

## A KÖRNYEZETVÉDELEM MÉRNÖKGEOLOGIAI FELADATAI VÁROSOKBAN\*

Dr. Karácsonyi Sándor - Reményi Péter

Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat

Korunk egyik alapjelensége a rohamos urbanizáció révén az emberi élet kereteit egyre inkább a városok, s az ezeket egységes rendszerré szervező műszaki infrastruktúra szabja meg. Ennek kiépítése területfelhasználással jár. A kedvező beépíthetőségi adottságokkal rendelkező területeket a történelmi fejlődés során az emberek már használatba vették. Az ugrásszerűen növekvő igények kielégítése az építési tevékenység iparosítását, a megvalósítás gazdaságosságát követeli meg. Az új építési technológiák, az alkalmazott épületszerkezetek mind nagyobb méretpon-tosságot követelnek meg, egyenlőtlen mozgásokra, deformációkra fokozottan érzékenyek.

A nemzetgazdaság és a társadalom részéről jelentkező műszaki és gazdasági követelmények optimális kielégítésében egyre inkább döntő tényezővé válik a helyes területfelhasználás.

Minden építési tevékenység erőszakos beavatkozást jelent ugyanakkor a korábban kialakult környezeti egyensúlyba. De a megvalósított építmény, s annak rendeltetészerű használata, üzemeltetése, vagy a benne folyó termelési technológia szintén káros hatásokat gyakorolhatnak a környezetre, ezért vált a tudományos technikai forradalom és az urbanizáció korában az emberiség égető problémájává a környezetvédelem.

A már bekövetkezett környezeti ártalmak, szennyezések megszüntetése olyan hatalmas költségekkel terheli a nemzetgazdaságokat, melyek azonnali igénybevétele alapjaiban veszélyeztetné a fejlesztést.

---

\* A Sao Paolai kongresszus kiadványában: "Engineering - Geological Works of Environmental Protection in the Towns" /III-5/ címmel jelent meg.



A környezetvédelem elsődleges célja tehát a meglévő állapot konzerválása kell legyen. Ez azt jelenti, hogy az új területfelhasználások, új beruházások esetében már eleve biztosítani kell a környezeti károk megelőzését. Ennek lehetőségei:

- környezetvédelmi szempontok figyelembe vétele a telepítési döntéseknél;
- környezetkimélő technológiák alkalmazása;
- a környezeti ártalmak és károk megelőzését biztosító intézkedések.

Ezek - mint lehetőségek - mind a terület - rendezési és a műszaki tervezés keretében koncentrálódnak. Ezért különösen fontos, hogy:

- a beépítésre kijelölt terület és környékének környezeti ártalmakkal való terhelését rögzítsük;
- a helyi adottságok és a tervezett beépítés, technológia, stb. egybevetésével prognosztizáljuk a várható új szennyeződések és ártalmakat, s azok akkumulált hatásait;
- már a telepítési döntés és a műszaki tervezés előtt meghatározzuk a várható környezeti károk megelőzését szolgáló intézkedéseket, s elvégezhessük ezek figyelembe vételével a telepítés és a beruházás gazdaságosságának elemzését.

Az így kialakult helyzetben a követelményrendszer komplex kielégíthetősége érdekében Magyarországon a mérnökgeológiai térképezés vált a területrendezési tervezés és a területfelhasználási-telepítési döntések alapvető műszaki-gazdasági előkészítő tevékenységévé.

A szabott keretek között kizárólag néhány kiragadott példára korlátozhatjuk Magyarországon fővárosa, Budapest mérnökgeológiai térképezése során nyert tapasztalatainkat, különös tekintettel a felszint befolyásoló anyagmozgatásokra.



Különösen a nagy iparvárosokat századunkban rohamos területi terjeszkedés jellemzi. Így van ez Budapest esetében is. Az éppen 100 éve 3 önálló városkából egyesített főváros a kedvező földtani adottságok következtében az építkezésekhez a homokot, kavicsot a Duna terasz képződményeiből külfejtéssel tudta biztosítani. A téglaegetés számára kiváló minőségű oligocén agyag állt rendelkezésre. Miocén mésztufák a mészegetés, valamint az épületszobrászat és a burkolókő igényeket elégitették ki föld alatti bányászat útján. Számos egyéb külfejtésű kőbánya építőkövel /elsősorban kiváló homokkő/ szolgálta a város dinamikus fejlődését.

A II. világháború után ugrásszerű fejlődésnek indult a város minden vonatkozásában. Területi terjeszkedése révén a korábban környékbeli külfejtésű és mélyművelésű bányák beékelődtek a város belterületébe. A városszerkezet funkcionálisan indokolt fejlesztése szempontjából súlyos területfelhasználási nehézségek léptek fel:

- A nyitott bányagödrök rekultivációját a múltban elhanyagolták, s így azok beépítésére nem volt lehetőség. Rontották a városképet, s állandó balesetveszélyt is jelentettek /bányafal omlások, mély tavak, stb./.
- A környékükön rendszertelen meddőhányók rontották a városképet, s stabilitásuk is gyakran kétséges volt. A hányók eróziós és deflációs pusztulása városgazdálkodási és környezetvédelmi problémákat vetett fel.
- A jelentős reliefenergiájú dombvidéken nyitott agyagfejtőkben sorozatosan következtek be csuszások, melyek nem egyszer épületeket, utakat, közművezetéseket tettek tönkre.
- A mészkőben teljesen rendszertelenül kifejtett üregek, tárók, pincejártók a beépítés, s a megnövekedett forgalom miatt megnőtt terhelés következtében beszakadtak, súlyos károkat okozva.



Ezzel egyidejűleg a lakosság számának ugrásszerű emelkedése, az életszínvonal emelkedése, az ipari termelés növekedése következtében a hulladék mennyisége is rohamosan nőni kezdett. A hulladék elhelyezése a közvetlen környezeti szennyeződések és veszélyek mellett alapvető szerepet játszik a területfelhasználás, az építési tevékenység és a városgazdálkodás terén is.

A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat már 1955-ben elkészítette Budapest tájékoztató feltöltés térképét. Egyértelműen kimutatható volt a komplex mérnökgeológiai vizsgálatok révén, hogy a budai vár különböző ostromait követő romos törmelékek területi elhelyezésének több fázisa egészen a középkorig azonosítható.

A különböző hulladékok /építési törmelék, kommunális és ipari hulladékok/ elhelyezése - akár bányagödrök, akár városi mélyterületek feltöltését szolgálja - általában laza, rendszertelen volt a múltban. Így az igen eltérő vastagságú feltöltés konszolidációja, anyagi összetétele alapvetően befolyásolja a területfelhasználást, a beépíthetőséget, az alapozási-közművesítési költségeket. Ezen műszaki és gazdasági tényezők felismerése alapján a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat kezdeményezése alapján az Építőipari Tudományos Egyesület már 1955-ben országos ankéton tárgyalta a városi mélyterületek szakszerű feltöltésének célszerű megoldási lehetőségeit.

A mellékelt ábra érzékelteti /1. ábra/, hogy a főváros komplex építésföldtani térképezése során megkülönböztetett figyelmet kell fordítanunk a morfológiai adottságok és a hulladék elhelyezés együttes értékelésére.

A különböző tereprendezések és egyéb építési munkálatok szintén hozzájárulnak, hogy városainkban a felszín - és a felszínközeli talajok állapota is - szüntelen változásban van.

Az anyagkitermelés, de különösen az anyagelhelyezés közvetlenül kapcsolódik hidrológiai vonatkozású környezetvédelmi problémákhoz is.



## Hulladékelhelyezések környezetvédő megoldásai Budapesten

A folyamatban lévő mérnökgeológiai térképezés eredményeként a főváros területén több kimondottan környezetvédelmi jellegű hulladékelhelyezésre került sor a közel-  
multban.

A 2. ábra egy ipari övezet központjában még jelenleg is működő téglagyár agyaggör-  
rének gondosan tervezett folyamatos rekultivációját szemléletei. A felhagyott **bánya-**  
gödör részek feltöltése kommunális szeméttel történik. Egy bent hagyott agyaggát vá-  
lasztja el a hulladékot a fejtési területtől.

A Duna egyik kavicssterasszal borított szigetén ipari salakot kívántak elhelyezni egy  
felhagyott kavicsgödörben. A vizet záró anyagfekübe ültetett résfalas körülzárással  
akadályoztuk meg, hogy a salakból kioldódó szennyeződések veszélyeztessék a közel  
napj 100.000 m<sup>3</sup> ivóvizet termelő vízmű kutjait /3. ábra/.

### Mérnökgeológiai-környezetvédelmi komplex fejlesztési célkitűzések

A módszeres és komplex területi vizsgálat, az összefüggések egyeztetése és együt-  
tes hatások meghatározása révén a mérnökgeológiai térképezés a környezetvédelmi  
és környezetfejlesztési tervezés és intézkedések legátfogóbb bázisát szolgáltathatja.

A geoszféra, mint legáltalánosabb környezetünk, számos alrendszerből tevődik ösz-  
sze. A térben és időben változatos jelenségeket és folyamatokat kiváltó környezeti  
hatások, ezek akkumulációja, konszolidációja, különböző késleltetések, visszacsá-  
tolások, másodlagos hatások meglehetősen labilissá teszik környezetünk egyensúlyi  
állapotát. Általános rendszer-elméleti megközelítés szükséges a károk elkerülése  
céljából. Ezt biztosíthatja az építésföldtani-mérnökgeológiai térképezés, mint ki-  
mondottan interdiszciplináris tevékenység.

Magyarországon az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium már 1954-ben köz-  
pontosította a mérnökgeológiai-geotechnikai vizsgálati eredmények és tapasztalatok  
archiválását, 20 év alatt olyan hatalmas adatmennyiség halmozódott fel, hogy korsze-



rű és hatékony műszaki- környezetvédelmi információs rendszert kizárólag számítógép segítségével lehet üzemeltetni. A Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetének közreműködésével megkezdjük egy adatbank kialakítását. A programrendszer biztosítja, hogy teljeskörű változatlan, szelektált, vagy integrált célinformációkon túlmenően a tömeges adatfeldolgozás és a programvezérlésű térképszerkesztés és rajzolás a mérnökgeológia és a környezetvédelem számára egyaránt elkészíthető legyen.

A műszaki megbízhatóságot és a tervezésben közvetlenül felhasználható számszerűsített állapotjellemzést biztosító rendszer széleskörűen és sokrétűen kiterjeszti a mérnökgeológiai térképek nemzetgazdasági alkalmazási területét, felhasználási lehetőségét.

Ezáltal teljesedik ki a mérnökgeológia interdiszciplináris komplexitása, szolgálva korunk emberi társadalmi jólétének legfőbb feltételeit, a lakáskérdést, az urbanizációt, a környezetvédelmet és fejlesztését.

### Összefoglalás

A mérnökgeológiai-építésföldtani térképezés a várostervezés, a területfelhasználás komplex műszaki-gazdasági előkészítő tevékenysége Magyarországon. Miután célja a beépíthetőségi viszonyok összefüggéseiben értelmezett értékelés, a környezetvédelmi és környezetfejlesztési szempontokat is figyelembe veszi. A felszínváltozásokkal járó városi anyagmozgatások kérdését tárgyalja a tanulmány, utalva az országos, adatbanktechnikával dolgozó környezetvédelmi-geotechnikával műszaki információrendszer folyamatban lévő kialakítására.



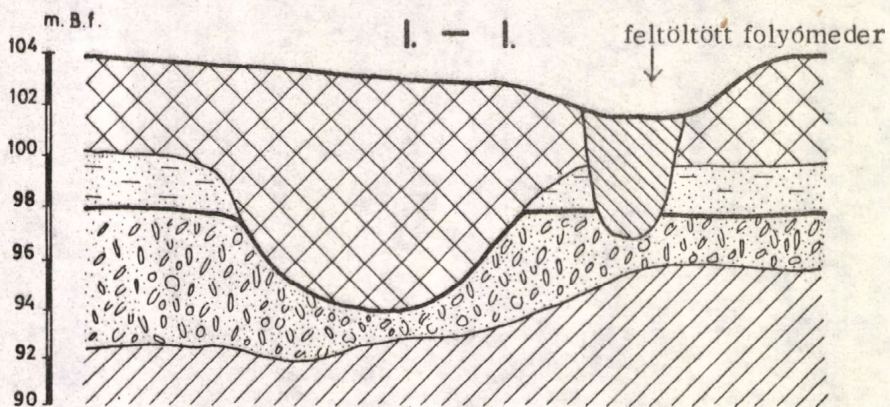
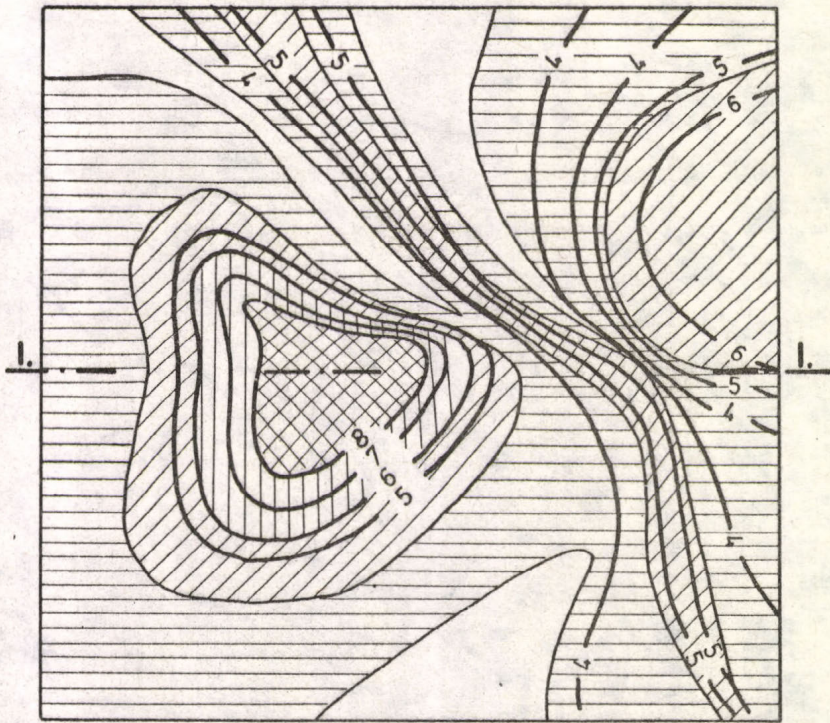
## A dolgozathoz tartozó ábrák





1. ábra. Feltöltési térkép Budapest K-i részéről
2. ábra. Agyag- és bányagödrök feltöltésének elvi vázlata  
/Budapest-Kőbánya/
3. ábra. Salakfeltöltéssel rekultivált bányagödör  
Budapest-Csepel szigeten.












 FELTÖLTÉS     
  HOMOKOS ISZAP     
  HOMOKOS KAVICS     
  AGYAG

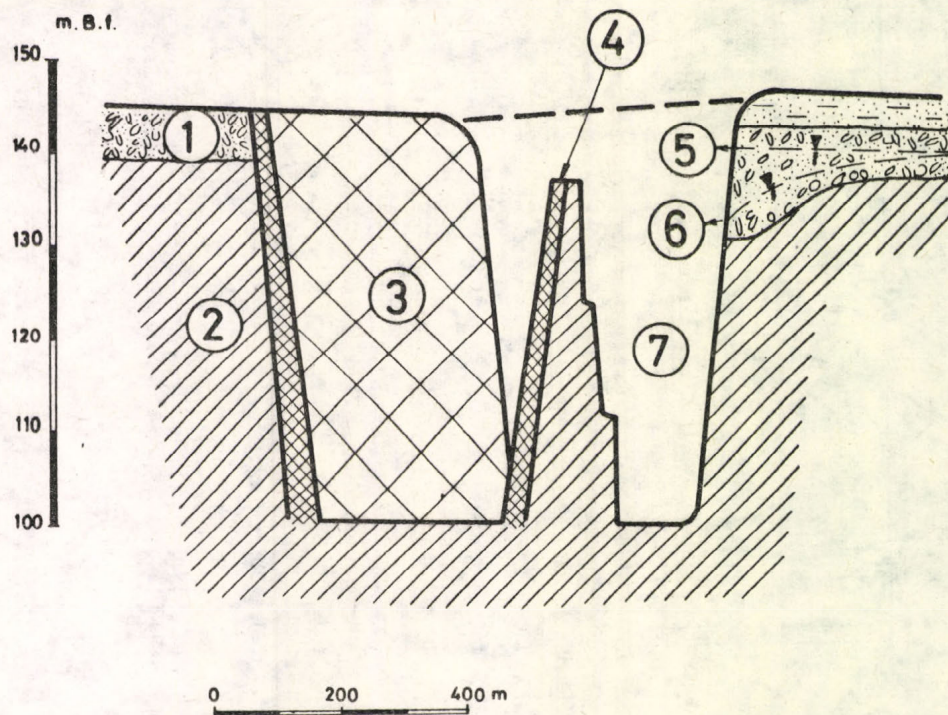
FELTÖLTÉS VASTAGSÁGA (m)

 0-2     
  2-4     
  4-6     
  6-8     
  8 <

Alapozásra alkalmas  
 VEZÉRRÉTEG IZOMETRIKUS VONALAI  
 (m TEREP ALATT)

1. Ábra: Feltöltési térkép Budapest K-i részéről

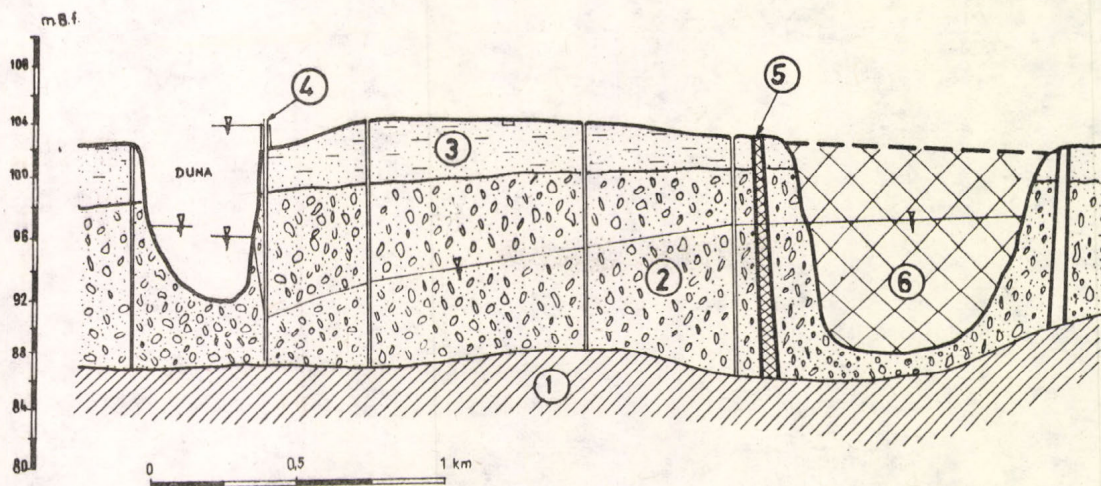




2. Ábra: Agyak- és bányagödrök feltöltésének elvi vázlata  
/Budapest-Kőbánya/

1. Vizvezető pleisztocén rétegek
2. Felsőpannóniai agyag
3. Szemétfeltöltés
4. Kiegyenlítő és szigetelés védőfal
5. Talajviz /természetes állapot/
6. Talajviz /a bányászat által befolyásolt/
7. Jelenlegi művelt agyagbánya





3. Ábra: Salakfeltöltéssel rekultivált bányagödör  
Budapest-Csepel szigeten.

1. Vizzáró fekvő
2. Jó vízvezető kavicsréteg
3. Fedőrétegek
4. Vizműkutak
5. Szigetelő résfalak
6. Feltöltendő bányagödör







# TALAJFIZIKAI JELLEMZŐK ELOSZLÁSÁNAK MÉRNÖKGEOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE \*

Dr. Paál Tamás

Fővárosi Mélyépítési Tervező Vállalat

## Összefoglaló

A műszaki és földtani tudományok határterületén működő szakember számára rendkívüli fontosságu, hogy ne egyoldaluan közelítsen a feladatokhoz. A mérnöki gyakorlatban használatos talajfizikai jellemzők számértékének kapcsolata az anyaréteg geológiai viszonyaival csak elvben ismeretes. A tanulmány ezért különböző geológiai eredetű anyagok talajmechanikai adat-tömegeinek a matematikai statisztika eloszlás-vizsgálatával történő értékelését mutatja be. A szórásértékek és a konfidencia intervallumok összevetése után különösen érdekes eredményt adott az eloszlási hisztogramoknak az eltérő eredetre vonatkozó Kolmogorov-Szmirnov próba szerinti vizsgálata.

-----

## Bevezetés

Az építéseket előkészítő mérnökgeológiai és geotechnikai vizsgálatok általában rendkívül sok időt és költséget vesznek igénybe. Ezek csökkentéséhez nagy gazdasági érdek fűződik, ezért célszerű a korábbi vizsgálati anyagok és adatok összegyűjtése, az adattömeg matematikai statisztikai feldolgozása, törvényszerűségeinek megállapítása.

A matematikai statisztika egyik ága az adatok eloszlásának vizsgálatával foglalkozik. A más szaktudományokban használatos módszereknek a mérnökgeológiai-talajmecha-

---

\* A Sao Paulo-i Kongresszus kiadványában: "Distribution Analysis of Soil-Physical Characteristics for Engineering Geological Purposes" /IV-3/ címmel jelent meg.



nikai területen való alkalmazása érdekes összefüggésekre derít fényt. Lehetővé válik a talajfizikai jellemzők számértékeinek eloszlás-adatai és a réteg geológiai "előlétele" között kapcsolat megfogalmazása /3/.

A vizsgált anyagok Budapestnek a Dunától nyugatra eső dombos-hegyes területéről származnak. A mészkő és dolomit anyagu mezozoós alapkőzet felett itt eocén és oligocén kori márgák, agyagok található nagy vastagságban és kiterjedésben. Ezek az anyagok jelenleg is felszínközeli vannak, csak vékony lejtőtörmelék, áthalmazott fedőréteg borítja felszínüket.

Anyagtípusok:

A. jelű agyag

Az oligocén kori szürke kiscelli agyag

B. jelű agyag

Az oligocén kori sárga kiscelli agyag, amely a korábbi vizsgálatok szerint az A. jelű anyagnak a felső, atmoszferiliák hatására bomlott része.

C. jelű anyag

Az eocén és oligocén kor határán keletkezett budai márga, amely jelentős karbonát-tartalmu, helyenként kőzet-szerű réteg.

A háromféle anyagból 1263 db minta vizsgálata szerepel a most bemutatott feldolgozásban.

Eloszlás vizsgálat

A talaj megismerésének egyik legfontosabb első lépése az éppen vizsgált talajfizikai jellemző "várható értékének" meghatározása. A várható érték első közelítésben a számtani középérték:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$



Az adatokat - a talajmechanikai gyakorlatban használatos nagyságu - osztályokba sorolva meghatározható az osztályokba tartozó mérési adatok száma, az osztálygyakoriság  $/n_i/$ , majd ebből a relatív gyakoriság  $/f/$  és a halmozott relatív gyakoriság  $/F/$ .

$$f_i = \frac{n_i}{n},$$

$$F_i = \sum_{j=1}^i f_j$$

A relatív gyakoriság ábrája a hisztogram, a halmozott relatív gyakoriság ábrája az eloszlási hisztogram. Az 50 %-os halmozott relatív gyakoriságnak megfelelő érték az adatsor mediánja  $/M/$ , melynél kisebb és nagyobb adat ugyanolyan megbízhatósággal fordul elő.

Az eloszlás egyik legfontosabb jellemzője a szórás,

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Normálist megközelítő eloszlás esetén

az  $M \pm s$  tartományba esik az összes adat 68,3 %-a,

az  $M \pm 2s$  tartományba esik az összes adat 95,4 %-a.

▲  $p = 90$  %-os konfidencia /megbízhatósági/ intervallum határa

$$M \pm 1,64 \cdot s$$

A fenti határok segítségével meghatározható tehát, hogy az alapsokaság egy-egy mérési eredménye milyen megbízhatósági szinten, milyen határok között fordulhat elő.

Az első lépésként átlagértékkel megközelített várható érték 90 %-a konfidencia intervallumának határai /nagy terjedelmű minta esetén, vagyis, ha az elemszám  $n > 30/$

$$M \pm 1,64 \frac{s}{\sqrt{n}}$$



A vizsgálatok során 90 %-os megbízhatósághoz tartozó értékek szerepelnek, bár más jellegű matematikai statisztikai feldolgozások 95 %-os, 99 %-os megbízhatósággal is dolgoznak. Ennek magyarázata az, hogy a talajviszonyok meghatározása során a természet által produkált, rendkívül heterogén agyagot vizsgáljuk, csak többé-kevésbé megbízható laboratóriumi módszerekkel. Minden igyekezetünk ellenére tudomásul kell vennünk, hogy sem az anyag megismerése, sem tulajdonságainak megállapítása terén nem tudjuk a tényleges helyzetet teljes valóságában feltárni, legfeljebb bizonyos mértékben megközelíteni. Emiatt a legrészletesebb vizsgálat során is szükség van a kapott eredmények mérlegelésére, szubjektív jellegű azonosításra is. Értelmetlen volna ezért a megbízhatóság számértékét nagy mértékben tovább fokozni, mert ez már a pontosság helyett a bizonytalanságot növelné.

Fentieket alátámasztja /4/ is és ugyanezt a megbízhatóságot igényli a talajmechanikai vizsgálatok gazdaságossági határainak szem előtt tartásával.

Az említett talajtipusok esetében a táblázat tartalmazza az eloszlások jellemző adatait.

Anyag típus	Terjedelem határai	Terjedelem	Közép	Medián	Szórás	Egyedi észlelés 90 %-os megbízhatósági intervallum határai	"7" terjedlem
1	2	3	4	5	6	7	8
	<u>w<sub>L</sub> folyási határ %</u>						
A	38-77	39	54,7	54,7	7,2	42-67	25
B	28-92	64	58,3	58,9	8,6	45-73	28
C	33-97	64	58,6	57,8	10,5	40-75	35
	<u>I<sub>p</sub> pasztikus index %</u>						
A	13-52	39	29,1	29,1	6,2	18-39	21
B	13-62	49	32,5	33,0	7,2	21-45	24
C	13-67	54	32,3	31,3	8,1	18-45	27



1	2	3	4	5	6	7	8
<u>I konszisztencia index</u>							
A	0,85-1,95	1,10	1,29	1,29	0,16	1,03-1,56	0,53
B	0,75-1,75	1,001	1,17	1,19	0,12	0,99-1,38	0,39
C	0,75-1,85	1,10	1,25	1,24	0,17	0,96-1,52	0,56
<u>e hézagtényező</u>							
A	0,25-0,95	0,70	0,54	0,54	0,11	0,36-0,72	0,36
B	0,25-1,15	0,90	0,66	0,66	0,11	0,48-0,84	0,36
C	0,15-1,35	1,20	0,62	0,63	0,18	0,33-0,93	0,60
<u>M összenyomódási modulus kp/cm<sup>2</sup></u>							
A	65-315	250	143	138	37	78-199	121
B	45-254	209	125	117	40	52-182	130
C	45-434	389	158	133	77	7-259	252

A rétegek folyási határ értékeinek összehasonlításánál érdekes megjegyezni, hogy a sárga kiscelli agyag és az ugyancsak sárga színű budai márga kerekén 4 %-kal magasabb középértékű, mint a szürke kiscelli agyag. Ez a különbség a vas-vegyületek eltérésére vezethető vissza. Ismeretes, hogy a vastartalom növekedése emeli az agyagok plaszticitását. Ezt itt úgy kell értenünk, hogy a szürke kiscelli agyagban is benne lévő vasvegyületek a pirit vízben nem oldódó, kristályos formája miatt kevésbé befolyásolják a folyási határ növekedését, mint a sárga agyagokban lévő vas-hidroxid, amely könnyen kolloidot képező csapadék.

A gyakorisági hisztogramok /1. ábra/ jól mutatják, hogy a szürke kiscelli agyag eloszlása a leginkább csucsos jellegű, a sárga kiscelli agyag még viszonylag csucsos, de már lényegesen nagyobb terjedelmű, míg a budai márga a leglaposabb eloszlású és az előzővel szonos terjedelme ellenére a legnagyobb szórású. A márga  $w_L = 80\%$  körüli kiemelkedő értékeit és a legmagasabb adatokat a rétegben tapasztaljuk.



talható tufaszórás-nyomokkal magyarázhatjuk, melyek általában kiugróan magas plaszticitásuak.

A plasztikus index eloszlása erősen a fent bemutatottakra hasonlít.

A konszisztencia index értékek átlagai körül legmagasabb a szürke kiscelli agyag /1,29/. A sárga kiscelli agyag állapotjellemzője jóval alacsonyabb /1,17/. Érdekes, hogy az előző jellemzőkkel szemben a szórás éppen a két keményebb típusnál a magasabb, aminek magyarázata a terjedelemnek a magasabb értékek felé való eltolódásában keresendő.

A hézagtérfogat átlag értékeinek sorrendjében így következnek egymás után a talajtípusok:

szürke kiscelli agyag	$\bar{e} = 0,54$
budai márga	0,62
sárga kiscelli agyag	0,66

A szórások tekintetében viszont más a sorrend:

Kiscelli agyag /mindkettő/	$s = 0,11$
budai márga	0,18

A két adatsor leglényegesebb különbsége az, hogy míg a szürke kiscelli agyag mindkettőben a legkisebb értékeket mutatja, addig a budai márga közepes átlag értékével szemben szélsőségesen nagy szórásu. A márga rendkívül nagy terjedelme egyrészt sok helyen "közvet szerű" megjelenésével magyarázható, innen az  $e = 0,2$  körüli értékek, másrészt a márga gyakori töredezettségével, melyek az  $e=1,0$  feletti értékek forrásai. Ez utóbbiak részben mintavételi problémákra is visszavezethetők. A sárga kiscelli agyag legnagyobb hézagtérfogatója többek között abból is származik, hogy a pirit bomlása közben jelentős térfogatnövekedés következik be, ami az eredetinek tizszeresét is elérheti. Ez természetesen az egész talajtömegben érezteti a hatását.



A budai márga és a szürke kiscelli agyag összenyomódási modulus átlagértékei kiemelkedően magasak  $M = 143-158 \text{ kp/cm}^2$ , de feltűnő a márga több mint kétszeres nagyságu szórása. A sárga kiscelli agyag ezeknél lényegesen alacsonyabb  $M=125 \text{ kp/cm}^2$  értéket adott. A márga  $300 \text{ kp/cm}^2$  feletti nagyságu terjedelme lényegesen eltér a másik két típusnál tapasztaltaktól. A márgában lévő igen kemény, kis kompresszibilitású részek magyarázzák ezeket a magas értékeket.

#### Eloszlások eltéréseinek szignifikancia vizsgálata

A különböző rétegtípusok talajfizikai jellemzői eloszlásának ismeretében lehetséges ezek összehasonlítása is, megvizsgálható, hogy a két minta /adatsoport/ ugyanazon folytonos eloszlású statisztikai alapsokaságból származik-e? A kérdés az, hogy az eloszlási hisztogramok milyen  $D_{\max}$  eltérése esetén beszélhetünk közös, vagy eltérő eredetről. Ha ugyanis a minta elemszáma fokozatosan igen nagyra nő, és az alapfeltevés igaz, akkor mind a két vizsgált tapasztalati eloszlás függvény /eloszlási hisztogram/ az alapsokaságnak ugyanazt az elméleti eloszlás függvényét kell megközelítse, tehát határértékben  $D_{\max} \rightarrow 0$ .

A Kolmogorov-Szmirnov próba szerint képezni kell a

$$z = D_{\max} \cdot \sqrt{\frac{n}{2}}$$

értékét és ennek alapján táblázatból állapítható meg, hogy milyen valószínűséggel vethető el a két görbe azonos statisztikai sokaságból származására vonatkozó alapfeltevés.

A közös eredet /kevésbé szignifikáns eltérés/ feltételezése  $p = 90\%$ -os valószínűséggel elvethető akkor, ha

$$z = 1,23$$



Az eltérő eredet 90 %-os valószínűségének feltételezéséhez

n = 500 esetén	$D_{\max} = 0,078$	/7,8 %/
n = 300 esetén	$D_{\max} = 0,100$	
n = 150 esetén	$D_{\max} = 0,142$	
n = 100 esetén	$D_{\max} = 0,174$	
n = 30 esetén	$D_{\max} = 0,318$	/31,8 %/ szükséges.

A 2. ábra részletesen feltünteti a  $D_{\max}$  minimálisan szükséges értékét az elemszám függvényében.

Ha bizonyos talajtipusok eloszlásai között a különbség kellő mértékben szignifikáns, akkor matematikai statisztikai alapon is bizonyítottan tekintjük, hogy a két minta különböző eredetű anyagból származik, vagy legalább is azt, hogy az eltérő típusokat joggal tekintjük külön rétegnek. Ennek ellenkezőjét, vagyis ha nincs kellően szignifikáns eltérés bizonyos talajtipusokból eredő minták egyes talajfizikai jellemzőinek eloszlásai között, már nem ilyen könnyű értelmezni. Vannak esetek, hogy különböző eredetű anyagok hasonló tulajdonságokat mutatnak, tehát ha nincs nagy különbség, még nem kell feltétlenül felvetni a közös eredet kérdését.

A bemutatott három réteg összehasonlítása alapján a különböző eredet valószínűségére a következő %-értékek adódtak:

	$w_L$	$I_p$	$I_c$	e	M
Kétféle kiscelli agyag között	100	100	100	100	99,98
sárga kiscelli agyag és budai márga között	53,5	78,9	99,99	99,99	78,0
szürke kiscelli agyag és budai márga között	99,99	98,72	95,56	99,99	59,3

Az eloszlások különbözőségét a 3. ábra is dokumentálja.



A legszembetűnőbb a szürke és a sárga kiscelli agyag eloszlási adatainak különbözősége. Eddigi ismereteink szerint a kiscelli agyag eredetileg szürke színű volt teljes vastagságában a felső része az atomosferiliák hatására átalakult többékevésbé. Ennek tudatában, s részben a jellegzetes szín-különbség folytán külön rétegeknek tekinthető a kiscelli agyag kétféle változata. A mostani vizsgálatok teljes mértékben alátámasztják ezt a gyakorlatot, hiszen a szálban álló rétegek anyagai között ez az egyetlen talajtípus-kettős, amely valamennyi vizsgált jellemzőnél rendkívül nagy valószínűségű eltérést mutat. Igen figyelemre méltó, hogy az eocén kori budai márga jobban "hasonlít" az oligocén kori kiscelli agyag sárga és szürke változatára, mint azok egymásra.

A szürke kiscelli agyag és a budai márga összevetése csak az összenyomódási modulusnál nem adott 90 % feletti valószínűségű eltérést, bár a többi adat is alacsonyabb a kiscelli agyag két típusa között mutatkozóknál. Az M-értékek eloszlásának közelsége a mindkettőnél meglévő palás jellegre vezethető vissza.

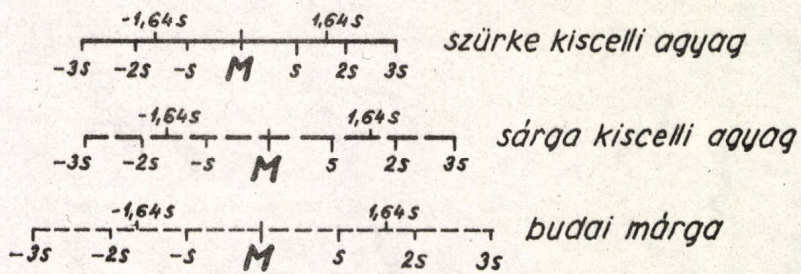
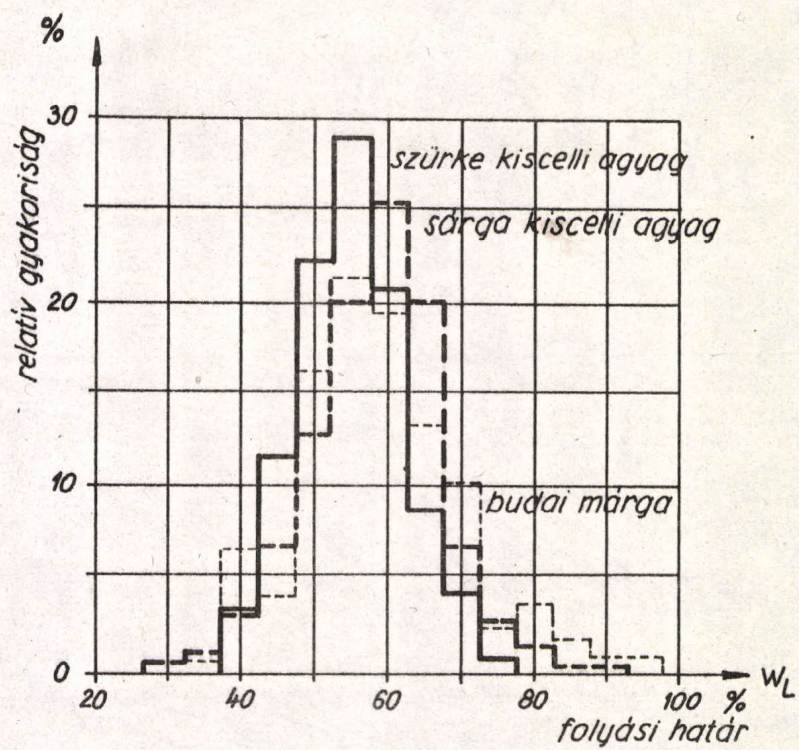
A bemutatott vizsgálatok más rétegek összehasonlítása során is jól beváltak és így lehetővé vált pl. a geológiai alapréteg és áthalmozott fedőrétegének talajfizikai jellemzők alapján történő elkülönítése.



## IRODALOM

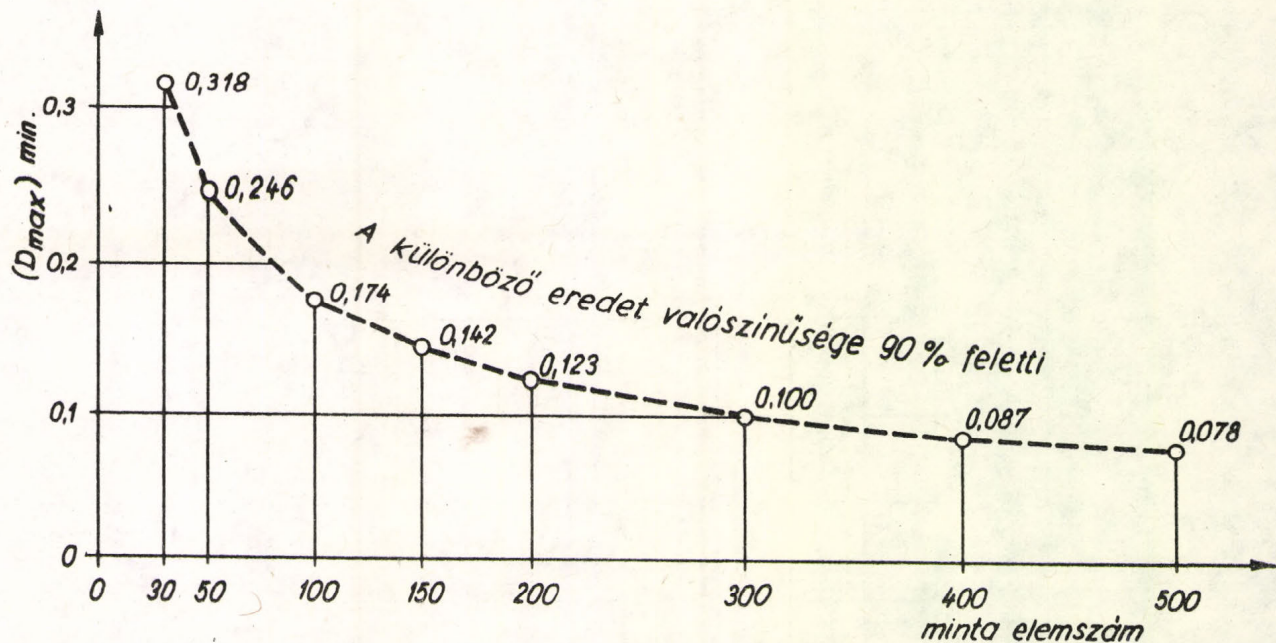
1. Lumb, P. /1966/: "The variability of natural soils" Canadian Geotechnical Journal, III. p. 74-79.
2. Lumb, P. /1970/: "Safety factor and the probability distribution of soil strength" Canadian Geotechnical Journal, 3. Aug. p. 225-242.
3. Paál T. /1973/: " Alapozási kérdések és felszínmozgások budai agyagterületeken"  
/Doktori értekezés - Budapesti Műszaki Egyetem/
4. Schultze, E. /1971/: "Frequency distributions and correlations of soil properties", Proc. First Intern. Conf. on Applications of Statistics and Probability to Soil and Structural Engineering, Hong-Kong.
5. Zlatarev, K. /1965/: "Determination of the necessary minimum number of soil samples" 6. ICSMFE Montreal, 1. p. 130.



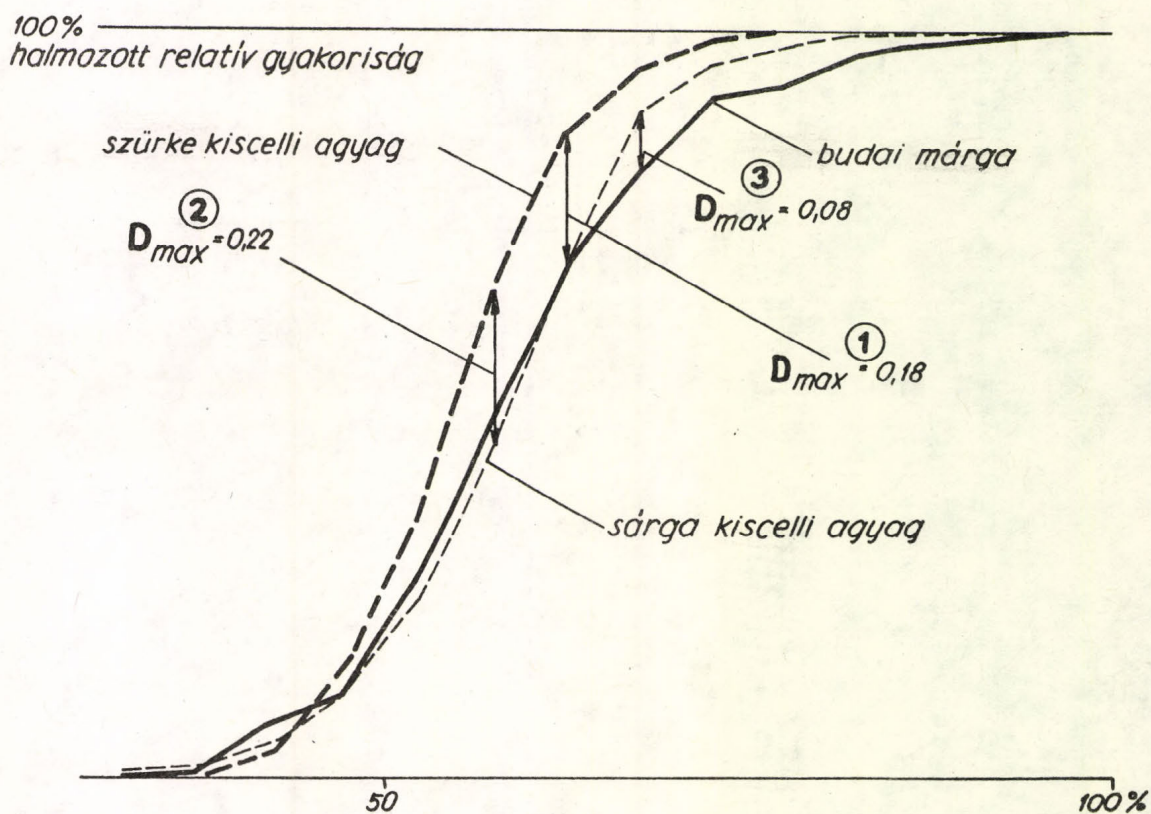


1. dbra Folyási határértékek eloszlása





2. ábra Kolmogorov-Szmirnov próba a különböző eredet valószínűségének vizsgálatára



3. ábra Folyási határ-adatok eltérése



## A MÉRNÖKGEOLOGIAI KŐZETVIZSGÁLATOK ÁLTALÁNOS SZEMLÉLETE<sup>x/</sup>

Gálos Miklós - Kertész Pál - Kürti István  
Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszéke

A tudomány és a technika fejlődése a mérnökgeológiával szemben is fokozott követelményeket és igényeket támaszt, melyek a jövőben még fokozódhatnak. A műszaki létesítmények és a földkéreg közötti kölcsönhatások szabatos elemzése, a különböző célra felhasznált kőzetek ismerete, a kőzeteket változtató geológiai hatások vizsgálata mind-mind szükségessé teszik a kőzettulajdonságok megismerését. A kőzettulajdonság a kőzet minőségének, tehát az alkotóelemek és a szerkezet dinamikus egységének kifejeződése.

Ez a minőség azonban nem egységesen meghatározott és egységesen alkalmazott fogalom. A minőség a kőzet absztrakt és konkrét tulajdonságaiból tevődik össze. Műszaki szempontból absztrakt tulajdonságnak tekinthetők a kőzet petrológiai-litológiai tulajdonságai, mert ezek összessége szabja meg a műszaki minőségi tulajdonságokat. A kőzet minden tulajdonsága a geológiai kialakulásnak és a kőzetet ért hatásoknak a függvénye. A minőség konkrét megnyilvánulási formái pedig az egyes műszaki tulajdonságok; így a kőzet sokféle minőség hordozója.

### Vizsgálati rendszer

\*A meghatározandó minőség kifejeződése a tulajdonság, mely más minőségekkel való kölcsönhatásban jut érvényre.

Régebben megfelelt a lexikális, leíró műszaki kőzettan, ma már ily módon összegyűjtött eredmények kiismerhetetlen, áttekinthetetlen és nehezen kezelhető, vagy teljesen használhatatlan adathalmazt jelentenek. A tudományág fejlődése szükségessé tette, hogy a tulajdonságokat megfelelő rendszerezéssel, széleskörben érvényes törvényszerűségekkel írjuk le, figyelembevéve a kölcsönhatásokat is.

---

x/ A Sao Paulo-i kongresszus kiadványában: "General Mentality of Engineering Geological Rock Examinations" /IV-10/ címmel jelent meg.



Minden kőzetvizsgálattal szemben alapvető igényünk, hogy a vizsgált tulajdonságot egyértelműen és hibátlanul, azaz megbízhatóan állapítsa meg. A vizsgálati pontosság pedig az adott technikai szempont mellett megköveteli, hogy a különböző helyen elvégzett vizsgálatok eredménye azonos legyen.

A kőzetvizsgálatokat, mint anyagvizsgálatokat már nagyon sokféle módon rendszerezték. Kézenfekvő azonban az a rendszerezés, amely az anyagvizsgálat és vizsgálati eredmények felhasználásának kapcsolatát veszi figyelembe:

1. Így beszélhetünk olyan vizsgálatokról, melyek a mérethatástól, a vizsgálóberendezéstől, a vizsgáló személytől függetlenek /pl. ásványos összetétel, vegyi összetétel, sűrűség, fajhő/.
2. Más vizsgálatok pedig elképzelt fizikai modell /folyamat/ alapján, elméleti feltételezésekkel a mérethatástól, vizsgáló berendezésektől függő eredményeket szolgáltatnak. Ide sorolhatók:
  - 2.1. azok a vizsgálatok, amelyeknél a modell a tényleges hatásoknak felel meg és a vizsgálati eredmény dimenzióhelyes /pl. a nyomószilárdság építőkönnél, vagy az alakváltozási tulajdonságok alapozásánál/.
  - 2.2. azok a vizsgálatok, melyeknél a modell nem feltétlenül követi a tényleges hatást, az eredmény sem mindig dimenzióhelyes, de összehasonlításra, osztályozásra vagy kvalitatív jellemzésre alkalmas /pl. Los Angeles vizsgálat, Schmidt kalapács vagy magyar mállottsági fok/.

Az adott esetben a felhasználás körülményei döntenek el, hogy egy vizsgálat a 2.1. vagy 2.2 csoportba tartozhat/;



mérnökgeológiai  
kőzetvizsgálatok

1. méret- és  
vizsgálati  
hatástól  
független

2. feltételezett  
modell alapján  
mérettől, vizsgá-  
lati hatástól  
függő

2.1 A felvett  
modell alapján  
dimenzióhelyes,  
további számítá-  
sok végzésére  
alkalmas ered-  
ményt adó  
vizsgálatok

2.2 nem feltétlen  
dimenzióhelyes,  
osztályozó,  
besoroló  
értékű  
vizsgálatok

A kőzettulajdonság  $T$  függvénye a kőzetalkotó ásványok  $T_a$  és a kötés  $T_k$  tulajdonságának:

$$T = f(T_a, T_k)$$

A mérnökgeológiai feladatokban azonban nem külön jelentkezik az ásványi  $T_a$  és a kötési  $T_k$  tulajdonság, ezért az eredő tulajdonságot

$$T = f(T_{a,k})$$

vizsgáljuk.

A vizsgálatok alapján meghatározott tulajdonság  $T_v$  pedig az eredő kőzettulajdonságtól függ, azaz

$$T_v = f_v(T_{a,k})$$

ahol  $f_v$  függvénykapcsolat a vizsgálati körülmények, a próbatest és a vizsgálóberendezés viszonyának stb. kifejezője. A nyert tulajdonságot rögzítő számérték a továbbiakban csak úgy vehető figyelembe, ha a vizsgálat körülményeit megfelelő tényezőkkel értékeltük.

A csoportbeosztás 1. esetében.

$$T = T_v$$

1/



a 2.1 és 2.2 esetben pedig

$$T = n \cdot T_v$$

2/

Itt "n" a modell és a valóság közötti viszonyt jelenti. Megállapítható még, hogy nemcsak a tulajdonságot leíró számérték lehet döntő, hanem sok esetben a tulajdonságváltozás mértéke, tendenciája, az eredmények gyakorisága vagy eloszlása, stb. is.

### Értékelési rendszer

A tulajdonságok ismerete önmagában még nem elégséges a kőzet felhasználásához, mivel külön kategória a megismerés és a megítélés /minősítés/.

A megítéléshez a kőzetet érő hatás/ok/ /H/ ismerete is szükséges. A kőzetet, melyet különböző mérnökgeológiai célra használunk, a rendeltetészerű használat ideje alatt a hatások sokasága éri, melyek számszerűen gyakran nem fejezhetőek ki. Időbeni változásukat a

$$H = h/t/$$

függvénykapcsolattal jellemezhetjük.

A hatások közül elméleti megfontolások vagy gyakorlati tapasztalatok alapján kiválaszthatjuk azokat, melyeket meghatározóaknak itélünk. A kőzet vizsgált állapotának jellemzőit a hatás megfelelő elemeiből - igénybevétel, mértékadó teher, feszültség, alakváltozás, stb. - kell összeállítani:

$$H = f /H_1, H_2, \dots, H_n/$$

A mértékadó hatást  $H_m$  pedig ebből az elméleti megfontolásokat és tényleges tapasztalatokat figyelembevevő biztonsági tényezőkkel  $/b_1, b_2, \dots, b_n/$  számolhatjuk:

$$H_M = 3 f /b_1 H_1, b_2 H_2, \dots, b_n H_n/$$

3/



Természetesen ez az összefüggés is különböztethető a kőzetalkotó ásványok és a kő-  
tés igénybevételére, azonban a felhasználás során a kőzet vagy kőzettömeg egészé-  
vel foglalkozunk, így a bontás csak elvi jelentőségű lenne.

Azonos körülmények között felhasznált kőzetek azonos összhatást szenvednek, de  
tulajdonságuk minőségük függvényében különböző módon változik. A változás nem-  
csak a hatástól, hanem a kőzet /kőzettömeg/ e hatásra való érzékenységtől is függ.  
Ezt a jelenséget egy érzékenységi tényezővel  $/c_{kH}/$  fejezhetjük ki:

$$T_H^1 = f / T_O^1, H, c_{kH}^1 /$$

$$T_H^2 = f / T_O^2, H, c_{kH}^2 /$$

ahol  $T_O$  a kezdeti tulajdonság, mely a kőzetre a beépítésig ható  $H_O$  hatásokat már  
tartalmazza.

A megváltozott tulajdonság változás

$$T = T_O \pm T_H$$

formában írhatók fel. Így

$$T = f / H_O, H, c_{kH}, t /$$

ahol  $t$  a vizsgált időtartam.

Ha  $c_{kH} = 0$ , Ugy a kőzet az adott hatásra teljesen érzéketlen. A beépítéstől  $/t_O /$   
 $t_i$  időpontig a kőzetet ért összhatás:

$$H = H_O + c_{kH} \int_{t_O}^{t_i} h/t/dt \quad 4/$$

A különböző mérnökgeológiai célra felhasznált kőzettől megköveteljük, hogy a  
felhasználás szempontjából fontos tulajdonságait a tervezett élettartam alatt meg-  
őrizze, a hatásokat pedig károsodás nélkül viselje.



Ez alapon beszélhetünk a tulajdonság vagy a tulajdonságok szükséges mértékéről / $T_{sz}$ /. A mondottak szemléltetésére a tulajdonságváltozást az 1. ábrán, az időben csökkenő tendenciával ábrázoltuk. A felhasználás kritériuma

$$T_i \geq T_{sz} \quad 5 \text{ a/}$$

ahol a  $T_i$  a kőzetet érő hatást viselő kőzettulajdonság, vagy tulajdonságcsoport.

A szükséges tulajdonságokat vizsgálatokkal / $T_{iv}$ / reprezentáljuk, így: 5 b/

$$n \cdot T_{iv} \geq T_{sz} \quad 5 \text{ b/}$$

A tulajdonságok szükséges mértékét / $T_{sz}$ / a hatásokból, ill. a mértékadó hatásokból elméleti megfontolások és tapasztalati tényezők figyelembevételével határozzuk meg.

$$T_{sz} = c \cdot H_M = c \cdot b_M \left( H_o + c_{kH} \int_{t_o}^{t_i} h/t/ dt \right) \quad 6/$$

Mindezeket figyelembevéve felírhatjuk az alapösszefüggést:

$$nT_{iv} = c \cdot b_M \left( H_o + c_{kH} \int_{t_o}^{t_i} h/t/ dt \right) \quad 7/$$

mely a kőzetvizsgálat formáját és célját szimbolikus jelölésekkel keretbe foglalja. A vizsgálatok gyakorlati rendjét a példánál szereplő séma szemlélteti.

#### Példa:

Az előzőekben ismertetett mérnökgeológiai vizsgálati rendszer alkalmazását az alábbi példával illusztráljuk.

Egy televíziós torony építésére - annak fő műszaki paramétereinek ismeretében - a kijelölt területről kellett olyan részletes mérnökgeológiai vizsgálatot készíteni, amelynél a torony jellegénél fogva az alakváltozási /összenyomódási/ tulajdonságok a függőlegestől való kitérés, lengés miatt különös jelentőségűek voltak.



A mérnökgeológiai vizsgálat és véleményezés műszaki és időrendi sorrendben az alábbi lépésekben történt: /I. tábla/.

- 1./ A lényeges minőségi kivánalmak ismeretében a fellelhető irodalmi adatok összegyűjtése, ezzel egyidőben a feltárás megindítása.

Irodalmi feldolgozásból ismert volt, hogy a torony kijelölt helye olyan hegységrendszerhez tartozik, amelynek triász dolomit képezi az alapkőzetét. A területen ismert törésrendszer észlelhető, a dolomit rögökre szabdalt. A dolomitra közvetlenül későbbi - pliocén - vulkánosság termékei kerültek. Több rétegben ismételve bazaltok, bazalttufák, salakos bazalt, átégetett bazalttufák váltogatják egymást.

Az irodalmi adatok alapján 5 db furást jelöltek ki 35 m mélységűre felvéve. Az első furásból beérkezett minták a 2. ábra szerinti furásszelvényt reprezentálják. A feltárás időszakában a harántolt rétegek a telített állapotot megközelítő víztartalommal rendelkeztek.

- 2./ A minőségi kivánalmak ismeretében /szilárdság és alakváltozási szempontok/ a kőzetminták azonosítása és szétválasztása céljából:
  - a kőzettani felépítés
  - a fizikai tulajdonságok
  - az alakváltozási jellemzők meghatározása.

- 3./ A vizsgálati eredményekből olyan mérnökgeológiai vélemény készítése, amely alapján a szükséges biztonság figyelembevételével gazdaságos műszaki megoldás tervezhető.

A vizsgálat rendszerét - az előmunkálatokkal együtt - szemléletesen az alábbiakban mutatjuk be.



Látható, hogy a mérnökgeológiai szemlélettel az adott feladatot jól rendszerbe lehet foglalni. A minőséget meghatározó fő tulajdonságok az adott esetben

települési  
szilárdsági  
alakváltozási

jellemzők formájában határozhatók meg.

A szilárdsági tulajdonságok itt bővebb értelemben kerültek meghatározásra. A kőzetre jutó H hatás itt a torony talpfeszültsége, ez az időben is változik, függvénye a szél erő és szélirány időbeli változásának. Ez pedig sokszámu ismétlődést jelent. Meg kell tehát határozni azt is, hogy adott határok közötti "lüktető" igénybevétel időben milyen mértékű alakváltozást okoz az alap alatti kőzettömbben.

A 2. ábrán ezenkívül feltüntettük azokat az igénybevételeket is /biztonsági tényezők nélkül/, amelyek a toronyalap alatti kőzettömeg hivatott elviselni.

A szilárdsági-alakváltozási vizsgálatok eredményét a 3. 4. sz. ábrán mellékeljük. A torony és az alapozás szükséges méretviszonyai alapján megállapították, hogy előreláthatóan 4-8 kp/cm<sup>2</sup> /dN/cm<sup>2</sup>/ feszültségtartomány várható maximálisan az alapozásnál. Az ismételt terhelésre vonatkozó részletes alakváltozási vizsgálatot e tartományra korlátozták.

Megállapítottuk, hogy a fajlagos alakváltozás-növekedés a terhelésszám növekedésével csökken. Ez a változás logaritmikus jellegű volt, s az "x" számú terheléshez tartozó fajlagos alakváltozás

$\xi_x = \xi_1 + k \cdot \log x$  formában számítható. A /7/ képletben tehát a  $H_0$  értéke 0, a  $c_{KH} \int h/t/dt$  részt az  $\xi_1 + K \log x$  adja.

"K" a kőzetre jellemző kísérleti állandó, értéke 0,025 és 0,215 között változott.

Számításba vett értékei

bazalttufánál:  $\xi_x / 100 = 1,97 + 0,128 \log x$   
salakos bazaltnál:  $\xi_x = 0,75 + 0,067 \log x$



A mérési adatok alapján a körgyűrű alap készítését javasolták, amelynek méretei:

$$D = 27,0 \text{ m}$$

$$d = 16,2 \text{ m}$$

A számítás alapján a maximális külpontosság 4,21 m-re adódott, a relatív külpontosság 0,31 értékű. Az él körüli billenésre számított biztonsági tényező 3,22. A javasolt méretekkel körgyűrű alap alatti feszültség

$$\sigma_{\max} = 3 \cdot 2,36 + 1,79 = 4,15 \text{ kp/cm}^2 \quad \text{kJN/cm}^2$$

mely érték szilárdsági szempontból biztonsággal megengedhető. /A legkisebb nyomószilárdság értéke 27,5 kp/cm<sup>2</sup> volt/.

A torony elferdülését az alakváltozási vizsgálat alapján határozták meg. A süllyedési határmélység

$$m_0 = 2R = 27,0 \text{ m}$$

a körgyűrű két ellentétes pontjának süllyedése

$$y_1 = \frac{243}{E_1} \quad \text{illetve} \quad y_2 = \frac{186}{E_2}$$

értékűek. Az alap elferdülése

$$v^0 = \frac{180^\circ (y_1 - y_2)}{21,6} \quad \text{formulával}$$

számítható. A mérési eredmények helyettesítésével az alap elferdülése, azaz a torony függőlegestől eltérése 0,04<sup>0</sup>-ra becsülhető. Ez az érték annak figyelembevételével adódott, hogy előfordulhat nagyszámu ismétlődő feszültségváltozás hatására, valamint a talajviz jelenléte miatt a bazalttufa aprózódása is. /Ezt a jelenséget az alakváltozási vizsgálat során - 255 ismétlés esetén - nem tapasztaltuk./

A modellhatást /n/, a biztonsági tényezőket /c, b<sub>M</sub>/ kifejező tényezők a 7/ szerint a nyomószilárdságra vonatkozóan  $\frac{27,5}{4,15} \sim 7$ , a rugalmassági modulusnál pedig  $\frac{25,2}{1,0} \sim 25$ .



## Összefoglalás

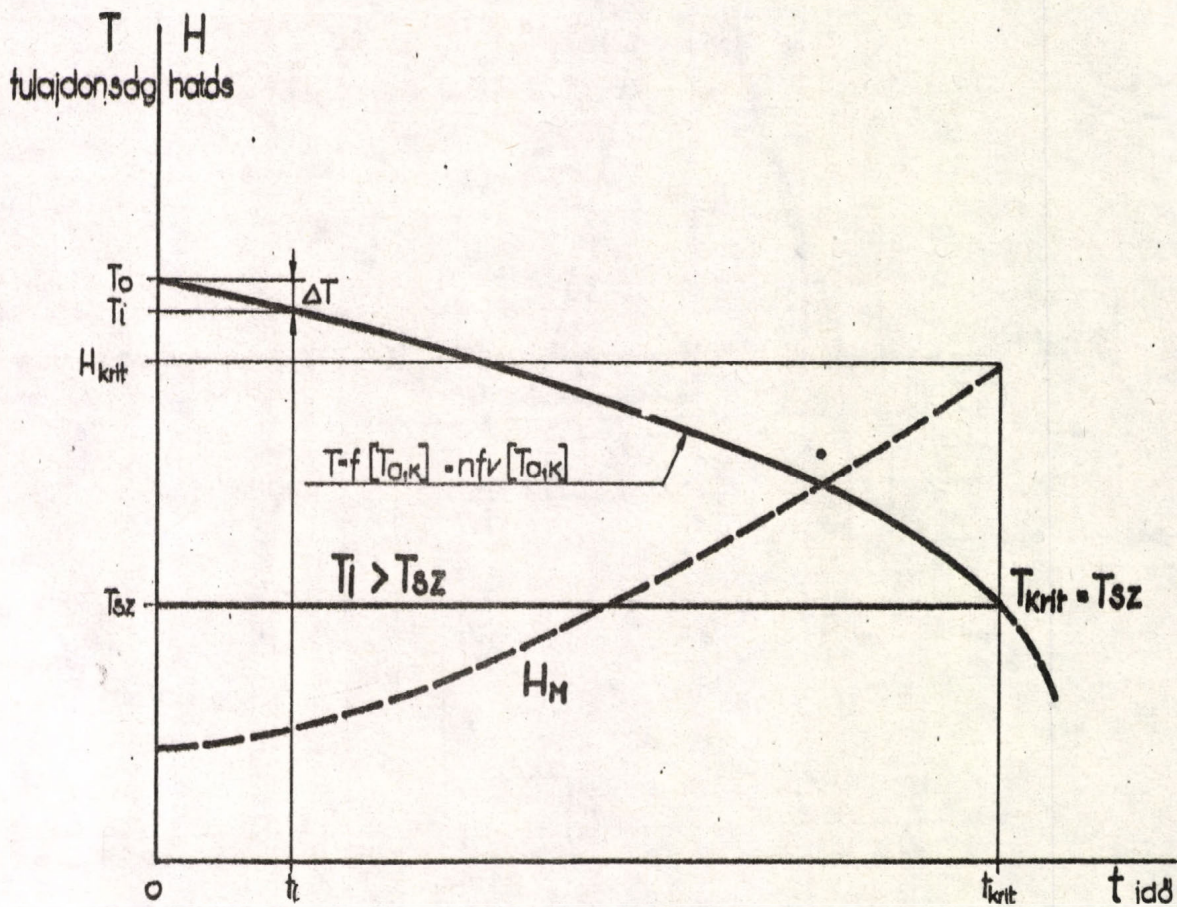
A fentiekben bemutatott egyszerű mérnökgeológiai rendszer akkor alkalmazható általánosan, ha a vizsgálati eljárások, az értékelés és a modellezés nemzetközileg elfogadott normák szerint, egységesen történik. Így fontosnak tartjuk nemzetközi szabványok vagy ajánlások kidolgozását a kőzetvizsgálatokra.

Az anyagvizsgálatok egységesítésénél a lehetőség szerint kevés, de hatásos eredményt adó vizsgálatotípust érdemes alkalmazni, melyek a tulajdonságot /vagy annak tendenciáját/ egyértelműen, hibátlanul, tehát megbíhatóan állapítják meg.

Igy az előmunkálatok, a vizsgálat során kialakuló megismerés és a felvett hatásfüggvények alapján a megítélés egyértelmű lehet.

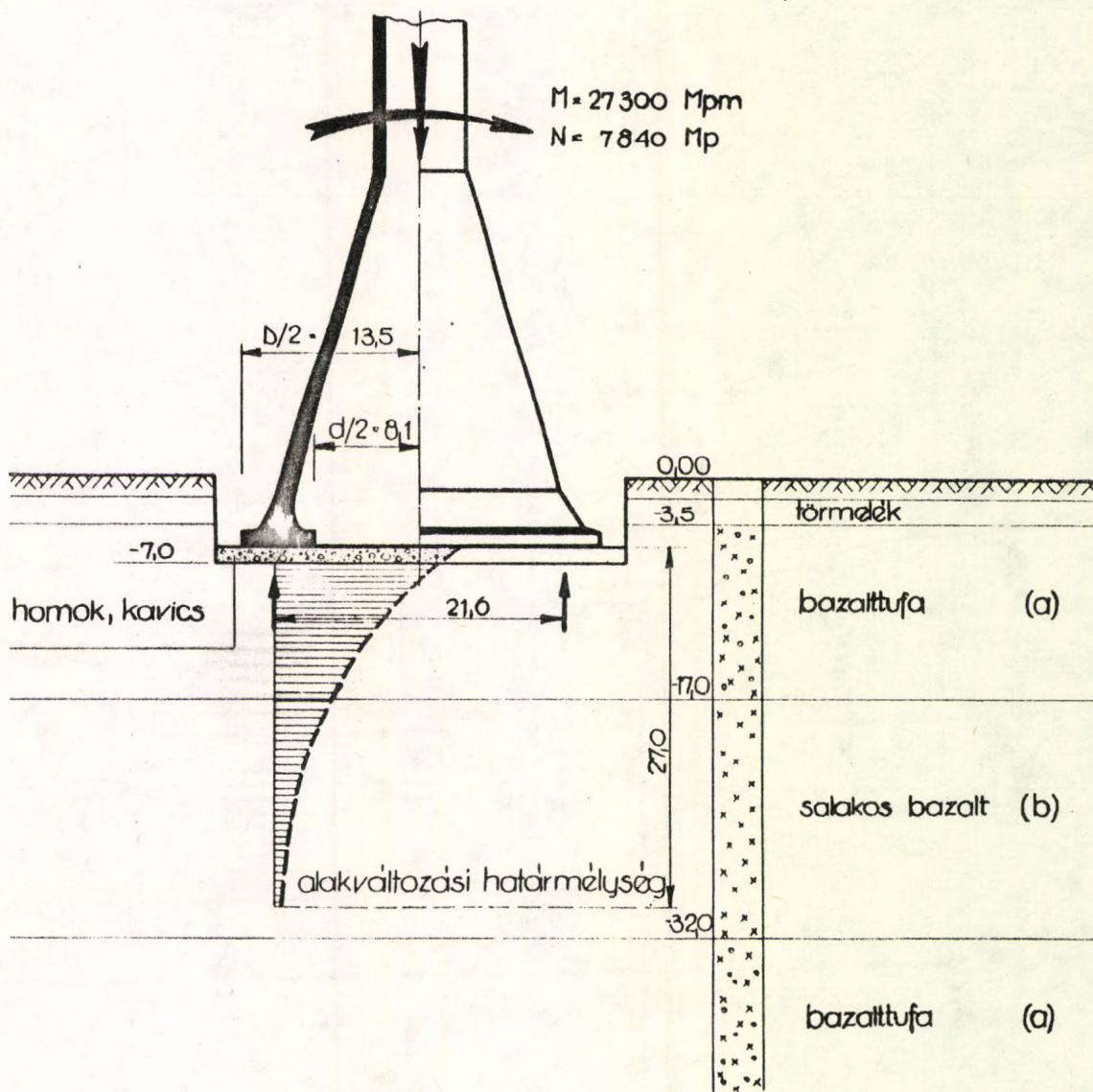


$t_{krit} - t_0$  vizsgláti időszak  
 $t_{krit} - t_0$   
 $T_{V_0} - T_{V_{krit}}$   $\Delta T$  laboratóriumban  
 $T_0 - T_{Sz_{krit}}$   $\Delta T$  valóságban



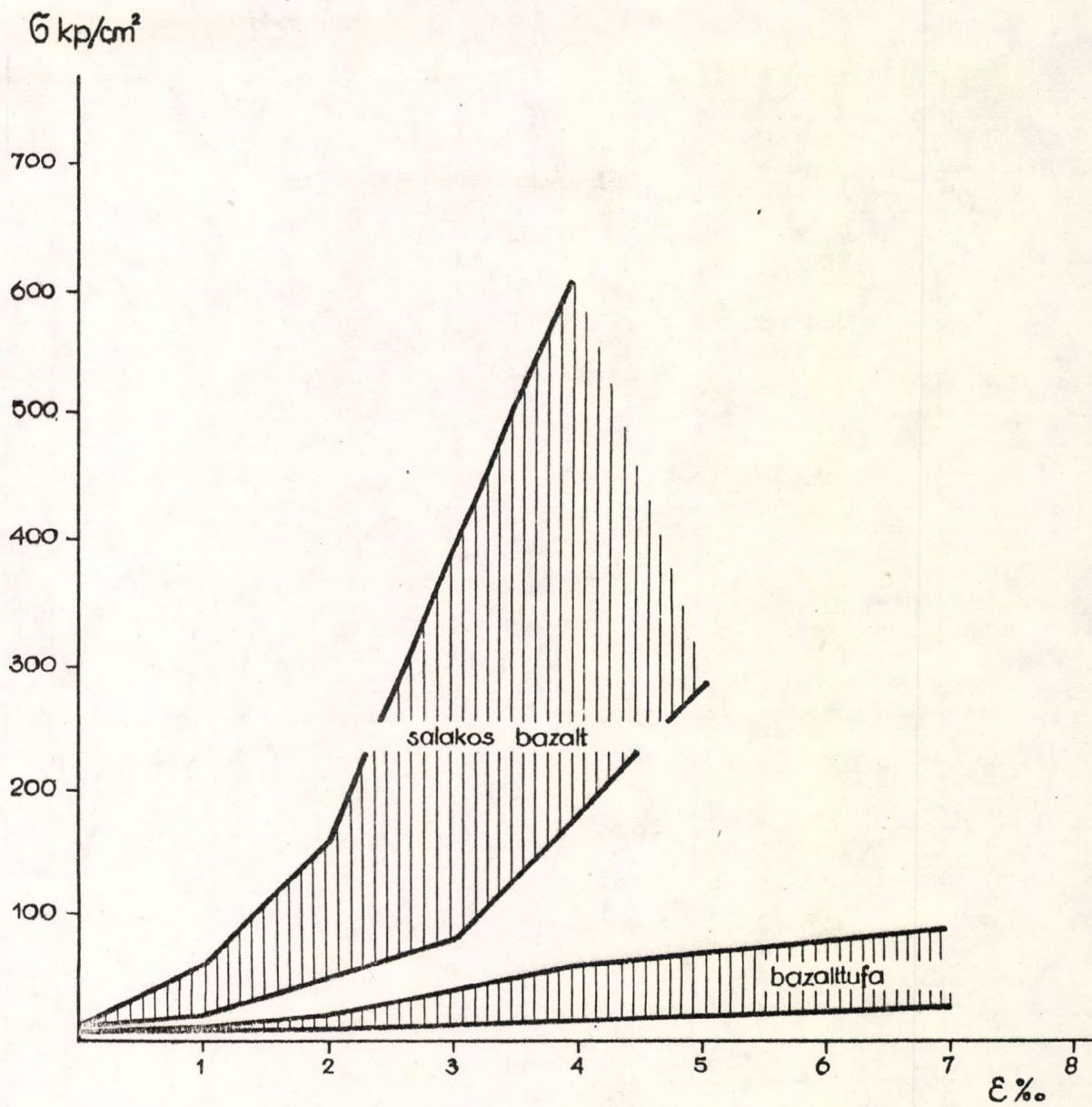
1. A tulajdonság és hatások időbeni változása.





## 2. Általánosított szelvény

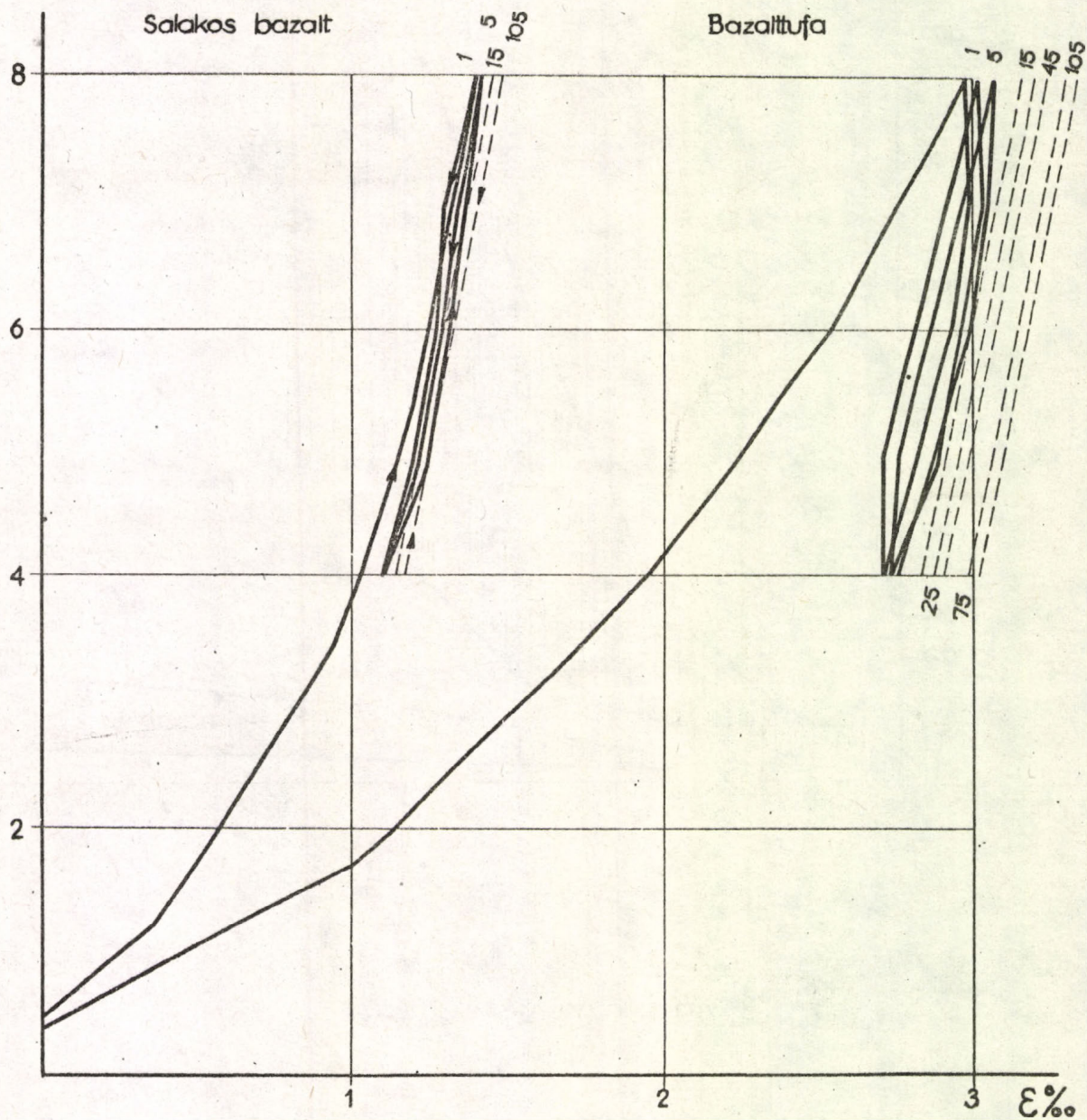




3. Alakváltozási görbék mezője.

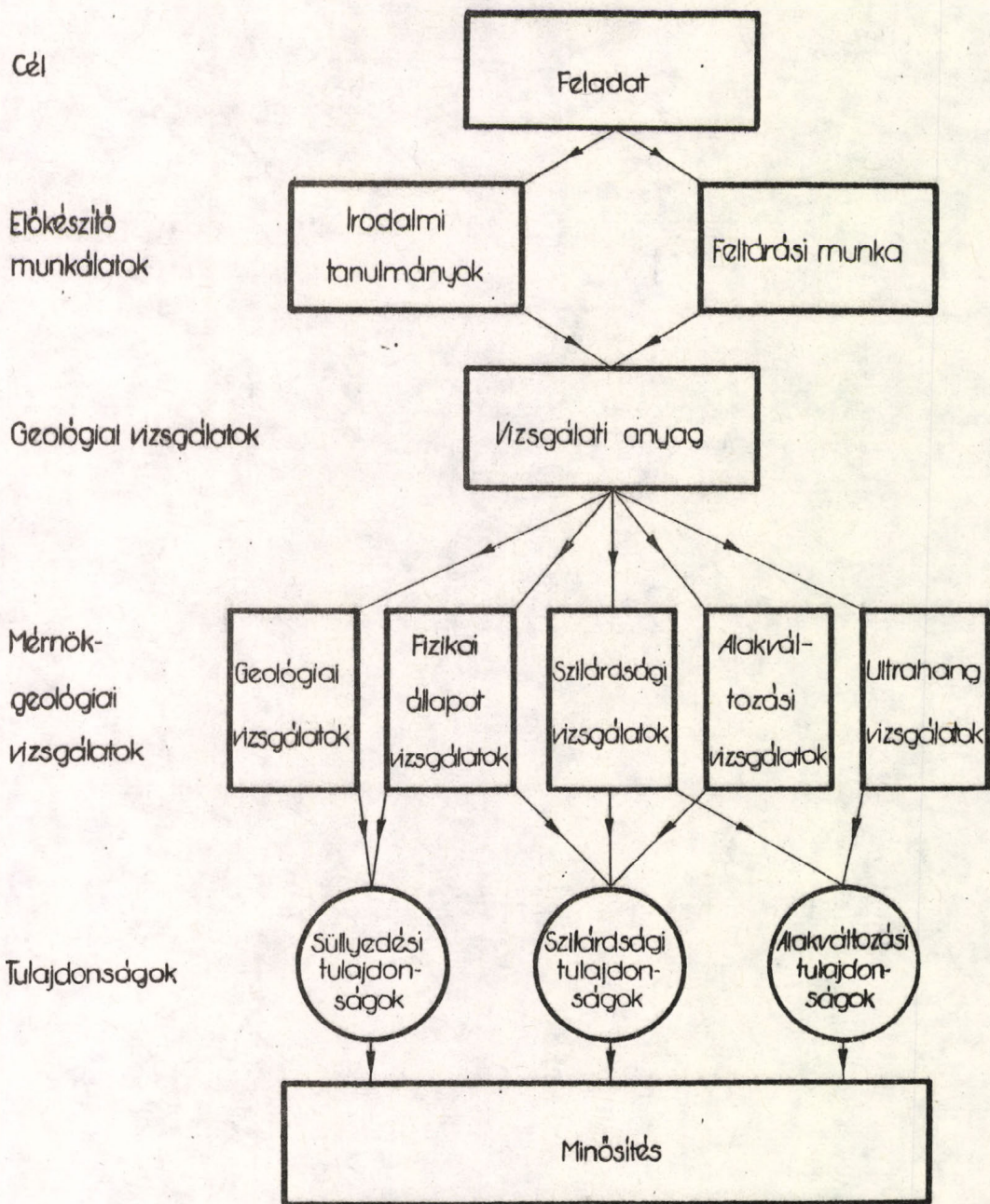


$\bar{\sigma}$  kp/cm<sup>2</sup>



4. Ismételt alakváltozási görbék.





1. tábla



