

A kavicskutatás minőségi vizsgálatainak értékelése

BERNÁTH ZOLTÁN —
DR. KARÁCSONYI SÁNDOR

Az építési célú szemcsés adalékanyagok közül az egyik legfontosabb a beton töltőanyaga, a kavicsos homok. Az építőipar gyorsütemű fejlődése mind mennyiségével, mind minőségével szemben fokozott követelményeket támaszt. A cementtakarékoság, valamint a speciális és nagy szilárdságú betonfajták előtérbe kerülése a minőségi kívánalmakat, a minőségi kavics előállítását teszi hangsúlyozottá.

A beton legkedvezőbb adalékanyaga a természetes településű kavicsos homok kitermeléséből származik. Ez többnyire sem településében, sem minőségében nem elégíti ki teljes egészében az előírt követelményeket. Felhasználása előtt kisebb-nagyobb előkészítést igényel.

A natúr bányatermék minőségének, befolyásolhatóságának előrejelzése, a gazdaságilag optimális minőségi kavicselőkészítés tervezési alapadatainak szolgáltatása az építőanyagkutatás feladata. A fokozódó elvárások, valamint az egyre kedvezőtlenebb adottságú lelőhelyek irányába toló kutatások azok erőteljes fejlesztését tették szükségessé. A kavicskutatás általános problémái, a kutatás sajátos irányelvei, az eredmények értékelését befolyásoló körülmények korábbi ismertetését kiegészítve a következőkben röviden — a szokásos és általában alkalmazott eljárások mellőzésével — a kutatásokban alkalmazott korszerű módszereket mutatjuk be.

1. A kavicselőfordulás minősítését előrejelző mintavételezés

A természetes településű szemcsés anyag minőségének megismerése döntően mintavételezésen keresztül történhet. A mintavételt kutatófúrások biztosítják. Telepítésük az előfordulás területén (T) általában négyzethálóban történik, mely a „reprezentativitást” hivatott szolgálni. Kötött fúrásszám esetén (N) a háló oldalhossza (l) az alábbiakkal fejezhető ki

$$l = \left(\frac{T}{N} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Az előforduláson belüli különböző minőségű részterületegységek esetén (T_i) a „rétegzett mintavétel” alkalmazása nyújt optimális becslési lehetőséget, amely a területegységek kész-

letének minőségét tömegeinek arányában veszi figyelembe:

$$n_i = N \frac{T_i \cdot s_i}{\sum T_i \cdot s_i} ; \quad \sum T_i = T$$

$$l_i = \left(\frac{T_i}{n_i} \right)^{\frac{1}{2}} ; \quad \sum n_i = N$$

ahol: n_i ; a fúrások száma

s_i ; a fúrási átlagokból a kritikus minőségi jellemzőre becsült szórás

l_i ; a háló oldalhossza — az i -dik részterületre

i ; $1 - m$ a részterületek száma.

A fúrásban harántolt kavicsos anyagból statisztikailag homogénnek tekinthető egységenkénti, azaz rétegegységenkénti mintázás célszerű, mely azonban lehetőséget nyújt az „azonos súlyú” mintákkal történő értékelésre.

A fúrásból nyert minta — fúrástechnológiai okokból kifolyólag — objektív hibákkal terhelt. Ez elsősorban a szemszerkezet torzulásában, a durva frakciók csökkenésében, a finom frakciók feldúsulásában, ill. kimosódásában jelentkezik. Ennek minimalizálása a megfelelő minőségi előrejelzés lényeges szempontja.

A használatos mintavételi technológiák mellett a mintavevő éle mentén az anyag roncsolódik, azon belül zavartalan marad (1. ábra). Az aprozódással érintett minta súlyszerűségének megkötése (A), valamint a kavicsmező várható legdurvább szemösszetételű rétege közepszemcséjének (d_k) ismeretében az alkalmazandó mintavevő átmérője (D_i) megválasztható (2. ábra).

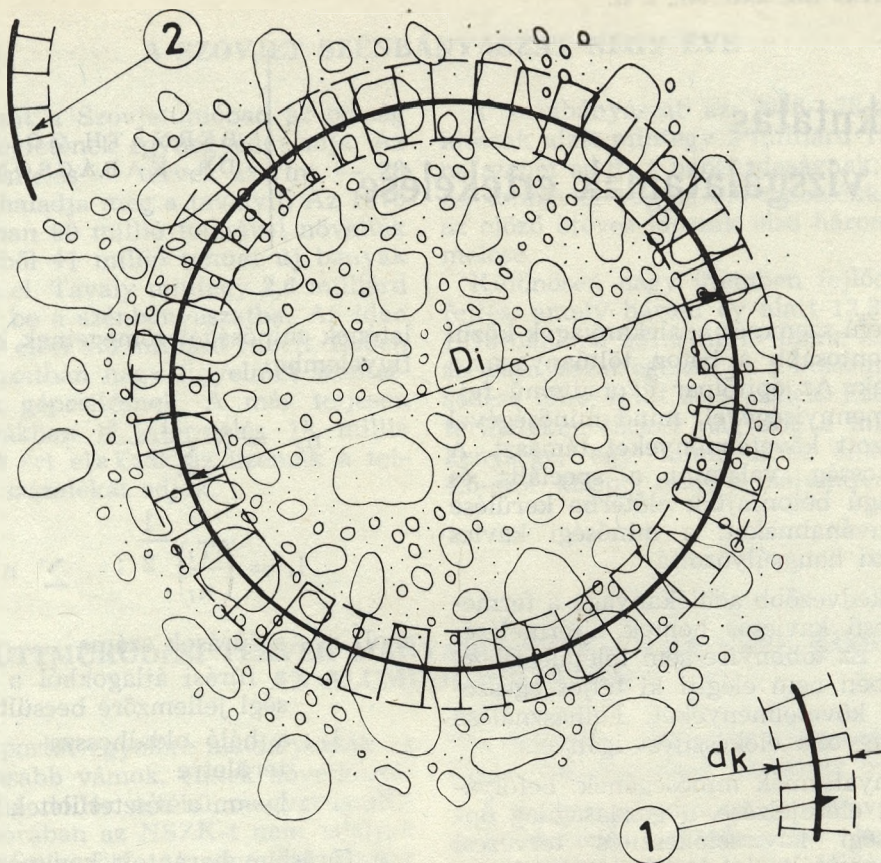
$$D_i \geq \frac{100d_k}{A} \left[1 + \left(1 - \frac{A}{100} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$d_k \geq \frac{g_i \bar{d}_i}{100}$$

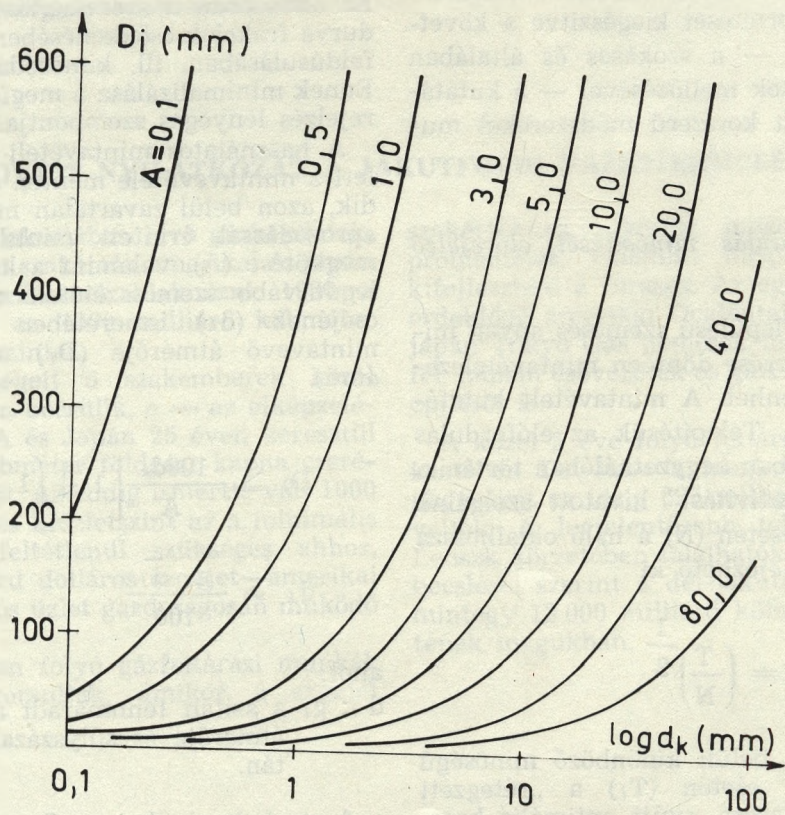
ahol:

d_i ; g_i a szitán fennmaradt anyag közepszem-átmérője és súlyszerűsége az i -dik szitán.

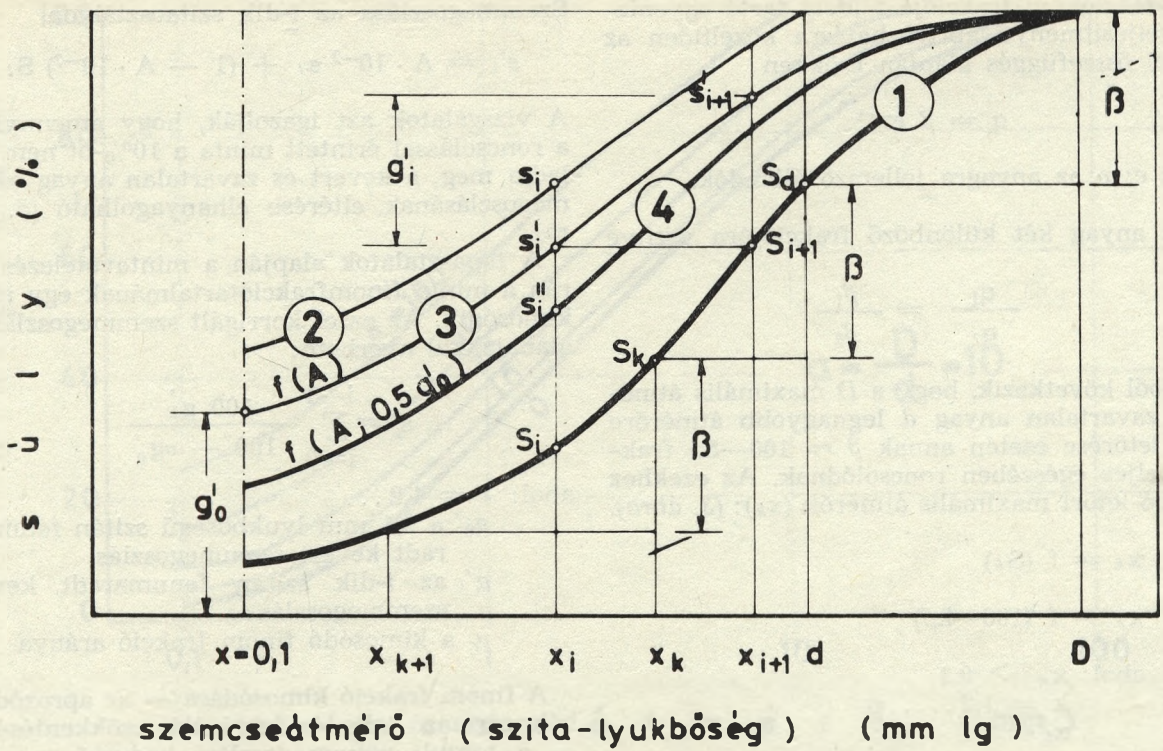
A roncsolt zónában az $S = f(x)$ kummulatív függvénnyel jellemezhető natur anyag egy β



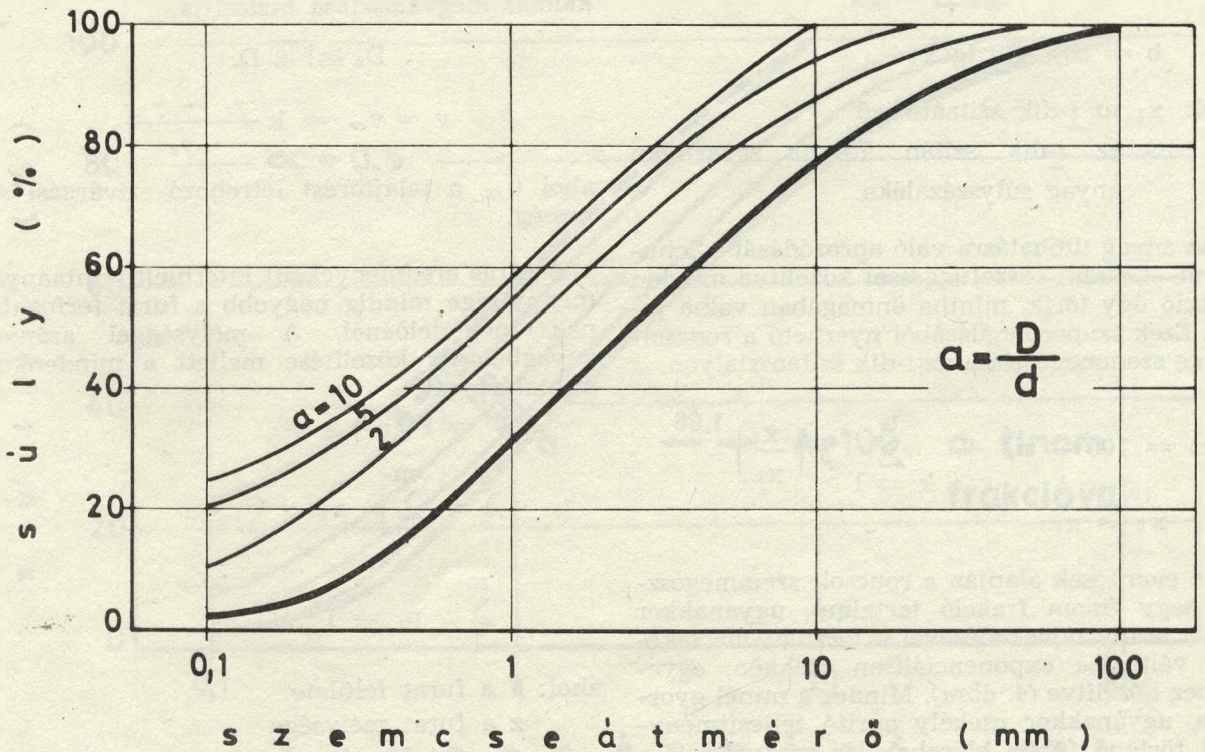
1. ábra: A kavicsból történő mintavétel elvi vázlatja
(Jelmagyarázat: 1/zóna, 2/roncsolt zóna a mintavevőn (béléscső) belül)



2. ábra: A béléscső (mintavevő) átmérőjének megválasztása



3. ábra: A finom frakcióval korrigált kevert anyag
 (Jelmagyarázat: 1. a zavartalan, 2. a roncsolt rész, 3. a kevert — 1+2 — anyag, és 4. a kimosódó finom frakcióval korrigált kevert anyag szemcsemegoszlása).



4. ábra: A roncsolt anyag szemcsemegoszlása különböző mértékű roncsolás $\frac{D}{d}$ mellett

súlyszázaléknyi frakciója t ideig tartó egyenletes teljesítményű aprító hatásra közelítően az alábbi összefüggés alapján csökken

$$q = \beta e^{-ct}^n$$

ahol: c ; n az anyagra jellemző állandók.

Az anyag két különböző frakciójára vetítve

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Ebből következik, hogy a D maximális átmérőjű zavartalan anyag d legnagyobb átmérőre való letörése esetén annak $\beta = 100 - S_d$ frakciói teljes egészében roncsolódnak. Az ezekhez tartozó letört maximális átmérők (x_k): (3. ábra).

$$x_k = f(S_k)$$

$$x_k = f(100 - k\beta)$$

ahol: $x_k > 0,1$
 $k = 1, 2, \dots, n$
 $x_1 = d$

Az egyes szitaosztályok felhasználásával

$$S_i < S_k < S_{i+1}$$

$$x_k = 10 \frac{S_k - b}{a}$$

$$a = \frac{S_{i+1} - S_i}{\lg x_{i+1} - \lg x_i}$$

$$b = S_i - a \lg x_i$$

ahol: x_i az i -dik szitaátmérő

S_i az i -dik szitán átesett zavartalan anyag súlyszázaléka.

Az anyag ütóhatásra való aprozódását a Schumann—Gaudin összefüggéssel közelítve minden frakció úgy törik, mintha önmagában volna jelen. Ezek szuperponálásából nyerhető a roncsolt anyag szemmegoszlása az i -dik szitaosztályon.

$$s_i = 100 - n\beta + \sum_{k=1}^n \beta \left(\frac{x_i}{x_k} \right)^{1,06}$$

$$x_k > x_i$$

Az elemzések alapján a roncsolt szemmegoszlás nagy finom frakció tartalmú, ugyanakkor a D/d arány növekedésével a torzulás mértékének változása exponenciálisan csökken, egyeneshez közelítve (4. ábra). Mindez a minél gyorsabb, ugyanakkor csekély aprító teljesítményrel történő fúrasi előrehaladás megválasztása irányába hat.

A mintavevőbe kerülő anyag kevert szemmegoszlású, melyet a zavart és zavartalan minta összetétele és aránya determinál.

Szemmegoszlása az i -dik szitaosztályon

$$s'_i = A \cdot 10^{-2} s_i + (1 - A \cdot 10^{-2}) S_i$$

A vizsgálatok azt igazolják, hogy amennyiben a roncsolással érintett minta a $10^0/0$ -ot nem haladja meg, a kevert és zavartalan anyag szemmegoszlásának eltérése elhanyagolható (5. ábra).

A tapasztalatok alapján a mintavételezés során a minta finomfrakcióitartalmának egy része kimosódik. Az ezzel korrigált szemmegoszlás az alábbiakkal nyerhető:

$$s_i'' = \sum_{i=0}^{i-1} \frac{100 g'_i}{100 - a g'_0}$$

ahol: $i = 1, 2, \dots$

g'_0 a $0,1$ mm lyukbőségű szitán fennmaradt kevert szemmegoszlás

g'_i az i -dik szitán fennmaradt kevert szemmegoszlás

a a kimosódó finom frakció aránya

A finom frakció kimosódása — az aprozódásból származó jelentős feldúsulás csökkentésével — a torzult szemmegoszlást kedvező irányba befolyásolja (6. ábra). Az ezzel leginkább érintett, és a minőség szempontjából alapvető iszapagyag frakció mennyiségének reális megítéléséhez azonban a kimosódást a lehetőségek szerint minimalizálni kell. Ez a mintavevő „dugattyú hatásának” mérséklésével oldható meg. Ennek feltételét a furat falának megtámasztását biztosító béléscső átmérőjének (D_b), valamint a mintavevő felfelé mozgása sebességének (v) alkalmas megválasztása biztosítja.

$$D_b \geq \sqrt{2} D_i$$

$$v \sim v_{cr} = k \frac{\gamma_t - \gamma_v}{\gamma_v}$$

ahol v_{cr} a talajtörést létrehozó szivárgási sebesség.

A fúrás eredményeként kitermelt mintaanyag mennyisége mindig nagyobb a furat térfogatának megfelelőénél. A mélységgel arányos anyagbelépés közelítése mellett a mindenkori mintatérfogot:

$$V = F \cdot z + \bar{a} z^2$$

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^m p_i a_i$$

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1$$

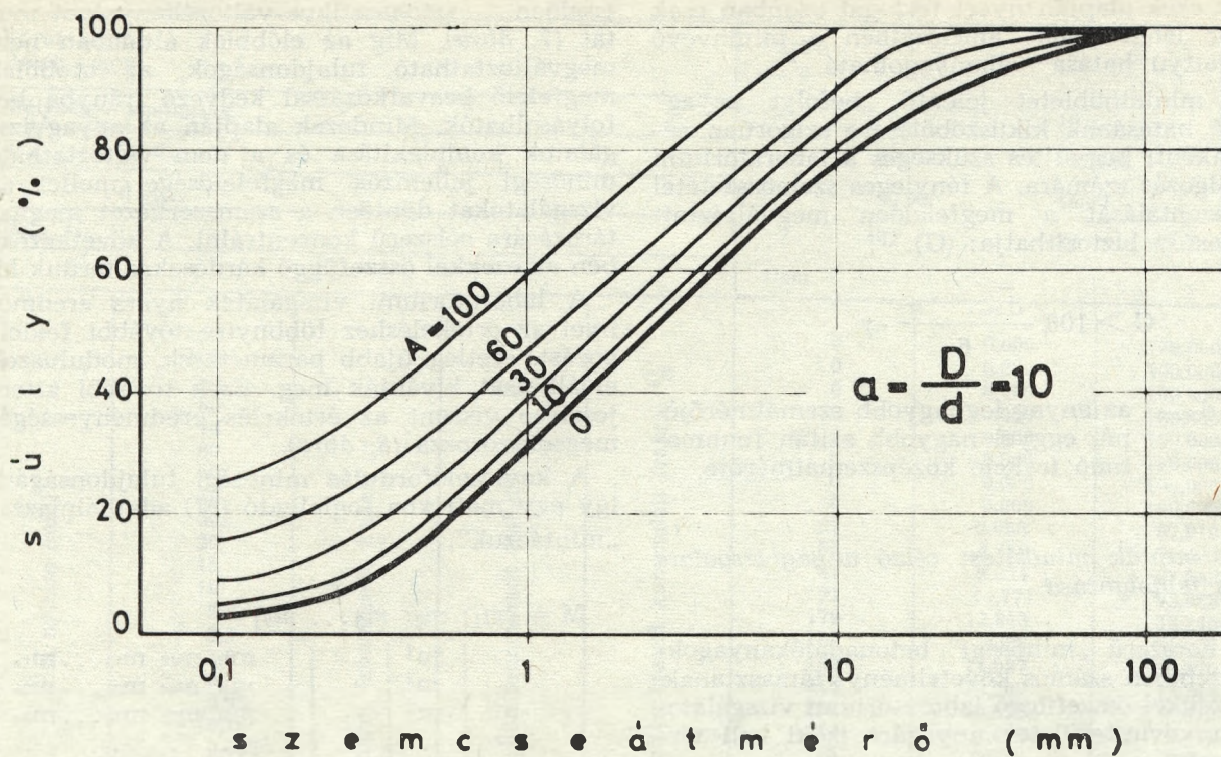
ahol: F a furat felülete

z a furat mélysége

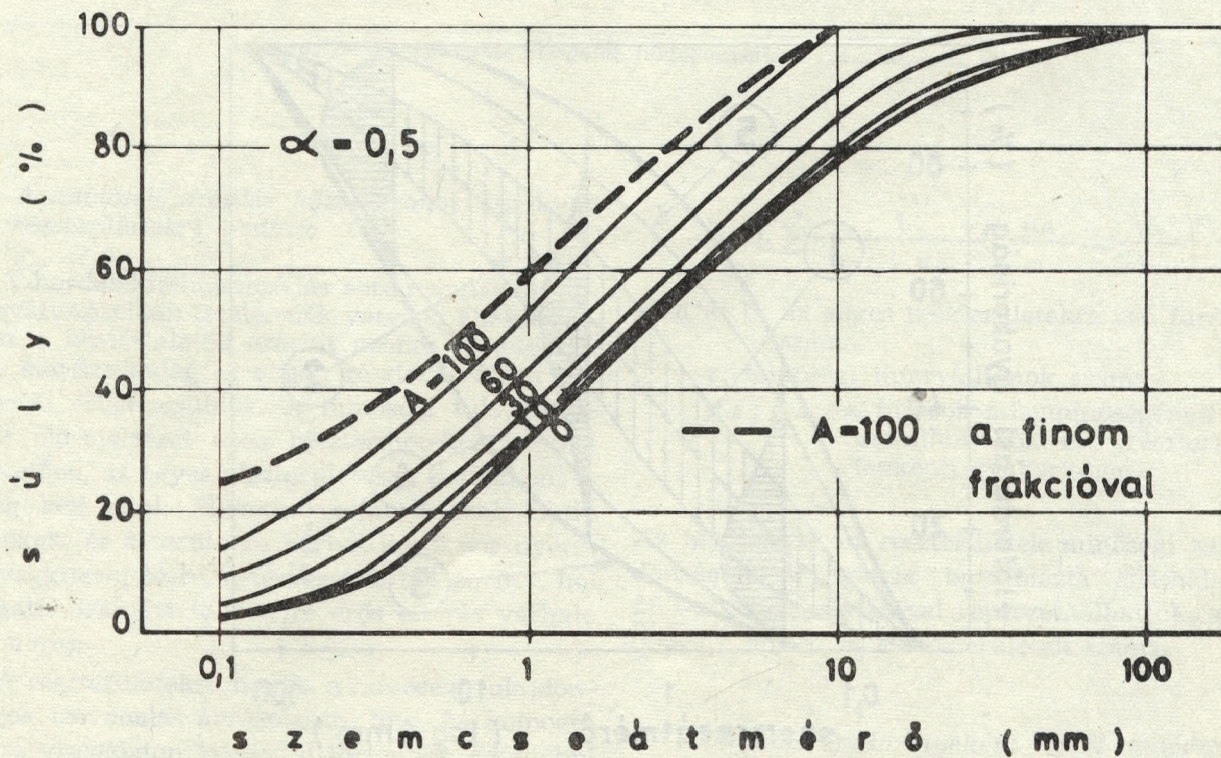
p_i az i -dik réteg részaránya

a_i az i -dik réteg minőségétől függő állandó

m a rétegek száma



5. ábra: A kevert (zavartalan + roncsolt) anyag szemmegoszlása aprózódás arányában



6. ábra: A kimaradó finom frakcióval korrigált kevert anyag szemmegoszlása az aprózódás arányában

Az ezek alapján nyert térfogat azonban csak akkor lehet reális, amennyiben a mintavevő „dugattyú hatása” elhanyagolható.

A mintatöbbletet jelentő „befolyt anyag” tozító hatásának kiküszöbölésére szigorúan rétegenkénti begyűjtés szükséges a laboratóriumi feldolgozás számára. A tényleges szemösszetétel reprezentálását a megfelelően megválasztott mintasúly biztosíthatja: (G)

$$G > 100 \frac{\bar{d}_{max} \pi}{6} \cdot \gamma$$

ahol \bar{d}_{max} az anyag legnagyobb szemátmérőjénél eggyel nagyobb szitán fennmaradó frakció középszemátmérője.

2. A minták minősítést célzó anyagvizsgálata és feldolgoása

A korszerű „minőségi” betonadalékanyagokkal szemben számos követelményt támasztanak. Az ezekkel összefüggő laboratóriumi vizsgálatokat a kavicssterületek anyagára is ki kell terjeszteni.

A kérdéses minőségi tulajdonságok nagy része az azonos genetikájú kavicsmezőkön belül alig változik. Kavicselőfordulásaink általában leglényegesebb a szemszerkezet, ezen belül az agyag- és iszaptartalom, mely azonban — a fluviatilis akkumuláció törvényszerűségeiből

eredően — sztohasztikus változékonyságot mutat (7. ábra). Mig az előbbieket általában nem megváltoztatható tulajdonságok, az utóbbiak megfelelő beavatkozással kedvező irányba befolyásolhatók. Mindezek alapján az anyagvizsgálatok komplexitása és a nem változtatható minőségi jellemzők megfelelése mellett a vizsgálatokat döntően a szemszerkezet meghatározására célszerű koncentrálni. A következőkben az ezekkel összefüggő kérdésekre térünk ki.

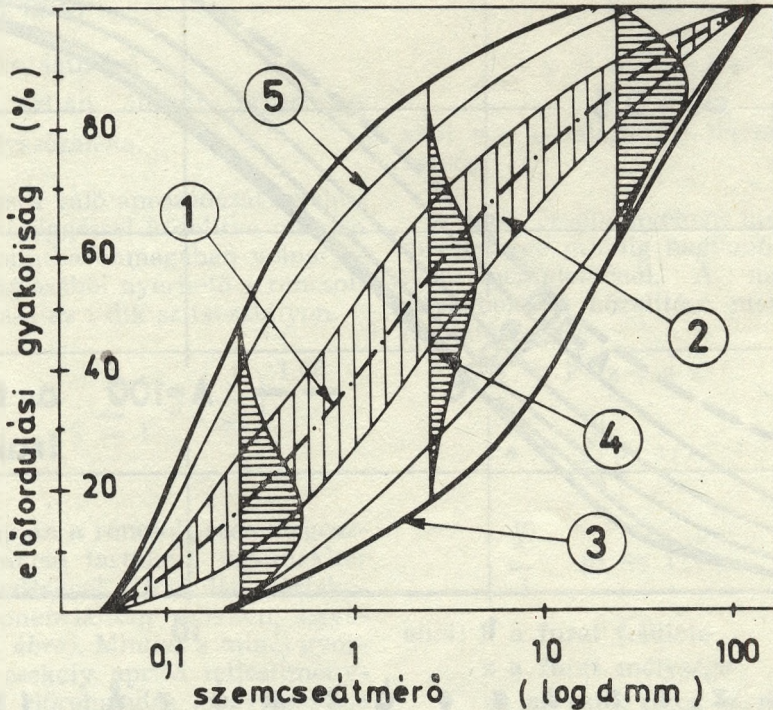
A laboratóriumi vizsgálatok nyers eredményei az értékeléshez többnyire további feldolgozást, esetleg újabb paraméterek, modulusok előállítását kívánják meg. Ezek további kiterjesztése viszont az értékelés eredményességét megsokszorozza (8. ábra).

A kavicselőfordulás minőségi tulajdonságait, így egy mátrixba foglalható (M) adathalmazzal „mintázzuk”.

$$M = [m_1; m_2; m_3 \dots m_n] =$$

$$= \begin{bmatrix} m^1 \\ m^2 \\ m^3 \\ \vdots \\ m^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & \dots & m_{2n} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & \dots & m_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{m1} & m_{m2} & m_{m3} & \dots & m_{mn} \end{bmatrix}$$

ahol az oszlopvektorok az egyes mintavételeket, a sorvektorok azok (m számú) jellemzőjét tükrözik.



7. ábra: Kavicselőfordulás szemmegoszlásának főbb jellemzői

(Jelmagyarázat: 1. kummulatív frakció, 2. a frakciók szórásának burkolója, 3. a frakciók terjedelmének burkolója, 4. a frakciók gyakorisága (súly%), 5. a frakciók 90%-os gyakoriságának burkolója)

Fúrás száma	213						
Réteg száma	2						
Mélység — vastagság	8,0	16,0	8,0				
d_{max} ; $lg d_{max}$	60	1,7782					
d_n ; d_{kmax}	30,00	45,00					
H_2 ; H_1	482	487					
G							
1293							
szita nyílása (mm)	120	szitán fennmaradt frakció gr	szitán fennmaradt frakció %	szitán átesett kumulált frakció %	0	0,000	100,000
	100				0	0,000	100,000
	90				0	0,000	100,000
	80				0	0,000	100,000
	70				0	0,000	100,000
	60				0	0,000	100,000
	50				0	0,000	100,000
	40				0	0,000	100,000
	30				27	2,088	97,912
	20				83	6,419	91,493
	15				47	3,624	87,859
	10				191	14,771	73,088
	5,0				179	13,843	59,245
	2,5				102	7,888	51,357
	1,0				155	11,987	39,370
	0,5				215	16,267	22,743
0,25	244	18,870	3,873				
0,10	44	3,402	0,471				
0,063	3	0,232	0,239				
0,000	3	0,232	0,007				
d_k	középszemátmérő	6,772					
f	finomsági mérőszám	4,552					
d_{95}	95 súly ⁰ / ₀ -hoz tartozó szemátmérő	24,9459					
U	egyenlőtlenlégi együttható	16,5592					
I	iszap térfogat(⁰ / ₀)						

8. ábra: Szemmegoszlási vizsgálat feldolgozásának számítógépes kiírása

3. A kavicselőfordulás közel azonos minőségű részterületekre bontása

A hordalékfelhalmozódás során annak minőségváltozásaiban tendenciák vannak. Ezek azonban a tapasztalatok szerint azonos genetikájú, így statisztikailag homogén részterületeken keresztül érvényesülnek. A minőségi tulajdonságok előrejelzését ezen részterületekre bontást követően, az egyes részterületekre esetenként is meg kell adni. Ellenkező esetben azok fiktív értékek, és a területen bárhol kerül sor nyersanyagkitermelésre, a tervezettől hol pozitív, hol negatív irányba többnyire erős eltérés várható (9. ábra).

A részterületekre bontás a minőségi tulajdonságok izovonalas ábrázolásán, továbbá homogenitás vizsgálaton keresztül történhet. Ez utóbbi esetben a χ^2 próbával a k -dik jellemzőre — rendszerint a ⁰/₀-os kavicsstartalomra — történő hipotézisvizsgálat:

$$\chi^2 = a \cdot b \sum \frac{1}{u_{ik} + v_{ik}} \left(\frac{u_{ik}}{a} - \frac{v_{ik}}{b} \right)^2$$

ahol a ; b ; az egyes részterületekre eső fúrások száma

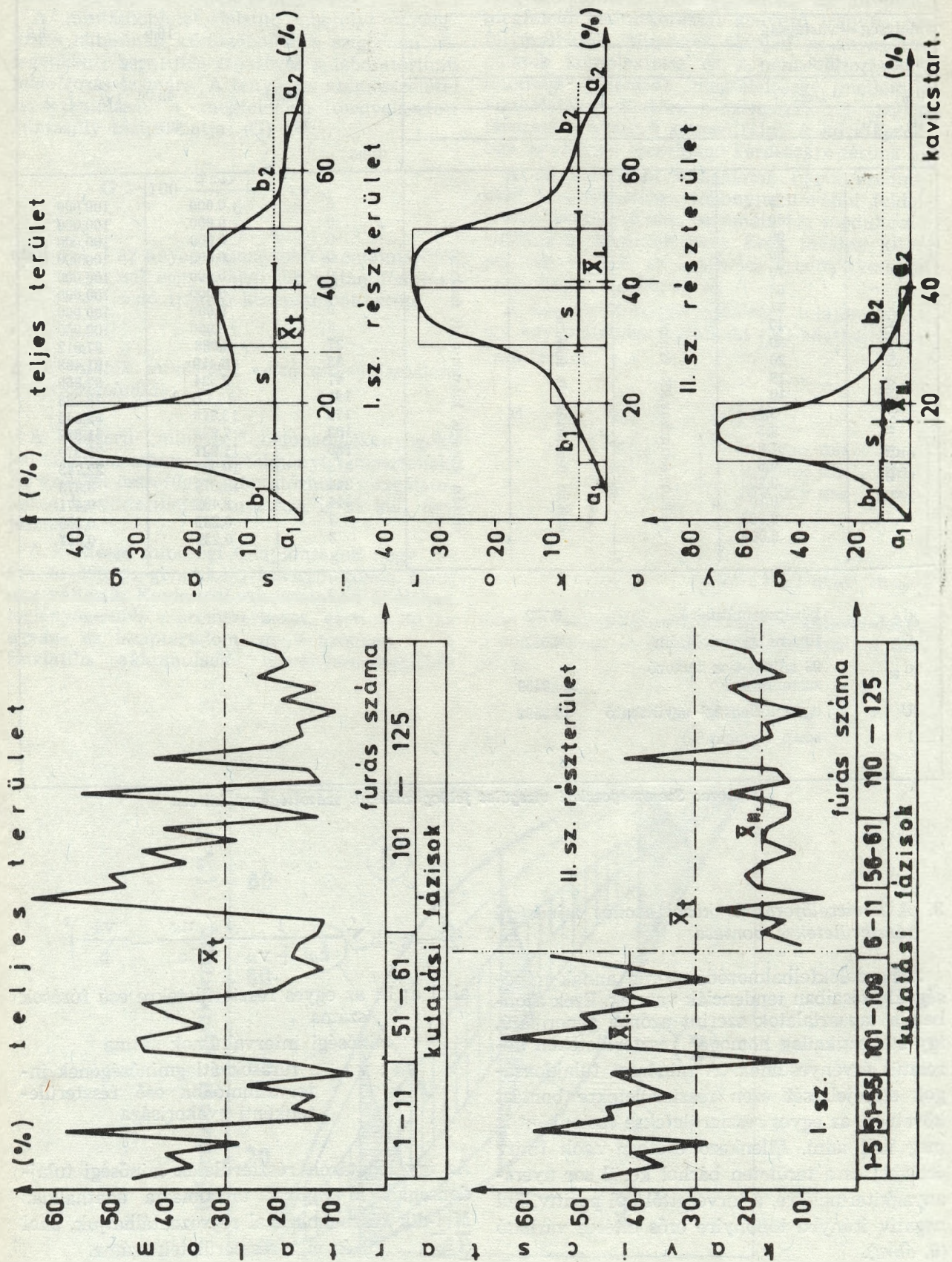
r ; minőségi intervallumok száma

u_{ik} ; v_{ik} a fúrások átlagminőségének intervallumokba eső részterületenkénti gyakorisága

Az így lehatárolt részterületek minőségi tulajdonságait M mátrix tartalmazta adathalmaz M_i i -dik részalmazával reprezentálhatjuk, ahol ($i = 1 \dots m$) és m a részterületek száma.

4. A kutatás eredményeként nyert minőségi alapadatok

A további tervezéshez a kutatás nyújtotta minőségi alapadatokat mindenekelőtt statisztikai



9. ábra: Részterületekre bontás kavicsminőség (az 5 mm-nél nagyobb szemcsefrakciók előfordulása) alapján

jellemzők, az empirikus sűrűség és eloszlás jellemzői, az „átlag”, a szórás, a terjedelem, a maximális és minimális, valamint az 5%-os gya-

koriságokhoz tartozó szélső értékek kell, hogy képezzék. Ezek rendre az i -dik részterület k -dik minőségi tulajdonságára:

$$\bar{m}_i^k = \frac{1}{\sum n} \sum n_j m_{kj}$$

$$s_i^k = \left[\frac{1}{(\sum n) - 1} \left(\sum n_j m_{kj}^2 - \frac{(\sum n_j m_{kj})^2}{\sum n} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$t_i^k = m_{k_{\max}} - m_{k_{\min}}$$

$$m_i^k \text{ 5 \%} \quad F / m_k / = \sum_{m_{kj} > m_k} \frac{n_j}{\sum n_j} = 0,05$$

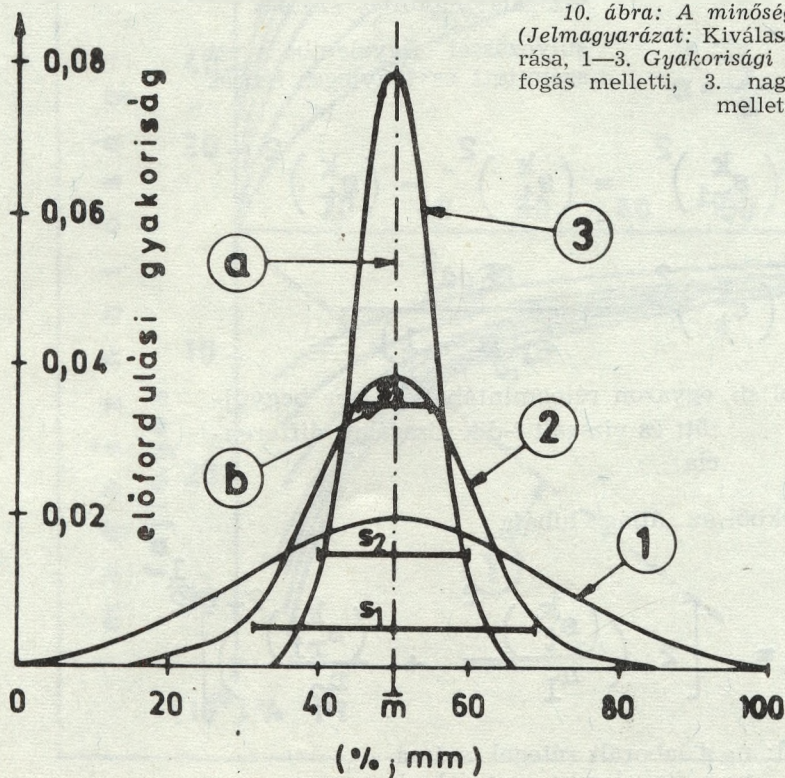
$$m_i^k \text{ 95 \%} \quad F / m_k / = 0,95$$

ahol általánosan n_j ; m_j a j -dik mintaelem súlya és minősége.

Figyelemmel az alternatív bányaművelési lehetőségekre és az ezt követő minőségi kavics előállítási változatokra, a minőségi tulajdonságok szóródását kifejező jellemzőket több módon célszerű előállítani. Ezek ugyanis extrém érté-

keiket pontszerűnek tekinthető kitermelés és felhasználás mellett érik el. Teljes mélységig történő bányaművelési szeletfogással, még inkább nagyobb területegységek hasonló termelésbe vonásával, illetőleg nagyobb depóniákban való homogenizálással a szóródás méginkább csökkenő tendenciájú (10. ábra).

A vázolt legkedvezőtlenebb változatot a minőségváltozás rétegenkénti figyelembevétele



10. ábra: A minőségi tulajdonságok szóródása (Jelmagyarázat: Kiválasztott frakció: a) átlaga, b) szórása, 1—3. Gyakorisági görbék: 1. pontszerű, 2. szeletfogás melletti, 3. nagyobb egységekben szeletfogás melletti kitermelés)

tükrözi. Erre az esetre a fenti összefüggésekben n_j ; m_j a j -dik rétegvastagság és annak minősége

$j = 1 \dots a$ az i -dik részterületre eső rétegek, ill. mintavételek száma.

Nagyobb egységekben történő bányaművelés modellezése esetén

n_j ; m_j a j -dik fúrás, ill. fúrás csoport összes rétegvastagsága és az ehhez tartozó átlagminőség

$j = 1 \dots b$ az i -dik részterületre eső fúrások, ill. fúrás csoportok száma.

A teljes kavicselőfordulás fő minőségi jellemzőit a részterületek információiból nyerhetjük a k -dik tulajdonságra:

$$\bar{m}^k = \frac{1}{B} \sum B_i \bar{m}_i^k$$

$$s^k = \frac{1}{B} \sum B_i s_i^k$$

$$\sum B_i = B$$

ahol B_i az i -dik részterület megfelelő súlya.

5. A minőségi alapadatok hibája és a kutatás megbízhatósága

A nyersanyag minőségi tulajdonságait leginkább jellemző legfontosabb tervezési alapadat az „átlag”. Kutatással történő előrejelzését objektív hibák terhelik. Ennek adott megbízhatósági szint mellett ismerete a további tervezések nélkülözhetetlen eleme.

Az átlagminőség hibáját több tényező együttes hatása hozza létre. Ezek egyrészt technikai, másrészt reprezentatív jellegűek. Hibát tartalmaz a fúrás technológiai mintavétel tökéletlensége, a furatból kiemelt mintaanyag laboratóriumi vizsgálatra való megmintázása, a laboratóriumi vizsgálat, továbbá a korlátozott számú véletlenszerű mintavételezés.

A fúrás technológiából származó hiba az előzőekben már vázoltak szerint vagy elhanyagolhatóvá csökkenthető, vagy korrekciókkal kiküszöbölhető. Így a továbbiakban ennek figyelembevételétől eltekinthetünk. A további részalkotók hatását kb. 95%-os megbízhatósági szinten az i -dik részterület k -dik minőségére az alábbiakban becsülhetjük:

$$\left(s_i^k\right)^2 = \left(s_b^k\right)^2 + \left(s_e^k\right)^2 + \left(s_{ri}^k\right)^2 = \left(s_t^k\right)^2 + \left(s_{ri}^k\right)^2$$

ahol: $s_i^k = f(s_b; s_e)$ a bemintázás és laboratóriumi vizsgálat együttes szórása

s_i^k ; s_{ri}^k súlyozással figyelembe vett számított és tényleges szórás

$$\left(s_{ri}^k\right)^2 = \left(s_i^k\right)^2 - \left(s_t^k\right)^2$$

$$\left(s_t^k\right)^2 = \frac{\sum d_i^2}{2(m-1)}$$

ahol: d_i egyazon rétegmintából kétszer begyűjtött és vizsgált i -dik vizsgálati differencia

Ezekből az „átlag” hibája

$$\Delta \bar{m}_i^k = \left[2 \left(\frac{\left(s_t^k\right)^2}{n_1} + \frac{\left(s_{ri}^k\right)^2}{n_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

ahol: n_1 a laborált rétegek száma
 n_2 a figyelembe vett súlyok összege

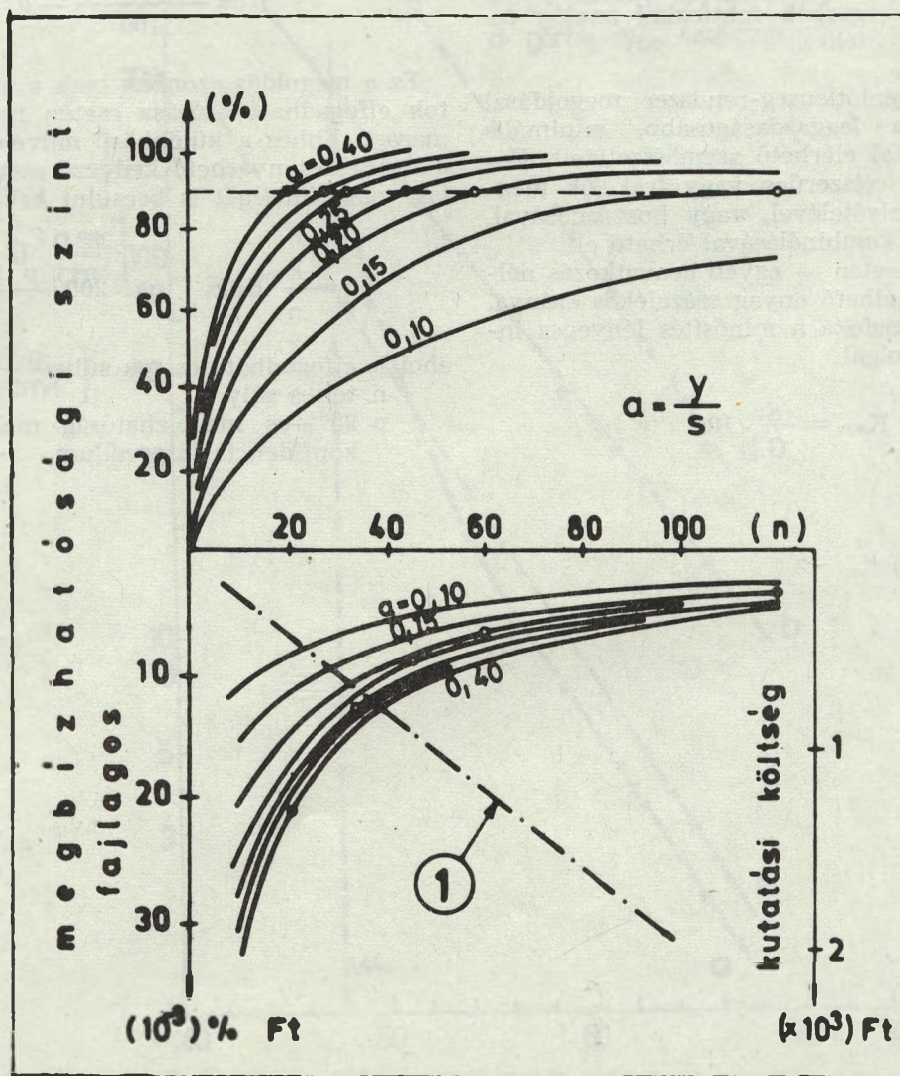
Fentiek analógiájára a kutatás által szolgáltatott ismeretesség mértékére, a kutatás megbízhatóságára is tájékoztatást nyerhetünk, Δm_k értékét, mint még elfogadható hibát megkövet az eloszlás jellegének megfelelő — matemaikai statisztikai — összefüggés felhasználásával (11. ábra). Ezáltal lehetővé válik a kutatások azonos, a gyakorlat számára kielégítő megbízhatósági szintig való megismerése. Mivel a fajlagos megbízhatósági szint a feltárások számával, ill. ráfordítási költségek növelésével fokozatosan csökken, elkerülhetők a felesleges, csak minimális többletinformációt nyújtó többletfeltárások is.

6. A kavicselőfordulás kutatási eredmények alapján történő tájékoztató értékelése

A kavicselőfordulás anyagának a minőségi kavics előállítása szempontjából történő kutá-

tással párhuzamos vizsgálata előzetes tájékoztatást nyújt a bányaművelést és az anyag előkészítését tervező és felhasználó szakemberek számára. Ez elsősorban a legtöbb gondot okozó szemösszetételre kell kiterjedjen. A természetes településű kavicsos nyersanyagok — mint arra korábban már utaltunk — natur formában rendszerint nem felelnek meg teljes egészében az előírt kívánalmaknak. Kedvező irányba történő befolyásolásuk azonban a minőségtől függő gazdasági kihatású.

A vizsgálat az átlagos, szitán átesett anyag kumulatív görbéjének elemzésére terjed ki. Az első lépésben az előírt határgörbét és a folyamatosságot kielégítő átalakítás kívánatos.



11. ábra: A kutatás megbízhatóságának vizsgálata

Ennek optimális feltételei:

$$\begin{aligned}
 g_i + a_i &= G_i & \sum_1^k G_i &= S_{k+1} \\
 \sum g_i &= 100 & S_i &\geq S_i'' \\
 \sum a_i &= 0 & S_i &\leq S_i' \\
 \sum |a_i| &= \text{minimális} & G_i &\geq G_i' \text{ min} \\
 & & G_i &\leq G_i'' \text{ max}
 \end{aligned}$$

ahol: g_i ; a_i a natúr és az átalakításhoz szükséges i -dik szitán fennmaradó anyag súlyszázaléka az átalakítás után nyert anyag i -dik szitán fennmaradó és át-eső súlyszázaléka
 G_i ; S_i
 G'_i ; G''_i ; S'_i ; S''_i előírt felső és alsó határgörbék fentiekkel analóg értékei.

Amennyiben a natúr anyag szemszerkezete csak kevésbé tér el az előállítandóétól, a frakciók hozzáadásával történő javítás a leggazdaságosabb megoldás. Az ehhez szükséges frakció-mennyiségek a következőkből számíthatók:

$$I_i = \frac{G_i \times K_{max}}{100} - g_i$$

A fenti egyenlőtlenség-rendszer megoldásai szolgáltatják a leggazdaságosabb, minimális anyagmozgatással elérhető szemösszetételt. Ennek biztosítása célszerűen vagy frakciók megfelelő arányú elvételével, vagy hozzáadásával, esetleg a kettő kombinálásával érhető el.

Ez a megoldás azonban csak a minőségi adatok elfogadható szórása esetén nyerhet alkalmazást. Ehhez a különböző művelési technológiák mellett nyerhető kedvező esetek előfordulási valószínűségét is becsülni kell.

Osztályozás esetén — egyéb beavatkozás nélkül — felhasználható anyag százalékos aránya, a kihozatal határfoka a minősítés lényeges információjául szolgál.

$$p = \frac{k}{n} \cdot 100; \quad p = 200 \left(\frac{p(1-p)}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$K_{min} = \frac{g_i}{G_i} \cdot 100$$

ahol k elfogadható esetek súlya
 n teljes súly
 p 95⁰/₀-os megbízhatóság mellett becsült konfidencia intervallum.