handelt sich um Formen, die durch Vereinigung einzelner Dolinen entstehen und daher eine langgestreckte Form haben. Ihre Breite erreicht niemals ihre Länge und die Tiefe übersteigt nicht einige Zehnermeter. Uvalas stellen eine Übergangsform zwischen den kleineren Dolinen und den großen Poljen dar. Ihre Anwesenheit deutet auf ein reiferes Stadium in der Entwicklung des Karstzyklus (PFEFFER, 1978).

Im vorgosauischen Karst der Westkarpaten bildeten wahrscheinlich uvalaartige Depressionen keine seltene Form. Die Böden dieser Hohlformen waren während ausgiebiger Regenfälle überflutet und boten in zeitweiligen Seen geeignete Lebensbedingungen für verschiedene Süßwasseralgen. In den Kleinen Karpaten gibt es noch weitere gleichaltrige Süßwasserkalkvorkommen bei Čachtice und Čhtelnica (MIŠÍK & SOTÁK, 1994). Drei weitere Vorkommen sind aus Slovenský Raj in der Ostslowakei bekannt (BYSTRICKÝ, 1978).

### 3.2.2. Dolinenartige Depressionen

Eine verhältnismäßig häufige Form des vorgosauischen Karstes stellen seichte, nur einige Meter tiefe und 2 bis 3 Meter breite Depressionen dar. Es handelt sich wahrscheinlich um Reste (Unterteile) einst tieferer und breiter Dolinen. Die Füllung dieser Depressionen bilden manchmal Rotlehme, öfter aber Valchovkonglomerate. Falls ihre Füllung Valchovkonglomerate bilden, sind die seichten dolinenartigen Depressionen älter als ihre Füllung, also vorgosauisch (Abb. 4).

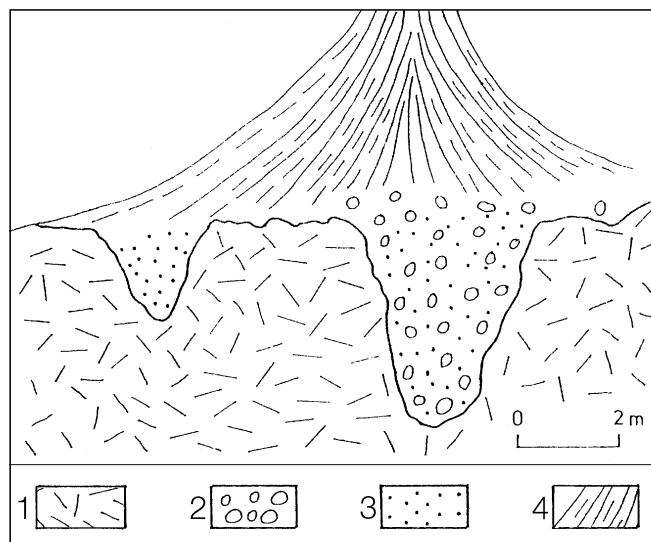


Abb. 4.  
Seichte vorgosauische Karstdepressionen.  
1 = Wettersteindolomit; 2 = Valchovkonglomerate; 3 = Rotlehm;  
4 = Schutt.

### 3.2.3. Canyonartige Depressionen

Tiefere, höchstwahrscheinlich canyonartige Depressionen haben einen mehr oder weniger linearen, aber nicht dringend geradelinigen Verlauf. Sie sind am meisten an Hauptdolomiten entwickelt. Ihre Füllung (Bauxit, Rot-

lehm, Valchovkonglomerate) zeugt von einem vorgosauischen Alter.

## 4. Grundmerkmale der Paläogeographie des vorgosauischen Festlandes

In den zentralen und inneren Westkarpaten fehlt der marine Alb in allen südlicheren Einheiten (Hronikum, bzw. die Choč-Decke, Silicikum und Gemerikum), da diese während der Mittelkreide ein Festland bildeten (RAKÚS et al., 1990). In den Ostalpen (hauptsächlich im Südtail des Oberostalpins) fehlen marine Ablagerungen vom Alb bis Turon und geologische Daten aus den Ostalpen und den Westkarpaten bestätigen eine sehr verwandte Entwicklung der pre-Tertiären Einheiten beider Gebirgsketten (HÄUSLER et al., 1993). In Ungarn, in der Pelso-Einheit (dem Gebiet zwischen der Mittelungarischen Linie und den Rába- und Diósjenő-Lineamenten), war die marine Sedimentation im Cenoman beendet (CSASZAR et al., 1990).

Vor der Transgression der Gosau – bis Coniac – lagen große Bereiche der slowakischen Westkarpaten (ČINČURA, 1990), ähnlich wie weite Teile der österreichischen Kalkalpen (LEISS, 1989) und des Ungarischen Mittelgebirges (BARDOSSY & KORDOS, 1989), subaerisch exponiert. Das vorgosauische Festland der Westkarpaten, Ostalpen und des Ungarischen Mittelgebirges bildete eine größere Gesamtheit, die DERCOURT et al. (1990) als „Austrian-Slovakian-Tisza-Bihor-Block“ bezeichnet. Die subaerische Exposition verschiedener Teile und paläogeographischer Zonen dieses Festlandes dauerte unterschiedlich lange. Die subaerische Entwicklung hatte jedoch einen gemeinsamen Nenner: an Kalken und Dolomiten entwickelte sich während dieser Zeit Karst.

Es erscheint wichtig, die Grundmerkmale des vorgosauischen Festlandes zu charakterisieren (Klima, Böden, Relief) und dadurch den Entstehungsbedingungen des Bauxits von Brezová pod Bradlom näher zu kommen.

Die Neo-Tethys hat die südliche Küste der Europäischen Platte von der nördlichen Apulia-Afrika getrennt. Die Temperaturen der oberen Schichten der Gewässer des Ozeans in der Mittel/Oberkreide bzw. die Temperaturabnahme vom Äquator zu den Polen und somit auch die vorhandene Temperaturzonalität, sind schon eine längere Zeit bekannte Tatsache (LOWENSTAM, 1964). In den Gewässern der nördlichen Neo-Tethys befand sich auch das vorgosauische Festland („Austrian-Slovakian-Tisza-Bihor-Block“ [DERCOURT et al., 1990], bzw. „Kreios“ [TOLLMANN, 1978]). Die Luftdruckunterschiede zwischen dem nördlichen Kontinent – der Europäischen Platte – und den tropisch/subäquatorialen Gewässern des Ozeans führten höchstwahrscheinlich zur Entstehung einer Monsunzirkulation und saisonbedingten Regenfällen.

Weite Teile des vorgosauischen Festlandes der Westkarpaten waren hauptsächlich durch Karbonate des Hronikum und Silicikum gebildet. An ihnen bildete sich nicht nur eine breite Skala von Oberflächenformen (z.B. Dolinen, Uvalas, Mogote, Canyons, Karstebenheiten), sondern auch unterirdischer Karst (ausgedehnte Höhlensysteme [ČINČURA, 1992]). Die Bodendecke der vorgosauischen Oberfläche bestand größtenteils aus Rotlehm. Im warmfeuchten Klima führte die Verwitterung dank großer Bodenwärme und Bodendurchfeuchtung zur Neubildung von Tonmineralen. In den unlöslichen Rückständen der mittel- und obertriadischen Kalke der Kleinen Karpaten sind vorwiegend Illit und kleine Mengen von Chlorit anwe-

send (LINTNEROVÁ et al., 1988). In der Tonfraktion der Rotlehme wurden neben diesen Tonmineralen noch Smektit, Kaolinit und sehr kleine Mengen von Goethit nachgewiesen. Eine wesentliche Desilifizierung und Entstehung von Aluminiumhydraten (Boehmit) ist bei den Bauxiten von Brezová pod Bradlom bemerkbar.

Für den Charakter des vorgosauischen Karstreliefs der heutigen Kleinen Karpaten gibt es mehrere Anzeichen. Das fast vollständige Fehlen terrigener Beimischung in den Süßwasserkalken weist auf die Tatsache hin, dass sich die Ablagerung in einem verhältnismäßig verebneten Relief abgespielt hat, das sogar als peneplainisiert bezeichnet wird (Mišík & SOTÁK, 1994). Die Valchovkonglomerate, die verkarstete triadische Karbonate diskordant überlagern, füllen nur einige Zehnermeter tiefe Depressionen bzw. andere Unebenheiten des vorgosauischen Paläoreliefs und verebnen sie.

Aus den Westkarpaten gibt es mit Ausnahme des Bauxits von Drienovec, wo Sporen von verschiedenen bärlappartigen und anderen Pflanzen, die auf ein feuchtwarmes Klima mit Seen und Sümpfen hinweisen, keine weitere Angaben (BORZA & MARTINY, 1964). Aus dem nicht weit entfernten Ungarischen Mittelgebirge gibt es Angaben, nach denen sich an der Wende Cenoman/Turon die Gattung *Normapollis* an der NW-Küste der Tethys schnell verbreitet hat (SIEGL-FARKAS, 1991).

## 5. Herkunft des Bauxits

Die Spurenelementeverteilung im Bauxit von Brezová pod Bradlom weist auf Silikatgesteine im Liefergebiet hin. In Betracht könnten zuerst kristalline Schiefer des Tatrikums und Veporikums (Gemerikums?) kommen, die im Liegenden der tertiären Sequenzen der heutigen Donautiefenebene, in der Westslowakei liegen, bzw. die Basalte der Ipolica-Gruppe (VOZÁROVA & VOZÁR, 1988).

Vor der Transgression der Brezová-Gruppe (bzw. Gosau), kam es in den zentralen Westkarpaten (durch die Überschiebung der Decken) zu bedeutenden paläogeographischen Änderungen. Der Prozess der westkarpatischen Deckenüberschiebung (ebenso die Zeit) ist noch nicht restlos geklärt. Nach dem Übereinanderstapeln der Decken sollten bis Oberturon die Decken ihre heutige Position erreichen (RAKÚS et al., 1990). Nach PLAŠIENKA (1997) sollte es zur Gravitationsgleitung des Deckenkomplexes in Richtung Vorland des Tatrikums während der Mittelkreide kommen. Aufgrund dieser Ansichten bieten sich für uns folgende zwei Möglichkeiten an:

- 1) Wurden die Rotlehme (vorbauitische Material) in die Depressionen des vorgosauischen Karstes noch vor der Gleitung der Decken des Hronikums eingespült (bzw. teilweise angeweht): In diesem Fall verlief die Redeposition der Verwitterungskrusten wahrscheinlich generell vom Süden (SW, SO) nach Norden, weil die südlicheren paläogeographischen Zonen früher emporgehoben waren (Meliata – Callovian, Silicikum – Tithon). Im Fatrikum bzw. Tatrikum endete die marine Sedimentation erst im Alb bzw. Cenoman und vereinzelt im Unterturon. Überdies ist es nur schwer vorstellbar, dass die Verwitterungsprodukte der detritischen Sedimente der nördlichen paläogeographischen Zonen Ausgangsprodukte vorgosauischer Rotlehme und Bauxite bildeten.
- 2) Wurden die canyonartigen Depressionen erst nach der Erreichung ihrer heutigen Position am Nordrand der zentralen Westkarpaten gefüllt, dann konnte das Ma-

terial generell von allen Richtungen kommen, mit einer Ausnahme, von Norden nach Süden, da im Norden noch weiträumige Meeresbecken lagen.

Die Depressionen des vorgosauischen Karstes spielten eine bedeutende Rolle nicht nur als Fallen, in die verschiedene Karstsedimente eingespült wurden und dort erhalten blieben, sondern auch als Stellen der postsedimentären Reifung – Bauxitisierung – der Rotlehme. Die Verwitterungsdecke wurde aquatisch, zur Zeit heftiger, vermutlich episodischer Regengüsse verfrachtet. Die Möglichkeit einer Verfrachtung der Verwitterungsprodukte durch Schlammstöße wird von LEISS (1989) erwähnt. Als Füllung von Karsthohlräumen sind im Slowakischen Karst auch oberkretazische Turbidite bekannt (MARSCHALCO & MELLO, 1993).

Nach einem neueren Versuch, die Allochthonie, bzw. Autochthonie der Karstbauxite zu definieren, soll der Platz maßgebend sein, an dem die Bauxitisierung des vorbauitischen Materials zu Stande gekommen ist (MAKSIMOVIC et al., 1991). Aus dieser Sicht bedeutet Allochthonie, dass ein Sediment nach seiner Bauxitisierung zu seinem heutigen Vorkommen auf mehrere hundert Meter, bzw. Kilometer transportiert wurde. Autochthonie bedeutet, dass das vorbauitische Material in situ bauxitisiert wurde. Dabei handelt es sich aber keineswegs um eine Bauxitisierung des unlöslichen Rückstandes der Kalke im Liegenden. Das Suchen nach den möglichen Liefergebieten sowie den entsprechenden Muttergesteinen, auf denen sich in einem feucht-tropischen Klima Verwitterungskrusten gebildet haben, bleibt also auch heutzutage sinnvoll.

Da die Bauxitlinsen von Brezová pod Bradlom in bodennahen Teilen tiefer, canyonartiger Depressionen vorkommen und durch Rotlehme umgeben sind, vertreten wir die Ansicht, dass die Bauxitisierung mehr oder weniger in situ stattgefunden hat und der Bauxit von Brezová pod Bradlom im Sinne von MAKSIMOVIC et al. (1991) wahrscheinlich mehr als autochthon zu betrachten ist. Die Materialzufuhr der vorbauitischen Verwitterungsprodukte erfolgte aber aus nichtkarbonatischen Liefergebieten.

Die chemische Zusammensetzung des Bauxits und der in seiner Umgebung liegenden Rotlehme zeigt einerseits den unterschiedlichen Grad der Auslaugung und Abfuhr der Kieselsäure und andererseits die daraus folgende Konzentration der Aluminium- und Eisenoxyde (Tab. 1). Der Bauxit und die Rotlehme stellen somit heteropische Sedimente dar, die in derselben Zeit entstanden sind und laterale Zusammenhänge aufweisen, aber sich durch ihre Zusammensetzung unterscheiden.

Die spätesten Phasen der vorgosauischen Karstperiode – nach der Sedimentation der Süßwasserkalke in einem verebneten Milieu – sind durch Erosion mächtiger eisenhaltiger Verwitterungskrusten gekennzeichnet. Diese Erosionsphase wurde durch eine Reliefumgestaltung hervorgerufen, die eine Folge der plattentektonischen Prozesse (Übereinanderstapelung der Decken, nachfolgende Überschiebung durch Gravitationsgleitung bis zum Erreichen der heutigen Position des Deckenkomplexes) darstellt. Nur ein geringer Teil der Verwitterungsprodukte blieb am vorgosauischen Festland – in verschiedenen Karstfallen – erhalten. Der Rest wurde ins Meer gespült.

## 6. Schlussfolgerungen

- 1) Das vorgosauische Festland der Westkarpaten (weite Teile waren hauptsächlich durch Karbonate des Hronikums und Silicikums gebildet), Ostalpen und des Ungari-

- schen Mittelgebirges bildete eine größere Gesamtheit. An Kalken und Dolomiten entwickelte sich während dieser Zeit Karst (Dolinen, Uvalas, Mogote, Canyons, Karstebenen, Höhlensysteme, Süßwasserkalke, Bauxite, Rotlehme, Valchovkonglomerate).
- 2) Die Bauxitisierung hat höchstwahrscheinlich in situ stattgefunden. Die Materialzufuhr der vorbauxitischen Verwitterungsprodukte erfolgte aus nichtkarbonatischen Liefergebieten. Die Spurenelementeverteilung weist auf Silikatgesteine im Liefergebiet hin.
  - 3) Die spätesten Phasen der vorgosauischen Karstperiode – nach der Sedimentation der Süßwasserkalke – sind durch Erosion mächtiger eisenhaltiger Verwitterungskrusten gekennzeichnet. Diese Erosionsphase wurde durch eine Reliefumgestaltung hervorgerufen, die eine Folge plattentektonischer Prozesse (Übereinanderstapelung der Decken, nachfolgende Überschiebung durch Gravitationsgleitung bis zur Erreichung der heutigen Position des Deckenkomplexes) darstellt.

### Dank

Für die Analysen der Spurenelemente und Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Proben sei Dr. Ľubica PUŠKELOVÁ (Geologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava) gedankt.

Das Projekt wurde durch die Slowakische wissenschaftliche Grant-Agentur (VEGA) unterstützt.

### Literatur

- BÁRDOSSY, G. (1961): Mineralogisch-petrographische Untersuchung einiger Bauxite aus den niederösterreichischen Kalkalpen. – Jb. geol. B.-A., **104**, 405–415.
- BÁRDOSSY, G. (1987): Karstbauxite. – Mir, Moskva, 54 S., 181 Abb., 52 Tab. (russisch).
- BÁRDOSSY, G. & KORDOS, L. (1989): Paleokarst of Hungary. – In: P. BOSÁK (ed.): Paleokarst – a systematic and regional review, Academia, Prague, 137–153.
- BORZA, K. (1962): Petrographische Untersuchung der Gerölle kretazischer und paläogener Sedimentgesteine in Brezovské pohorie und Myjavská pahorkatina. – Geol. Zbor., **13**, 2, 241–256 (slowakisch).
- BORZA, K. & POSPÍŠIL, A. (1959): Vorkommen von bauxitischen Eisenerzen in Südslovakischen Karst. – Geol. sbor., **10**, 1, 327–334 (slowakisch).
- BORZA, K., MARTINY, E. & POSPÍŠIL, A. (1959): Bericht über die Erforschung der Rotlehme im Gebiet des Brezovské pohorie. – Geol. práce, Zprávy, **15**, 169–174 (slowakisch).
- BORZA, K. & MARTINY, E. (1964): Verwitterungsrinden, Bauxitlagerstätten und "Terra rossa" in slowakischen Karpaten. – Geol. Sbor., **15**, 1, 9–26 (slowakisch).
- BYSTRICKÝ, J. (1978): Der erste Fund unterkretazischer Sedimente in Stratená Bergland, Westkarpaten. – Min. Slovaca, **10**, 1, 17–22 (slowakisch).
- CSÁSZÁR, G., GALÁČ, A., HAAS, J., KÁZMÉR, M., KOVÁCS, S., NAGY-MAROSI, A., SZENTGYÖRGYI, K. & VÖRÖS, A. (1990): Paleogeography of the Pannonian basin. – In: M. RAKÚS, J. DER COURT & E.M. NIRN (eds.): Evolution of the northern margin of Tethys, IGCP Project 198, GÜDŠ, Bratislava, 63–89.
- ČINČURA, J. (1990): Characteristic features of paleoalpine and epipaleoalpine landmass of the West Carpathians. – Geol. Zbor. Geol. Carpath., **41**, 1, 29–38.
- ČINČURA, J. (1992): Paleokarst breccia of the Biele hory Mts. (Malé Karpaty Mts., Western Carpathians). – Geol. Carpath., **43**, 2, 105–110.
- ČINČURA, J. (1997): Herkunft und Entstehung vorgosauischer Rotlehme im Nordteil der Kleinen Karpaten (Slowakei). – Zentralbl. Geol. Paläont., **1**, 5/6, 387–395.

- ČINČURA, J. (1998): Main features of the pre-Gosau paleokarst in the Brezovské Karpaty Mts. (Western Carpathians, Slovakia). – Geol. Carpath., **49**, 4, 297–300.
- ČINČURA, J. & KOHLER, E. (1995): Paleoalpine karstification – the longest paleokarst period in the Western Carpathians (Slovakia). – Geol. Carpath., **46**, 6, 343–347.
- DERCOURT, J., RICOU, L.E., ADAMIA, S., CSÁSZÁR, G., FUNK, H., LEFELD, J., RAKÚS, M., SANDULESCU, M., TOLLMANN, A. & TCHOUMACHENKO, P. (1990): Anisian to Oligocene paleogeography of the European margin of Tethys (Geneva to Baku). – In: M. RAKÚS, J. DER COURT & E.M. NIRN (eds.): Evolution of the northern margin of Tethys, IGCP Project 198, GÜDŠ, Bratislava 159–190.
- FAUPL, P. (1983): Die Flyschfazies in der Gosau der Weyerer Bögen (Oberkreide, Nördliche Kalkalpen, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **126**, 2, 219–244.
- FUSÁN, O., BIELY, A., IBRMAJER, J., PLANČÁR, J. & ROZLOZNIK, L. (1987): Basement of the Tertiary of the Inner West Carpathians, GÜDŠ, Bratislava, 123 S.
- HAUSLER, H., PLAŠIENKA, D. & POLÁK, M. (1993): Comparison of Mesozoic successions of the Central Eastern Alps and the Central Western Carpathians. – Jb. Geol. B.-A., **136/4**, 715–739.
- LEISS, O. (1989): Der Bauxit und die lateritisch-bauxitischen Ablagerungen der Tiefen Gosau (Turon/Coniac) in den Nördlichen Kalkalpen. – Zeitschr. dt. Geol. Ges., **140**, 137–150.
- LINTNEROVÁ, O., MASARYK, P. & MARTINY, E. (1988): Trace elements distribution in Triassic carbonates from Veterník and Havranica nappes. – Geol. Carpath., **39**, 3, 301–322.
- LOBITZER, H., MANDL, G.W., MAZZULLO, S.J. & MELLO, J. (1990): Comparative study of Wetterstein carbonate platforms of the easternmost Northern Calcareous Alps and West Carpathian mountains: preliminary results. – In: D. MINARIKOVÁ & H. LOBITZER (eds.): 30 years geol. cooperation between Austria and Czechoslovakia, Geol. Bundesanstalt – ÚÚG, Wien-Praha, 136–158.
- LOWENSTAM, H.A. (1964): Paleotemperatures of Permian and Cretaceous periods. – In: A.E.M. NAIRN (ed.): Problems in paleoclimatology, 227–248, Interscience Publishers, London, New York, Sydney.
- MAHEL, M. (1986): Geologischer Bau der tschechoslowakischen Karpaten. Paläoalpine Einheiten 1. – Veda, Bratislava, 510 S. (slowakisch).
- MAKSIMOVIC, Z., MINDSZENTY, A. & PANTÓ, G. (1991): Contribution to the geochemistry of Hungarian karst bauxites and the allochthony/autochthony. – Acta Geol. Hung., Vol. **34/4**, 317–334.
- MATĚJKA, A. (1958): Vorkommen bauxitischer Gesteine bei Drienovec in der Südslowakei. – Vistn. ÚÚG, **33**, 4, 279–281 (tschechisch).
- MICHALIK, J. (1984): Some remarks on developmental and structural interpretation of the NW part of the Malé Karpaty Mts. (West Carpathians). – Geol. Zbor. Geol. carpath., **35**, 4, 489–504.
- MICHALIK, J., MIŠÍK, M., JABLONSKÝ, J., PIVKO, D., REHÁKOVÁ, D., SOTÁK, J. & SYKORA, M. (1993): Cretaceous and Paleogene paleogeography and geodynamics of the Alpine-Carpathian-Pannonian region. Late Cretaceous in the western part of West Carpathians. – Guide to field workshop, 2<sup>nd</sup> meeting, October 6–10<sup>th</sup>, 1993, 79 p.
- MIŠÍK & SOTÁK, J. (1994): Fresh-water Upper Turonian–Coniacian limestones. – Abstr. Book IGCP 362 Project, 121–123.
- ORLOV, A. (1937): Das erste Bauxitvorkommen in der Tschechoslowakei. – Rozpr. Čes. Akad. Vid Uminí, Tr. II, **47**, 13, 1–22 (tschechisch).
- ORLOV, A. (1938): Bauxitvorkommen in der ČSR. – Věda přír., **19**, 5, 137–140 (tschechisch).
- PFEFFER, K.-H. (1978): Karstmorphologie. – Erträge der Forschung, **79**, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt, 131 S., 27 Abb.
- PLAŠIENKA, D. (1997): Cretaceous tectonochronology of the Central Western Carpathians, Slovakia. – Geol. Carpath., **48**, 99–111.

- RAKÚS, M., MIŠÍK, M., MICHALÍK, J., MOCK, R., DURKOVIČ, T., KORÁB, T., MARSCHALKO, J., MELLO, J., POLÁK, M. & JABLONSKÝ, J. (1990): Paleogeographic development of the West Carpathians: Anisian to Oligocene. – In: M. RAKÚS, J. DERCOURT & E.M. NIRN (eds.): Evolution of the northern margin of Tethys, IGCP Project 198, GÚDŠ, Bratislava, 39–62.
- SAMUEL, O., SALAJ, J. & BEGAN, A. (1980): Litostratigraphische Charakteristik oberkretazischer und paläogener Sedimente des Myjava Hügellandes. – Západné Karpaty, ser. geol., **6**, 81–111 (slowakisch).
- SALAJ, J., BEGAN, A., HANAČEK, J., MELLO, J., KULLMANN, E., ČECHOVÁ, A. & ŠUCHA, P. (1987): Erläuterungen zur geologischen Karte des Myjava Hügellandes, Brezová und Čachtice Karpaten 1 : 50 000. – GÚDŠ, Bratislava, 181 S. (slowakisch).
- SIEGL-FARKAS, Á. (1991): Bauxite deposits and Senonian formations in Hungary (palynological analysis). – Acta Geol. Hung., Vol. **34/4**, 345–350.
- TOLLMANN, A. (1978): Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der plattentektonische Mechanismus des mediterranen Orogens. – Mitt. Österr. geol. Ges. (Wien), **69**, 291–351.
- VOZÁROVÁ, A. & VOZAR, J. (1988): Late Paleozoic in West Carpathians. – GÚDŠ, Bratislava, 314 S.
- ZORKOVSKÝ, B. (1952): Slowakische Bauxite und ihr Entstehen. – Geol. sbor., **3**, 1–2, 89–102 (slowakisch).

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 20. März 2000