

## A BALATON-KÖRNYÉK FELSŐ-PANNÓNIAI KORÚ KÉPZŐDMÉNYEINEK ÉPÍTÉSFOLDTANI JELLEMZÉSE

CSEERNY TIBOR

M Áll Földtani Intézet Budapest, Népstadion út 14  
H-1143

ETO 624 131 1(439 117 + 439 121/ 123)

T á r g y s z a v a k mérnokgeológia, üledékes kőzet, képlekenység, folyási határ, nyomási ellenállás, statisztika, felső-miocén (pannóniai), Balaton környéke

A Balaton udulókorzet tervszerű fejlesztésének és rendezésének részeként 1960—1980 között 1 10 000 méretarányú építésföldtani térképezés folyt a parti sáv 4—6 km széles sávjában 1980—1982 között elvegeztük az első térképezési ciklus eredményeinek kamerális feldolgozást Ennek keretében, többek között, elkészült a térképezés során lemélyült kis mélységű fúrásokból (5—30 m, átlag 15 m), a természetes és mesterseges feltárásokból vett mintakon végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek statisztikus kiértékelése is

Dolgozatomban a térképezett terület legelterjedtebb és építésföldtani jelentősége tekintve legfontosabb képződményeinek, a felső-pannóniai üledékes kőzeteknek földtani, építésföldtani jellemzését adom A kőzetfizikai paraméterek kiértékelésén túl összefüggéseket kerestem az üledékes kőzet agyagtartalma és paramétereit között Vizsgálatom eredményeként egyenlétellel leírható összefüggéseket találtam a képződmények agyagtartalma és a folyási határ, a plasztikus index, a belső súrlódási szög és a kohezió (nyomó- és nyírókísérlet alapján), illetve a nyomószilárdság között

1968—1981 között a Balaton-part 4—6 km széles sávjában 1 10 000 méretarányú építésföldtani térképezés folyt, amelynek során megközelítőleg 2500 db kis mélységű (5—30 m, átlag 15 m) fúrás mélyült, közel 30 000 m összmélységgel A fúrások nagyobb része a laza, fiatal üledékekkel (negyedidőszaki és a felső-pannóniai képződményekkel) borított területen mélyült A fúrásokból gyűjtött zavart és zavartlan mintakon 1966—1979 között készültek a vizsgálatok Ezek eredményeinek kiértékelésére és értelmezésére 1980—1983-ban került sor

A tanulmányhoz nyújtott szakmai konzultációért BOROS J laborvezető geológusnak, a számítások elvégzéséért NÉMETH G -né és KISS J -né munkatársaknak tartozom köszonettel

### A pannóniai képződmények földtani jellemzése

A pannóniai képződmények tagolását a térképezés kezdetén, elfogadott lito—biosztratigráfiai felosztás (STRAUSZ L 1941, BARTHA F 1959) alapján végeztük

Az alsó-pannóniai uledékeket csak mélyebb fúrásokból ismerjük. Mivel ezek sem a felszínen, sem a fúrásainkkal harántolt mélységben (10–15 m) nem fordulnak elő, jellemzésükre nem térek ki.

A felső-pannóniai uledékek közül a *C. ungula caprae*-s rétegek durva megközelítésben a Balaton északi partján, a *C. balatonica*-s rétegek pedig a déln találhatóak. A bazalt és bazalttufa előfordulások a Tapolcai-medencében, a Tihanyi-félszigeten, Fonyód és Balatonboglár mellett ismertek. Eredeti célnak megfelelően az uledékes képződményeket ismertetem részletesen.

#### A felső-pannóniai alemelet alsó része (*Congeria ungula caprae*-s szint)

A *C. ungula caprae*-s rétegek a Balatontól északra levő dombokon díszkordanciával települnek az idősebb paleo–mezozóos képződményekre, míg a déli parton fokozatos átmenettel fejlődnek ki az alsó-pannóniai korú uledékekből.

A vékonyréteges, változékony felépítésű összletben a térképezés során egy agyagos kőzetliszt, kőzetlisztes agyag, márga összetételű kohéziós, egy homok, kavicsos homok, kőzetlisztes homok összetételű szemcsés és egy kavics, homokos kavics, tormelék, konglomerátum tartalmú tormelékes kifejlődést különítettünk el. Az ezekben a kifejlődési egységekben lemélyült fúrások rétegsorában természetesen sokféle kőzettípus 0,2–2,0 m vastag rétegét írtuk le, gyűjtöttük be mintáját és határozattuk meg azok közt fizikai jellemzőit.

A Kállai-medence déli részén (Salföld, Kővágóórs koryékén) és a Tapolcai-medencében homok, kavicsos homok, kavics és homokkő képviseli a felső-pannóniai alemelet alsó részét, bár alárendelten pelites uledék is előfordul. Keszthely koryékén homok és vastagpados homokkő található. A Balaton-felvidék lábán abráziós képződményeket (kőzettomb, kavics, homok) térképeztünk. Balatonfűzfőtől délre, Siófokig kőzetlisztes agyagot, kőzetlisztet és homokot harántoltak a fúrások. Siófoktól Keszthelyig, a Balaton déli partján a *C. ungula caprae*-s rétegek nagyobb mélységekben valószínűsíthetők.

#### A felső-pannóniai alemelet középső része (*Congeria balatonica*-s szint)

A *C. balatonica*-s rétegek fekuje a *C. ungula caprae*-s szinthez tartozó sorozat, melyből rétegváltakozással fejlődik ki. Fedője északon az említett bazalt vulkáni összlet, délen kisebb-nagyobb vastagságú negyedidőszaki uledéksorozat. Vastagsága az északi parton nem haladja meg az 50 m-t, a déli parton gyakran 100–200 m közötti.

A litológiai felépítésre jellemző a változékonyosság, mind vízszintes, mind függőleges irányban. Homok, kőzetliszt és agyag fordul elő lignit és szervesanyag-tartalmú rétegek kozbetelepülésével. A felsorolt kőzettípusok sűrűn váltakoznak, vastagságuk néhány cm-től néhány méterig terjed. Leggyakoribbak a 0,5–2,0 m-es rétegek. Így a *C. ungula caprae* szinthez hasonlóan, a térképezés során, itt is az uralkodó kőzettípus alapján neveztük el a fáciesegységeket. Ezek szerint kiválasztottunk egy agyagos kőzetliszt–kőzetliszt tartalmú lignitcsíkos kohéziós, és egy kőzetlisztes homok–homok–vékonypados homokkő összetételű szemcsés uledékes fáciesegységet.

A *C. balatonica*-s szint képződményei a Balaton északi partján csupán a Tapolcai tanúhegyek bazaltjának fekujében és a Tihanyi-félszigeten találhatóak meg, míg a Balaton déli partján az egyik legelterjedtebb uledék.

## A felső-pannóniai üledékes képződmények építésföldtani jellemzése

A felső-pannóniai üledékekre az alsó-pannóniával ellentétben — vékonyréteges, változékony felépítés a jellemző. A térképezés során elkülönített fáciesegységek a bennük uralkodó litológiai változatok alapján kapták a nevüket. A laboratóriumban a térképen elkülönített fáciesegységeken belüli rétegekből gyűjtött mintákat vizsgáltam, s adtam meg jellemző kőzetfizikai paramétereiket.

A litológiai nevezéktani rendszert az 1. ábra tünteti fel. Ez alapján a kortól, a genetikától és a karbonáttartalomtól függetlenül, csupán a szemcseösszetétel alapján a következő kőzet-típusok különíthetők el: homok, kőzetlisztes homok, homokos kőzetliszt, homokos agyag, kőzetliszt, kőzetlisztes agyag és agyag. A fenti litológiai csoportosításban, a *Congeria unguia caprae*-s és *C. balatonica*-s rétegekre a következő kőzetfizikai paramétereket adom meg (2a—b—c és 3a—b—c ábra) természetes víztartalom, porozitás, anyagsűrűség, térfogatsűrűség,  $\text{CaCO}_3$ -tartalom, folyási határ, plasztikus és konzisztencia index (Casagrande és Vasziljev-kísérletek alapján), belső súrlódási szög és kohezió (nyomás és nyírás alapján), valamint az egyirányú nyomószilárdság.

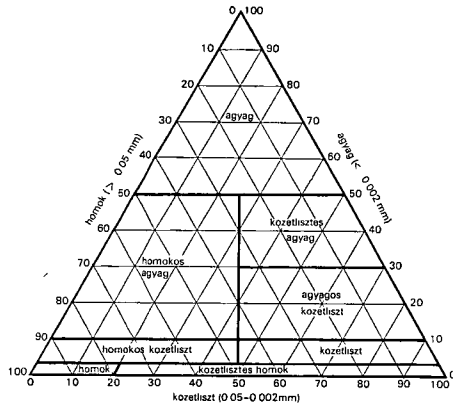
A felső-pannóniai korú összletet harántolt fúrásokban elkülönített 0,2—2,0 m vastag rétegekből mintegy 2000 db zavartalan minta laboratóriumi vizsgálata készült el, ami közel 25 000 db mért, ill. számított paraméter statisztikai kiértékelésére, ill. azok eredményeinek értelmezésére adott lehetőséget. A paraméter-átlagok kiszámítása előtt Henry-féle grafikai módszerrel állapítottam meg az adatok normál, lognormál vagy egyéb torványszerűség szerinti megoszlását, s az átlagértékeket ennek megfelelően számítottam. Elmondható, hogy a paraméter értékeknek csak egy kisebb része normál eloszlású, többsége lognormál, és gyakori a 2—3 maximumos eloszlás is.

### Osszefüggések az üledékek agyagtartalma és átlagparaméterei között

Ismeretes, hogy az egyes képződmények kőzetfizikai tulajdonságait elsődlegesen azok agyagtartalma határozza meg. Ezért megpróbáltam összefüggéseket keresni az egyes litológiai csoportok agyagtartalma és tulajdonságai között.

A természetes víztartalom ( $W$ ) és az agyagtartalom között jól kifejezett összefüggés nincs.

A porozitás ( $e$ ) az agyagtartalommal elméletileg egyenesen arányos. Ez a torványszerűség vizsgálataim alapján nem igazolható. E tény, valamint a vizsgált kőzettípusok porozitásának a vártnál nagyobb értékei azzal magyaráz-



1. ábra A felső-pannóniai képződmények felosztása és megnevezése szemcseeloszlásuk alapján.

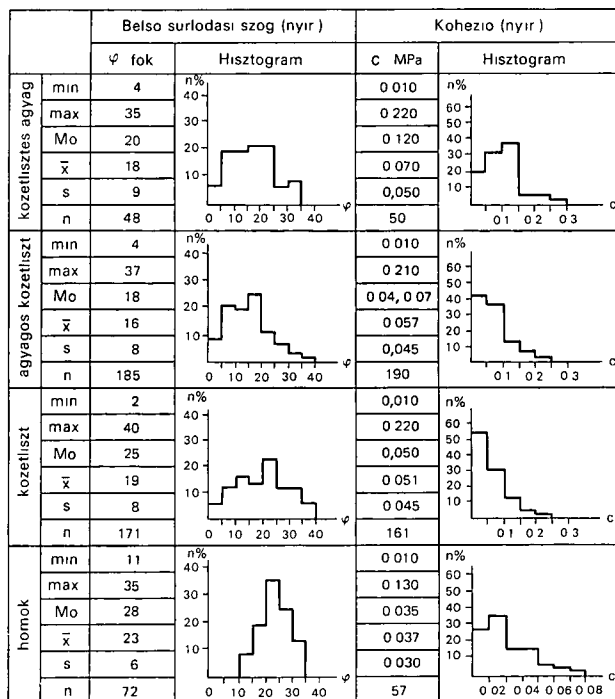
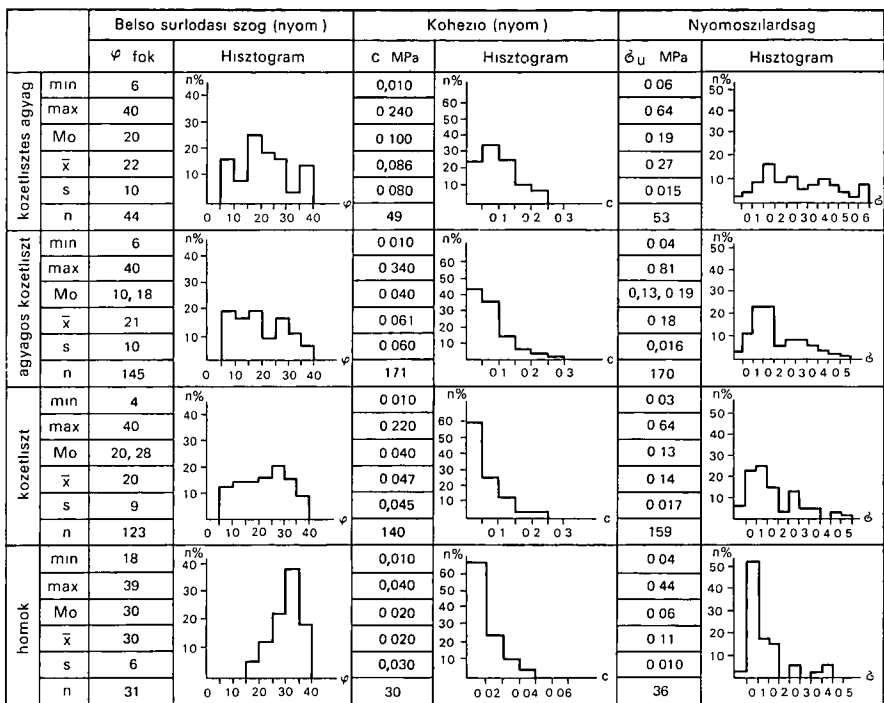
Fig. 1 A classification proposed for the clastic sedimentary rocks.

		Természetes víztartalom		Terfogsűrűség		Anyagsűrűség	
		w%	Hisztogram	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	Hisztogram	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	Hisztogram
kozetlisztes agyag	min	11		1,69		2,49	
	max	33		2,25		2,75	
	Mo	22		2,05		2,70	
	$\bar{x}$	20,3		2,01		2,65	
	s	6		0,15		0,10	
	n	69		65		60	
agyagos kozetliszt	min	9		1,80		2,57	
	max	34		2,25		2,75	
	Mo	22		2,00		2,70	
	$\bar{x}$	21,5		2,00		2,68	
	s	4		0,20		0,10	
	n	242		226		226	
kozetliszt	min	13		1,82		2,57	
	max	34		2,16		2,75	
	Mo	24		2,00		2,68, 2,70	
	$\bar{x}$	23,3		1,98		2,68	
	s	4		0,10		0,10	
	n	214		208		193	
homok	min	5		1,64		2,63	
	max	34		2,16		2,75	
	Mo	22		1,93		2,68	
	$\bar{x}$	18,2		1,92		2,68	
	s	5		0,15		0,10	
	n	102		101		76	

		Folyási határ (Cás vizsg)		Plasztikus-index (Cás)		Plasztikus-index (Vasz)	
		W <sub>L</sub> %	Hisztogram	I <sub>p</sub> %	Hisztogram	I <sub>p</sub> %	Hisztogram
kozetlisztes agyag	min	33		10		12	
	max	74		49		38	
	Mo	45, 60		27		20	
	$\bar{x}$	54		29		22	
	s	12		12		8	
	n	70		70		35	
agyagos kozetliszt	min	27		5		4	
	max	72		45		41	
	Mo	49		26		23	
	$\bar{x}$	50		26		21	
	s	11		8		8	
	n	229		232		114	
kozetliszt	min	25		2		6	
	max	69		35		32	
	Mo	44, 48		19, 22		22	
	$\bar{x}$	47		20		18	
	s	9		10		6	
	n	216		173		65	

		Porozitas		CaCO <sub>3</sub> tartalom	
		e	Hisztogram	%	Hisztogram
kőzetlisztes agyag	min	0,33		1	
	max	0,90		50	
	Mo	0,63		22	
	$\bar{x}$	0,58		18,0	
	s	0,15		13	
	n	55		51	
agyagos kőzetliszt	min	0,31		1	
	max	1,07		56	
	Mo	0,62		17	
	$\bar{x}$	0,67		19,3	
	s	0,20		11	
	n	230		168	
kőzetliszt	min	0,44		2	
	max	1,06		44	
	Mo	0,64, 0,72		14	
	$\bar{x}$	0,69		18,6	
	s	0,20		11	
	n	200		140	
homok	min	0,41		1	
	max	0,88		41	
	Mo	0,69		22	
	$\bar{x}$	0,67		13,8	
	s	0,15		10	
	n	98		53	

		Konzisztencia – index (Cas)		Konzisztencia – index (Vasz)	
		I <sub>k</sub>	Hisztogram	I <sub>k</sub>	Hisztogram
kőzetlisztes agyag	min	0,66		0,60	
	max	1,50		1,65	
	Mo	1,07		1,17	
	$\bar{x}$	1,03		1,06	
	s	0,25		0,30	
	n	66		33	
agyagos kőzetliszt	min	0,53		0,67	
	max	1,87		1,64	
	Mo	1,17		0,90	
	$\bar{x}$	1,11		0,99	
	s	0,25		0,30	
	n	228		95	
kőzetliszt	min	0,45		0,40	
	max	1,70		1,65	
	Mo	1,11		0,90	
	$\bar{x}$	1,13		1,00	
	n	0,30		0,30	
	s	161		54	



2a-b-c ábra A felső-pannoniai *Congeria unguia caprae*-s szint (Pl<sub>2</sub><sup>1</sup>) üledékes képződményeinek kőzetfizikai paraméterei

Fig 2a-b-c Petrophysical parameters of the sedimentary rocks of the Upper Pannonian *Congeria unguia caprae* Horizon (Pl<sub>2</sub><sup>1</sup>)

hatók, hogy a minták a felső (max 15 m mély) rétegekből származnak, ahol a képződmények mállottak. Mivel a felső-pannóniai uledék sok piritet tartalmaz, aminek bomlása (limonittá válása) térfogatnövekedéssel jár, így az uledék a mállás során fellazul. Ez a folyamat elsősorban a homokos rétegeknél figyelhető meg, ami részben magyarázza a homokok agyagoknál magasabb pórus-térfogatát.

Az *anyagcsűrűség* ( $\rho$ ) értékek kicsiny határok között mozognak, mégis változásaiban bizonyos törvényszerűség figyelhető meg. Az agyagos kőzetek térfogatsűrűsége az ásványösszetételbeli különbségek miatt kismértékben ugyan, de kisebb a homokosaknál.

A *térfogatsűrűségnek* ( $\gamma$ ) a porozitással szoros negatív összefüggésben kell lennie. Az általam kapott átlagparaméterek összehasonlításakor azonban az látható, hogy az agyagosabb változatok térfogatsűrűsége magasabb, mint a homokos változatoké. Ez egyszerűen abból adódik, hogy az agyagok jobban megtartják a vizet, mint a homokok, így az agyagos minták pórusaiban a laboratóriumi mérésekkor általában még víz van, míg a homokok esetében legtöbbször levegő. Ezért jobbnak tartom a képződmények összehasonlítását száraz térfogatsűrűségük alapján. A *C ungula caprae*-s és *C balatonica*-s uledékek porozitás és térfogatsűrűség értékei között tapasztalt különbség ez utóbbiak magasabb  $\text{CaCO}_3$ -tartalmával magyarázható.

A *CaCO<sub>3</sub>-tartalom* és az agyagtartalom egyenesen arányos, ami az agyagosabb változatok nagyobb fajlagos felületével függ össze. A vízből kicsapódó  $\text{CaCO}_3$  ugyanis a szemcsék felületén kötődött meg.

A folyási határ, a plasztikus index és a konzisztencia index meghatározása kétféle laboratóriumi módszerrel történt. Casagrande és Vasziljev-kúpos módszerrel. A paraméterek és az agyagtartalom között meghatározási módszertől függetlenül, jól kifejezhető összefüggéseket találtam, melyeket a 4 ábrán tüntettem fel.

A *folyási határ* ( $W_L$ ) az agyagtartalommal egyenesen arányos, értékét az uledék agyagtartalmának ismeretében a következő empirikus képlet alapján számíthatjuk:  $a =$  a képződmény agyagtartalma %-ban, frakcióhatár 0,002 mm)

$$W_L = 0,21 a + 46 \quad (\text{a korreláció } 0,99)$$

A vártnál magasabb  $W_L$  értékeket a pannóniai peltes uledékek ásványtani összetételével magyarázom. A nagyobb részt kitevő agyagásványok között a montmorillonit dominál, kisebb mértékben illit, alárendelten hidrocillám, klorit van jelen. A vizsgálatok elvégzése során bebizonyosodott, hogy az agyagmintában levő montmorillonit képes nagy mennyiségű vizet úgy megkötni, hogy közben a minta nem jut folyós állapotba.

A *plasztikus index* ( $I_P$ ) és az agyagtartalom között a Casagrande ( $I_P^C$ ) és Vasziljev ( $I_P^V$ ) módszer eredményeinek kiértékelésével a következő összefüggéseket találtam:

$$I_P^C = 0,30 a + 17,5 \quad (k = 0,93),$$

$$I_P^V = 0,13 a + 16,8 \quad (k = 0,86)$$

A két módszer által kapott eredmények közötti eltérés okát a módszerek különbözőségében látom. A Casagrande-vizsgálat sodrásai határának meghatározása sok szubjektív tényezőt tartalmaz, míg a Vasziljev-kúpos módszerrel

		Természetes víztartalom		Terfogatsűrűség		Anyagsűrűség	
		W%	Histogram	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	Histogram	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	Histogram
agyagos közetliszt	min	11		1,86		2,55	
	max	39		2,20		2,79	
	Mo	21		2,06		2,71	
	$\bar{x}$	22,8		2,03		2,69	
	s	5		0,15		0,10	
	n	524		419		483	
közetliszt	min	10		1,82		2,62	
	max	34		2,24		2,78	
	Mo	22		2,00, 2,06		2,71	
	$\bar{x}$	23,3		2,01		2,69	
	s	6		0,10		0,10	
	n	545		514		537	
homokos közetliszt	min	5		1,86		2,65	
	max	31		2,10		2,74	
	Mo	21		1,95, 2,05		2,70	
	$\bar{x}$	20,3		2,00		2,69	
	s	5		0,10		0,10	
	n	36		29		32	
közetlisztes homok	min	11		1,86		2,66	
	max	32		2,07		2,75	
	$\bar{x}$	(18,8)		(1,97)		(2,70)	
	n	27		25		27	
homok	min	7		1,75		2,57	
	max	31		2,18		2,74	
	Mo	25		2,00		2,68	
	$\bar{x}$	22,6		1,94		2,69	
	s	5		0,10		0,10	
	n	157		146		150	

		Folyási határ (Cas vizsg)		Plasztikus-index (Cas)		Plasztikus-index (Vasz)	
		W <sub>L</sub> %	Histogram	I <sub>p</sub> %	Histogram	I <sub>p</sub> %	Histogram
agyagos közetliszt	min	27		8		5	
	max	85		48		41	
	Mo	46, 52		16, 26		18	
	$\bar{x}$	51		22		18	
	s	10		11		7	
	n	486		581		323	
közetliszt	min	29		6		6	
	max	70		41		35	
	Mo	42, 52		19		19	
	$\bar{x}$	47		18		17	
	s	9		7		6	
	n	431		429		188	



		Porozitas		CaCO <sub>3</sub> tartalom	
		e	Hisztogram	%	Hisztogram
agyagos kőzetliszt	min	0,40		1	
	max	0,90		65	
	Mo	0,70		25	
	$\bar{x}$	0,65		25,9	
	s	0,10		12	
	n	410		243	
kőzetliszt	min	0,40		7	
	max	1,00		41	
	Mo	0,59, 0,67		25	
	$\bar{x}$	0,67		25,3	
	s	0,10		8	
	n	512		253	
homokos kőzetliszt	min	0,44		16	
	max	0,89		32	
	Mo	0,65		(24)	
	$\bar{x}$	0,63			
	s	0,10		15	
	n	32		15	
kőzetlisztes homok	min	0,54		7	
	max	0,87		23	
	$\bar{x}$	(0,70)		(20,4)	
	n	27		9	
homok	min	0,22		6	
	max	0,86		45	
	Mo	0,72		22	
	$\bar{x}$	0,66		20,8	
	s	0,15		8	
	n	144		79	

		Konzisztencia-index (Vasz)		Konzisztencia-index (Cas)	
		$I_k$ %	Hisztogram	$I_k$ %	Hisztogram
agyagos kőzetliszt	min	0,25		0,35	
	max	2,15		1,95	
	Mo	0,88		0,98, 1,17	
	$\bar{x}$	1,01		1,16	
	s	0,40		0,40	
	n	319		475	
kőzetliszt	min	0,25		0,20	
	max	2,00		2,00	
	Mo	0,88		1,08	
	$\bar{x}$	0,87		1,18	
	s	0,40		0,40	
	n	175		419	

		Belső surlódási szög (nyom)		Kohezió (nyom)		Nyomoszilárdság	
		$\varphi$ fok	Hisztogram	c MPa	Hisztogram	$\sigma_u$ MPa	Hisztogram
agyagos kötélszt	min	3		0 010		0 06	
	max	40		0,230		0 94	
	Mo	2 0		0 040		0,19 0 26	
	$\bar{x}$	22		0 061		0 19	
	s	10		0 050		0 018	
	n	233		289		270	
kötélszt	min	5		0 010		0 05	
	max	44		0 200		0 92	
	Mo	30		0 030		0 13 0 19	
	$\bar{x}$	25		0 053		0 18	
	s	10		0,045		0 15	
	n	289		363		404	
homokos kötélszt	min	6		0 025		0 10	
	max	40		0 050		0 34	
	$\bar{x}$	(27)		(0 047)		(0 20)	
	n	15		17		18	
kötélszt homok	min	20		0 015		0 06	
	max	44		0 070		0 26	
	$\bar{x}$	(31)		(0,043)		(0 16)	
	n	10		10		10	
homok	min	13		0 010		0 03	
	max	40		0,065		0 33	
	Mo	34		0 020		0 60	
	$\bar{x}$	(28)		0 019		0 12	
	s			0 030		0 10	
	n	21		26		30	

		Belső surlódási szög (nyír)		Kohezió (nyír)	
		$\varphi$ fok	Hisztogram	c MPa	Hisztogram
agyagos kötélszt	min	3		0 010	
	max	36		0,220	
	Mo	10, 17		0 040	
	$\bar{x}$	18		0 062	
	s	8		0 045	
	n	216		221	
kötélszt	min	4		0 010	
	max	41		0,240	
	Mo	19		0,03 0 07	
	$\bar{x}$	20		0 054	
	s	8		0 045	
	n	305		296	
homokos kötélszt	min	12		0 015	
	max	36		0 075	
	$\bar{x}$	(24)		(0 041)	
	n	22		18	
kötélszt homok	min	12		0 010	
	max	36		0 130	
	$\bar{x}$	(21)		(0 078)	
	n	18		18	
homok	min	5		0 010	
	max	38		0 100	
	Mo	25 30		0 020	
	x	23		0,038	
	s	7		0 030	
	n	105		55	

3c

3a–b–c abra A felső-pannóniai *Congeria balatonica*-s zint ( $P_1^2$ ) üledékes képződményeinek kőzetfizikai paramétereit

Fig 3a–b–c Petrophysical parameters of the sedimentary rocks of the Upper Pannonian *Congeria balatonica* Horizon ( $P_1^2$ )

mindkét határ (folyási és sodrásí) objektív méréssel kapható meg A vártnál magasabb plasztikus index értékek egyrészt az agyagásványok tulajdonságával (a  $W_L$ -hez hasonlóan), másrészt a magas limonittartalommal (a  $Fe^{III}$  könnyen kolloidot képző csapadék, ami növeli a plaszticitást), harmadsorban pedig a szinte mindig meglévő szervesanyag-tartalommal magyarázható Vizsgálataink bebizonyították, hogy a  $CaCO_3$ -tartalom csak kis mértékben befolyásolja a plaszticitást (a  $CaCO_3$ -tartalomnak az agyagásványok rovására történő növekedése, az agyagfrakció azonos mértéke mellett, a plaszticitás csökkenését eredményezi)

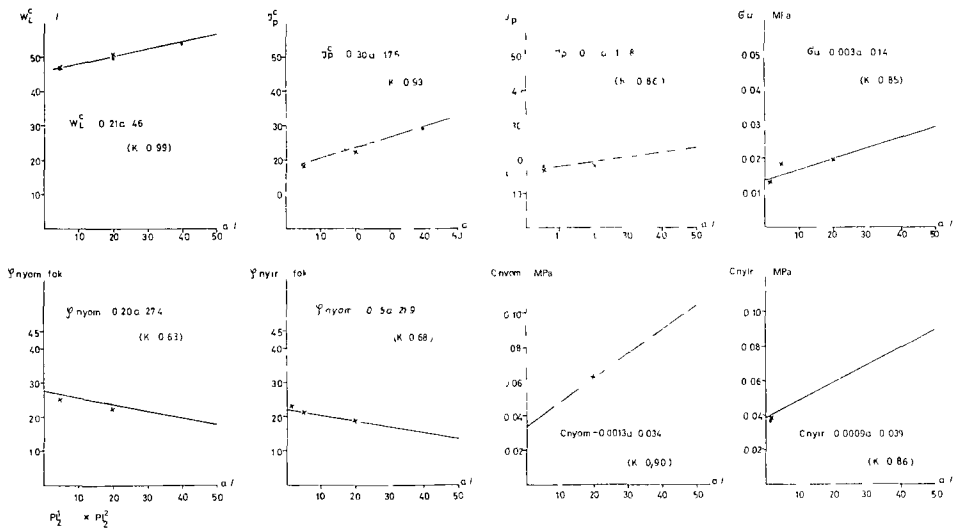
A konzisztencia index ( $I_K$ ) az agyagtartalomtól független, a meghatározási módszertől függő értéket mutat A Casagrande-módszer alapján számított érték 1,2, míg a Vasziljev-kúpos módszer által kapott 0,9 A kapott értékek alapján a képződmények félkemény uledékeknek minősíthetők

A mechanikai tulajdonságokat (belső súrlódási szög, kohézió, egyirányú nyomószilárdság) nyíró- és egyirányú nyomókísérletekkel határoztuk meg Az előzővel elsősorban a homokos változatokat, az utóbbival az agyagosokat vizsgáltuk A meghatározott paraméterek és az agyagtartalom közötti összefüggések (4 ábra) jellege a kétféle módszer esetében természetesen azonos, bár értékek között van különbség A mechanikai paraméterek a C balatonica-s és C ungula caprae-s korú képződményekre közel megegyeznek, azaz ebben a rétegtani tartományban kortól függetlenek

A belső súrlódási szög ( $\varphi$ ) és az agyagtartalom közötti összefüggés az alábbi egyenletekkel írható le

$$\varphi_{nyir} = -0,15 a + 21,9 \quad (k=0,68),$$

$$\varphi_{nyom} = -0,20 a + 27,4 \quad (k=0,63)$$



4 ábra A felső-pannóniai uledékes képződmények talajfizikai paramétereit és agyagtartalma közötti összefüggés

Fig 4 Relationship between the petrophysical parameters and the clay content of Upper Pannonian deposits

A kohézió ( $c$ ) az agyagtartalommal természetesen egyenesen arányos. A vizsgálati módszer függvényében a korrelációs egyenesek egyenletei a következők

$$C_{\text{nyir}} = 0,0009 a + 0,039 \quad (k = 0,86),$$

$$C_{\text{nyom}} = 0,0013 a + 0,034 \quad (k = 0,90)$$

A homokos képződményeknél meghatározott kohézió ún. „látszólagos”, ami a magas  $\text{CaCO}_3$ -tartalommal, esetenként az optimálshoz közeli nedvesség-tartalommal függ össze

A nyomószilárdság ( $\sigma_u$ ) az agyagos képződményeknél magasabb, mint a homoknál, az összefüggés az alábbi egyenlettel írható le

$$\sigma_u = 0,003 a + 0,14 \quad (k = 0,85)$$

A megfigyelt és empirikus egyenlettel leírt törvényszerűséget a pelites uledékek nagyobb  $\text{CaCO}_3$ -tartalmával magyarázom. Ez utóbbinak köszönhető a képződmény gyakran kemény, márga jellege. A  $\text{CaCO}_3$ -tartalom okozta magasabb szilárdság azonban, különösen a homokok esetében, víz hatására lényegesen csökken.

### Következtetések, javaslatok

A Balaton környékének legelterjedtebb — és ezért építésfoldtani szempontból talán legfontosabb — képződményeknek építésfoldtani jellemzésével, kőzetfizikai paramétereinek laboratóriumi eredményeivel, annak kiértékelésével és értelmezésével céлом egyrészt a másfél évtizedes kutatás részeredményeinek összefoglalása volt, másrészt hasznos útmutatást szeretnék adni két olyan közelmúltban megindult kutatásnak, ahol a felső-pannóniai képződmények elterjedése és jelentősége a cikkben vázoltakéhoz hasonló. Az egyik, a Balaton kiterjesztett udulókorzetének 1:50 000 méretarányú építésfoldtani térképezése, a másik a Kislalföld 1:100 000 méretarányú komplex foldtani kutatása. Az említett programok keretén belül, de egyéb felső-pannóniai képződményeken fekvő Balaton környéki települések fejlesztésénél is eredményeim jól felhasználhatók. Az összefoglaló munka során nyert tapasztalataim alapján a következő javaslatokat teszem

1. A felső-pannóniai képződmények elterjedési területén mélyült fúrásokból, vagy feltárásokból szedett mintákon az építésfoldtani térképezés során el kell végezni a szemcseeloszlás, természetes víztartalom, térfogatsűrűség,  $\text{CaCO}_3$ - és szervesanyag-tartalom meghatározásokat. A mért adatokból a porozitás és a száraz térfogatsűrűség kiszámítása is szükséges. A felsorolt paraméterek elegendőek a képződmények jellemzéséhez és azonosításához. Ezenkívül az általam közölt egyenletek segítségével, igaz, különböző megbízhatósággal, de számíthatók a plasztikussági jellemzők és a mechanikai paraméterek. Az új kutatások során megfelelő gyakorisággal csupán ellenőrizni kell a számított értékeket, melyekkel végül is pontosíthatók a korábban megadott összefüggések.

Ezzel egyfelől a munka- és időigényes laboratóriumi vizsgálatok hagyhatók el, illetve ritkíthatók, másfelől feleslegessé válik a folyamatos zavartalan magfúrás.

2 A jövőben a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit elejétől fogva figyelemmel kell kísérni, további összefüggéseket keresve az egyes paraméterek között porozitás és térfogatsűrűség, természetes víztartalom és a mechanikai tulajdonságok stb. Pozitív eredmények esetén ezzel további időt és pénzt lehet megtakarítani.

3 A cikkben közölt litológiai nevezéktan (1. ábra) alapja az üledékek agyagtartalma, ami jól korrelál az üledékek kőzetfizikai paramétereivel. Az építésföldtani térképezésnél ez ideig nincs mindenki által elfogadott, minden igényt kielégítő nevezéktan, így a különböző programok kivitelezői más-más képződmény-megnevezést használnak.

A cikkben közölt nevezéktan létjogosultságát a kőzetfizikai paraméterek és az agyagtartalom között levő összefüggések bizonyítják, azaz a képződmények megjelenése azok építésföldtani tulajdonságaival korrelálnak. Így javasolom a nevezéktan az építésföldtani térképezés során történő bevezetését.

#### IRODALOM — REFERENCES

- BARTHA F — KLEB B et al 1971 A magyarországi pannonkori képződmények kutatásai — Akadémiai Kiadó, Budapest
- BOROS J — CSERNY T — CSILLAG G — KURIMAY Á — PAPP P — ZARAND Cs 1980 Magyar-  
rázó a Balaton környékének építésföldtani térképsorozatához — Földt. Int. Adat-  
tár, kézirat
- JÁMBOR Á 1980 A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei — Földt. Int.  
Évk. 62
- KÉZDI Á 1969 Talajmechanika I, II — Tankönyvkiadó, Budapest
- KEZDI Á 1976 Talajmechanikai praktikum — Tankönyvkiadó, Budapest
- LÓCZY L 1913 A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek sze-  
rinti telepedése — Budapest
- PAÁL T 1974 Talajfizikai jellemzők eloszlás-vizsgálata — Mélyépítéstud. Szemle 24
- SARAPOV I. P 1965 Primenenie matematicheskoy statistiki v geologii — Nedra,  
Moszkva

### AN ENGINEERING-GEOLOGICAL DESCRIPTION OF THE UPPER PANNONIAN DEPOSITS IN THE LAKE BALATON REGION

by  
T. CSERNY

Hungarian Geological Institute Budapest, Nepstadion út 14  
H-1143

UDC 624.131.1(439.117+439.121/123)

**Key-words** engineering geology, sedimentary rocks, plasticity, elastic limit, compressive strength, statistics, Upper Miocene (Pannonian), Southern Transdanubia, Central Transdanubia (Balaton Region)

As required by the land use planning of the Lake Balaton Recreation District, an engineering-geological mapping scaled to 1:10 000 of a 4-to-6-km-

wide lakeshore strip was conducted from 1960 to 1980. Between 1980 and 1982 the processing of the data acquired during the first mapping term was carried out. This work included, among other things, a statistical evaluation of the results of laboratory analyses and tests of samples recovered from the shallow (5 to 30 m deep with an average of 15 m) survey boreholes and from exposures.

In this paper a geological and engineering-geological description of the Upper Pannonian sedimentary rocks, most common and most important from the engineering-geological viewpoint in the mapped area, is given. In addition to evaluating the petrophysical parameters, the author sought to find relationships between them and the clay content of the sedimentary rocks. These studies enable to find relationships between the clay content and other indices such as yield point, plasticity index, internal angle of friction and cohesion (based on compression and shear tests) and compression strength.