

RÖVID KÖZLEMÉNYEK

Kőzetminősítés Schmidt kalapáccsal építésföldtani térképezés keretében

dr. Kleb Béla*

(8 ábrával, 2 táblázzal)

Összefoglalás: Az utóbbi években egyre több helyen vetődött fel a részletes építésföldtani térképezés igénye. A térképezés keretében a laza üledékek talajmechanikai vizsgálatához hasonlóan kívánatos az összeálló kőzetek nagyszámú műszaki közzétani vizsgálata, számszerű jellemzése. Erre a hagyományos, egyedi közzétani vizsgálatok nagy költség- és időigényességük miatt regionálisan nem alkalmasak. Így vetődött fel egyéb, lehetőleg a helyszínen elvégezhető, gyors és olcsó vizsgálati módszer bevezetésének igénye.

Eger város mérnökgeológiai térképezése keretében 1969 nyarától végzünk vizsgálatokat a Schmidt-féle rugós kalapáccsal. Méréseink az egyedi közzétani eredményekkel összevetve igen jól felhasználhatónak bizonyultak a kőzetek szilárdsági, rugalmassági tulajdonságainak regionális jellemzésénél.

A nagyarányú településfejlesztés, regionális tervezés programjához kapcsolódóan napjainkban egyre több helyen vetődik fel a részletes (1 : 5000, 1 : 10000 méretarányú) építésföldtani (mérnökgeológiai) térképezés igénye. Ezen felvételek a klasszikus földtani kutatásoktól elsősorban abban különböznek, hogy a feltárások, vizsgálatok eredményeit ahol csak lehet számszerű formában rögzítik. Így a térképezéshez kapcsolódó anyagvizsgálat feladata a közzétulajdonságok általános jellemzésén túlmenően a számszerű értékelés, minősítés, különös tekintettel a kőzettel szemben támasztott műszaki, építőipari követelményekre.

Az építésföldtani térképezés nagyobb terület (általában több tíz km²) részletes felvételét jelenti. Így az egyedi közzétani vizsgálat csak pontszerű minősítésre szolgál, egyrészt a jelentős költség- és időigényessége miatti erősen korlátozott száma miatt, másrészt sok esetben a mintavétel lehetősége sem biztosított. Ezért vetődik fel gyors, roncsolásmentes helyszíni vizsgálati módszer kidolgozásának, illetve egyéb területen alkalmazott eljárás bevezetésének szükségessége.

Külföldön általánosan, hazánkban VADÁSZ J. (1965) kidolgozása alapján alkalmazzák a betonépítmények felülvizsgálatánál a Schmidt-féle rugós kalapáccsal.

Hozzá bizonyos mértékig hasonló a KOLOMENSZKI, N. V. (1968) által leírt, a Szovjetunióban a mérnökgeológiai térképezés keretében az agyagok helyszíni konzisztencia vizsgálatára használt kézi rugós mikrobehatolásmérő (penetrométer). A rokon területekről nyert fenti ismereteink alapján Eger város építésföldtani térképezése keretében 1969. nyarán kezdtünk vizsgálatokat végezni a Schmidt-féle rugós kalapáccsal.**

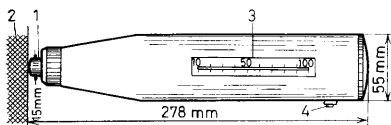
A kőzetek roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-féle rugós kalapáccsal

Az *N* jelű Schmidt-féle kalapács az ütőszilárdsági vizsgálatokhoz hasonló elven működik. A rugós szerkezettel, a ütőszeg révén ütést adunk a kőzetfelületre, az így nyert impulzus a kőzetben alakváltozást eredményez. A kőzetek szilárdságától, rugalmasságától függően a készülékre reaktív lökés jut, a kalapács visszapatann. A *visszapattanás mértékét* (*R*) a kalapács ütdőtájának százalékában kifejezve skálán leolvashatjuk (1. ábra).

A vizsgálathoz a természetes településű kőzet — esetleg laboratóriumi vizsgálatra kerülő nagyobb tömb — felületét elő kell készíteni. A mintegy 1 cm²-es vizsgálati felületről az egyenetlenségeket le kell csiszolni, a fedő porréteget és szennyeződést el kell távolítani. Az így előkészített felületen — a kalapáccsal vízszintes helyzetben tartva — általában 5, majd további felületen folytatva, összesen mintegy 20 ütést végzünk.

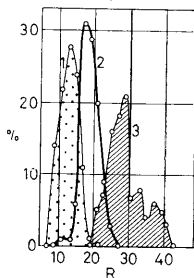
* Kézirat lezárva 1970. IX. 7-én.

** Eger város részletes, 1 : 5000 méretarányú építésföldtani térképezése 5 éves program alapján 1969-ben indult. A kutatás, térképezés, a Központi Földtani Hivatal és az Eger Városi Tanács Építési és Közlekedési Osztályának megüzése alapján a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének irányításával folyik.



1. ábra. N jelű Schmidt-féle rugóskalapács. Jelmagyarázat: 1. Ütözeg, 2. Kőzetfelület, 3. A visszapattanás mértékét (R) jelző skála, 4. Ütözegrögítő

Abb. 1. Schmidt'scher Federhammer N. E r k l ä r u n g e n: 1. Schlagbolzen, 2. Gesteinsfläche, 3. Skala, die den Grad des Rückpralls (R) zeigt, 4. Befestigung des Schlagbolzens



2. ábra. Riodácittufa (Eger) R értékének változása a kőzettani sajátossággal. Jelmagyarázat: 1. Horzszakó, 2. Alapanyag, 3. Zárvány

Abb. 2. Rhyodazituff (Eger), Veränderung des R-Wertes in Abhängigkeit vom der Gesteinsbeschaffenheit. E r k l ä r u n g e n: 1. Bimsstein, 2. Grundmasse, 3. Einschluß

A készüléket a vízszintes iránytól eltérő helyzetben is lehet használni, de akkor a mérési eredményeket korrekcióval kell javítani (I. táblázat).

A 20 mérés számtani közepét (R) megbízható eredménynek tekintjük, — a betonvizsgálatok esetében azonban a szabványok kikötik, hogy az átlagértéktől maximum 4–6 mérés től lehet el 10%-al. A kőzetek vizsgálata esetén — azok gyakori jelentős heterogenitása következtében — általában nagyobb eltérések adódnak.

A készüléket maximum 2 000 mérés után hitelesíteni kell. A hitelesítést 500 kp/mm² Brinell keménységűre edzett acél állón végezzük. Jól működő kalapács esetén a visszapattanás (R) 78 és 82 közötti érték, ha ettől eltér vizsgálatra nem használható.

Az R érték korrelációja nem vízszintes kalapácsolhelyzet esetében
Korrektion des R-Wertes bei nicht horizontaler Hammerlage

I. táblázat — Tabelle I.

mért R érték gemessen- er R-Wert	hajlásszög — Neigungswinkel			
	felfelé — nach oben		lefelé — nach unten	
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	—	—	+2,4	+3,2
20	-5,4	-3,5	+2,5	+3,4
30	-4,7	-3,1	+2,3	+3,1
40	-3,9	-2,6	+2,0	+2,7
50	-3,1	-2,1	+1,6	+2,2
60	-2,3	-1,6	1,3	+1,7

A kőzettani adottságok szerepe az R értékek alakulásában

A kőzetszövet, felület, ásványos összetétel, megtartási állapot szerepének megítélése céljából riodácittufa alapanyagán, horzszakó- és zárványtartalmán, üde és mállott diabáz, tömött nummuliteszes- és forrásvízmészkö, valamint agyagpala felületén végeztünk méréseket. Mivel a vizsgált terület uralkodó kőzete és építésföldtani szempontból is legproblematikusabb kifejlődése a miocén riodácittufa, — így érthető módon ez képezte részletes vizsgálatunk tárgyát.

A riodácittufa részletes vizsgálatára a tufabányákkal feltárt nagy sík felület adott lehetőséget. Az eger—tihaméri bányában 200—200 mérést végeztünk a tufa alapanyagán, a nagy horzszakókeven, valamint a kőzetben gyakori — riolit, riodácit — zárványokon.

A tufa alapanyaga és a horzszakó egységes, de egymástól jól elkülönülő eredményt szolgál-

tatott, az alapanyag nagyobb R értékével. Ugyanakkor a zárványok visszapattanási értéke nagy szórást mutat (2. ábra). Az erősen eltérő R értéket a beagyazódás különbözősége eredményezi. A gyengén beagyazódott zárványok a tufa alapanyagával csaknem azonos, míg az erősen kötöttek ennek mintegy dupláját elérő R értékkel jellemezhetők.

A gyakorisági diagramokban az R értékek szakaszszámát nem önkényesen, hanem Geiger-szerint a statisztikus feldolgozásban szokásos módon választottuk meg:

$$k \approx 2 \sqrt[3]{n}$$

ahol k a választott szakaszok száma, n pedig a mérések száma.

A közepes — mintegy 1 000—1 500 kp/cm³ nyomószilárdságú kőzetek vizsgálatánál már jelentős a kőzetfelület szerepe. Amennyiben méréseinket nem sík felületen végeztük, az R értéke igen változó és a kőzetre ténylegesen jellemző átlagértéknél lényegesen kisebbet kapunk.

A diabáz érdes felületén végzett mérések 10—50 között szóró R értéket mutattak. A kőzet heterogenitásából adódik, hogy sík felületén sem egységes a visszapattanás mértéke (3. ábra).

E kőzetről külön vizsgáltuk a mállottság hatását. A nyitott kőzetrészek mentén a diabáz erősen mállott, felülete vörösbarna agyagos mállástermékkel fedett. A mállott részeken a kőzetre lényegesen kisebb és erősen szóró R érték jellemző. Az eredmények azt mutatják, hogy a Schmidt-kalapáccsal meghatározott értékek a részletes, egyedi kőzetfizikai vizsgálat eredményeihez hasonló módon jelzik a mállásnak a kőzet fizikai jellemzőire gyakorolt káros hatását.

A tömött mészkő vizsgálata, amint az a kőzet homogén összetételéből várható egységes R értéket adott. A kőzetre jellemző kagylóstörés következtében felülete is kevésbé érdes, mint a magmás kőzeteké, így a természetes törési felületen végzett mérések is csak kis mértékben mutatnak szórást (4. ábra).

A forrasvízi mészkő R értéke bár a kőzet anyagára nézve homogén, rendkívül változatos szövete — hézagos, máshol részben kristályos — miatt nagy szórást mutat. A helyenként jelentkező terjedelmes üregek miatt számos esetben nem is kapunk visszapattanást.

A kőzet víztartalmának hatása az R érték alakulására

Közismert, hogy a kőzetek víztartalma jelentős mértékben befolyásolja azok szilárdsági és rugalmassági tulajdonságát. Különösen áll ez a tufákra, mivel ezek a nagy porozitásuk következtében gyakran 30—50 súly %-vizet is képesek felvenni és bennük a víz a kőzet mállásának, agyagásványosodásának is előidézője.

A tufaösszetben külszínen, valamint a pincékben — ez utóbbi erősen átázott — mintegy 500—500 mérést végeztünk. Bár a kőzetanyag azonos — a pincékben helyenként agyagosodott — az R értékekben a vizes tufák rovasára lényeges eltérés adódik (5. ábra).

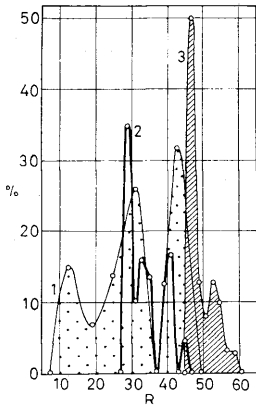
Az erősen elvizesedett pincékben már számos helyen nem is kapunk rugalmas visszapattanást.

A Beloiannisz út 10. szám alatti nagykiterjedésű, részben elvizesedett pincerendszerben viszonylag szűk területen, azonos tufaszintben mód nyílt a különböző méretű elvizesedés hatásának vizsgálatára. Méréseink alapján megállapítható, hogy a kőzet víztartalmának növekedésével az R érték jelentősen csökken. 5—15% víztartalom még nincs lényeges befolyással az R alakulására. Ennél nagyobb víztartalom esetén azonban az R érték hirtelen csökkenése következik be. Ha a víztartalom túllépi a mintegy 25%-os értéket, már alig kapunk rugalmas visszapattanást (6. ábra).

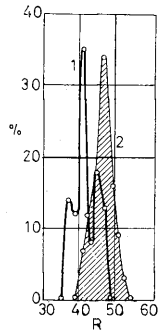
A szilárdsági és rugalmassági értékeknek a víztartalom növekedésével bekövetkező ilyen nagyméretű leromlását az egyedi kőzetfizikai vizsgálatok is megerősítik.

Az R értékek összefüggése az egyedi kőzetfizikai vizsgálatok eredményével

A Schmidt-kalapáccsal végzett vizsgálatok eredménye — bár önmagában is számszerű, téképíleg ábrázolható, jellemző adat — a kockaszilárdsági és alakváltozási vizsgálatokkal összehasonlítva használható megbízhatóan. A paraméter vizsgálatokat a rugós kalapács hasz-

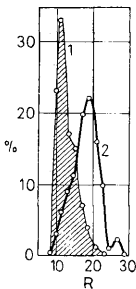


3. ábra. Diabáz (Szarvaskő) különböző minőségű felületén mért R értékének gyakorisága. Jelmagyarázat: 1. Egyenetlen felület, 2. Mállott, 3. Úde, sík felület
Abb. 3. Häufigkeit der an Diabasoberflächen verschiedener petrographischer Beschaffenheit (Szarvaskő) gemessenen R-Werte. Erklärungen: 1. Unebene Oberfläche, 2. Verwitterte Oberfläche, 3. Frische, ebene Oberfläche



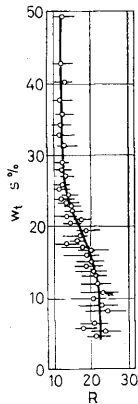
4. ábra. Triász tömött mészkő (Felsőtárkány) R értékének gyakorisági eloszlása. Jelmagyarázat: 1. Természetes törési felületen, 2. Vetésíkon

Abb. 4. Triadischer dichter Kalkstein (Felsőtárkány), Häufigkeitsverteilung des R-Wertes. Erklärungen: 1. An natürlicher Bruchfläche, 2. An Verwerfungsfläche



5. ábra. Légszáraz és átázott riodacittufa (Eger) R értékének eloszlása. Jelmagyarázat: 1. Pincebéli, 2. Külszíni tufa

Abb. 5. Verteilung der R-Werte vom lufttrockenen und verwässerten Rhyodacittuff (Eger). Erklärungen: 1. Tuff im Keller, 2. Tuff am Tage

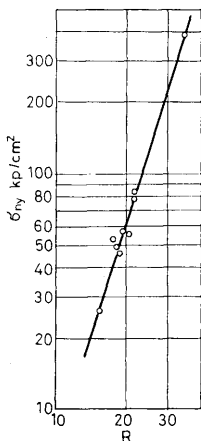


6. ábra. Riodacittufa (Eger) R értékének változása a víztartalommal

Abb. 6. Veränderung des R-Wertes mit der Wasserführung im Rhyodacittuff (Eger)

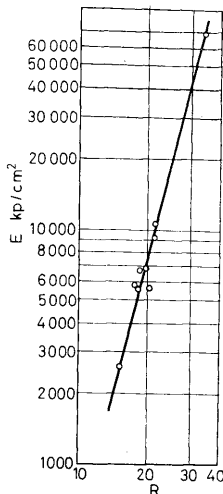
nálata nem teszi feleslegessé, hanem azok egyedi, lokális jellegét hasznosan egészíti ki nagyszámú helyen történő regionális jellegű ellenőrző mérésel.

Dr. KERTÉSZ P. és MAREK I. több típusmintán végzett részletes egyedi vizsgálatot. Ezen eredmények felhasználásával megszerkesztették az R — nyomószilárdság, valamint az R — rugalmassági modulus kapcsolatát bemutató diagramokat, — mindkét esetben határozott összefüggés állapítható meg (7., 8. ábra). A diagramon a különböző R értékek alapján jó közelítéssel megkaphatjuk a kőzet nyomószilárdsági- és rugalmassági modulus értékét. A kapcsolat szorosságát megerősíti az a tény, hogy bár a diagram kizárólag a tufák kőzetfizikai vizsgálati eredménye alapján készült, nagyobb mérésitartományra történő kiterjesztése esetén eltérő típusú — diabáz, tömött mészkő-közetek szilárdsági és rugalmassági jellemzésére is jól alkalmazható (II. táblázat).



7. ábra. Összefüggés a riodácittufa (Eger) R értéke és nyomószilárdsága között

Abb. 7. Zusammenhang zwischen dem R-Wert und der Druckfestigkeit des Rhyodazituffs (Eger)



8. ábra. Összefüggés a riodácittufa (Eger) R értéke és rugalmassági modulusa között

Abb. 8. Zusammenhang zwischen dem R-Wert und dem Elastizitätsmodul des Rhyodazituffs (Eger)

Összefoglalás

Eddigi vizsgálati eredményeink alapján a Schmidt-féle rugós kalapácsot építésföldtani térképezés keretében alkalmasnak tartjuk az összeálló kőzetek műszaki minősítésére. Kíváncsot a részletes vizsgálatot egyéb kőzettípusokra is kiterjeszteni.

Természetes, hogy a rugós kalapácsos mérést is csak korlátozott pontossággal tudjuk végrehajtani, a készülék is rendelkezik bizonyos hibatarománnyal — 100–500 kp/cm² szilárdsági tartományban maximum ±20 kp/cm². Ha azonban figyelembe vesszük, hogy a körülményes mintavétellel, próbatest kialakítással, részletes laboratóriumi vizsgálatot járó kockaszilárdság meghatározásnál gyakori a 20–30%-os szórás, — akkor a rendkívül egyszerű, gyors, mintavételt nem igénylő, helyszíni vizsgálatra alkalmas készülék felhasználása igen célszerű.

A készülék felhasználási értékét külön növeli az a körülmény, hogy felszín alatti üregek — pince, bányavárat, barlang — főtéjében jelentkező hámlás, fellazulás 10–20 cm mélységig érzékelhető, ugyanis ebben az esetben nem kapunk rugalmas visszapatannást.

A vizsgált kőzetek szilárdsági és rugalmassági jellemzői
Kennwerte der Festigkeit und Elastizität der untersuchten Gesteine

II. táblázat — Tabelle II

kőzet Gestein	Kockavizsgálat Würfeluntersuchungen		Schmidt kalapáccs mérés Vermessungen mit dem Schmidt'schen Feder- hammer		
	nyomószilárdság Druckfestigkeit δ ny kp/cm ²	rugalmassági modulus Elastizitätsmodul E kp/cm ²	R átlag R Durch- schnitt	nyomószilárdság Druckfestigkeit σ_{ny} kp/cm ²	rugalmassági modulus Elastizitätsmodul E kp/cm ²
rióáccittufa					
Rhyodazituff					
Eger: külsőn Tagesoberfläche	56	6 585	19	52	5 900
Eger: pince Keller	21*	1 815*	13	15	1 300
diabáz					
Diabas					
Szarvaskő tömött mészkő	1440**	>320 000***	52	1600	340 000
dichter Kalkstein Felsőtárkány	1213**	>200 000***	48	1150	260 000
agyapala					
Tonschiefer					
Szarvaskő			43	800	160 000

M a g y a r á z a t:

* külszíni minták 1/2 víztelített állapotra vonatkozó eredménye, — közelítőleg azonos a pincebeli állapottal

** Építés Tudományi Intézet vizsgálata 1952.

*** Irodalmi adat

E r k l á r u g e n:

* Ergebnis bezogen auf den 1/2 entwässerten Zustand von Tagesproben; annähernd dem in Kellern beobachteten, verwässerten Zustand gleich

** Ergebnis des Wissenschaftlichen Forschungsinstituts für Bauwesen, 1952

*** Literaturangaben

Irodalom — Literatur

KERTÉSZ P. (1970): Kőzetfizika. Budapest, Mérnöktovábbképző Int. kiadv. — KOLOMENSZKI, N. V. (1968): Obsaja metodika inženernovo-geologiceszkih issledovanij. Moszkva. — VADÁSZ J. (1965): A beton szilárdságának vizsgálata N típusú Schmidt-féle rugós kalapáccsal. Építőipari Minőségvizsg. Int. házi szabvány

Einschätzung von Gesteinen mit Schmidt'schem Hammer im Rahmen von ingenieurgeologischer Kartierung

Dr. B. Kleb

In Ungarn ist die Rolle der Regionalplanung und die planmäßige Entwicklung von Städten auf lange Sicht sehr bedeutend geworden. In diesem Zusammenhang wird die Notwendigkeit von ingenieurgeologischen Kartierungen (in Massstäben 1 : 5 000 und 1 : 10 000), welche reichliche und eingehende, auch zahlenmäßig ausdrückbare Informationen über die geologischen Verhältnisse liefert, an immer mehreren Stellen zum Ausdruck gebracht. Bei diesen Arbeiten bezwecken die Materialprüfungen die Gesteine quantitativ auszuwerten, einzuschätzen und im allgemeinen zu charakterisieren, unter besonderer Berücksichtigung der technischen Anforderungen (Belastungsfähigkeit. Baumaterialien usw.).

Die für Kartierungsarbeiten zu kostspieligen und zeitraubenden, klassischen gesteinsphysikalischen Untersuchungen können nur an einer sehr beschränkten Zahl von Stellen durchgeführt werden und sind daher für die regionale Einschätzung der Gesteine nicht geeignet. Das war die Ursache, warum die Notwendigkeit für den Einsatz von Schnellverfahren für die Untersuchung der Gesteine und ihrer physikalischen Parameter an Ort und Stelle auftauchte.

Der bei der Überprüfung von Betonbauwerken anwendbare Schmidt'sche Federhammer, sowie der ihm ähnliche, sog. Mikropenetrometer sind wohl bekannt. Der letztere wird in der UdSSR zur Untersuchung der Konsistenz von Tonen am Gelände im Rahmen ingenieurgeologischer Kartierung angewendet.

Im Laufe der detaillierten ingenieurgeologischen Kartierung der Stadt Eger fing Verfasser im Sommer 1969 an, Vermessungen an konsistenten Gesteinen mit dem Schmidt'schen Federhammer durchzuführen.

Für die Benützung des *Schmidt'schen Hammers* (Abb. 1.) muss die Gesteinsoberfläche auf ein paar cm^2 glatt geschliffen und der Staub beseitigt werden. Dann den Hammer in horizontaler Lage haltend, führt man ca. 20 Messungen aus und das arithmetische Mittel dieser Werte nimmt man für den charakteristischen Rückprallwert (R).

Auf Grund unserer Messungen kann die Rolle der petrographischen Beschaffenheiten in der Gestaltung des Rückpralls deutlich erkannt werden.

Auf Grund der Untersuchung von *Rhyodazituffen* wurden gut unterschiedbare Werte für die *Grundmasse* des Tuffs, für ihren *Bimsgehalt*, sowie für die *Einschlüsse* (Abb. 2.) erhalten. Bei den Einschlüssen (Rhyolith, Rhyodazit) ist der äusserst veränderliche Wert R auf den unterschiedlichen Grad der Einbettung zurückzuführen.

Beim *Diabas* sind die *R-Werte* infolge der *Heterogenität* des Gesteins *weniger einheitlich*. Ebenda sondert sich das *verwitterte* Material mit *wesentlich geringerem Rückprall* deutlich ab (Abb. 3.). Bei solchen Gesteinen von hoher Festigkeit führt das Störungseffekt — wenn die Messungen nicht auf einer ebenen Fläche durchgeführt werden — zu einem grossen Unterschied.

Die Untersuchung des *dichten Kalksteins* liefert — der *homogenen* Zusammensetzung des Gesteins entsprechend — einen *einheitlichen R-Wert*. Hier weisen sogar die an der originalen Oberfläche des Gesteins durchgeführten Messungen nur kleinere Unterschiede auf, das mit der auf den muscheligen Bruch zurückführbaren, verhältnismässig glatten Oberfläche erklärt werden kann (Abb. 4.).

Der *Travertin* weist — obwohl das Gestein homogen ist — äussert *unterschiedliche R-Werte* auf, welche Tatsache auf das *stark veränderliche*, grosse Hohlräume enthaltende Gefüge des Gesteins zurückzuführen ist.

Allgemein bekannt ist die ungünstige Rolle des Wassergehaltes der Gesteine, der die gesteinsphysikalischen Eigenschaften der Gesteine störend beeinflusst. Das gilt insbesondere für die Tuffe, die einen grossen Porenraum haben und deren Wasserführung sogar 30 bis 50% erreichen kann und in denen das Wasser auch für die Verwitterung des Gesteins verantwortlich ist. Die schädliche Rolle des Wassers lässt sich beim Vergleich der Oberflächentuffen von niedrigem Wassergehalt mit den stark verwässerten Tuffen in Kellern klar erkennen (Abb. 5.). Anhand einer grossen Anzahl von Messungen lässt sich die mit der *Zunahme des Wassergehaltes eintretende, beträchtliche Abnahme des R-Wertes* deutlich verfolgen (Abb. 6.).

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Schmidt'schen Federhammer — die in sich selbst schon charakteristische, zahlenmässige Werte darstellen — können mit Sicherheit beim Vergleich mit den einzelnen gesteinsphysikalischen Untersuchungen benützt werden.

Dr. P. KERTÉSZ und I. MAREK haben an mehreren Typenproben ausführliche Einzeluntersuchungen durchgeführt. Anhand ihrer Ergebnisse hat Verfasser ein Diagramm zusammengestellt, das die Beziehung der Druckfestigkeit zu R bzw. die des Elastizitätsmoduls zu R darstellt. In den beiden Fällen kann eine deutliche Korrelationsbeziehung festgestellt werden (Abb. 7., 8.). So *auf Grund* der an verschiedenen Stellen gemessenen *R-Werten* kann die *Druckfestigkeit* bzw. der *Elastizitätsmodul des Gesteins* mit guter Annäherung ermittelt werden. Obwohl das Diagramm für Tuffe konstruiert wurde, kann es *auch auf Gesteine mit einer höheren Festigkeit angewandt* werden (Tabelle II.).

Das Gerät wird zur Durchführung von zahlreichen Vergleichsuntersuchungen für geeignet gehalten. Es ist wünschenswert, dieses Gerät auch bei den Untersuchungen von anderen Gesteinstypen einzusetzen. Ein besonderer des Gerätes liegt darin, dass mit seiner Hilfe die *Firstenabblätterung* in den unterirdischen Hohlräumen bis 10–20 cm Tiefe *nachgewiesen* werden kann.