

D. CSOMOR AND Z. KISS

## THE SEISMICITY OF HUNGARY

Based on the macroseismic observations of the years 1880—1956 a working up of the material for the construction of a seismicity chart of the country was set in progress. In all, 872 earthquakes have been considered and the depth of the foci could be calculated in 91 cases. The depths are between 1 and 20 kms, except one case, and most frequently between 4 and 7 kms. That means, that the causes of the Hungarian earthquakes must be located in the upper part of the crust or in the rocks above it. The mean depth was calculated as to 8.5 km. Using partial sums of the Benioff-numbers the conditions of the stress accumulation and dissolution for the whole of the country and for Transdanubia are investigated. It could be stated, in accordance with the world-wide results of Gutenberg and Richter, that the main part of the energy released is represented by the energies of the rare big earthquakes. A chart of the distribution of epicenters and depths was prepared and the construction of a seismicity map basing on the energy-distribution, as resulting from the material worked up, is projected.

## MAGYARORSZÁG SZEIZMITÁSA

CSOMOR DEZSŐ és KISS ZOLTÁN

1956. tavaszán tervbe vettük Magyarország szeizmitási térképének elkészítését. Az adott esetben ez a térkép csak makroszeizmikus anyagra épülhetett, mivel nincs olyan földrengési állomáshálózatunk, amely az összes gyenge magyar rezgéseket regisztrálta volna, továbbá nincs közeli rengésekre érvényes magnitúdó egyenletünk sem, amelynek alapján meghatározhattuk volna a kipattant rengések magnitúdóját s ebből az energiát, amely a modern szeizmitási térkép elkészítéséhez szükséges.

A szeizmitási térkép elkészítéséhez az 1880—1956-ig Magyarországon kipattant földrengések makroszeizmikus anyagát használtuk fel. Sajnos, az eredeti megfigyelési anyag a második világháború alatt elpusztult s így részben az irodalomban fellelhető adatokra, részben pedig az Országos Földrengésvizsgáló Intézet által összegyűjtött anyagra támaszkodtunk.

Az anyag összegyűjtése után a feldolgozás első lépése a földrengések erősségének újbóli megbecslése volt. Több esetben nem fogadtuk el a közölt erősségi értékeket, hanem a talált kritériumok alapján megváltoztattuk. Becslésünk alapja a 12°-os Mercalli—Sieberg földrengés-erősségi skála.

Hazánk területén 1880—1956-ig összesen 872 rengés pattant ki, az elő- és utórengésekkel együtt. Az 1. ábrán láthatjuk a rengések évenkénti

eloszlását. Az évi átlag 11 rengés. A rengések száma az évi átlag fölé lényegesen csak azokban az esztendőkből (1908, 1909, 1911, 1925, 1927 és 1956) emelkedik, amely években egy-egy közepes, vagy annál nagyobb erősségű rengést több előrengés vezetett be, vagy több utórengés követett. A 872 rengésből 91 megfigyelési anyaga alapján lehetett izoszeisza tér-



1. ábra. A magyarországi földrengések évi eloszlása 1880—1956-ig

képeket rajzolni. Néhány rengésnél izoszeiszták nélkül, egy-két pont alapján számítottuk a mélységet.

A kapott izoszeisza térképek alapján a

$$\log \frac{r_2^2 + h^2}{r_1^2 + h^2} = \frac{1}{3} (I_1 - I_2) \quad 1.$$

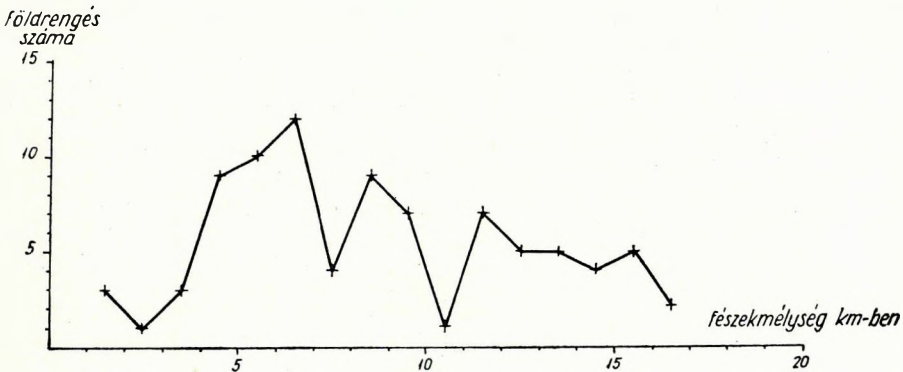
képlettel számítottuk ki a fészekmélységet és a megrázott terület sugarát. Az érzetőség határán az erősséget  $I_1 = 2^\circ$ -nak vettük a Mercalli — Sieberg skálában. A fenti egyenletben  $h$  a fészekmélység,  $I_0$  az intenzitás az epicentrumban,  $I_1, I_2, \dots, I_l$  az intenzitások az  $r_1, r_2, \dots, r_l$  sugarú izoszeisztákon.

Az egyes rengésekre az

$$M = -1,3 + 1,8 \log h + 0,6 I. \quad 2.$$

egyenletből számítottuk a földrengés méretét, magnitúdóját,  $M$ -t.

Néhány rengésnél lehetséges volt az erősebb elő-, illetőleg utórengések-ből is fészekmélységet számítani. Az így kapott értékek jól megegyeztek a főrengésből kapott értékekkel. Pl. az 1931. április 18-án kipattant várpalotai  $5^\circ$  erősségű rengésre 4,9 km mélységet kaptunk, az április 19-i  $4^\circ$ -os utórengésből 5,8 km-t, a  $3,5^\circ$ -osból pedig 5,9 km-t. Az 1936. március 4-én Zemplén megyében keletkezett  $5^\circ$ -os erősségű rengésre 10,3 km, az előrengésből pedig 9,4 km adódott. Az 1951. február 20-i nógrádmegyei



2. ábra. A magyarországi földrengések fészekmélységeinek gyakorisági görbéje 1880—1956-ig

$7^\circ$ -os rengésből 11,5 km, a  $4^\circ$ -os előrengésből 12,1 km, az ugyancsak  $4^\circ$ -os utórengésből pedig 15,1 km-t kaptunk. A kapott értékek jó egyezése az erősség-bebecslések reális és helyes voltára mutat.

A számított 91 fészekmélységből megszerkesztettük a gyakorisági görbét (2. ábra). Láthatjuk, hogy a vizsgált időszakban a makroszeizmikus adatokból meghatározott fészekmélységek egy kivétellel (1939. március 23. biharmegyei rengés  $h = 33,1$  km) az 1–20 km közbe esnek. Leggyakrabban a 4–7 km közé eső fészekmélységek fordulnak elő. Ha feltesszük azt, hogy az erősegeket  $0,5^\circ$ -os, az izoszeiszták sugarát pedig 5 km hibával határoztuk meg, akkor a fészekmélység hibájára kerekén 6 km-t kapunk. Ez azt jelenti, hogy a magyarországi rengések keletkezésének okait egy-két kivételtől eltekintve a kéregben kell keresnünk, sőt a leggyakrabban előforduló rengések fészkei a kéreg felső részébe, vagy a fölé települt kőzetekbe esnek, elfogadva a 20–22 km körüli értéket Magyarországon is a Conrad-féle határfelület mélységére és a 30 km körüli értéket pedig a Mohorovicic-felületre. Az 1–3 km közbe eső fészekmélységű rengések Várpalota környékén pattantak ki, ezek Simon Béla szerint beomlásos rengések.

Átlagos fészekmélységül 8,5 km-t kaptunk. Ezt a  $h$ -értéket az intenzitás, a mélység és a magnitúdó között fennálló (2) egyenletbe helyettesítve az  $I_0$  és  $M$  között nyerünk összefüggést.

$$M = 0,3 + 0,6 I_0 \quad 3.$$

Ebből azoknak a rengéseknek a magnitúdóját számítjuk, amelyekre fészekmélységet meghatározni a megfigyelési anyag alapján nem állt módunkban.

A kapott magnitúdó-értékek alapján a rengéseket osztályokba soroltuk. A rengések magnitúdó-osztályok szerinti eloszlását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

M	A rengések száma 77 év alatt n	Százalékos eloszlás	Az osztályra eső energia	
			77 évre E'	1 évre E
$\leq 2,4$ J....	575	65,9	$2,95 \cdot 10^{18}$ erg	$3,80 \cdot 10^{16}$ erg
2,5—3,4 .....	244	28,0	$4,17 \cdot 10^{19}$	$5,37 \cdot 10^{17}$
3,5—4,4 .....	44	5,1	$5,89 \cdot 10^{20}$	$7,58 \cdot 10^{18}$
4,5—5,4 .....	7	0,8	$8,32 \cdot 10^{21}$	$1,07 \cdot 10^{20}$
5,5—6,4 .....	2	0,2	$1,17 \cdot 10^{23}$	$1,51 \cdot 10^{21}$
Összesen .....	872	100	$1,26 \cdot 10^{22}$ erg	$1,63 \cdot 10^{21}$ erg

A magnitúdó-osztályt jellemző magnitúdó értékek és a rengések száma ( $n$ ) közötti összefüggést ábrázolva (3. ábra) exponenciális görbéhez hasonló görbét kapunk, így a  $\log n$  és az  $M$  közötti összefüggést kiegyenlítővel határoztuk meg. Erre a

$$\log n = 4,17 - 0,65 M \quad 4.$$

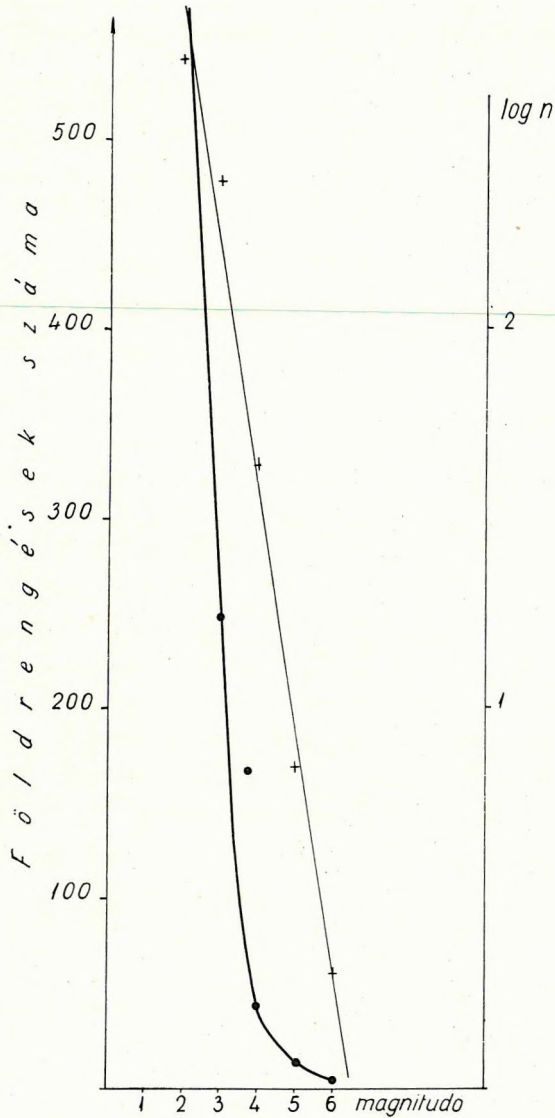
összefüggést kaptuk. M. Bath Fennoscandiára a  $\log n = 3,17 - 0,46 M$  egyenletet kapta.

Az így kapott egyenlet, továbbá a magnitúdó és energia közötti összefüggés segítségével kiszámítottuk a magnitúdó osztályra eső átlagos energia értékeket 77 évre és 1 évre.

A kapott értékeket ugyancsak az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatból a következőket olvashatjuk le. Bár a kis rengések száma nagy, a hozzájuk tartozó összes energia-érték lényegesen kisebb, mint a ritka, nagy rengések energiája. Magyarország területén a ritka erős rengések kipattanásakor felszabaduló energia az összenergia 92,9%-a. Ezzel Magyarország területére is igazoltuk, amit Gutenberg és Richter az egész Földre kimutattak, hogy a felszabaduló energiát a ritka, nagy rengések energiája adja.

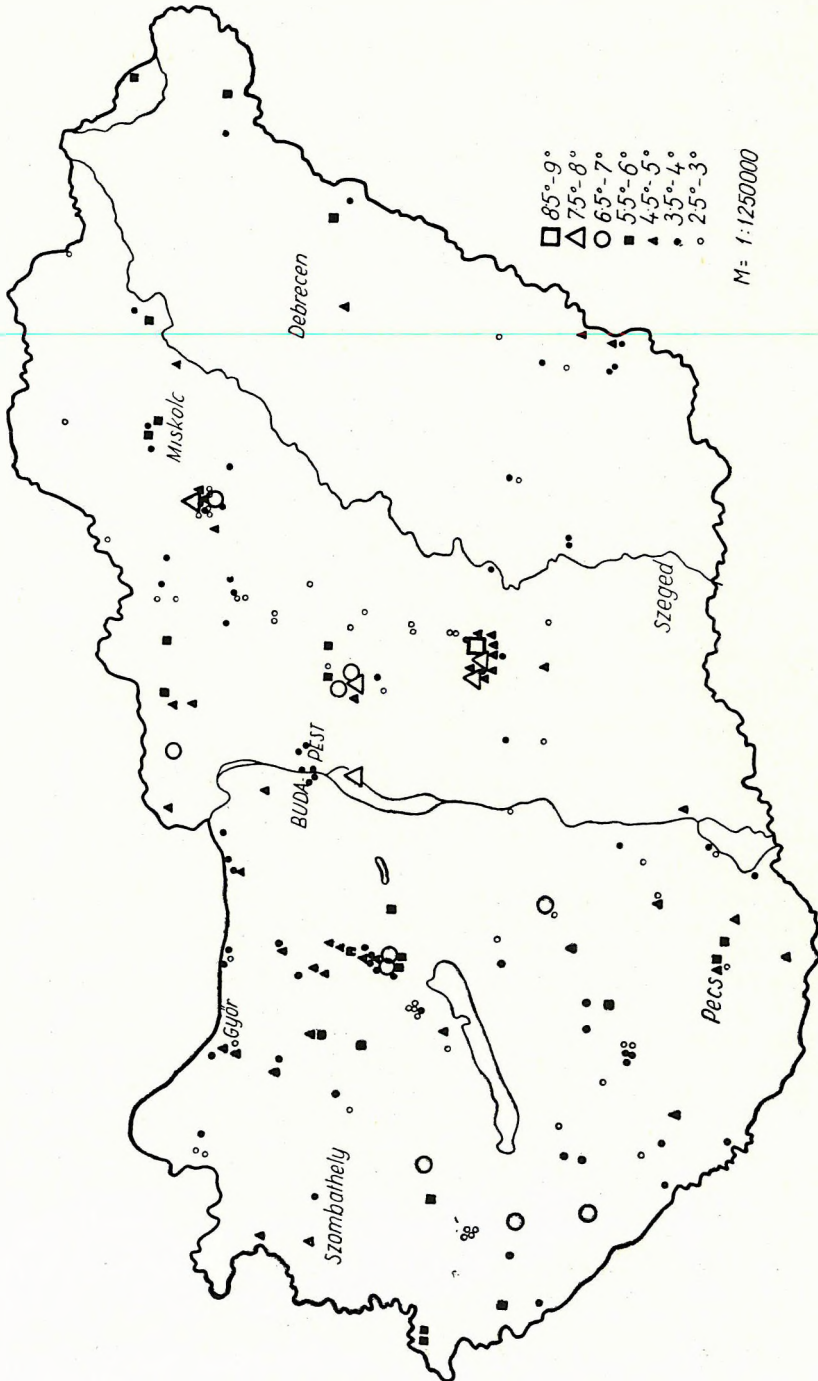
Az epicentrum-eloszlási térképen (1. térkép) az epicentrumokat erősségük feltüntetésével ábrázoltuk. Erre a térképre a különböző időben kipattanó rengésekből meghatározott epicentrumokat tettük fel. Így





3. ábra. Magnitudo-osztály és a földrengések gyakorisága közötti összefüggés ábrázolása

néhány területre epicentrum-halmazt kaptunk. Ilyen területek Kecskemét, Eger, Várpalota, Isztimér, Csókakő, Kaposvár, Budapest, Veszprém és Zalaegerszeg környéke. Nézzük meg részletesebben, milyen és mennyi rengés pattant ki ezeknek a területeknek némelyikén.



1. Magyarországi rengések epicentrumai 1880—1956-ig

Az Eger környékére eső rengések adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Kipattanási idő	Epicentrum földrajzi koordinátái		Fészek-mélység	Erősség	Elő-, utó-rengések száma
1884. XII. 5. ....	47° 54'	20° 22'		4°	1
1888. XI. 26. ....	47 54	20 22		3	
1903. VI. 26.....	47 53	20 24	6,1	8	
1916. I. 19. ....	47 54	20 22		4	
1917. VII. 14. ....	47 54	20 22		3	
1922. VIII. 12. ....	47 54	20 22		3	
VIII. 21. ....	47 54	20 22		2	
1923. II. 9. ....	47 56'	20 28		3	
1925. I. 31. ....	47 52	20 24	6,1	8,5	44
1928. IV. 22.....	47 54	20 22		4	
XI. 20. ....	47 54	20 22		4,5	1
1934. XII. 14. ....	47 51	20 25	11,0	3	
1938. VII. 13. ....	47 51	20 22	7,8	3	
1939. VIII. 22. ....	47 54	20 22	6,2	4	
1940. V. 23. ....	47 52	20 23		2,5	
1946. IV. 26.....	47 54	20 22	4,7	3	
1956. XII. 14. ....	47 52	20 16	14,1	5	4

A fészekmélységeket vizsgálva 2 csoportra esnek szét az epicentrumok. Az első csoport a 4,7–7,8 km közbe eső epicentrumokat tartalmazza, amelyeknek földrajzi koordinátái 47°51–54' N és 20°22–24' E közé esnek. Ezek az epicentrumok meghatároznak egy 6,2 km átlagos mélységű és a 47°52,8' N, 20°22,8' E földrajzi koordinátákkal jellemzett fészket. Ez a fészke esik Eger közvetlen környékére, ebből pattant ki a két erős egri rengés, elő- és utórengésekkel együtt összesen 46, továbbá még 12 olyan rengés, amelyeket Egerben éreztek legerősebben. A 2. csoportba eső három rengés három fészket határoz meg. Az 1923. II. 29-i rengésre mélységünk nincs, ez Berta-major környékére esik. Az 1934. XII. 14-i rengés fészke Andornaktálya határában van, amelynek jellemzői 47°51' N, 20°25' E és a 11 km-es mélység. A 47°52' N, 20°16' E két koordináta és a 14,1 km-es mélység határozza meg az Egerszólát közelében levő fészket, amelyből összesen 5 rengés pattant ki 1956. XII. 14-én. Az Eger környékére eső 4 fészekben összesen 67 rengés keletkezett.

A Kecskemét környéki rengések epicentrumainak (3. táblázat) földrajzi koordinátáit vizsgálva a rengések két csoportra választhatók szét, az egyik csoportnak a 46° 54–57' N, 19° 40–43' E, a másiknak viszont a 46°55–58' N, 19°34–37' E közbe esnek a koordinátái.

3. táblázat

Kipattanási idő	Epicentrum földrajzi koordinátái		Fészkmély-ség	Erősség
1896. X. 29. ....	46° 55'	19° 42'	14,9	5°
1908. V. 24. ....	58	37	13,8	5°
1908. V. 28. ....	57	35	16,9	7,5°
1908. VIII. 26. ....	55	35	15,4	5°
1908. IX. 8. ....	55	42	15,7	5°
1909. II. 16. ....	56	37	16,0	5°
1911. VI. 1. ....	55	42	15,6	4°
1911. VI. 19. ....	56	40	14,8	8°
1911. VI. 19. ....	55	43	16,0	9°
1937. IV. 28. ....	54	41	13,5	4°

Az így adódó két fészket azonos mélység jellemzi, 15,2 illetőleg 15,3 km. A fészkek koordinátái pedig 46°55,3' N, 19°41,7' E és 46°56,2' N, 19°35,8' E. Erre a két fészkekre összesen 139 rengés esik. Az egyik fészkekből pattant ki az 1911. év legerősebb (9°), a másikkól pedig az 1908. év legerősebb (7,5°) rengése.

4. táblázat

Erősség	Fészkek száma
2°	14
2,5°—3°	51
3,5°—4°	50
4,5°—5°	30
5,5°—6°	20
6,5°—7°	6
7,5°—8°	4
8,5°—9°	2
Összesen:	177 fészkek

A többi terület epicentrum-halmazait is összehasonva összesen 177 fészket találtunk a vizsgált időszakban. A kipattant rengések epicentrális erőssége szerint a fészkek a 4. táblázat szerint csoportosíthatók'

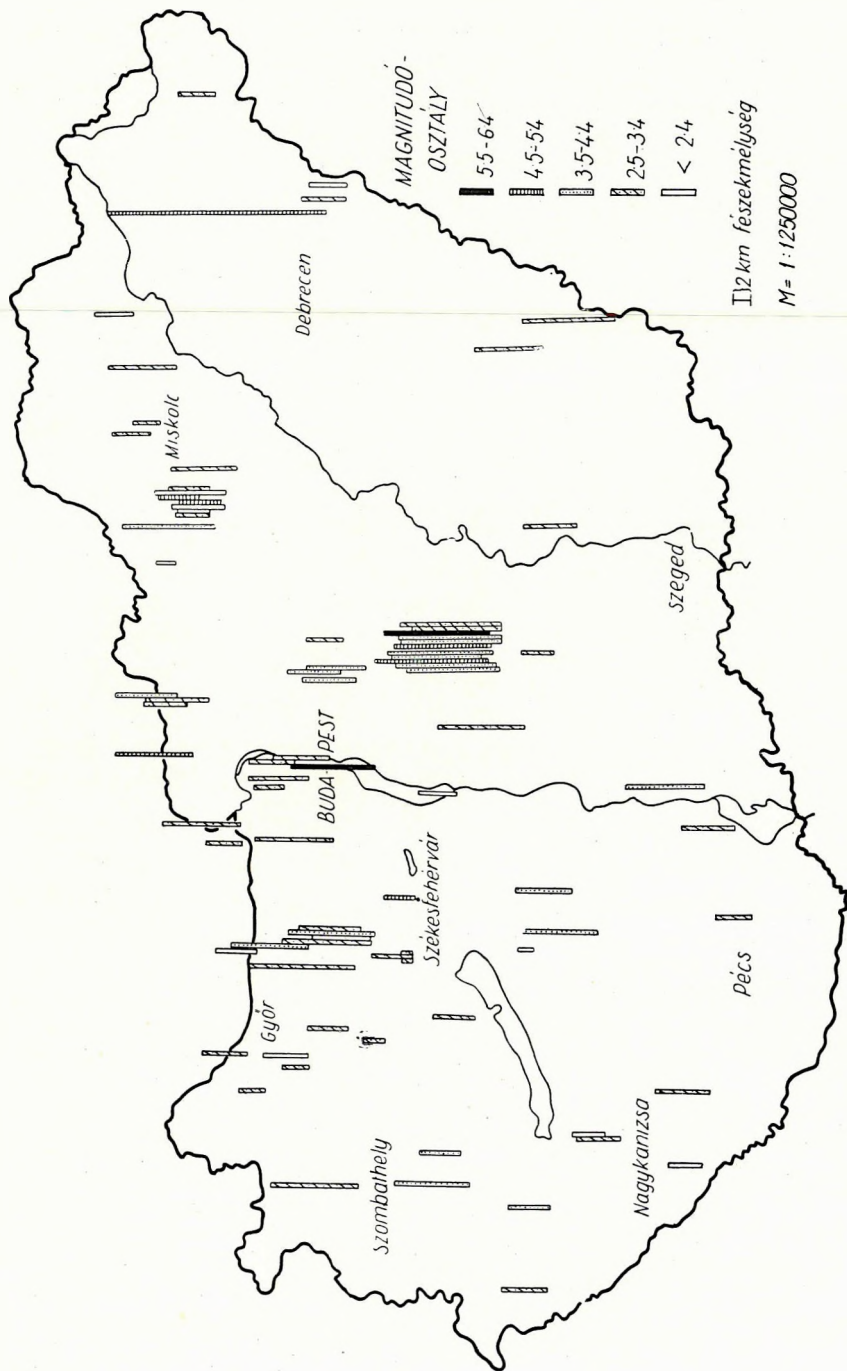
Feltűnő az epicentrum-eloszlási térképen, hogy a Tisza vonalától keletre csak 15 fészkek esik, az összes fészkek 8,5 százaléka. Ezekből a fészkekből a vizsgált időszakban 5,5°—6° epicentrális erősségű rengésnél erősebb rengés nem pattant ki. A legerősebb epicentrális erősségű rengések a Kecskemét, Eger, Dunaharszti, Gomba környékén levő fészkekben keletkeztek.

Simon Béla: „A magyar medence föld-rengési térképe”, amelyet 1936-ban adott ki a jeni Földrengésvizsgáló Intézetben rendelkezésre álló anyag alapján, ke-reken 70 fészket tartalmaz. Réthly Antal: „A Kárpátok övezte Duna—Tisza—Dráva—Maros medencék földrengés erősségi térképe” szerint hazánk területén kb. 150 fészkek van.

A 2. térképen azoknak a rengéseknek az epicentrumait tüntettük fel, amelyekre fészkmélységet számítottunk. A fészkmélységet nem a térkép méretében ábrázoltuk, hanem a mélységet ábrázoló téglalap hosszúságának 1 cm-e 2 km-nek felel meg. A különböző jelzésekkel azt érzékeltettük, hogy a fészkekből kipattant legerősebb rengés melyik magnitúdó osztályhoz tartozik.

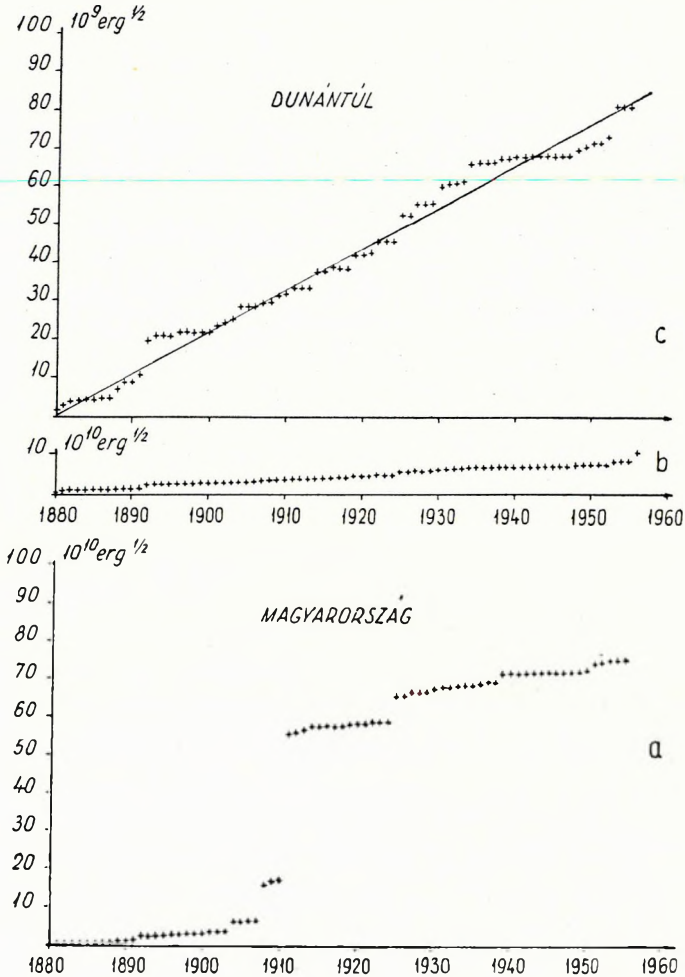
Már az epicentrum-eloszlási térkép vizsgálatánál láttuk, hogy az Eger környéki rengések négy fészkek körül csoportosíthatók, Kecskemét környékére pedig két közel azonos mélységű fészkek adódik. A 2. térképről leolvas-





2. Magyarországi rengések félszékélyégei 1880—1956-ig

hatjuk továbbá, hogy vannak területek, amelyekre jellemző fészekmélységet kaptunk. Pl. a Duna vonalára Esztergomtól nyugatra eső rengések közel azonos mélységűek. Vas, Zala, Somogy negye déli részén és Baranya megyében kipattant rengések mélységei is jó megegyezést mutatnak.



4a ábra. A Benioff-számok részletösszegei a magyarországi rengések alapján 1880—1956-ig — 4b, 4c ábra. A Benioff-számok részletösszegei a dunántúli rengések alapján 1880—1956-ig

Egy terület feszültségeinek feloldódására és az ott folyó tektonikai mozgásokra mindig jellemzők a Benioff-számok időbeli részletösszegei. A Benioff-számokat az egyes rengésekre a  $\log B = 6 + 0,9 M$  összefüggésből számítottuk, ahol  $B$  a Benioff-féle szám. A részletösszegeket 1880-tól 1956-ig az egész ország területére (4a ábra) és a Dunántúlra (4b ábra)

képeztük. A 4c ábrán az ordináták tizszeresei a 4b ordinátáinak. A 4a és 4b ábrákat összehasonlítva láthatjuk, hogy a két területen a feszültségfeloldódás nem megy azonos módon végbe, tehát a tektonikai mozgások sem azonosak. Amíg a Dunántúlra vonatkozó részletösszegek csaknem egyenest adnak, addig az egész országra vonatkozó részletösszegek nagy ugrásokat mutatnak. A Dunántúlra vonatkozóan tehát a földrengés-energia felhalmozódása és feloldódása állandó és egyenletes folyamat. Az 1880—1956-ig terjedő időre érvényes egyenletet kiegyenlítéssel meghatároztuk:

$$S_B = (1,1 t + 0,65) 10^9 \text{ erg}^{\frac{1}{2}}$$

A továbbiakban a feldolgozott anyag alapján Magyarország energiaeloszláson alapuló szeizmicitási térképét szeretnénk elkészíteni.

#### I R O D A L O M

*M. Bath:* Seismicity of Fennoscandia and Related Problems. Gerlands Beiträge zur Geophysik LXII.

*Egyed L.:* Geofizikai alapismeretek, Bpest, 1955.

*Egyed L.:* A föld fizikája, Bpest, 1956.

*B. Gutenberg — C. F. Richter:* Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration. Bull. of the Seismological Society of America Vol. 32. No. 3. 1942.

*Simon B.:* Földrengések. Bpest, 1943.

A felhasznált makroszeizmikus jelentések és feldolgozások:

1. *Ballenegger R.:* Kecskeméti földrengés. Földtani Közl. XLI. k. 1911.
2. *Cholnoky J.:* Kecskeméti földrengés. Földrajzi Közl. XXXIX. köt. 1912. 373—391.
3. *Réthy A.:* A földrengésről, különös tekintettel az Alföldre és Kecskemétre. Földrajzi Közl. 1911.
4. *Réthy A.:* Újabb adatok a kecskeméti földrengéshez. 1912-es kötet 534. old.
5. *Réthy A.:* Az aug. 17-i monorvidéki földrengés. 1912-es Kötet 694. old.
6. *Schafarzik F.:* A magyarországi földrengésről 1883-ban. Földtani közlöny, XIV. 48—58. Bp. 1884.
7. *Schafarzik F.:* Az 1901. II. 16-i É Bakonyi földrengésről. Földtani Közlöny XXXI. 1901.
8. *Schafarzik F.:* Az idei földrengések hazánkban. Természett. közl. XXXII. 1901.
9. *Schafarzik F.:* Magyarországi földrengésekről 1884-ben. Földtani Közl. XV. 1885. 121—133.
10. *Schafarzik F.:* Az 1887- és 1888. évi magyarországi földrengésről. Földtani Közl. XXII. 1892.
11. *Réthy A.:* Az egri földrengés (1903. VI. 26.) makroszeizmikus elemei. Az 1906. évi Földrengési Évkönyvben, 103—109. old.

12. Réthly A.: Az 1911. évben észlelt földrengések hazánkban. Földtani Közl. XLII. 1912.
13. Réthly A.: A Baranyai Szigethegységben 1909. V. 29-én észlelt földrengés. Különlenyomat a Föld. Közl. XLVII. 1917. évi kötetéből.
14. Réthly A.: A Kárpátmedencék földrengései (455—1918) Bpest, 1952.
15. Szilber J.: A máj. 13-i pestmegyei földrengés. Term. Közl. XLVII. 1914.
16. Szilber J.: Földrengés Monoron. Term. Közl. XLV. 1913.
17. Simon B.: Az 1927. III. 4-i várpalotai földrengés. Term. Közl. Pótfüzetek 1927. X.—XII.
18. Simon B.: A Várpalotán és környékén észlelt földrengések, 1038-tól 1930-ig. A Bp-i Földrengési Obsz. Kiadványai 1937.
19. Moravetz K.: A folyó évi januárius 31-i egri földrengés. Term. Tud. Közl. LVII. 5.
20. Schréter Z.: Az egri földrengés. Term. Tud. Közl. LVII. 2.
21. Schréter Z.: Az egri földrengés utórezgései. Term. Tud. Közl. LVII. 8—9.
22. Schréter Z.: 1925. januárius 31-i egri földrengés. Földtani Közöny LV.
23. Réthly A.: Magyarországi földrengések 1894—1907-ig. Meteorológiai és Földmágnassági Intézet Kiadványai.