

Ökologische Auswirkungen von Spiliten auf die Vegetation im Gebiet der unteren Moldau

Ekologický vliv spilitů na vegetaci dolního Povltaví

Marie Pivničková*

Botanisches Institut der Karls-Universität, Benátská 2, Praha 2

Eingegangen am 28. Januar 1969

Abstrakt — Auf den Steilhängen des Moldautales nördlich von Prag wurden die Beziehungen der Vegetation zu zwei in physikalischer und chemischer Hinsicht verschiedenen Gesteinen (Spilite und algonkische Schiefer) und weiter auch zur Mikroexposition, Hangneigung, Zusammensetzung des Bodens und zu den Eigenschaften des Mikroklimas studiert. Auf 12 Versuchsflächen wurden die Temperaturen im Boden und auf der Bodenoberfläche gemessen, weiter die Körnung des Bodens, die Bodenfeuchtigkeit, die Bodenreaktion, der Chemismus des Sorptionskomplexes und die Mikromorphologie des Bodens an Dünschliffen untersucht. Die Artenzusammensetzung des Bestandes und die semiquantitativen Eigenschaften der beteiligten Pflanzenpopulationen in bezug auf Muttergestein, Exposition und Neigung des Hangs wurden an Hand von 103 phytözönologischen Aufnahmen verglichen. Es erwies sich, dass die Unterschiede in der Vegetation auf zwei geologischen Unterlagen zum grossen Teil durch die chemische Zusammensetzung des Muttergesteins bedingt sind, wo dem Gehalt an austauschbarem Kalzium im Boden eine wichtige Rolle zukommt; auch Körnung, Bodenfeuchtigkeit, Mikromorphologie der Böden und Wärmeregime sind wichtig. Auf beiden geologischen Unterlagen und auf allen Expositionen wurden 96 Arten von Gefässpflanzen mit höherer Präsenz festgestellt, 7 Arten wuchsen ausschliesslich auf Spiliten, 16 Arten ausschliesslich auf Schiefer. Der auffallende Unterschied in der Vegetation — festgestellt mittels SÖRENSENSS Koeffizienten — äusserte sich auf den Nordexpositionen, wo folgende Arten stark dominierten: auf Spilit *Sesleria calcaria*, auf Schiefer *Deschampsia flexuosa*. Die höchste Verwandtschaft der Bestände wurde auf Stellen mit einer grossen Neigung festgestellt, wo sowohl auf Spilit als auch auf Schiefer gleiche Chasmophyten wuchsen.

Einleitung

In den die Vegetation Böhmens behandelnden botanischen Arbeiten wird oft der Einfluss der Spilite auf die Pflanzenverbreitung (z. B. DOMIN 1916, SCHUSTLER 1918) und Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften (z. B. KLIKA 1933, MIKYŠKA 1943) erwähnt. Vergleicht man den Artenreichtum der entblössten Felsen und des Schutts, so ist dieser in Böhmen auf Spilite immer grösser. Über die ökologische Einwirkung der Spilite auf die Vegetation ist aber bisher nur wenig bekannt. Deshalb wurden in dieser Arbeit die ökologischen Verhältnisse zweier im Moldautal nördlich von Prag nahe beieinander liegenden Lokalitäten analysiert, die eine mit Spilit als Muttergestein, die zweite mit algonkischem Schiefer.

Spilite werden als algonkisches Basaltgestein basischer Natur definiert (SVOBODA 1964). Die grundlegenden Mineralien der unverwandten, affinitischen Spilite sind heller Plagioklas, der eine isomorphe Reihe vom Anorthit bis Albit und dunklen Augit bildet. Algonkische Basalte sind in Böhmen meist metamorphosiert und enthalten z. B. sekundären Uralit, Chlorit und

* Adresse: Arbesova 16, Plzeň.

Leucoxen. Die Umwandlung hatte oft eine Verminderung des Kalziumgehaltes bei Plagioklas zur Folge, was sich durch die sog. Spilitreaktion ausdrücken lässt, bei der sich der anorthite Plagioklas-Bestandteil unter Zufuhr von Soda- und Quarzionen in Albit umwandelt (HEJTMAN 1957):



Der entstandene Kalkstein bildet im Spilitgestein aller Typen viele Adern, manchmal auch mit Quarz, Albit und Chlorit. In Böhmen treten Spilite an zahlreichen Stellen zwischen Klatovy (Klattau) und Kralupy n./Vlt., in geringerem Masse auch im nördlichen Teil des Gebirgszuges Železná hora auf der Bodenoberfläche hervor. Mit dem Studium der Spilite befassten sich BOŘICKÝ (1881) und KLVÁNA (1893); sie benannten jedoch dieses Gestein als dioritischen Amphibolit. SLAVÍK, der diese Gesteine ausführlicher untersuchte, bezeichnete sie als einen Komplex von Spilit-Eruptivgesteinen (1902), später als eine Spilit-Formation (1917). KETTNER (1912) befasste sich mit den Spiliten im Gebiet der unteren Moldau. Da die geologische Seite der Spilite verhältnismässig spät erkannt wurde, wurde ihr Einfluss auf die Flora Böhmens erst anfangs dieses Jahrhunderts in der botanischen Literatur behandelt.

Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Gebiet des unteren Moldautals bearbeiteten zahlreiche Botaniker (ČELAKOVSKÝ 1870, SCHUSTLER 1918, KLIKA 1933, DUŠEK 1948, ONDRÁKOVÁ 1950, VESELÁ 1957, ROKYTOVÁ 1966) sowie Geologen (BOŘICKÝ 1881, KLVÁNA 1893, KETTNER 1912, MATĚJKA 1921, ZÁRUBA 1943, BOUČEK 1951, DUŠEK et FEDIUK 1955, CINIURK 1962).

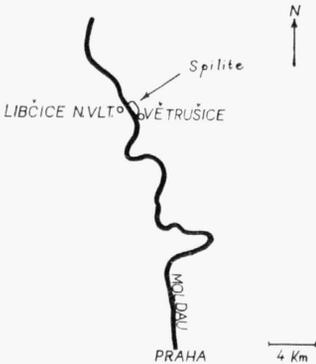


Abb. 1. — Geographische Lage der Spilitzone mit den Versuchsfächen im Moldautal nördlich von Prag.

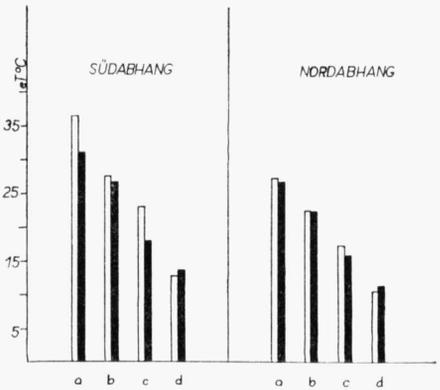


Abb. 2. — Vergleich der durchschnittlichen Exponentialtemperatur auf zwei Expositionen auf Spilithängen (weiss) und auf Schieferhängen (schwarz); a — Frühjahr (vom 1. April—21. Juni), b — Frühsommer (vom 21. Juni—10. August), c — Spätsommer (vom 10. August—3. November), d — Herbst und Winter (vom 3. November—12. April).

Das untersuchte Gebiet liegt am rechten Ufer des tief eingeschnittenen Moldaunmänders zwischen den Gemeinden Letky und Libčice, nördlich von Prag (Abb. 1, Taf. IX.). Hier treten auf die Erdoberfläche Spilite, algonkische Schiefer mit Kieselchieferschichten sowie verschiedene Eruptivgesteine des Urgebirges auf. KETTNER (1912) behandelte ausführlich die Spilite im unteren Moldautal, HEJTMAN (1965) sodann die algonkischen Schiefer. Die Steilhänge sind vorwiegend von einer „xerothermen“ Vegetation besiedelt, die von KLIKA, DUŠEK, ONDRÁKOVÁ, VESELÁ und ROKYTOVÁ in den oben erwähnten Arbeiten beschrieben wurde. Das Gebiet eignet sich zum Studium des Einflusses der geologischen Grundlage auf die Vegetation, da das Muttergestein weder von quartären Sedimenten noch von einem tiefgründigen, im fortgeschrittenen Stadium der Pedogenese sich befindenden Mantel überdeckt ist. Für diese Vergleichsarbeit wurden je 6 Versuchsfächen auf Spiliten und algonkischem Schiefer gewählt, wobei diese 12 Flächen jeweils verschiedene Expositionen auf den vorspringenden Felsinseln auf beiden geologischen Unterlagen erfassten.

Der Südhang des Spilitfelsens (SP-1): Die Versuchsfläche liegt am Südhang des Spilitfelsens, etwa 50 m über dem Flusspiegel, misst annähernd 800 m² und hat eine durchschnittliche Neigung von 40° (Taf. X.). Der skelettreiche Boden geht hier stellenweise in Steinschutt über. Es dominieren hier *Festuca glauca*, *Seseli osseum*, *Scabiosa ochroleuca*, *Centaurea rhenanus*, *Centaurea scabiosa*, *Potentilla arenaria*, *Artemisia campestris*, *Stachys recta* und *Euphorbia seguieriana*. Das Muttergestein tritt in Form von kleinen Felsvorsprüngen oft auf die Oberfläche und bildet kleine Terrassen. Die Felsvorsprünge sind mit Moos, die Terrassen vorwiegend mit *Allium montanum*, *Alyssum saxatile*, *Sedum album*, *Minuartia setacea*, *Sempervivum soboliferum* bewachsen. An einzelnen Stellen erscheint auch *Sesleria calcaria*, am häufigsten an schattigen Stellen. Die Versuchsfläche ist sehr sonnig, die Pflanzendecke ist sehr locker.

Der Südhang unter dem Gipfel des Spilitfelsens (SP-2): die Versuchsfläche liegt etwa 20 m unter dem Gipfel des Spilitfelsens, misst ungefähr 100 m² und hat eine Neigung von 30°. Es dominieren hier vor allem *Stipa capillata*, *Botriochloa ischaemum*, *Anthericum liliago*, *Potentilla arenaria* und *Euphorbia cyparissias*. Diese Versuchsfläche ist stark sonnig, die Pflanzendecke mittelmässig dicht.

Der Gipfel des Spilitfelsens (SP-3): Die Versuchsfläche liegt am Gipfel des Spilitfelsens am Waldrand. Das Ausmass beträgt zirka 400 m, die Neigung 20°. Hier herrschen die Arten *Carex humilis*, *Festuca sulcata*, *Festuca valesiaca* und *Dianthus carthusianorum* vor. Die Versuchsfläche ist gegen Westen exponiert und gehört zu den halbsonnigen Stellen mit einem Deckungsgrad von etwa 50 %.

Der Nordhang des Spilitfelsens (SP-4): Die Versuchsfläche liegt auf der Nordexposition des Spilitfelsens und misst etwa 400 m², ihre Neigung beträgt 45°. Die verhältnismässig zusammenhängende Pflanzendecke bildet die dominierende *Sesleria calcaria*, ferner wachsen hier noch *Hieracium pilosella*, *Seseli osseum*, *Sedum acre*, *Arabis hirsuta*, *Hypericum perforatum*, *Pimpinella saxifraga* u. a. Von Bäumen finden sich hier vereinzelt Eichen, Kiefern und Birken vor. An dieser Stelle sind viele Karbonatadern (Taf. X.). Der Boden ist hier seichtgründig, stark durchwurzelt mit grösserem Humusgehalt. Die Versuchsfläche ist verhältnismässig schattig.

Die Schutthalde des Spilitfelsens (SP-5): Die Versuchsfläche liegt auf einer Schutthalde mit nordwestlicher Exposition und nimmt eine Fläche von ungefähr 25 m² mit einer Neigung von 35° ein. In dem stark skeletthältigen Boden haben sich *Alyssum saxatile*, *Sedum album* und *Sempervivum soboliferum* angesiedelt. Die Gesamtdeckung beträgt etwa 5 %, der Standort ist sonnig.

Der Westhang des Spilitfelsens (SP-6): Die Versuchsfläche misst beiläufig 900 m² und hat eine Neigung von 30°. Hier überwiegen *Oxytropis pilosa*, *Verbascum lychnitis*, *Salvia pratensis* und *Teucrium chamaedrys*. Die Gesamtbedeckung beträgt 30–40 %. Diese Fläche ist stark sonnig.

Der Südwesthang des Schieferfelsens (AS-1): Die Versuchsfläche befindet sich auf der Südwestexposition, umfasst eine Fläche von etwa 100 m² mit einer Neigung von 40°. Der Boden ist sehr skeletthaltig. Kennzeichnend für diese Fläche sind *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa*, *Acetosella vulgaris*, *Festuca glauca*. Die Felsvorsprünge sind mit Moos, mit dominierendem *Polytrichum piliferum*, bewachsen. Auf den Steilhängen zeigt sich häufig die Flechte *Gyrophora hirsuta*. Seltener ist hier *Poa nemoralis*, die vom Fluss herreicht, wo sie die Krautschicht des Bestandes mit Robinie, Kiefer und Lärche bildet. Die Fläche ist stark sonnig, die Gesamtdeckung ist gering.

Der feinkörnige Schutt des Schieferfelsens (AS-2): Die Versuchsfläche ist gegen Westen exponiert und misst annähernd 250 m², mit einer Neigung von 30°. Hier dominieren *Brachypodium pinnatum*, *Betonica officinalis* und *Anthoxanthum odoratum*. Der Boden ist humusreich und stark durchwurzelt. Die Gesamtdeckung ist mittelmässig; dieser Standort ist mittelmässig sonnig.

Der Westhang des Schieferfelsens, nahe dem Gipfel (AS-3): Die Versuchsfläche liegt auf der Westexposition. Gogen Norden ist sie durch einen Felsen geschützt. Ihr Ausmass beträgt 50 m², die Neigung ist 30°. Der Krautbestand hat den Charakter einer Saumgesellschaft. Hier dominieren: *Centaurea triumfettii*, *Vincetoxicum officinalis*, *Achillea pannonica*, *Geranium sanguineum*, *Hieracium cymosum*, *Chrysanthemum corymbosum* und *Jasione montana*. Von Moosen erscheint am häufigsten *Polytrichum formosum* und *Dicranum scoparium*. Die Strauchschicht bildet vorwiegend *Cotoneaster integerrima*. Der Standort ist mittelmässig sonnig.

Der Nordhang mit algonkischem Schiefer (AS-4): Die Versuchsfläche befindet sich auf der nördlichen Exposition des Schieferfelsens und misst zirka 50 m², mit einer Neigung von 50°. Der Boden ist seichtgründig und stark durchwurzelt. Zu den Arten die hier vorherrschen gehört *Deschampsia flexuosa* mit hohem Deckungsgrad. Ausserdem sind hier auch *Calluna vulgaris*, *Luzula alba* und *Viscaria vulgaris* vertreten. Der Standort ist schattig.

Der Steinschutt aus algonkischem Schiefer am Westhang (AS-5): Diese Versuchsfläche liegt auf der Westexposition, umfasst etwa 300 m² und hat eine Neigung von 30°. Am häufigsten erscheint hier *Calluna vulgaris*. Neben dem Heidekraut findet man vereinzelt auch *Hieracium pallidum*, *Festuca glauca*, *Allium montanum*, *Anthoxanthum odoratum* und *Campanula rotundifolia* vor. Der Standort ist stark sonnig, die Gesamtdeckung ist mittelmässig.

Der Nordwesthang des Schieferfelsens (AS-6): Diese letzte Versuchsfläche ist gegen Nordwesten exponiert und misst rund 500 m² mit einer Neigung von 45°. Etwa die Hälfte liegt im Schatten von Bäumen und Sträuchern (*Sorbus aucuparia*, *Sorbus aria*, *Rubus fruticosus* u. a.). Die Krautschicht bilden vorwiegend *Potentilla alba*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Achillea pannonica*, *Campanula rotundifolia*, *Deschampsia flexuosa* und *Calluna vulgaris*. Im unbeschatteten Teil findet man *Allium montanum*, *Festuca glauca*, *Carex supina*, *Centaurea triumfettii*, *Dianthus carthusianorum* und *Genista germanica*. Dieser Ort ist mittelmässig sonnig und seine Gesamtdeckung mittelmässig.

Wärmeverhältnisse

Die Temperatur des Untersuchungsgebietes wurde in langfristigen Zeitabschnitten in der Zeit vom 1. April 1966 bis zum 12. April 1967 nach Pallmanns Integrationsmethode gemessen (PALLMANN, EICHENBERGER, HASSLER 1940). Die Sterilisierung der Lösung und das Füllen der Ampullen wurde nach der modifizierten Methode von KVĚT (1958) durchgeführt. Die Ampullen wurden auf allen 6 Versuchsflächen auf Spiliten und auf algonkischem Schiefer, je 3 Ampullen auf die Bodenoberfläche und in den Boden (5–10 cm tief) gelegt; in Abb. 2 und 3 sind die Mittelwerte aller 6 Messungen verzeichnet.

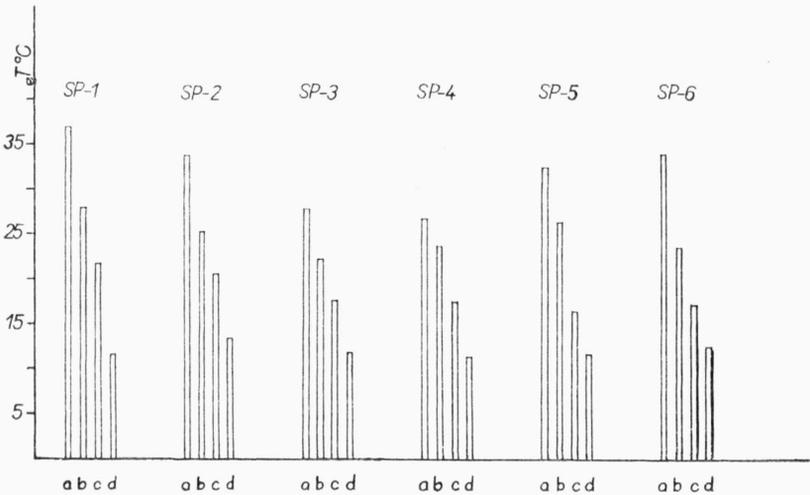


Abb. 3. — Vergleich der durchschnittlichen Exponentialtemperatur auf den Versuchsflächen im Bereich des Spilitfelsens: a — Frühjahr (vom 1. April–21. Juni), b — Frühsommer (vom 21. Juni bis 10. August), c — Spätsommer (vom 10. August–3. November), d — Herbst und Winter (vom 3. November–12. April).

Die ersten Messungen wurden im Frühjahr (vom 1. April bis 21. Juni) durchgeführt. Zu dieser Zeit überstieg die mittlere exponentielle Temperatur (eT) auf den südlichen und südwestlichen Expositionen des Spilitfelsens 30 °C; auf dem Gipfel des Spilitfelsens wurden nur eT 28 °C gemessen. Die niedrigste eT von 25 °C wiesen die Standorte am Nordhang des mit *Sesleria calcaria* bewachsenem Spilitfelsens auf. Auf den Schieferfelsens hatten die Messwerte keine so grosse Amplitude wie auf den Spilitfelsens. Die höchste eT von 28 °C wurde am südwestlichen und westlichen Hang, die niedrigste 25–26 °C auf den nördlichen und nordwestlichen Expositionen gemessen. Die mittlere eT im Boden war in den meisten Fällen um einen halben Grad niedriger als auf der Bodenoberfläche.

Weitere Messungen wurden während der ersten Hälfte des Sommers (vom

21. Juni bis 10. August) vorgenommen. Das hier bestehende verhältnismässig kalte und regnerische Wetter widerspiegelte sich auch in den Messwerten. Am wärmsten waren wieder die Flächen der südlichen und südwestlichen Expositionen auf Spilit und auf Schiefer. Die Nordhänge waren durchschnittlich um 1–2 °C kühler. Die durchschnittliche eT des Bodens war ähnlich wie bei den vorhergehenden Messungen um 0,1–1 °C niedriger. Es folgten dann die dritten Messungen im Spätsommer und zu Beginn des Herbstes (vom 10. August vom 3. November). Die höchste eT von 23 °C wurde am Südhang des Spilitfelsens, die niedrigste am Nordhang im Bestand mit *Sesleria calcaria* und am Schutt auf der nordwestlichen Exposition gemessen. Auf Schiefer betrug die durchschnittliche eT auf allen Versuchsflächen etwa 15 °C; die höchste Temperatur 17 °C wurde am Südhang, die niedrigste 13,5 °C am Nordhang gemessen, der mit *Deschampsia flexuosa* bewachsen ist. Auf allen Versuchsflächen war die eT im Boden um 0,5 °C niedriger als auf der Oberfläche. Im Winter (vom 3. November bis 12. April) betrug die eT im Mittel 10–12 °C. Im Boden war die eT jedoch zu dieser Zeit durchschnittlich um 1 °C höher als auf der Oberfläche. Als Beispiel seien hier die Werte auf Spiliten angeführt, wo am Südwesthang die eT im Boden 11,5 °C, auf der Bodenoberfläche 10,5 °C betrug.

Die Messungen der Temperatur bestätigen, dass die Versuchsflächen auf Spiliten in manchen Jahresabschnitten durchschnittlich wärmer sind, als auf Schiefer. Die grössten Temperaturunterschiede auf den Hängen sind im Frühjahr zu verzeichnen; es ist die für die Entwicklung der Pflanzen des Frühjahrespektes wichtigste Zeit. Auch die Unterschiede der einzelnen Standorte auf gleichem Muttergestein sind im Frühjahr am grössten. Ein wichtiger den Wärmehaushalt modifizierender Faktor ist ohne Zweifel die Vegetation selbst, soweit sie einen höheren Deckungsgrad hat, wie dies auf Nordhängen der Fall ist.

Physikalische Bodeneigenschaften

Auf den Steilhängen sind die Böden im Bereiche der Felsen pedogenetisch nicht entwickelt und dem Mikror relief nach verschieden. Der Boden ist auf diesen Stellen seicht, skelettreich, mit steiniger Unterlage. Tiefgründigeren Feinerdehorizont gibt es nur an Stellen mit geringer Neigung, auf feinem Schutt und auf grösseren Terrassen. Auf Nordexpositionen kann sich auch bei ziemlich starker Neigung, dank des zusammenhängenden Bestandes, dessen Wurzeln die Bodenerosion hemmen, eine Feinerdeschicht bilden. Für eine orientierende Bodencharakteristik wurde die Körnung des Bodens aus Spiliten und algonkischem Schiefer analysiert. Die Textur der Feinerde wurde mittels der Sedimentationsmethode mit Atterbergerschen Zylindern ermittelt. Die Bodenproben für die Sedimentation wurden nach der internationalen B-Methode zubereitet. Die Kornkategorien sind in Abb. 4 mit den Römischen Ziffern I–V bezeichnet. Die Bodenproben für die Analysen der Spilite und Schiefer wurden in einem den einzelnen Standorten entsprechenden Relief in einer Bodentiefe von etwa 5–15 cm entnommen.

Die Analysenergebnisse ergaben, dass der Tongehalt der Böden auf algonkischem Schiefer höher ist, was mit der Zusammensetzung des Muttergesteines zusammenhängt, in dem die Tonteilchen die Bindungsmasse liefern.

Die Bodenfeuchtigkeit wird durch die Korngrössenverteilung im Boden, durch seine Textur und Struktur und seine Ausdunstungsfähigkeit beeinflusst. Der sog. Wassergehalt des Bodens wurde in Prozenten des Wassergehaltes, die aus dem Unterschied des Gewichtes der frischen und der bei 105 °C im Laboratorium getrockneten Bodenproben berechnet wurden, festgestellt. Jeder Versuchsfläche wurden je 2 Proben entnommen und der Mittelwert berechnet. Die Schwankungen des Wassergehaltes des Bodens auf zwei ausgewählten Hängen während des Jahres 1966 sind in Abb. 5 verzeichnet.

Diese graphische Darstellung besagt, dass das Muttergestein die Bodenfeuchtigkeit in der Richtung beeinflusst, dass die Südexpositionen der Spiliten in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode trockener sind; zu Sommerende sind dagegen die Standorte auf algonkischem Schiefer trockener, was mit dem höheren Tongehalt dieser Böden zusammenhängt.

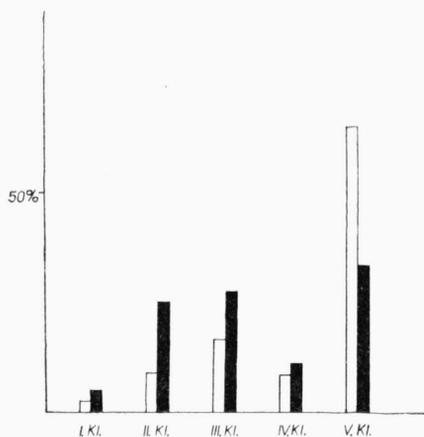


Abb. 4. — Vergleich der Bodentextur der Feinerde auf Spiliten (weiss), auf algonkischem Schiefer (schwarz); I—V Klasse der Korngrössenkategorien.

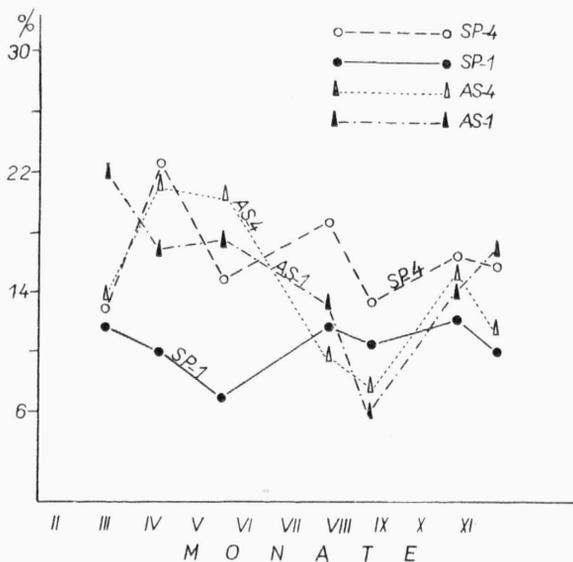


Abb. 5. — Veränderungen des Wassergehaltes des Bodens im Laufe des Jahres 1966 auf Spiliten und algonkischem Schiefer; (SP-1) — Südhang des Spilitfelsens, (SP-4) — Nordhang des Spilitfelsens, (AS-1) — Südhang des Schieferfelsens, (AS-4) — Nordhang des Schieferfelsens.

Mikromorphologie der Böden

Die Bodendünnschliffe lassen die Anordnung der einzelnen Bodenteilchen ihre Form, ihre mineralogischen Eigenschaften, Humusform, Hohlräume usw. (KUBIENA 1938, GADGIL 1965) anschaulich erkennen. Für den Dünnschliff wird der Boden mit einem entsprechenden Harz gesättigt und nach dem Erstarren zu einem 0,03–0,05 mm dünnen Präparat geschliffen; die Präparate werden in polarisiertem Licht mikroskopiert.

Nach einer vollkommenen Trocknung der bei Zimmertemperatur der oberen Schichte entnommenen Bodenproben wurden diese in Harz der Marke CHS-Epoxy 1200, nach der von ČEŠKA (1963) beschriebenen Methode, eingebettet.

Die völlig festgewordenen Blöcke wurden dann auf gleiche Weise wie Gesteinsproben geschliffen (ROSICKÝ et KOKTA 1961). Auf Grund der schwarz-weißen Photographie der Bodendünnschliffe konnten mittels quantitativer Wertung die Unterschiede der Böden aller Versuchsfächen auf Spiliten und algonkischem Schiefer, der Gehalt der Mineral- und Humusteilchen und organischen Reste und in Prozent die Porosität festgestellt werden GADGIL (1965). Auf jedem der Dünnschliffe wurden 15 Punkte bestimmt und von diesen 15 Mikrophotographien hergestellt. Mit Hilfe eines Planimeters konnte dann festgestellt werden, welche verhältnismässige Fläche auf diesen Mikrophotographien Mineralteilchen, Humusteilchen, organische Reste (Blattreste, Wurzeln, Pflanzensamen usw.) und Bodenporen einnehmen. Auf Grund der 15 Mikrophotographien wurde für eine jede Versuchsfäche der Mittelwert berechnet. Das Endergebnis gibt die Anteile der einzelnen vertretenen Bodenbestandteile in Prozent an.

Die Bodenbildung beginnt mit dem Zerfall des Felsens in einzelne verwitterungswiderstandsfähige grössere Stücke „Bodenskelett“ und in ein leicht verwitterndes Plasma mit zugänglichen Nährstoffen (KUBIENA 1938). FIRBAS (1924) vermutet, dass die chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften vom Verhältnis zwischen zerfallendem Bindemittel und kleinen Mineralteilen abhängen. Der skelettreiche Boden auf Spilit und algonkischem Schiefer enthält einen hohen Anteil von etwa 50 % Mineralteilen und nur

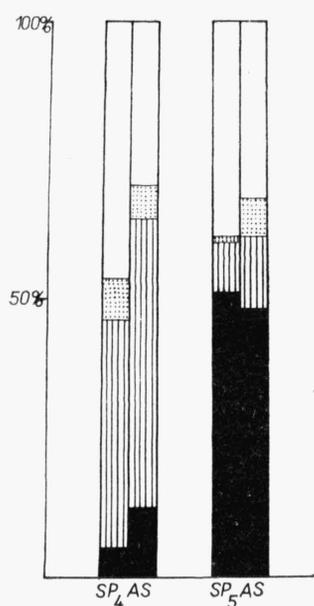


Abb. 6. — Vergleich der Anteile: Mineralische (schwarz), Humus (schraffiert), organische Relikte (punktiert), Bodenporen (weiss) in Boden der nördlichen und südlichen Abhänge bei den untersuchten Muttergesteinen: Nordexposition des Spilitfelsens mit dem Bestand von *Sesleria calcaria* (SP-4), die Schutthalde des Spilitfelsens (SP-5), Nordexposition des Schieferfelsens mit Bestand von *Deschampsia flexuosa* (AS-4), Steinschutt des Schieferfelsens (AS-5).

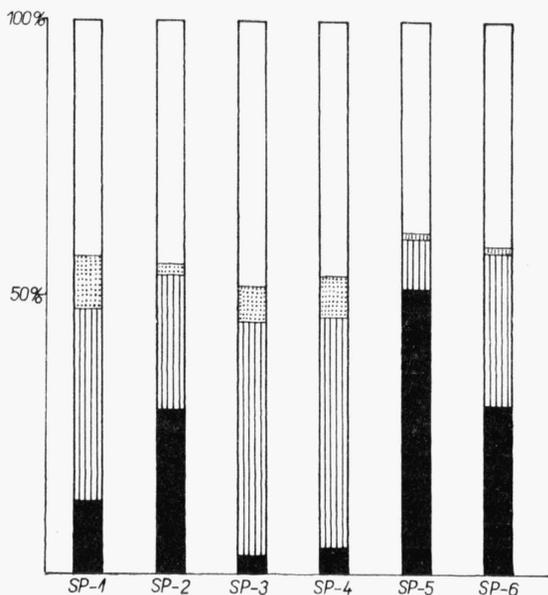


Abb. 7. — Vergleich der Anteile: Mineralteilen (schwarz), Humus (schraffiert), organischer Relikte (punktiert), und Boden Hohlräume (weiss) auf verschiedenen Standorten der Spilite: Südhang (SP-1), Südhang unter dem Gipfel (SP-2), Gipfel (SP-3), Nordhang (SP-4), Steinhalde (SP-5), Nordwesthang (SP-6).

etwa 10 % Humus. Die Humusbildung ist an die Ansiedlung der ersten Pionierpflanzen, in der Regel Flechten und Moose, auf den Felsen gebunden. Die verhältnismässig hohe Bodentemperatur, die schnelle Durchfeuchtung nach einem Regen und das rasche Austrocknen, die gute Durchlüftung und der hohe Karbonatgehalt im Boden verringern den Humusgehalt. Andere Bedingungen sind dort vorhanden, wo infolge einer niedrigeren Temperatur und einer bedeutend höheren Bodenfeuchtigkeit das Modern langsamer fortschreitet, wo jedoch der Nachschub organischer Stoffe infolge der dichteren Pflanzendecke grösser ist. Die Dünnschliffe zeigen, dass im Moldautal auf

schattigen Nordexpositionen mit einer zusammenhängenden Pflanzendecke der Humusgehalt auf Spiliten 40 %, auf Schiefer 50–60 % beträgt. Auch die Unterschiede zwischen beiden geologischen Unterlagen sind offenkundig. Schieferböden mit einem verhältnismässig höheren mittleren Deckungsgrad der Vegetation enthalten mehr Humus. Auf Bodenporen entfallen bei Spiliten durchschnittlich 40 %, bei Schiefer 30 %. Die Bodendurchlüftung ist daher bei Spiliten grösser. Die Abb. 6 führt als Beispiel Mittelwerte der Anteile der einzelnen Bestandteile für je zwei Versuchsflächen auf Spilit und Schiefer an. Die Abb. 7 zeigt den Anteil der einzelnen Bestandteile auf allen Versuchsflächen auf Spilit.

Chemische Eigenschaften der Böden

Von den chemischen Bodeneigenschaften wurden die Bodenreaktion und die austauschbaren Kationen im Sorptionskomplex verfolgt, die vom ökologischen Gesichtspunkt besonders wichtig erscheinen. Die Bodenreaktion wurde im Bodenauszug durch die sog. aktuelle Bodenreaktion und in in KCl-Lösung durch die sog. Bodenaustauschreaktion ermittelt. Der Bodenauszug wurde nach der Methode MORAVEC (1960) zubereitet. Die Bodenreaktion wurde mittels eines pH-Meters Typ OP 201/1 gemessen. Bei den Messungen wurde eine ausgeprägt abweichende Konzentration von Wasserstoffionen in Spilit- und Schieferböden festgestellt. Die Böden auf Spiliten sind schwach sauer bis neutral (pH 6,5 bis 7,5), auf Schiefer dagegen stark sauer bis sauer (pH 4,2 bis 5,2).

Um die Unterschiede im Chemismus der untersuchten Böden beurteilen zu können, wurden die Eigenschaften des Sorptionskomplexes untersucht. Da sich in den Böden Kalziumkarbonat in verschiedener Menge geltend macht, mussten die durch Perkolation gewonnenen Bodenauszüge auf verschiedene Weise analysiert werden. Zur Bestimmung der Kationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} und H^+ in karbonatfreien Böden auf Schiefer und von Al^{3+} und H^+ in Böden auf Spiliten wurde die Titrimethode nach MORAVEC (1960) angewandt. Für die Feststellung der Kationen Ca^{2+} auf den karbonatreichen Böden der Spilite wurde die Methode nach JACKSON (1958) benutzt, die auf einer Extraktion des Bodens mit BaCl_2 -Trietanolamin beruht. Die Endphase dieser Methode wurde etwas abgeändert, zum Titrieren wurde nicht nur KMnO_4 , sondern auch Komplexon III verwendet, um die Ergebnisse der beiden Methoden vergleichen zu können.

Tab. 1. — Gehalt von Austauschionen in mÄq./100 g Trockenmasse auf 6 Versuchsflächen auf Spilitfelsen SP-1 bis SP-6; zwei parallele Messungen a, b

	Ca^{2+}		Mg^{2+}		$\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$	
	a	b	a	b	a	b
SP-1	11,6	11,8	—	—	0,5	0,6
SP-2	11,9	11,8	—	—	1,0	1,1
SP-3	11,8	15,2	—	—	6,8*	6,7*
SP-4	12,1	13,7	—	—	3,5	3,7
SP-5	18,0	22,9	—	—	0,2	0,3
SP-6	18,2	15,4	—	—	6,4*	6,4*

*) Die erhöhten Werte wurden wahrscheinlich durch die unklaren Übergänge bei der Titration verursacht.

Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und Tab. 2 zusammengefasst. In Abb. 8 ist vergleichshalber der Gehalt an Austauschkalzium der Versuchsböden auf Spilit und Schiefer angeführt. Die Unterschiede im Chemismus der Böden auf verschiedenem Muttergestein sind daher sehr ausgeprägt. Die Werte schwanken jedoch, wenn auch nicht stark auffallend, auch in einer einzelnen geologischen Unterlage. Die Mittelwerte auf Spilit bewegen sich zwischen 12–20 mÄq./100 g Trockenmasse, auf Schiefer dagegen zwischen 1,5 bis

Tab. 2. — Gehalt von Austauschionen in mÄq./100 g Trockenmasse auf 6 Versuchsflächen auf algonkischen Schiefer AS-1 bis AS-6; zwei parallele Messungen a, b

	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H ⁺	
	a	b	a	b	a	b	a	b
AS-1	4,6	4,3	1,7	1,6	10,2	10,6	4,1	4,4
AS-2	4,2	4,6	0,8	0,7	9,6	9,5	5,3	4,8
AS-3	2,0	2,2	0,0	0,0	5,8	5,2	2,0	2,1
AS-4	1,8	1,7	1,1	0,8	15,6	14,9	6,3	6,1
AS-5	1,1	1,8	0,0	0,0	12,4	12,1	5,8	5,5
AS-6	2,2	2,1	0,4	0,5	9,6	9,9	4,8	4,7

5 mÄq./100 g Trockenmasse. Der höchste Gehalt an Austauschkalzium wurde in der Feinerde im Spilitschutt gemessen; man kann vermuten, dass dies durch das hier verhältnismässig grössere und häufige Vorkommen postvulkanischer Karbonatadern verursacht ist, wo Kalziumkarbonat leichter als Plagioklas dem Verwitterungsprozess unterliegt und in Form von Austausch Ca²⁺ deshalb auch leichter in den Boden gelangt. Ausser postvulkanischen Karbonatadern wurden auf den Spilitfelsen, besonders auf dislokierten Stellen stellenweise mächtige Decken kristallisierten Kalksteins beobachtet. Aus den Diagrammen (Abb. 8) ist ersichtlich, dass der grössere Gehalt an Austauschkalzium in Skelettböden vorhanden ist. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch FIRBAS (1924), der anführt, dass der Kalziumgehalt in Skelettböden grösser als in feinkörnigen Böden ist und dass bei tiefergründigeren Böden sich der Kalziumgehalt gegen die Oberfläche zu verringert.

Pflanzengesellschaften

Entblöste Felsen können ihres Charakters wegen nicht dauernd von höher organisierten Pflanzengesellschaften besiedelt werden und stellen in den meisten Fällen Entwicklungsstadien und Fragmente wärmeliebender Bestände vor, die auf einer warmen Unterlage, zusammen mit geeigneten Lichtverhältnissen, günstige Bedingungen für ihre Entwicklung finden. Beim Ansiedlungsprozess fällt den Flechten und Moosen eine wichtige Aufgabe zu, da sie fähig sind, die Felsen für das Fussfassen mancher Chasmodphyten vorzubereiten. Mit phytozöologischen Analysen der Felsengesellschaften befassten sich KLIKA (1928, 1932, 1933, 1949), MORAVEC (in: HOLUB et al. 1967) und ONDRÁKOVÁ (1950).

Auf den Felsvorsprüngen der Spilite, in grobem Schutt und auf horizontalen Plateaus mit Spilitunterlage beginnen Fragmente von Pioniergesellschaften, die Gesellschaft *Sedum album-Allium montanum* KLIKA 1928. Zu diesem Zönotaxon gehört die Versuchsfläche SP-5. Diese Gesellschaft be-

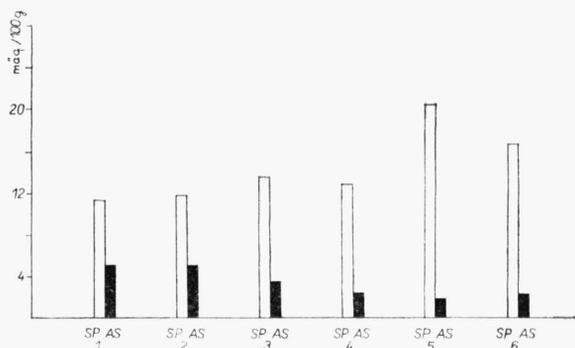


Abb. 8. — Vergleich des Gehaltes von Austauschkalzium auf 6 parallelen Standorten auf Spiliten (1—6) — (weiss) und auf algonkischem Schiefer (A 1—6) — (schwarz).

siedelt steilere Hänge überwiegend nordwestlicher und westlicher Expositionen. Im Verlauf der weiteren Entwicklung knüpft die Ass. *Festuca duriuscula-Seseli osseum* KLIKA 1933 (*Festuca duriuscula* L. = *Festuca glauca* LAM.) an diese Gesellschaft, die ebenfalls artenarmen ist, an. Zu dieser Assoziation gehören die Versuchsflächen SP-1, SP-2, SP-6. Die Ass. *Sesleria calcaria-Helianthemum canum* KLIKA 1933 ist auf der Nord und Nordwestexposition verbreitet. *Sesleria calcaria* besiedelt als psychrophiles Dealpin in zusammenhängenden Beständen die Nord- und Nordwestexposition; in beschränkter Masse erscheint sie auch auf der Süd- und Südwestexposition. Diese Assoziation ist verhältnismässig artenarm, aber dynamisch und ökologisch sehr kennzeichnend. Zu dieser Assoziation gehört die Versuchsfläche SP-4. Die unmittelbare Fortsetzung der Gesellschaft *Festuca duriuscula-Seseli osseum* KLIKA 1933 ist die Ass. *Festuca valesiaca-Erysimum crepidifolium* KLIKA 1933 die an die westliche, südwestliche und südliche Exposition gebunden ist. *Festuca glauca*, eine Art mit verhältnismässig ausgeprägten ökologischen Ansprüchen, wurde von *Festuca valesiaca* abgelöst. Zu dieser Assoziation gehört die Versuchsfläche SP-3.

Auch auf den Schieferfelsen konnte eine Reihe von Initialstadien und höher organisierter Gesellschaften beobachtet werden. Auf Felsvorsprüngen, in Felsspalten und auf Terrassen wachsen ebenso wie auf Spiliten folgende Chasmophyten: *Alyssum saxatile*, *Festuca glauca*, *Allium montanum*, *Semprevivum soboliferum*. Ausserdem kommt auf Schiefer auch *Calluna vulgaris*, *Acetosella vulgaris*, *Deschampsia flexuosa* und *Scleranthus perennis* voll zur Geltung. Diese Bestände können wahrscheinlich in den neu beschriebenen Verband *Hyperico (perforato)-Scleranthion perennis* MORAVEC 1967 (in HOLUB et al. 1967) eingereiht werden. Auf gegen Norden gewandten Felsstufen und Felswänden dominieren: *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, weniger *Luzula albida*, *Anthoxanthum odoratum* und *Acetosella vulgaris*. Nach KLIKA (1949) sind diese Bestände ein Entwicklungsstadium bzw. Degradationsstadium des Waldes. Auf Süd- und Westexpositionen kommt in Fragmenten die Gesellschaft *Festuca duriuscula-Seseli osseum* KLIKA 1933 vor. Felsengesellschaften auf Silikatunterlagen wurden in phytozöologischen Hinsicht verhältnismässig wenig untersucht. Das nur von einer einzigen Lokalität zahlreich gesammelte Aufnahmematerial ermöglichte es nicht, es phytozöologisch eingehender zu klassifizieren.

Auf dem ganzen zu untersuchenden Gebiet wurden 103 phytozöologische Aufnahmen verzeichnet, die nach Ökoelementen und Verwandtschaft analysiert wurden. Das Vorkommen einzelner Arten von Gefässpflanzen ist ein unbestreitbarer Beweis für den Einfluss des Muttergesteines auf die Pflanzendecke. Die Versuchsflächen wurden nach der Artencharakteristik laut OBERDORFER (1949) analysiert. Die Arten *Alyssum montanum*, *Arabis hirsuta*, *Asperula glauca*, *Carex humilis*, *Euphorbia seguieriana*, *Festuca valesiaca*, *Sesleria calcaria* und *Pimpinella saxifraga*, die auf Spiliten vorkommen, wurden in keiner der 33 phytozöologischen Aufnahmen auf Schiefer vermerkt. Es handelt sich vorwiegend um xerophile, in Mitteleuropa an Standorte mit kalziumreichen Böden gebundene Arten. Dagegen wurden in 70 phytozöologischen Aufnahmen von Spiliten nicht verzeichnet; *Acetosella vulgaris*, *Betonica officinalis*, *Brachypodium pinnatum*, *Calluna vulgaris*, *Carex supina*, *Centaurea triumfettii*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca ovina*, *Jasione montana*, *Lembotropis nigricans*, *Luzula albida*,

Tab. 3. — Vorkommen von Gefäßpflanzen auf verschiedenen Expositionen und Gesteinen nach Präsenzklassen

Pflanzenname	Mutter- gestein	Spilite						algonkische Schiefer				
	Exposition	N	NW	W	SW	S	SO	N	NW	W	SW	S
<i>Alyssum montanum</i> L.		II	IV	V	IV	IV	V	—	—	—	—	—
<i>Arabis hirsuta</i> (L.) SCOP.		II	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Asperulla glauca</i> (L.) BESS.		I	I	I	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carex humilis</i> LEYSS.		—	I	I	I	—	—	—	—	—	—	—
<i>Euphorbia seguieriana</i> NECK.		—	—	—	I	I	II	—	—	—	—	—
<i>Festuca valesiaca</i> SCHLEICH.		—	I	II	II	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pimpinella saxifraga</i> (PERS.) OPIZ		III	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sesleria calcaria</i> (PERS.) OPIZ		V	V	II	I	—	—	—	—	—	—	—
<i>Acetosella vulgaris</i> (KOCH) FOURR.		—	—	—	—	—	—	IV	III	II	II	IV
<i>Betonica officinalis</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	I	I	—	—
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. BEAUV.		—	—	—	—	—	—	I	I	II	III	—
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) HULL.		—	—	—	—	—	—	III	II	II	—	I
<i>Carex supina</i> WAHLB.		—	—	—	—	—	—	—	I	—	I	—
<i>Centaurea triumfettii</i> (ALL.)		—	—	—	—	—	—	—	I	I	III	—
<i>Chrysanthemum corymbosum</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	I	I	I	I
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) TRIN.		—	—	—	—	—	—	V	II	II	II	II
<i>Festuca ovina</i> L.		—	—	—	—	—	—	I	—	II	—	II
<i>Jasione montana</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—
<i>Lembotropis nigricans</i> (L.) GRIESEB.		—	—	—	—	—	—	II	IV	I	II	—
<i>Luzula albida</i> (HOFFM.) DC.		—	—	—	—	—	—	II	—	—	—	—
<i>Potentilla alba</i> L.		—	—	—	—	—	—	II	—	I	—	—
<i>Scleranthus perennis</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	—	I	I	—
<i>Solidago virgaurea</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	—	II	III	—
<i>Thymus pulgeoides</i> L.		—	—	—	—	—	—	—	I	—	—	—
<i>Allium montanum</i> (SCHM.) BECK		IV	III	IV	III	II	—	II	III	II	I	II
<i>Alyssum saxatile</i> L.		I	III	II	III	II	IV	I	II	I	II	I
<i>Anthericum liliago</i> L.		I	III	III	II	IV	III	—	III	—	—	III
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.		—	I	—	I	—	—	III	III	III	—	—
<i>Artemisia campestris</i> L.		I	II	IV	IV	V	IV	—	I	I	II	I
<i>Asperulla cynanchica</i> L.		IV	III	III	II	IV	II	—	I	II	I	—
<i>Biscutella laevigata</i> L.		—	—	I	—	—	—	II	II	—	—	—
<i>Botriochloa ischaemum</i> (L.) KENG		—	—	II	II	III	—	—	—	—	—	I
<i>Campanula rotundifolia</i> L.		—	I	I	—	—	—	IV	III	—	II	I
<i>Centaurea rhenanus</i> (BOR.)		III	II	II	IV	IV	III	—	III	II	III	III
<i>Centaurea scabiosa</i> (L.) PRESL.		II	IV	IV	III	II	III	—	II	—	—	I
<i>Dianthus carthusianorum</i> L.		—	I	I	—	—	—	—	I	I	I	—
<i>Echium vulgare</i> L.		—	I	II	III	II	I	—	—	—	—	I
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.		V	III	IV	III	IV	IV	I	III	III	V	III
<i>Festuca glauca</i> LAM.		II	III	IV	III	IV	IV	III	IV	IV	V	III
<i>Galeopsis ladanum</i> L.		—	I	II	II	I	I	—	I	—	—	—
<i>Hieracium pilosella</i> L.		I	I	I	I	—	—	—	I	—	I	—
<i>Koeleria gracilis</i> PERS.		—	—	I	I	II	—	—	—	II	I	—
<i>Melica transsilvanica</i> SCHUR		—	II	II	III	IV	III	—	—	I	I	—
<i>Minuartia setacea</i> (THUILL.) HAY.		II	IV	III	V	V	V	—	I	I	I	I
<i>Oxytropis pilosa</i> (L.) D. C.		I	II	III	II	II	—	—	II	—	—	II
<i>Potentilla arenaria</i> BORKH.		V	III	IV	II	II	—	—	II	II	III	I
<i>Pulsatilla nigricans</i> (STOERCK) ZAM.		I	I	I	—	—	—	—	I	II	II	—
<i>Salvia pratensis</i> L.		I	II	II	I	II	II	—	I	—	—	I
<i>Sanguisorba minor</i> SCOP.		I	I	I	—	I	—	—	I	—	—	I
<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.		II	II	I	I	III	II	—	I	—	—	—
<i>Sedum acre</i> L.		I	II	I	I	—	—	—	I	—	—	—
<i>Sedum album</i> L.		I	II	II	III	III	V	—	I	—	—	—

Pflanzenname	Mutter- gestein	Spilite						algonkische Schiefer				
	Exposition	N	NW	W	SW	S	SO	N	NW	W	SW	S
<i>Sempervivum soboliferum</i> SIMS.		I	II	II	III	II	II	—	III	I	—	I
<i>Seseli osscum</i> CR.		IV	III	IV	II	IV	I	—	III	I	II	I
<i>Stachys recta</i> L.		III	III	III	II	II	IV	—	IV	I	II	II
<i>Stipa capillata</i> L.		—	I	I	II	II	—	—	I	I	—	—
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.		—	II	I	—	—	—	—	II	II	I	I
<i>Thymus praecox</i> OPIZ		V	III	II	II	II	I	—	I	II	II	II
<i>Verbascum lychnitis</i> L.		II	I	II	I	II	III	—	—	I	I	—
<i>Vincetoxicum officinale</i> MOENCH.		III	II	I	I	—	—	III	III	IV	I	III

Seltene und zufällige Arten

Spilite: *Allium rotundum* L., *Anthericum ramosum* L., *Asparagus officinalis* L., *Asplenium ruta-muraria* L., *Asplenium septentrionale* (L.) HOFFM., *Asplenium trichomanes* L. em. HUDS., *Aster inosyris* (L.) BERNH., *Bupleurum falcatum* L., *Convolvulus arvensis* L., *Coronilla varia* L., *Festuca sulcata* (HACK.) NYM., *Hieracium echinoides* LUMN., *Hieracium lachenalli* GMEL., *Hieracium pallidum* BIV., *Hieracium umbellatum* L., *Hypericum perforatum* L., *Lactuca perennis* L., *Polygonatum odoratum* (MILL.) DRUCE, *Reseda lutea* L., *Scabiosa canescens* W. et K., *Sedum maximum* (L.) ROUY et CAM., *Silene otites* (L.) WIB., *Thalictrum minus* L.

Algonkische Schiefer: *Agrostis vulgaris* WITH., *Achillea pannonica* (SCHEELE) HAYEK in HEGI, *Armeria elongata* (HOFFM.) KOCH, *Bupleurum falcatum* L., *Coronilla varia* L., *Galium mollugo* L., *Genista germanica* L., *Geranium robertianum* L., *Geranium sanguineum* L., *Hieracium cymosum* L., *Hieracium echinoides* LUMN., *Hieracium lachenalli* GMEL., *Hieracium pallidum* BIV., *Hieracium umbellatum* L., *Hypericum perforatum* L., *Plantago lanceolata* L., *Poa nemoralis* L., *Sedum maximum* (L.) ROUY et GAM., *Silene otites* (L.) WIB., *Trifolium alpestre* L., *Viscaria vulgaris* BERNH.

Potentilla alba, *Scleranthus perennis*, *Solidago virgaurea*, *Thymus pulegioides*. Es handelt sich vorwiegend um Arten, die in Mitteleuropa auf mineralisch nährstoffarmen (Kalzium) und auf saueren Böden wachsen. Von den Arten, die sowohl auf Spilitstandorten als auch auf Schieferstandorten verzeichnet wurden, wurden die meisten von OBERDORFER (1949) als Trockenheit und Wärme liebende Arten bezeichnet, die auf mineralisch stärkeren Böden, oft Kalkböden, wachsen. Es handelt sich z. B. um *Centaurea rhenanus*, *Sedum album*, *Melica transilvanica*, *Oxytropis pilosa*, *Euphorbia cyparissias*, *Anthericum liliago*. Alle genannten Arten kommen auch öfter auf Spiliten als auf Schiefer vor, wie aus Tab. 3 ersichtlich. Wenige gemeinsame Arten von OBERDORFER als in trockenen bis halbtrockenen, warmen Gebieten auf mineralstärkeren, nicht immer kalkhaltigen Böden wachsend angegeben. Es sind dies z. B. *Campanula rotundifolia*, *Galeopsis ladanum*, *Potentilla arenaria*. Nur die einzige Art *Anthoxanthum odoratum* wird als mehr auf sauren Böden vorkommend bezeichnet. Dies bestätigte auch ihr öfteres Vorkommen auf Schiefer als auf Spilit. Alle diese Unterschiede sind auch aus Tab. 3 ersichtlich, wo die römischen Ziffern die Präsenz der einzelnen Arten (in Stütigkeitklassen) im Rahmen sämtlicher, phytozöologischer Aufnahmen auf der gegebenen Exposition und dem Gestein angeben. Spilitfelsen sind von Arten höherer Präsenzklassen besiedelt, was zum Unterschied von Schieferfelsen von einer grösseren Stabilisierung und Homogenität der Bestände zeugt. Trotzdem muss festgestellt werden, dass die gesamte, auf Schiefer verzeichnete Artenzahl um 8 Arten höher ist, was dadurch erklärt werden kann, dass

auf Schieferfelsen auch Aufnahmen von Flächen mit Baum- und Strauchschichten verzeichnet wurden, wo auch Arten von Saumgesellschaften auftreten: *Centaurea triumfettii*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Betonica officinalis*, *Luzula albida* usw. Beachtenswert ist das Vorkommen von *Potentilla alba* auf Schieferfelsen. Sie wächst auf der Nordwestexposition auf feinkörnigem Schutt, wo sie die Krautschicht der Baum- und Strauchetage bildet (*Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogyna*, *Sorbus aria*, *Rosa canina*, *Rubus fruticosus*).

Ausser vom Muttergestein wird die Vegetation auch von der Hangexposition beeinflusst. Obzwar von einer strikten Besiedelung einzelner Expositionen mit bestimmten Pflanzenarten nicht gesprochen werden kann, obwaltet in der Natur eine bestimmte Gesetzmässigkeit, die von einem ganzen Faktorenkomplexe bedingt, optimale Bedingungen für das Pflanzenwachstum bildet. Auf diesen Verlauf der Besiedelung von Expositionen weist PREIS (1936) hin. Ein auffallender Unterschied wurde begrifflicherweise zwischen den Nord- und Südexpositionen der Spilite und Schiefer festgestellt. Auf der Nordseite der Spilitfelsen dominiert stark *Sesleria calcaria*, während sie auf dem Südhang nur stellenweise erscheint. Auf dem warmen Südhang des Spilitfelsens wachsen wärmeliebenden Arten wie *Artemisia campestris*, *Sedum album*, *Anthericum liliago*, *Minuartia setacea*, *Melica transsilvanica*, *Botriochloa ischaemum*, *Stipa capillata* und *Euphorbia sequeiriana*. Auf den Nordhängen mit Schieferunterlage dominiert *Deschampsia flexuosa* stark und bildet zusammenhängende Bestände. Obgleich diese Art auch häufig auf den übrigen Expositionen erscheint, sind die quantitativen Unterschiede ihres Vorkommens auffallend. Die Südhänge mit Schieferunterlage sind, ähnlich wie die mit Spilitunterlage, von wärmeliebenden Arten besiedelt, wie z. B. *Euphorbia cyparissias*, *Festuca glauca*, *Minuartia setacea*, *Artemisia campestris*, *Centaurea rhenanus*, *Potentilla arenaria*, *Seseli osseum* u. a.

Tab. 4. — Vergleich der Gemeinschaftskoeffizienten der Bestände auf Spiliten und algonkischem Schiefer nach ihren Expositionen

		Algonkische Schiefer				
		N	NW	W	SW	S
Spilite	N	21,8	65,0	50,5	55,0	62,0
	NW	25,5	73,0	58,0	55,0	62,0
	W	25,5	72,0	58,0	59,0	65,0
	SW	29,0	64,0	56,0	52,0	61,5
	S	18,5	61,0	55,0	50,0	68,0
	SO	16,5	53,0	44,5	42,5	58,5

Tab. 5. — Vergleich der Gemeinschaftskoeffizienten der Bestände auf Spiliten und algonkischem Schiefer nach der Hangneigung

		Algonkische Schiefer		
		30°	60°	90°
Spilite	30°	65,0	65,5	66,0
	60°	63,0	68,0	69,0
	90°	59,0	58,0	61,0

Aus Tab. 3 wurde weiter festgestellt, welche Arten mit nur geringen quantitativen Unterschieden auf allen Expositionen, welche auf mehreren Expositionen mit auffallenden quantitativen Unterschieden vorkommen und welche eher an eine einzige Exposition gebunden sind. Auf Spiliten waren von 44 Arten 18 auf allen Expositionen annähernd gleich vertreten. Zu ihnen gehören z. B. *Euphorbia cyparissias*, *Festuca glauca*, *Alyssum saxatile*, *Allium montanum*, *Asperula cynanchica* und *Sempervivum soboliferum*. 20 Arten kamen in verschiedener Menge auf mehreren Expositionen, 11 Arten öfter auf West- und Südexpositionen, 9 Arten auf West- und Südexpositionen vor. Nur 6 Arten waren mehr an eine einzige Exposition gebunden: *Arabis hirsuta* Norden, *Pimpinella saxifraga* Norden, *Festuca valesiaca* Westen, *Biscutella laevigata* Westen, *Koeleria gracilis* Süden und *Euphorbia sequeiriana* Süden. Auf Schiefer waren 16 Arten ziemlich gleichmässig auf allen Expositionen vertreten. So z. B. die Arten *Acetosella vulgaris*, *Vincetoxicum offic-*

nale, *Potentilla arenaria*, *Centaurea rhenanus*, *Artemisia campestris*, *Alyssum saxatile* und *Minuartia setacea*. 36 Arten kamen mehr oder weniger häufig auf mehreren Expositionen vor (14 Arten am Norden und Westen, 21 Arten am Süden und Westen und eine Art am Norden und Süden). *Luzula albida* wurde nur auf der Nordexposition, *Echium vulgare* nur auf der Südexposition festgestellt. Eine ausführliche Analyse für beide geologischen Unterlagen wurde gleichzeitig durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass 17 Arten annähernd gleichmässig auf Spilit und Schiefer auf allen Expositionen vorkommen z. B. *Euphorbia cyparissias*, *Festuca glauca*, *Alyssum saxatile*, *Scabiosa ochroleuca* und *Sempervivum soboliferum*. 19 Arten sind auf mehreren Expositionen in verschiedener Quantität vertreten (9 Arten am Norden und Westen, 10 Arten, am Westen und Süden).

Tab. 6. — Vergleich der Gemeinschaftskoeffizienten der Pflanzenbestände auf Spiliten nach der Hangneigung und dasselbe für Bestände auf algonkischem Schiefer

	Spilite				Algonkische Schiefer		
	30°	60°	90°		30°	60°	90°
30°	—	94,0	88,5	30°	—	75,0	77,5
60°	—	—	73,0	60°	—	—	89,5

Die Verwandtschaft der Vegetation beider geologischen Unterlagen wurde auf Grund des gleichen Materials von 103 phytozönologischen Aufnahmen untersucht. Die Aufnahmen wurden in Gruppen nach der geologischen Unterlage, Hangexposition und Hangneigung zusammengefasst und mit Hilfe des Gemeinschaftskoeffizienten von SÖRENSEN (1948) verglichen. Die Ergebnisse enthalten die Tabellen 4—8, in denen hohe Werte nähere Verwandtschaft, niedrige Werte grössere Unterschiede angeben.

Tab. 7. — Vergleich der Gemeinschaftskoeffizienten der Pflanzenbestände auf Spiliten nach den verschiedenen Expositionen

	N	NW	W	SW	S	SO
N	—	83,0	82,0	78,0	77,0	69,0
NW	—	—	93,0	86,0	76,0	66,0
W	—	—	—	88,0	82,0	66,0
SW	—	—	—	—	87,0	75,0
S	—	—	—	—	—	84,0

Wenn man die gleichen Expositionen auf Spilit und Schiefer vergleicht, ersieht man, dass die grössten Unterschiede auf Nordexpositionen auftreten; der Gemeinschaftskoeffizient erreicht hier den Wert von 21,8 (von allen 46 Arten wiederholten sich nur 5 Arten). Der höchste Gemeinschaftskoeffizient auf gleichen Expositionen 73,0 wurde auf der Nordwestexposition festgestellt, was damit erklärt werden kann, dass die Aufnahmen an verhältnis-

mässig steilen Stellen gemacht wurden, wo die gleichen Chasmophyten vertreten sind.

Aus dem Vergleich aller Expositionen auf beiden geologischen Unterlagen geht hervor, dass die geringste Verwandtschaft zwischen der Nordexposition und der Südexposition auf Spilit besteht; von allen 36 Arten waren nur 3 gleiche Arten.

Tab. 8. — Vergleich der Gemeinschaftskoeffizienten der Pflanzenbestände auf algonkischem Schiefer nach den verschiedenen Expositionen

	N	NW	W	SW	S
N	—	45,0	50,0	44,0	48,0
NW	—	—	71,0	73,5	68,0
W	—	—	—	84,0	63,0
SW	—	—	—	—	58,5

Vergleicht man die Expositionen besonders für Spilite und Schiefer, so bestätigen die Ergebnisse die Verwandtschaft oder den Unterschied der für den Vergleich der Expositionen von Spiliten und Schiefnern festgestellten gültigen Tatsachen. Am meisten miteinander verwandt zeigen sich beim Spilit nordwestliche und westliche Expositionen, beim algonkischen Schiefer West- und Südwestexpositionen, es handelt sich also um Expositionen des westlichen Quadranten. Am wenigsten verwandt sind beim Spilit die nordwestlichen und südöstlichen, beim Schiefer dann nördliche und südwestliche Expositionen.

Es handelt sich also in der Regel um gegenüberliegende Expositionen. Die Werte der Gemeinschaftskoeffizienten auf verschiedener Hangneigung unterschieden sich untereinander sehr wenig; die Verwandtschaft bzw. Verschiedenheit kann ohne Benutzung einer detaillierten Neigungsskala und ohne statistischer Verarbeitung nicht gewertet werden.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss zweier physikalischer und chemischer verschiedenen Muttergesteine auf das Mikroklima, den Boden und die Vegetation untersucht. Auf einem kleinen Gebiet des Moldautes nördlich von Prag wurde ein Komplex ökologischer Faktoren untersucht: Relief, Bodentextur, Bodenfeuchtigkeit, Temperaturverhältnisse, Bodenmikromorphologie an Hand von Dünnschliffen, Bodenreaktion und Sorptionskomplex. Bei den meisten dieser Standortfaktoren wurden bedeutende Unterschiede festgestellt, die man alle auf direkte oder indirekte Beziehungen zu den ermittelten Unterschieden der floristischen Zusammensetzung der Pflanzenbestände zurückführen kann. Trotzdem ist es auf Grund der festgestellten Unterschiede nicht möglich, festzustellen, welcher von den Faktoren der Umwelt für die Differenzierung der Vegetation als primär und welcher als sekundär anzusehen ist. Beim Boden spielt neben der verschiedenen Textur auch der auf allen untersuchten Feststandorten festgestellte unterschiedliche Chemismus eine bedeutende Rolle. Sowohl physikalische als auch chemische Bodeneigenschaften beeinflussen die Pflanzen durch einen verschiedenen Wasserhaushalt und durch unterschiedliche Ernährung. Proportional zu ihren ökologischen Ansprüchen haben sich daher auf Spiliten eher kalkliebende, mesophile und thermophile Arten, auf algonkischem Schiefer dagegen vorwiegend silikophile, acidiphile, xerophile und subthermophile Arten durchgesetzt. Auf der Suche nach primären ökologischen, für die Entstehung der genannten Felsengesellschaften wichtigen Faktoren kann auch der primäre Einfluss der Geländeform nicht unerwähnt bleiben, die die Vegetation auf den einzelnen Hängen bei gleicher geologischer Unterlage wesentlich beeinflusst. Die auf den Prallhängen eines Moldaumänders liegenden untersuchten Lokalitäten waren bis vor kurzem vor

der Moldauregulierung durch eine beschleunigte Seitenerosion beeinträchtigt, die die Bodenentwicklung auf Steilhängen beeinflusste. Junge, unentwickelte Böden und Ranker behielten je nach dem Muttergestein mehr spezifische Unterschiede, als dies bei Zonalböden der Fall ist. Deshalb kann auf den Hängen des eingeschnittenen Moldautales nördlich von Prag der selektive Einfluss der Spilite und der algonkischen Schiefer auf die Zusammensetzung der Vegetation bestätigt werden.

Mehrere Details, die in dieser Arbeit nicht ausführlich erklärt werden konnten, umfasst das unveröffentlichte Manuskript der Dissertation (ŠINDELÁŘOVÁ 1967).

Abschliessend möchte ich Herrn Dozenten Ing. J. JENÍK ČSc. für das vorgeschlagene Thema und für wertvolle Ratschläge, Frau Assistent J. KOSINOVÁ, Herrn Dr. A. ČEŠKA für seine allseitige Hilfe meinen herzlichsten Dank ausdrücken.

Souhrn.

V práci byl sledován vliv dvou fyzikálně a chemicky odlišných matečných hornin na mikroklima, půdu a vegetaci. Na malém území v údolí Vltavy severně od Prahy byl sledován komplex ekologických faktorů: reliéf, zrnitost půd, momentní půdní vlhkost, teplotní poměry, půdní mikromorfologie metodou půdních výbrusů, půdní reakce a sorpční komplex. U většiny těchto faktorů byly nalezeny významné rozdíly, které je možno všechny uvést v přímý či nepřímý vztah k zjištěným rozdílům ve floristickém složení rostlinných porostů. Ničemné není možné na základě zjištěných rozdílů stanovit, který z faktorů prostředně se stal pro diferenciaci vegetace primárním a který sekundárním. Pokud jde o půdu, vedle odlišné zrnitosti velkou roli hraje ještě odlišný chemismus, prokázaný na všech zkoumaných expozičních skalních ostrožích. Jak fyzikální, tak i chemické vlastnosti půd působí na rostlinstvo prostřednictvím odlišného vodního režimu a prostřednictvím odlišné výživy. Úměrně svým ekologickým vlastnostem se proto na spilitech prosadily spíše ekoelementy kalcifilní, mezofilní a thermofilní, kdežto na algonkických břidlicích převážně druhy silikofilní, acidofilní a subthermofilní. Při hledání primárních ekologických faktorů, důležitých pro vznik uvedených skalních společenstev ovšem nelze opomenout ještě primární vliv reliéfu, který podstatnou měrou ovlivňuje vegetaci na jednotlivých svazích v rámci jednoho geologického podkladu. Zkoumané lokality jsou na nárazovém břehu meandrů Vltavy a byly do nedávna (před regulací Vltavy) ovlivněny zrychlenou boční erozí, která ovlivnila vývoj půd na strmých svazích. Mladé, nevyvinuté půdy a rankery si ponechaly více specifických odlišností podle matečné horniny, nežli je tomu u půd zonálních. Proto lze na svazích zaříznutého údolí Vltavy severně od Prahy bezpečně potvrdit vliv matečné horniny na složení vegetace.

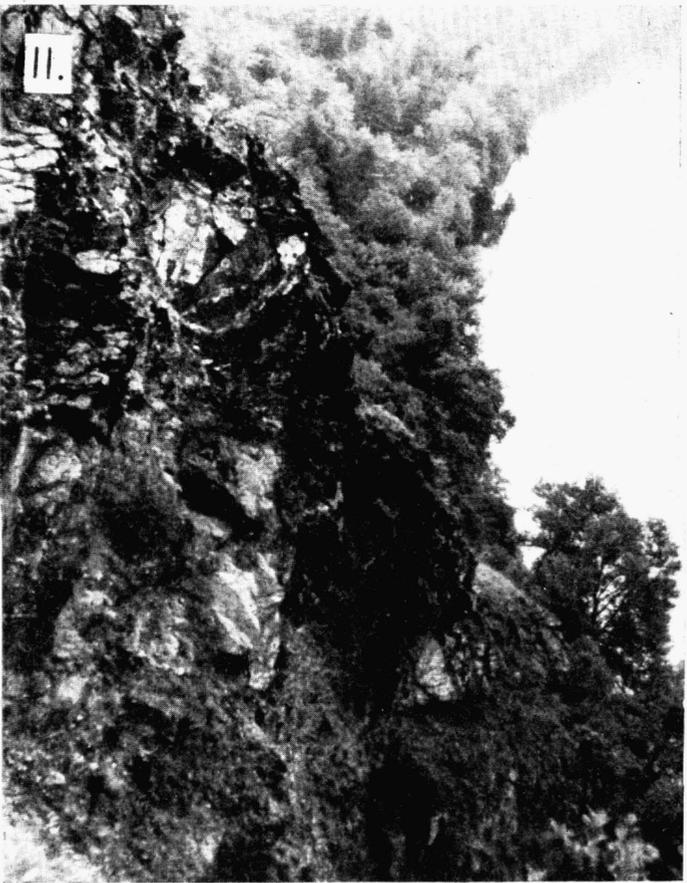
Literatur

- BOŘICKÝ E. (1881): Petrografická studia porfyrových hornin v Čechách. — Arch. přírod. Prozkoum. Čech, 4/3 : 27—35.
- BOUČEK B. (1951): Geologické vycházky do pražského okolí. — Praha: 118—123.
- CINIBURK M. (1963): Zprávy o mapování v okolí Vodochoď a Hoštice. — In: Zprávy o geologických výzkumech, 1962 : 92—93, Praha.
- ČELAKOVSKÝ L. (1870): Květena okolí Pražského. — In: Živa, Praha, 4 : 1—164.
- ČEŠKA A. (1963): Půdní výbrusy pro geobotanické studium (s použitím pryskyřice ChS-Epoxy). — Preslia, Praha, 35 : 244—245.
- DOMIN K. (1916—1917): Květena Čech. — In: Za Vzděláním, fasc. 79 : 1—44, 1916 et 89 : 45 až 138, Praha 1917.
- DUDEK A. et FEDUČEK F. (1955): Skalní stěna ve vltavském údolí u Kralup n./Vltavou. — Univ. Carol. Geol., Praha, 1/2 : 87—228.
- DUŠEK O. (1948—1949, ms.): Nástin květeny dolního Povltaví. — Ms. (Disert. Pr. Knih. Kat. bot. přírod. Fak. UK Praha).
- FIRBAS F. (1924): Studien über den Standortscharakter auf Sandstein und Basalt. — Beih. bot. Cbl., sect. 2, 40 : 254—409.
- GADGIL P. D. (1965): Distribution of fungi on living roots of certain Gramineae and the effect of root decomposition on soil structure. — Plant a. Soil 22 : 239—260.
- HEJTMAN B. (1956): Všeobecná a systematická petrografie. — Učební Texty vysokých Škol, Praha. — (1957): Systematická petrografie vyvřelých hornin. — Praha.
- HOLUB J. et al. (1967): Übersicht der höheren Vegetationseinheiten der Tschechoslowakei. — Rozpr. čes. Akad. Věd, ser. math.-natur., 77/3 : 1—75.
- JACKSON M. L. (1958): Soil chemical analysis.
- KETTNER R. (1912): O některých vyvřelinách povltavského algonkia. — Rozpr. čes. Akad. Věd. a Um., cl. 2, 21/30 : 1—36.

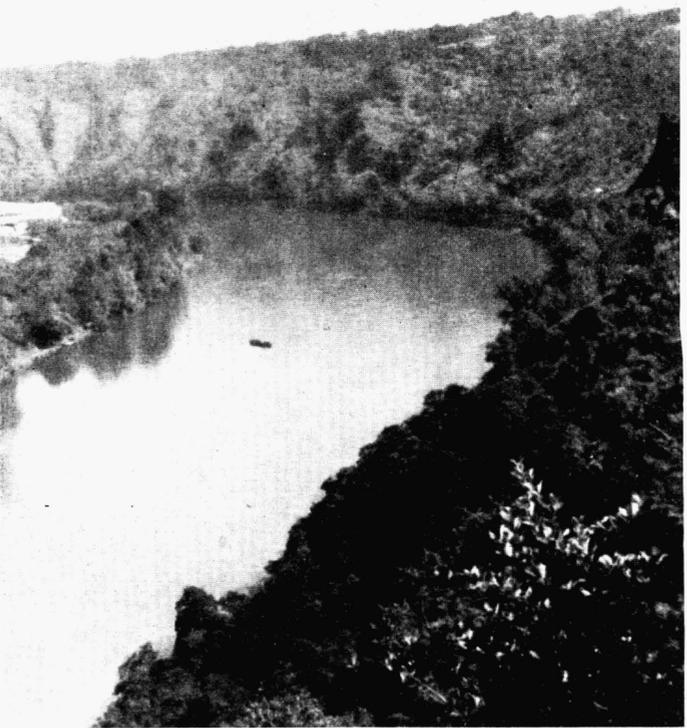
- KLÍKA J. (1928): Geobotanická studie rostlinných společenstev Velké hory u Karlštejna. — Rozpr. čes. Akad. Věd a Um., cl. 2, 37/12 : 1—42.
- (1932): Lesy v xerothermní oblasti Čech. — Sborn. čes. Akad. zeměd., Praha, 7A : 321—352.
- (1933): Studien über die xerotherme Vegetation Mitteleuropas. II. — Beih. bot. Cbl., sect. 2, 50 : 707—773.
- (1949): Rostlinně sociologické poznámky z chráněné oblasti šárecké. — In: Šárka, Zpr. památk. Sboru, Praha, fasc. 10 : 77—83.
- KLVAŇA J. (1893): Údolí Vltavské mezi Prahou a Kralupy. — Arch. přírod. Prozkoum. Čech, 9/3 : 000—000.
- KUBIENA W. (1938): Micropedology. — Ames [p. 69—82].
- KVĚT J. (1960): Stanovení půdních teplot metodou inverze sacharosy. — In: 2. celost. bioklimatol. Konfer. v Liblicích, 3.—5. XI. 1959 : 381—386, Praha.
- MATĚJKA A. (1921): O geologických poměrech severního Povltaví. — Sborn. geol. Úst. ČSR, r. 1919—1920, sv. I : 49—81.
- MIKYŠKA R. (1944): Lesy na Plzeňsku. — Věstn. král. čes. Společ. Nauk, cl. math.-natur., 1943/13 : 1—60.
- MORAVEC J. (1960): Komplexometrické stanovení výměnných kationtů — Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^{+} — v bezkarbonátových půdách. — Sborn. ČSAZV, Rostl. Výroba, Praha, 6 : 1015—1024.
- OBERDORFER E. (1949): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete. Ed. I. — Stuttgart.
- ONDRÁKOVÁ A. (1950): Xerothermní vegetace dolního Povltaví. — Ms. (Disert. Pr. Knih. Kat. bot. přírod. Fak. UK Praha).
- PALLMANN H. et al. (1940): Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. — Agrikulturchemisches Institut der E.T.H., Zürich : 337 bis 362.
- PREIS K. (1936): Abhängigkeit der Pflanzengesellschaften von den Himmelsrichtungen im Böhmischem Mittelgebirge. — Natur Heimat, Aussig, 7/1 : 11—14.
- ROKYTOVÁ M. (1966): Rozšíření a ekologie pýchavy vápnomilné. — Ms. (Dipl. Pr. Knih. Kat. bot. přírod. Fak. UK Praha).
- ROSIČKÝ V. et KOKTA J. (1961): Příručka pro určování minerálů. — Praha: 257—259.
- SCHUSTLER R. (1918): Xerothermní květena ve vývoji vegetace české. — Praha.
- SLAVÍK F. (1902): Příspěvek k poznání vyvěrelin českého praekambria. — Rozpr. čes. Akad. Věd, Praha, cl. 2, 11/4 : 1—34.
- (1917): Vulkanismus v Barrandienu. — Čas. Mus. Král. čes., 91 : 235—241, 359—372 et 468—481.
- SVOBODA J. et al. (1964): Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český masív. Svazek 2. Algonkium—kvartér. — Praha.
- SÖRENSEN T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. — Det kong. danske vidensk. Selskab, V, 4 : 1—33.
- ŠINDELÁŘOVÁ M. (1967): Vegetace spilitů v dolním Povltaví. — Ms. (Dipl. Pr. Knih. Kat. bot. přírod. Fak. UK Praha).
- VESELÁ H. (1958): Sukcese společenstev na skalách. — Ms. (Dipl. Pr. Knih. Kat. bot. přírod. Fak. UK Praha).
- ZÁRUBA-PFEFFERMANN Q. (1944): Vltavské údolné meandry u Libčic. — Věstn. Král. čes. Společ. Nauk, Praha, cl. math.-natur., 1943/9 : 1—16.

Recensent: M. Husová

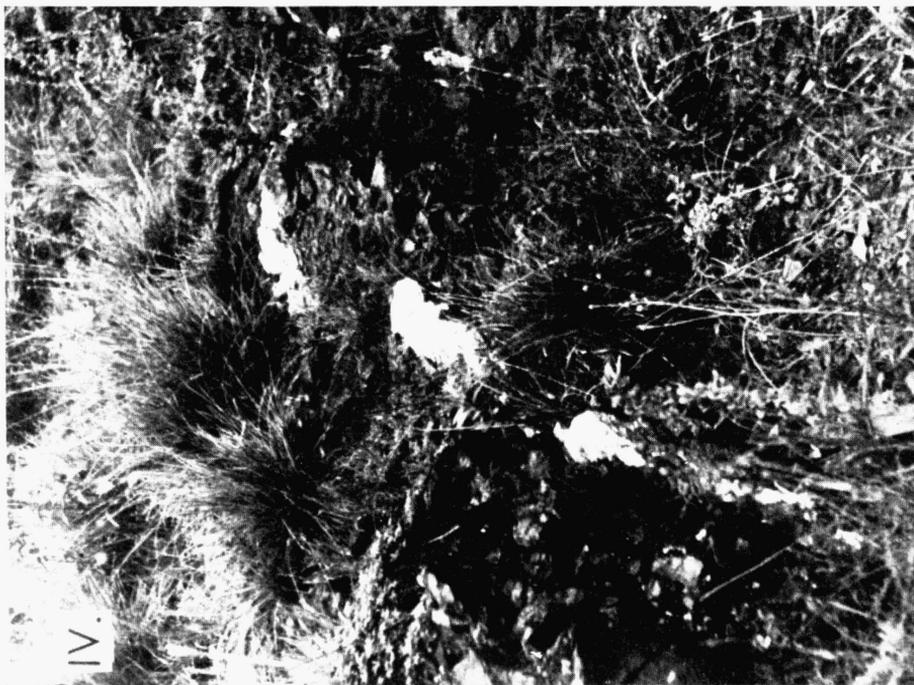
Als Anlage zu dieser Arbeit s. noch Taf. IX.—X.



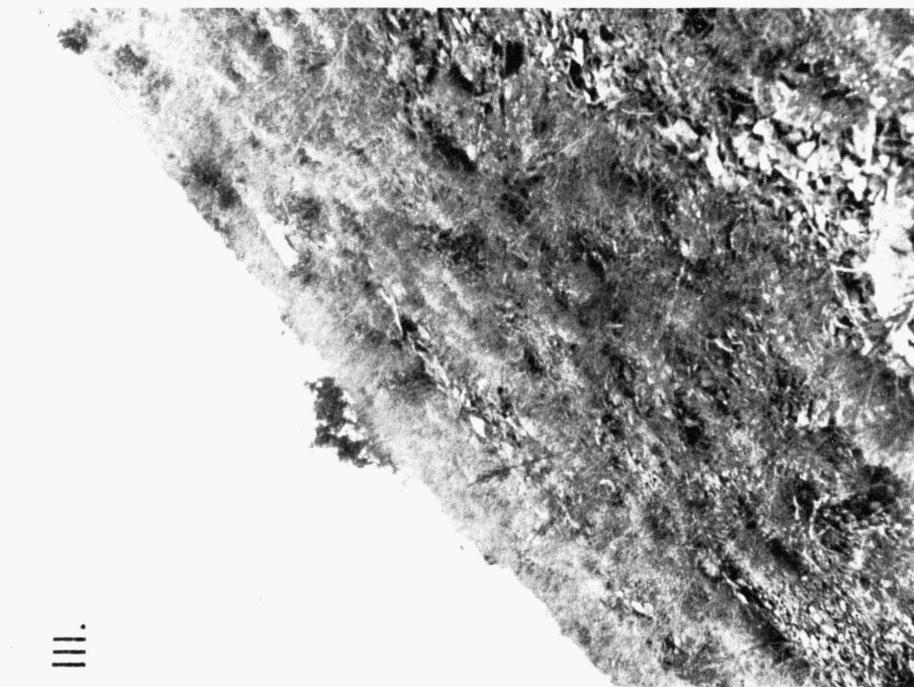
II.: Spilittfelsvorsprünge mit Pioniergesellschaften.



I.: Spilitzone zwischen den gemeinden Letky und Libčice a. d. Moldau, nördlich von Prag, am rechten Ufer — Gesamtblick.



IV.: Karbonatadern am Nordhang des Spilitfelsens (SP-4).



III.: Südhang des Spilitfelsens (SP-1).