

MAGYAR ÁLLAMI
EÖTVÖS LORÁND
GEOFIZIKAI INTÉZET

GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK

ВЕНГЕРСКИЙ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
ИМ Л. ЭТВЕША

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ
БЮЛЛЕТЕНЬ

EÖTVÖS LORÁND
GEOLOGICAL INSTITUTE
OF HUNGARY

GEOLOGICAL TRANSACTIONS

CONTENTS

Geothermal conditions of Hungary

*P. Dövényi, F. Horváth,
P. Liebe, J. Gálfi,
I. Erki*

1. Introduction	3
2. Historical overview	5
3. Temperature data in Hungary	7
3.1. Compilation of temperature data catalogue	12
3.2. Map construction and data analysis	14
4. Heat flow determinations in the Pannonian basin	19
4.1. Measurements of thermal conductivity	19
4.2. Heat flow determinations in Hungary	24
4.3. Heat flow map of the Pannonian basin	30
5. Interpretation of geothermal data	31
5.1. Geothermics and subsurface water circulation	35
5.2. Geothermics and basin formation	40
6. Results and conclusions	41
Bibliography	42
Tables (I—XVI)	49
Appendix: Catalogue of temperature data	89

VOL. 29. NO.1. APRIL 1983. (ISSN 0016—7177)

BUDAPEST

TARTALOM

Magyarország geotermikus viszonyai

*Dövényi Péter, Horváth
Ferenc, Liebe Pál,
Gálfi János, Erki Imre*

1. Bevezetés	59
2. Történeti áttekintés.....	61
3. Hőmérsékleti adatok Magyarországon	62
3.1. Hőmérsékleti adatrendszer összeállítása	65
3.2. Térképszerkesztés és adatfeldolgozás	67
4. Hőáram-meghatározások a Pannon-medencében	69
4.1. Hővezetőképesség-mérések	70
4.2. Hazai hőáram-meghatározások	73
4.3. A Pannon-medence hőáramtérképe	77
5. A geotermikus adatok értelmezése	78
5.1. A geotermika és a felszín alatti vizek áramlásának kapcsolata	81
5.2. Geotermika és medencefejlődés	84
6. Eredmények és következtetések	85
Bibliográfia	42
Táblázatok (I—XVI)	49
Függelék: Hőmérsékleti adatgyűjtemény	89

СОДЕРЖАНИЕ

Геотермические условия Венгрии
(резюме)

П. Девени, Ф. Хорват, 88
П. Либе, Й. Галфи,
И. Эрки

GEOHERMAL CONDITIONS OF HUNGARY

Péter DÖVÉNYI*, Ferenc HORVÁTH*, Pál LIEBE**, János GÁLFI**,
Imre ERKI*

A brief review is given of the history of geothermal investigations in Hungary followed by a summary of the methods of temperature measurement, their reliability and applicability. All available and valuable temperature data are qualified on the basis of conditions and probable accuracy of measurements and are listed in a temperature catalogue.

A map of geoisotherms at 1 km depth on a scale of 1 : 1,000,000 and another at 2 km depth (scale 1 : 2,500,000) are constructed for Hungary and adjoining territories. In addition, average temperature vs. depth profiles are presented for different sub-units of the Pannonian basin.

All Hungarian measurements are used to obtain the average thermal conductivities of Neogene sedimentary rocks and of basement rocks. Hungarian heat flow determinations are reviewed and three new heat flow data are also presented. A method is proposed for estimating the heat flow value for boreholes where no actual thermal conductivity measurements were performed but the temperature conditions and the lithology are well known. The heat flow map of the Pannonian basin has been prepared by the use of measured and estimated heat flow data.

The Pannonian basin is characterized by high temperature and heat flow values with significant spatial variations. An estimate is made of the temperature disturbance caused by regional water circulation systems. The conclusion is reached that if the influence of water convection is corrected, high undisturbed (purely conductive) temperature and heat flow values are obtained for the Mesozoic carbonate complex of the Transdanubian Central Range. In other parts of the country—apart from local anomalies—water circulation does not influence significantly the conductive temperature field.

Finally a review is given on the geodynamic interpretation of the Pannonian basin thermal anomaly and attention is called to the importance of knowledge of the paleogeothermal conditions.

d: geothermics, heat flow, geothermal gradient, thermal conductivity, thermal waters, Hungary, Pannonian basin

1. Introduction

It might well be useful to avoid any confusion by defining here what we mean by Pannonian basin. It is a fairly big Neogene intramontane depression surrounded by the Alps, Carpathians and Dinarides. It is however not a uniform depression because locally pre-Neogene basement rocks crop out (e.g. Transdanubian Central Range) which separate the Pannonian basin into sub-units. The largest part of the Pannonian basin belongs to Hungary and the peripheral parts lie in the surrounding countries (Austria, Czechoslovakia, USSR, Romania and Yugoslavia).

Geothermal research in the Pannonian basin and the utilization of geothermal energy have been well in the forefront of scientific interest for more than

* Eötvös Loránd University, Department of Geophysics, H-1083 Budapest, Kun B. tér 2.

** Water Resources Research Centre, H-1095 Budapest, Kvassay J. u. 1.

Manuscript received: 20 October 1982

a century. Since the beginning of drilling activities it has become clear that thermal waters are available in vast amounts in the Mesozoic carbonates of the Hungarian mountain chain (Transdanubian Central Range, Mátra, Bükk, see *Enclosure 2*) and in the Neogene sediments of the basins; these thermal waters can be utilized for balneology and also as an energy source. After initial investigations, major development work started in the 1950s. Thermal conductivity measurements started at the same time, and they showed that not only the thermal gradient but also the terrestrial heat flow is markedly higher than the world average in most parts of country (*Figure 1*). This suggests that thermal highs in the Pannonian basin are not local features related to upward migration of thermal waters but are parts of a regional phenomenon which reflect elevated temperatures of the whole lithosphere. Nevertheless, temperatures vary considerably from place to place and the mapping and understanding of this variation are important tasks. Construction of reliable temperature maps is however a difficult job because most of the temperature data measured during routine geophysical surveys do not fulfil strict physical requirements. In view of this, temperature data should somehow be corrected and, if necessary, some of them should be dropped.

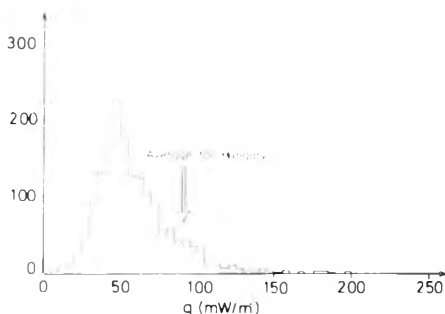


Fig. 1. Frequency diagram of continental heat flow data [JESSOP et al. 1976] and the average for Hungary

1. ábra. A kontinentális hőáramsűrűség adatok hisztogramja [JESSOP et al. 1976] a magyarországi átlagérték feltüntetésével

Фиг. 1. Частотная диаграмма данных о континентальном тепловом потоке [ДЖЕСОП и др. 1976] с указанием средних значений для Венгрии.

The recent energy crisis has upgraded the value of geothermal energy. Intensive research has been initiated to seek low or high enthalpy geothermal reservoirs and to use them as an alternative energy source. There is, however, further value to be obtained from knowledge of geothermal conditions. For example, they are important parameters which constrain geodynamic models of basin formation. Furthermore, it is widely accepted that the generation of liquid hydrocarbons and their migration through permeable rocks are basically thermally controlled processes.

The prime goal of this paper is to present all reliable temperature data for Hungary in the form of a data catalogue, maps of geoisotherms and temperature—depth diagrams. A new heat flow map of the Pannonian basin has also been constructed.

Quantities generally used in geothermics

Symbol	Name	SI unit	Relationships to other units
T	Temperature	K	$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$
ΔT	Temperature difference	K	$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
Q	Heat	$\text{J} = \text{kg m}^2/\text{s}^2$	$1 \text{ cal} = 4.187 \text{ J}$
G	Geothermal gradient	mK/m	$1^{\circ}\text{C}/\text{m} = 10^3 \text{ mK}/\text{m}$
G^{-1}	Reciprocal gradient	m/K	$1 \text{ m}/^{\circ}\text{C} = 1 \text{ m}/\text{K}$
Φ	Heat power	$\text{W} = \text{J}/\text{s}$	$1 \text{ cal}/\text{s} = 4.187 \text{ W}$
q	Heat flow (thermal flux)	W/m^2	$1 \text{ cal}/\text{cm}^2 \text{ s} = 4.187 \cdot 10^4 \text{ W}/\text{m}^2$
λ	Thermal conductivity	W/Km	$1 \text{ cal}/\text{cm s } ^{\circ}\text{C} = 4.187 \cdot 10^2 \text{ W}/\text{Km}$
α	Thermal diffusivity	m^2/s	$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
c	Specific heat	$\text{J}/\text{kg K}$	$1 \text{ cal}/\text{g } ^{\circ}\text{C} = 4.187 \cdot 10^3 \text{ J}/\text{kg K}$
A	Heat generation	W/m^3	$1 \text{ cal}/\text{cm}^3 \text{ s} = 4.187 \cdot 10^6 \text{ W}/\text{m}^3$
ρ	Thermal resistivity	$\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$	$1 \text{ cm}^2 \text{ s } ^{\circ}\text{C}/\text{cal} = 2.388 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K}/\text{W}$

2. Historical overview

Thermal springs have been known in Hungary since Antiquity. The first drilling for thermal water was done in the last century by V. ZSIGMONDY (*Table I and II*). Further thermal water exploration drillings led to some early understanding of temperature conditions. K. PAPP could conclude as early as 1919 that "The considerable warmth of the subsurface in the Great Hungarian Plain is striking", and the 18 to 22 m/ $^{\circ}\text{C}$ inverse gradient was significantly different from the 33 m/ $^{\circ}\text{C}$ world average.

After the First World War, the first petroleum exploratory drillings found many hot water aquifers. It became possible to measure the outflowing water temperatures. In 1929, J. SÜMEGHY interpreted and published 431 such data.

Bottom-hole temperature measurements were also performed. These data unambiguously demonstrated the validity of the anomalously high temperatures in the Pannonian basin, which had previously been doubted. These temperature measurements showed, furthermore, the inverse relationship between temperature gradient and thermal conductivity of rocks, and the possibility of using these data in geological exploration [SCHMIDT 1936].

Temperature measurements in mines were made by BOLDIZSÁR [1944], primarily to solve problems of ventilation. He demonstrated that the geothermal gradient was higher in Hungary than the world average not only in the Neogene, but also in older sequences. Temperature measurements in mines and at shallow depths were made by STEGENA [1952, 1957]. He demonstrated that the morphology of the good conducting basement affected the temperature distribution in the overlying sediments.

It was eventually realized that the relationship of geothermics and geology can be understood by measuring both the rock temperatures and conductivities. This led to the beginning of conductivity measurements [BALYI—PAPP 1950,

BOLDIZSÁR 1956, STEGENA 1958] and resulted in the first reliable heat flow determination, made by BOLDIZSÁR [1956] in the twin-shaft of a coal mine. Although at that time no data were available in continental Europe and there were only 57 determinations from other continents, his conclusion about the unusually high heat flow in Hungary proved to be valid.

The first temperature maps were based on the data published by Sümeghy [SÜMEGHY 1929, SCHEFFER—KÁNTÁS 1949, STEGENA 1958]. Although regular geophysical survey of water exploration wells was suggested long ago, temperature measurements in water wells became compulsory only in 1956 (for wells deeper than 300 m) and in 1963 (for wells deeper than 200 m) [BÉLTEKY et al. 1965]. Temperature and other relevant data are published regularly by the Water Resources Research Centre (VITUKI) in a book series entitled "Thermal wells of Hungary" (edited by BÉLTEKY, ALFÖLDI, KORIM, MARCELL, PAPP, RÉMI, SIMON, URBANCSEK, LIEBE, SZÉKELY, POZSGAI). Temperature measurements in other boreholes became general in the early 60s, as a part of routine geophysical well logging. As a result, the number of temperature data has increased rapidly and several geothermal analyses have been made. Unfortunately, data from wells attaining thermal equilibrium were very exceptional in view of which published maps and interpretations were often different as a consequence of subjective data selection and problems of data correction. All authors agreed however in two basic items: local variations of the temperature highs were related to (i) change of topography of the basement (i.e. the change of the thickness of young sedimentary complex) and (ii) water convection in permeable rocks (chiefly loose Neogene sediments and Mesozoic carbonates). There was, however, controversy about the mechanism which resulted in the thermal anomaly of the whole tectonic unit. BOLDIZSÁR [1962] supposed that the crust beneath the Pannonian basin was characterized by an anomalously high content of radioactive elements. This supposition was later withdrawn because heat generation data did not support it [BOLDIZSÁR 1964a]. It was thought by STEGENA [1963] that the high gradients could be explained in terms of (i) the insulation of the badly conducting sedimentary blanket and (ii) general upward migration of expelled pore water because of progressive compaction of sediments. Although both mechanisms are physically correct, model calculations and thermal conductivity measurements demonstrated that they are inadequate [STEGENA 1970]. From time to time the speculation appears that heat anomaly is related to the widespread Miocene calc-alkaline volcanism of the Pannonian region. Simple model calculations show that this is not the case.

SCHEFFER [1963] was the first who related the Pannonian basin heat anomaly to the thin crust of the region. Further development of this concept was worked out by SZÁDECZKY-KARDOSS [1973] and STEGENA et al. [1975]. Up-to-date models explain the thermal anomaly of the Pannonian basin in terms of Miocene extension and attenuation of the lithosphere and these models attempt to describe quantitatively the subsidence and temperature history of the basin [SCLATER et al. 1980, HORVÁTH—ROYDEN 1981].

3. Temperature data in Hungary

Undisturbed (steady-state) rock temperature can be determined in boreholes only if the measurement takes place a long while after the termination of drilling operations or production. In theory, thermal equilibrium is attained only after infinite time, but adequate measurements can be made when the temperature transient is the same order of magnitude as the actual measuring error. Depending on the thermal properties, time estimates relating to geometrical and technological data vary from some days to 2 years [CHEREMENSKI 1977].

There are relatively few temperature measurements in Hungary which were performed in boreholes attaining (or approaching) thermal equilibrium. Quite a few stationary temperature profiles derive from the Zala basin (e.g. the boreholes: Nagylengyel, Szilvágy, Barabásszeg, Bak) and individual profiles are available from other parts of the country (boreholes at Mihályi, Kurd, Kővágótöttös, Tázlár, Jászberény, Recsk, Pusztaföldvár, Füzesgyarmat and Ártánd). They are indicated by c1 or c2 in the data catalogue (Appendix) and some of them are shown in *Figure 2*.

For a more detailed picture of the temperature conditions further reliable data are needed. In water exploration wells the positions of the potential aquifers are determined by the use of geophysical logs. The casing is then perforated and temperature measurement is made, usually by maximum thermometers, in the intruding water. These measurements give quasi-stationary temperatures under the following conditions:

- (i) Water does not contain an appreciable amount of free gas and hence its expansion results in negligible temperature drop.
- (ii) The water yielding layer is horizontal and not too thick.
- (iii) The thermometer is positioned at the bottom of the perforated interval.

These conditions are often met in water exploration wells. For similar reasons this holds true for temperature measurements during production tests in petroleum exploration wells. In Hungary the horizontal dimensions of the oil fields are usually small, but there are oil bearing layers at different depths. Therefore it is possible to make a temperature—depth plot which reflects average conditions for an oil field. Such examples are shown in *Figure 3*.

Bottom hole temperature measurements are always performed soon (1—72h) after the stopping of drilling operations and mud circulation. Thermal logs are routinely measured in freshly cased boreholes to assess the quality of the cement bond. There are also many temperature data available measured at the head of a water production well (outflowing water temperature). These three sets of data obviously give non-stationary temperatures but there are correction methods for the estimation of the stationary values.

If the bottom hole temperature is measured at different time epochs the asymptotic value (i.e. the steady-state temperature) may be calculated by using some simplified model. DAKHNOV and DYAKONOV [1952] suggested the use of a formula referring to the cooling of a point source in an infinite medium. BULLARD [1947] considered an infinite line source which cools down the medium

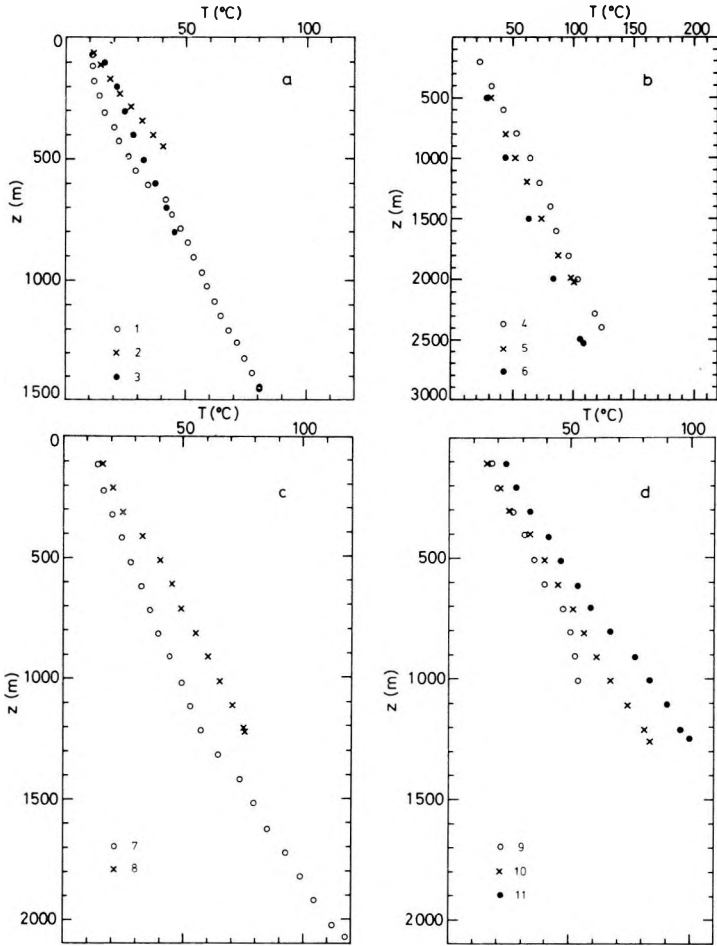


Fig. 2. Steady-state temperature vs. depth diagrams for a) Transdanubia; b) Zala basin; c) Danube—Tisza interfluvium region; d) east of Tisza river region
 Boreholes (with coordinates) are: 1 — Mihályi—37 (152—736); 2 — Kurd—3 (255—838);
 3 — Kővágótöttös, MePe—19 (239—879); 4 — Nagylengyel—145 (132—805);
 5 — Nagylengyel—60 (139—804); 6 — Bak—5 (145—806); 7 — Tázlár—6 (347—835);
 8 — Jászberény—1 (374—728); 9 — Ártánd—2 (513—761); 10 — Füzesgyarmat—2 (467—763);
 11 — Pusztaföldvár—6 (443—828)

2. ábra. Egyensúlyi állapotban mért hőmérséklet—mélység összefüggések a) a Dunántúlon, b) a Zalai medencében, c) a Duna—Tisza között, d) a Tiszántúlon. (A fúrások felsorolása az angol ábrafelirátban)

Фиг. 2. Зависимость установившейся температура от глубины в а) Задунайской области, б) бассейне Зала, в) области между рр. Дунаем и Тиссой, д) Затиской области. Перечень скважин приводится в подписи к рисунку на английском языке.

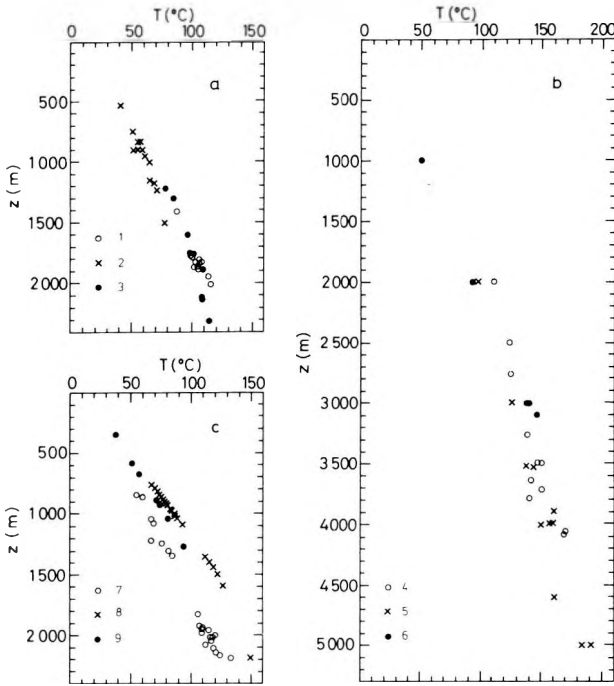


Fig. 3. Temperature vs. depth diagrams derived from production test data a) for three oil-fields in the Drava basin; b) for three boreholes in the Makó trough; c) for three oil-fields to the east of the Tisza river.

Boreholes (with coordinates) are: 1 Vizvár (17 88); 2 Inke (17 85); 3 Babócsa (18 88); 4 Makó I (424 864); 5 Hódmezővásárhely I (416 849); 6 Fábiansebestyén I (415 808); 7 Endrőd I (43 78); 8 Tótkomlós (44 84); 9 Ebes (49 72)

3. ábra. Réteghőmérsékletekből meghatározott hőmérséklet—mélység kapcsolat a) a Dráva-medence néhány szénhidrogéntelepére, több fúrásból; b) a Makói-árok három mélyfúrására; c) a Tiszántúl néhány szénhidrogéntelepére, VÖLGYI L. (pers. comm.) több fúrásból összeállított adatrendszer alapján. (A fúrások felsorolása az angol ábrafeliratban)

Фиг. 3. Зависимость температуры, определенной по испытанию пластов, от глубины для а) некоторых углеводородных залежей Дравского бассейна по нескольким скважинам, б) 3-х глубоких скважин грабена около г.Мако, в) различных углеводородных залежей Затиской области по системе данных, составленной Велди, Л. (устное сообщение), на основании некоторых скважин. Перечень скважин приводится в подписи к рисунку на английском языке.

for a time duration of t_0 , and he calculated the process to thermal equilibrium. If T_1 and T_2 are temperatures measured after the end of drilling, the steady state temperature (T_k) can be given by:

$$T_k = \frac{CT_1 - T_2}{C - 1},$$

where

$$C = \frac{1 - \exp\left(-\frac{D^2}{16\kappa t_1}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{D^2}{16\kappa t_2}\right)}$$

for the Dakhnov and Dyakonov model

and

$$C = \frac{E_i \left[-\frac{D^2}{16\kappa t_1} \right] - E_i \left[-\frac{D^2}{16\kappa(t_0 + t_1)} \right]}{E_i \left[-\frac{D^2}{16\kappa t_2} \right] - E_i \left[-\frac{D^2}{16\kappa(t_0 + t_2)} \right]} \quad \text{for the Bullard model.}$$

D is the diameter of the borehole and κ is the thermal diffusivity of the medium. $E_i(-x)$ exponential integral can be approximated by the following series:

$$E_i(-x) = 0.5772 + \ln x - x + \frac{x^2}{2 \cdot 2!} - \frac{x^3}{3 \cdot 3!} + \dots$$

Other symbols are explained in *Figure 4*. *Figure 5* shows some bottom hole temperature sets measured in different boreholes. Note the rather different shape of the curves. Because of the simplified models and of the error of both the temperature and time data the calculated steady-state bottom hole temperature must not be considered reliable. In the absence of more reliable data, however, one has to use corrected bottom hole temperatures (see Section 4.2).

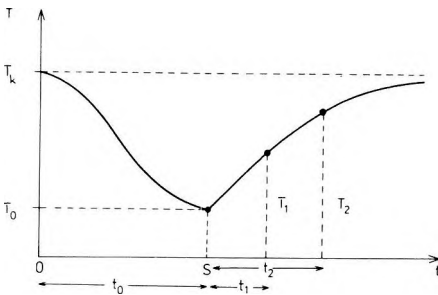


Fig. 4. Illustration of change of temperature with time in a borehole at some depth during and after drilling

Symbols: O — time when drill reaches given depth; S — termination of drilling; $t_0 = S - O$; T_0 — temperature at end of drilling; T_k — steady-state temperature; T_1 and T_2 — temperatures measured at end of time intervals t_1 and t_2 , respectively, after end of drilling

4. ábra. A fúróluk valamely pontjának hőmérséklet-változása a fúrás (öblítés) során és utána

O az az időpont, amikor a fúrófej az adott ponton áthalad; S a fúrás befejezésének időpontja; $t_0 = S - O$; t_1 és t_2 a fúrás befejezése után eltelt idők; T_k a zavartalan közhőmérséklet, T_0 a hőmérséklet a fúrás befejezésének pillanatában; T_1 és T_2 a t_1 , ill. t_2 időpontban mért hőmérsékletek

Фиг. 4. Изменение температуры некоторой точки по стволу скважины в процессе бурения (промыва) и последствии. O представляет собой момент прохождения точки долотом; S — момент завершения бурения; $t_0 = S - O$; t_1 и t_2 — промежутки времени, истекшие после завершения бурения; T_k — температура ненарушенной породы; T_0 — температура в момент завершения бурения; T_1 и T_2 — температуры, замеренные в моменты t_1 и t_2 соответственно.

The circulating mud cools down the lower part of the hole and heats up the upper part. Therefore the temperature curve given by thermal logging should bisect at some depth the steady-state temperature profile. This means that at this particular depth the thermal log happens to give the steady state temperature values. Examples for the Zala basin show that this occurs at about $h/3$ depth, where h is the total length of the borehole [HORVÁTH et al. 1981]. As it was not possible to make a careful check of this rule of thumb we did not use

such kinds of data in this paper. We mention it just the same because in some other parts of the world there may be enough data to check and improve this empirical relationship.

The temperature of the outflowing water is less than the original temperature, but there are methods for taking into consideration the cooling of water during ascent [BOLDIZSÁR 1960a, SALÁT 1964, GÁLFI—LIEBE 1977b].

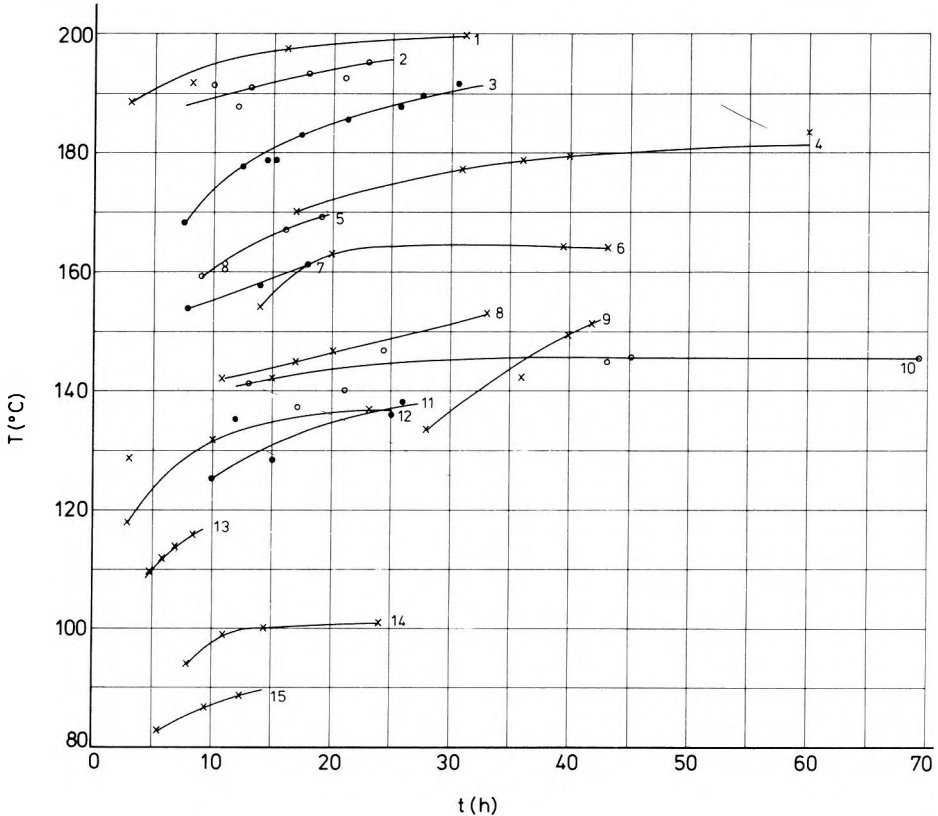


Fig. 5. Bottom-hole temperature data as a function of time after end of drilling
 Boreholes and depth of measurements are: 1 — Makó—2 5038 m; 2 — Hunya—I 3965 m;
 3 — Kömlő—I 4000 m; 4 — Makó—2 4510 m; 5 — Sándorfalva—I 4015 m;
 6 — Makó—2 4200 m; 7 — Szilvagy—33 4007 m; 8 — Endrőd—10 2943 m;
 9 — Hódmezővásárhely—I 4010 m; 10 — Biharugra—I 3200 m; 11 — Endrőd—11 2600 m;
 12 — Szeged—2 3100 m; 13 — Kiskunhalas—ÉK—18 2130 m; 14 — Nagylengyel—441 2310 m;
 15 — Komádi—K—I 2080 m

5. ábra. Talphőmérséklet-mérések eredményei a fúrás (öblítés) befejezése után eltelt idő függvényében. (A fúrások felsorolása az angol ábrafeliratban)

Фиг. 5. Результаты измерения температуры на забое в зависимости от промежутка времени, истекшего после завершения бурения (промыва). Перечень скважин с указанием глубины измерения приводится в подписи к рисунку на английском языке.

Instead of a complicated mathematical model we accepted an empirical relationship which was derived from the temperature data of 80 master water wells in Hungary:

$$T(z_f) = T_k + 5z_f I^{-0.71},$$

where T_k = the outflowing water temperature ($^{\circ}\text{C}$),
 z_f = depth of source layer (aquifer),
 I = yield of the water well (m^3/min).

In Hungarian practice, temperatures are usually measured by maximum thermometers in water wells. It is quite easy to make an erroneous measurement with this kind of thermometer because (i) the thermometer is not kept at the point of measurement for long enough, (ii) if the sealing of the sonde is not completely good, pressure results in higher temperature, (iii) a false reading may be given by the thermometer having been shaken down if the sonde is not drawn up smoothly enough. All in all, we conclude that any kind of temperature data should be checked with as much care as possible.

3.1. *Compilation of temperature data catalogue*

In the course of data compilation our main task was to select from some ten thousand data the reliable temperature values which reflects steady-state conditions and give a good coverage for Hungary. The data catalogue in the Appendix contains 2734 data, which are:

- (i) temperatures measured under steady-state conditions,
- (ii) temperatures measured during production tests both in water and petroleum exploration wells,
- (iii) temperatures calculated from outflowing water using the above-mentioned empirical formula.

Shallow data (depth < 250 m) were only exceptionally accepted. Corrected bottom hole temperatures were all dropped except the data for boreholes Sándorfalva—I and Bárszentmihályfa—I.

Our catalogue is based on the files of the Water Resources Research Centre, the National Oil and Gas Trust and the Hungarian Geological Survey, and on the following publications: ALFÖLDI et al. [1968, 1977b], BIRÓ [1968], BÉLTEKY et al. [1965, 1971], BOLDIZSÁR [1956, 1959, 1964, 1965, 1966, 1967a], BOLDIZSÁR—GÓZON [1963], GÁLFI—LIEBE [1977b], GREUTTER [1977a], IVÁN—KARDOS [1964], MEGYERI [1980], URBANCSEK [1965—1979], and MARKÓ (personal communication), VÖLGYI (personal communication).

The catalogue of temperature data contains the following columns.

Column 1: The position of the borehole, given in kms in a rectangular coordinate system with an accuracy of ± 1 km. The coordinate system is shown in *Enclosure 1*. In some cases (where the coordinates are given by two numbers) the accuracy is ± 5 km. If in the *3rd* column “telep” can be seen, then the

temperature data derive from the wells of an oil field, and coordinates give the centre of the field. The distance of wells from the centre is always less than 5 km.

Column 2: Name of the locality, a village or town near to the borehole.

Column 3: Symbol of the borehole.

Column 4: Depth of temperature measurement. With corrected outflowing water temperature it gives the depth the temperatures relate to.

Column 5: Steady-state temperature. Measured values in degrees centigrade (steady-state data, production test data) or calculated ones (corrected outflowing water temperature).

Column 6: Geothermal "gradient" in mK/m is not the proper gradient (dT/dz) but the quotient $(T_z - T_f)/z$, where T_f and T_z are the temperatures at the surface and z depth, respectively. Surface temperature was estimated from a long series of average air temperature isotherms and from data of a few soil temperature recording stations (Figure 6).

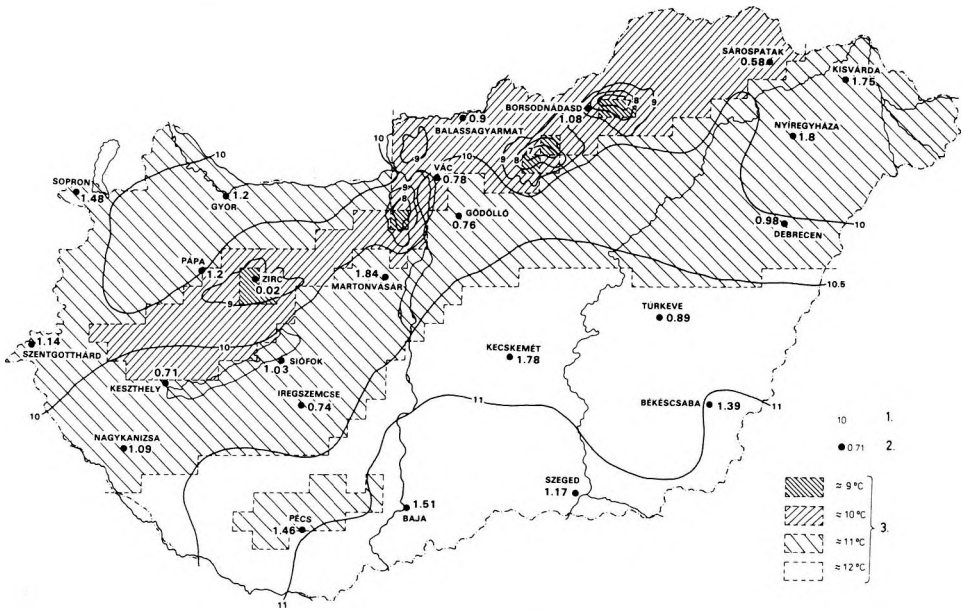


Fig. 6. Average ground temperatures in Hungary

1 — isotherms of annual average air temperatures; 2 — average difference of air and ground temperatures at meteorological stations; 3 — estimated average ground temperatures. All data are in °C

6. ábra. Átlagos talajhőmérsékletek Magyarországon

1 — évi közepes léghőmérsékleti izotermák; 2 — a talaj és léghőmérséklet különbsége az adott meteorológiai állomáson °C-ban; 3 — a becsült talajhőmérsékletek

Fig. 6. Средние температуры грунта в Венгрии.

1 — среднегодовые изотермы температуры воздуха; 2 — расхождение в температуре между грунтом и воздухом в °C на данной метеорологической станции; 3 — оцениваемые температуры грунта.

Column 7: Reliability of temperature data. Numbers 1, 2 and 3 give the category of reliability and the letters *a*, *b*, *c* and *x* refer to the data source and/or the method of measurement.

Category 1: There are several measurements available in one hole at about the same depth, measured by different methods or by the same method but at different times or calculated from outflowing water temperature, and they are consistent. That is, they do not differ by more than 10% if they are reduced (by the average gradient) to the same depth. At least one of the data must be a steady-state temperature, or come from a production test. The catalogue contains the best data only.

Category 2: Single steady-state temperature, or production test data in one hole.

Category 3: Corrected outflowing water temperature- and any other data which may have (for any reason) an error of more than $\pm 10\%$.

Categories *x* and *a*: Data measured in petroleum exploration wells. *a* denotes the case when there were several consistent data available from a 50 m (or less) depth interval, and therefore only the average value was given.

Category *b*: Data obtained by the Hungarian Geological Survey.

Category *c*: A single value which belongs to a temperature—depth diagram measured for special geothermal purposes. The category of reliability depends on the time of thermal recovery (t_r):

category *c1* if $t_r > 45$ days,

category *c2* if $20 < t_r < 45$ days,

category *c3* if $5 < t_r < 20$ days.

The absence of a letter in column 7 indicates temperature measurement performed in water exploration well.

3.2. Map construction and data analysis

From the catalogue of temperature data new, reliable maps of geoisotherms can be constructed. Our base map refers to 1 km depth as the majority of the data come from about this depth. Our method was the following. Using the rectangular coordinate system we covered the area by a regular 10 km \times 10 km grid (*Enclosure 1*). We attempted to find at least one good temperature value for each square and gave a quality index to every selected temperature value. The quality index expresses an order of reliability from 1 to 9 and these are shown by different symbols in *Figure 7*. The smaller the number the more reliable the temperature value. The position of the best quality value in a square and the temperature for a depth of 1 km are shown in *Enclosure 1*. Temperature was calculated with the help of data in columns 4, 5 and 6 of the data catalogue using the formula $T_{1000} = T_z + G(1 - z/1000)$. If more than one item of data could be derived in one square the average was calculated and that item was accepted which agreed or departed the least from the average. In the data catalogue, symbols § and §§ indicate the data used for the calculation of

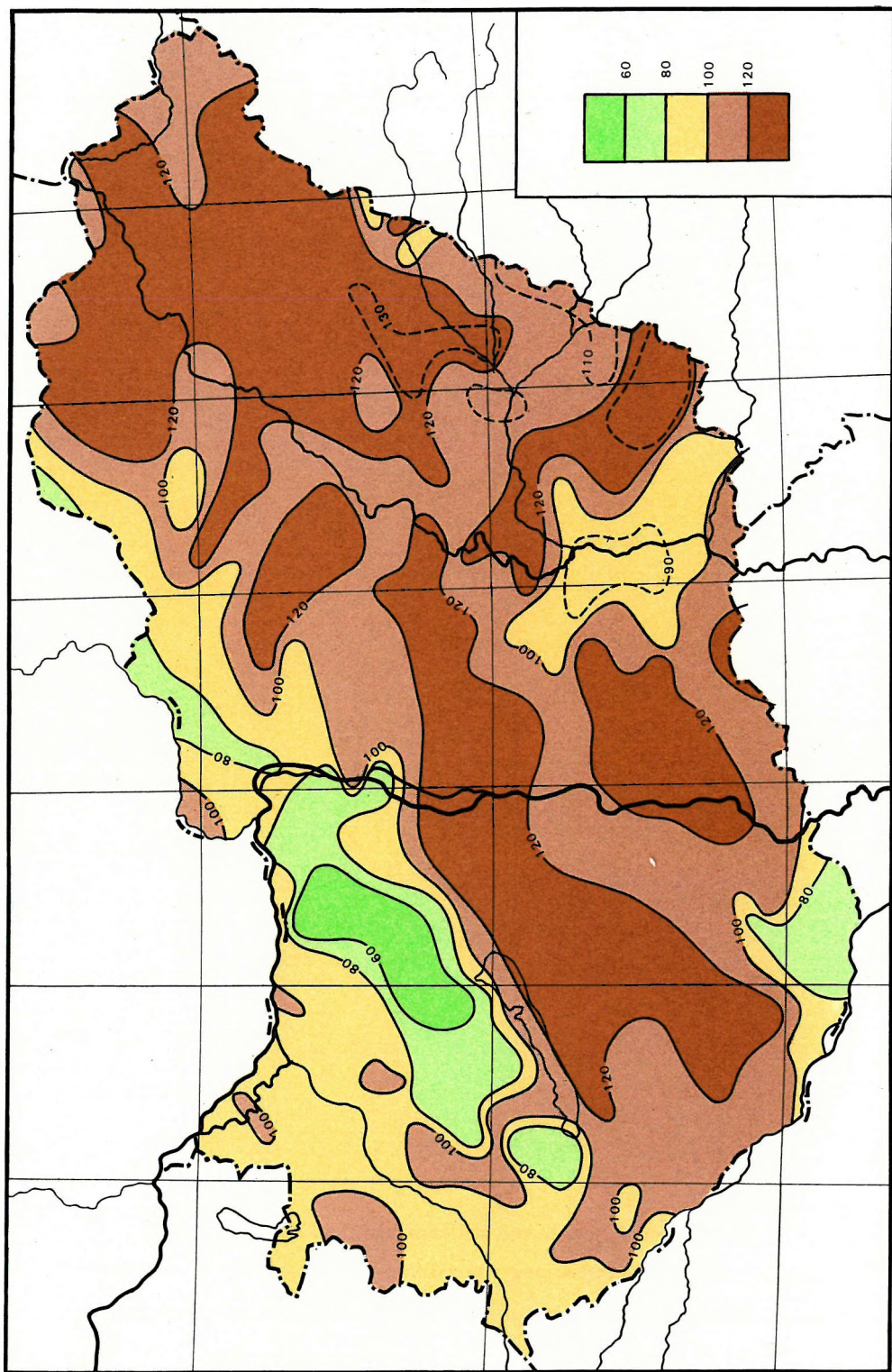


Fig. 8. Map of geotherms of Hungary at 2 km below the surface

8. ábra. Hőmérsékleti izotermák Magyarországon a felszíntől számított 2 km mélységben

Фиг. 8. Карта геоизотерм Венгрии на глубине 2 км под дневной поверхностью.

Sokszorosította: MNTérképészeti Intézet 83-48.

Reliability category	Depth of temperature measurements		
	500-1500m	>1500m	<500m
1.	1.class ●	4.class ⦿	7.class ○
2.	2.class ■	5.class ▣	8.class □
3.	3.class ▲	6.class ▴	9.class △

Fig. 7. Symbols used in Enclosure 1 to show the different quality indices of temperature data

7. ábra. A hőmérsékleti adatok osztályozása a mérési (vonatkoztatási) mélység és a megbízhatósági kategóriák szerint

Фиг. 7. Классификация данных о температуре по глубине измерения и надежности.

the average and the actually accepted value, respectively. A small number next to the symbol of the category index in *Enclosure 1* gives the number of data used to give the average.

The construction of the map of geoisotherms in 1 : 1,000,000 scale was based on the selected data set. By extrapolating or interpolating nearby values to a square where no data were available we took into consideration the hydrogeological conditions and occasionally shallow temperature data. Such regions were the Transdanubian Central Range and areas to the south of Lake Balaton and the southeastern part of the Danube—Tisza interfluvium region. The temperature low in the Bükk Mts. is also just a guess which relies on similar hydrogeological conditions to the Transdanubian Central Range.

The map was also constructed for that territory of the Pannonian basin which belongs to the adjoining countries. In Czechoslovakia, reliable temperature data (mostly steady-state temperatures) and different maps of geoisotherms are available [ČERMÁK 1968, LIZOŇ 1975, MARUŠIAK—LIZOŇ 1975, 1976, GREUTER 1977, STEGENA et al. 1978—81]. Data from Romania and Yugoslavia are fewer and less reliable [ALI-MEHMED et al. 1976, KOLBAH 1978, TENU et al. 1981, VELICIU—DEMETRESCU 1979]. There are only a few individual data available from the USSR and Austria [LYUBIMOVA et al. 1973, KUTAS et al. 1970, 1975, BOLDIZSÁR 1968b].

Spacing of isolines are 10° C. Where the pattern of isolines is uncertain they are broken. Where it was thought reasonable we show 5° C isolines, but they are thinner and always broken. Isoline vary from 20° C to 90° C although, locally, values higher than 100° C appear. They are not shown on the map because they are usually the results of downward extrapolation of shallow thermal anomalies.

By the same technique we prepared a map for a depth of 2 km; because of fewer data this is more tentative (*Figure 8*).

We made a statistical analysis of the temperature data. Using temperatures calculated for depths of 250 m, 500 m, 750 m, ... we constructed average temperature—depth diagrams for major sub-units of the Pannonian basin (*Table III*). The diagrams are fairly linear down to 2250 m (*Figure 9*). Below,

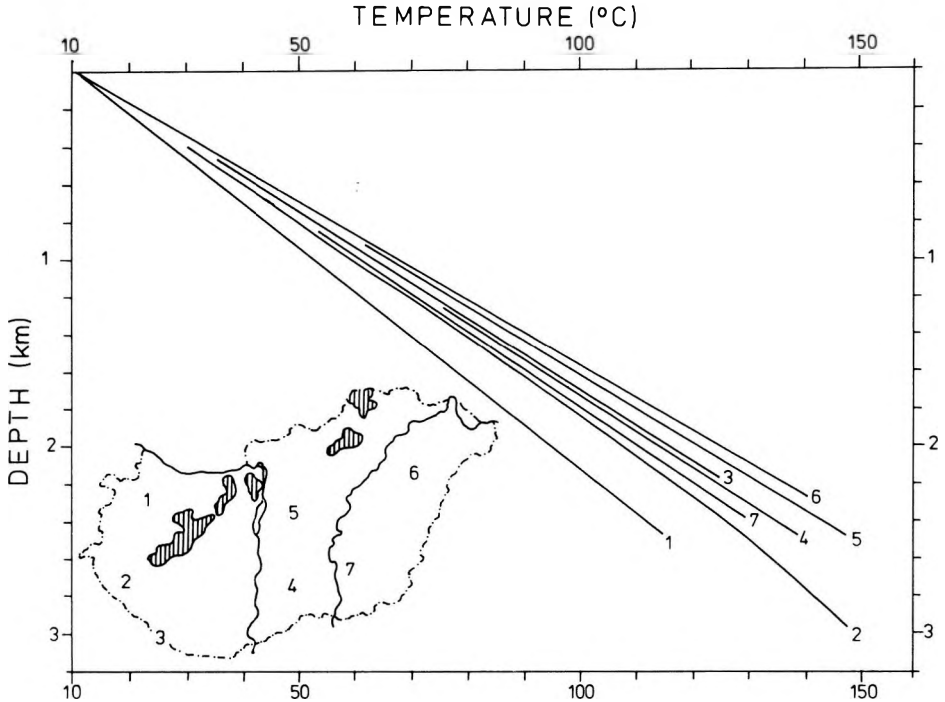


Fig. 9. Average temperature vs. depth diagrams for some tectonic units of Hungary
 1 — Little Hungarian Plain, $G=41.6$; 2 — Zala basin, $G=47.8$; 3 — Drava basin, $G=52.1$;
 4 — Duna—Tisza interfluvial region, south, $G=51.3$; 5 — Duna—Tisza interfluvial region, north,
 $G=54.6$; 6 — east of Tisza river region, north, $G=56.4$; 7 — Makó trough and Békés basin,
 $G=49.1$. Average gradients (G) are given in mK/m and refer to 250 m—2250 m interval. Inset
 shows location of units

9. ábra. Átlagos hőmérséklet—mélység összefüggések Magyarország különböző medence-
 területeire

1 — Kisalföld, $G=41,6$; 2 — Zalai-medence, $G=47,8$; 3 — Dráva medence, $G=52,1$;
 4 — Duna—Tisza köze-D, $G=51,3$; 5 — Duna—Tisza köze-É, $G=54,6$; 6 — É-Tiszántúl,
 $G=56,4$; 7 — Makói árok és Békési-medence, $G=49,1$. Az átlag gradiensek (G) mK/m
 egységben a 250 m—2250 m mélységintervallumra vonatkoznak

Fig. 9. Зависимости средней температуры от глубины по разным бассейным районам
 Венгрии.

1 — Малая Низменность $G=41,6$; 2 — бассейн Зала, $G=47,8$; 3 — бассейн р. Драва,
 $G=52,1$; 4 — область между рр. Дунаем и Тисой, Ю, $G=51,3$; 5 — область между рр.
 Дунаем и Тисой, С, $G=54,6$; 6 — северная часть Затиской области, $G=56,4$;
 7 — грабен Мако и бассейн Бекеш, $G=49,1$. Средние градиенты (G) заданы в единицах
 мК/м и относятся к интервалу глубин от 250 м до 2250 м.

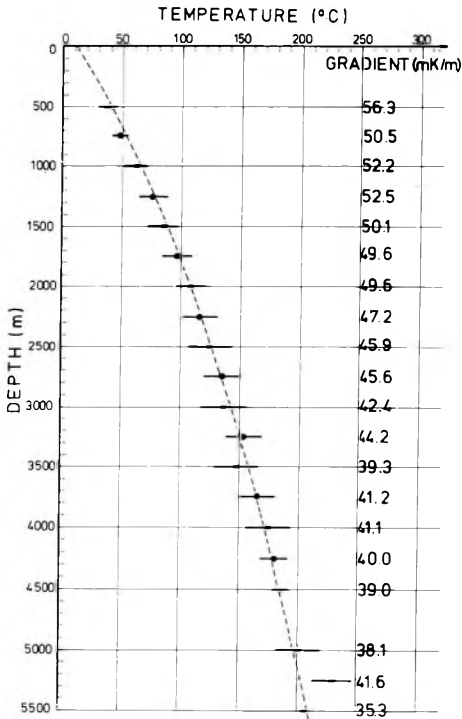


Fig. 10. Average temperature vs. depth diagram from data of Table III

Average gradients represent the mean values of gradients calculated by the $(T_z^i - 11)/z$ formula. The dashed curve is a theoretical function calculated for a typical sedimentary column characterized by 90 mW/m^2 heat flow and 2 : 1 pelite/psammite ratio

10. ábra. Átlagos hőmérséklet—mélység összefüggés Magyarországon a III. táblázat hőmérsékleti és szórásértékei alapján. Az átlagos gradiensek a $(T_z^i - 11)/z$ értékek számtani közepei. A szaggatott vonal $\bar{q} = 90 \text{ mW/m}^2$ hőárammal és 2 : 1 pelit—pszammit aránnyal számolt elméleti görbe. (További magyarázat a 4.1. fejezetben)

Фиг. 10. Зависимость средней температуры от глубины в Венгрии по данным температуры и разброса, указанным в Таблице III.

1 — средние градиенты представляют собой арифметические средние значений $(T_z^i - 11)/Z$. Пунктиром изображена теоретическая кривая, рассчитанная с тепловым потоком $q = 90 \text{ мВт/м}^2$ и отношением пелит/псаммит 2 : 1.

(Дальнейшее объяснение дается в разделе 4.1)

they are less regular but usually the increase with depth is smaller because of the increasing thermal conductivities. The same is shown on the average temperature diagram for the whole of Hungary (Figure 10). Figure 11 shows the frequency of thermal gradients using all data in the 6th column of the data catalogue. In Figure 12 the frequency of average temperature for the $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ squares can be seen. Some whole-country averages are as follow:

at 500 m to 1500 m depth $G = 51.33 \text{ mK/m}$,

at 250 m to 2250 m depth $G = 51.00 \text{ mK/m}$,

at 250 m to 5500 m depth $G = 44.85 \text{ mK/m}$,

Temperature at 1000 m depth $T = 62.3 \pm 11.4^\circ \text{ C}$.

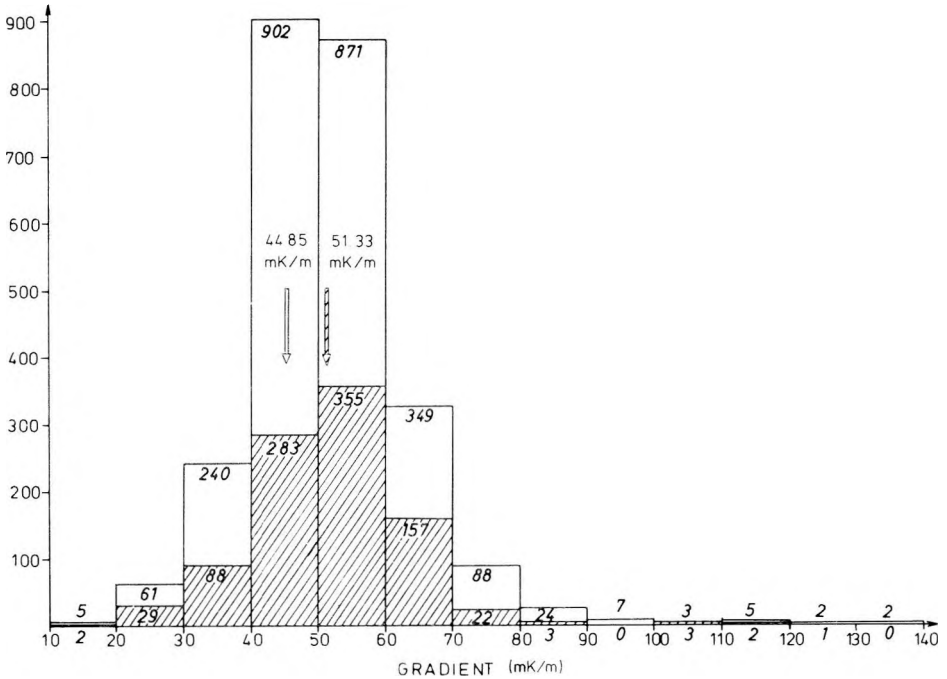


Fig. 11. Frequency of average temperature gradients in Hungary. Gradients refer to 500—1500 m (hatched area) and 250—5500 m. Arrows show average values for Hungary

11. ábra. A geotermikus gradiensek hisztogramja az 500—1500 m mélységben (sraffozott terület) és a 250—5500 m mélységben mért adatokból szerkesztve. Nyíllal az országos átlagokat jelöltük

Фиг. 11. Гистограмма геотермических градиентов, построенная по данным, замеренным на глубине 500—1500 м (штрихованная площадь) и 250—5500 м. Стрелой обозначены средние значения для Венгрии.

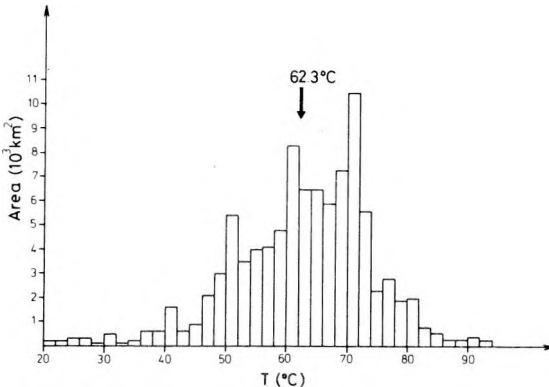


Fig. 12. Areal histogram of temperatures at 1 km depth. 62.3° C is the mean temperature weighted by area

12. ábra. A mélységi hőmérsékletek területnagyság szerinti megoszlása Magyarországon, az 1000 m mélységre szerkesztett izoterma térkép planimetrálása alapján. 62,3 °C a területtel súlyozott átlaghőmérséklet

Фиг. 12. Распределение глубинных температур по величине площадей на основании планиметрирования карты изотерм, построенной для глубины 1000 м. 62,3 °C является средней температурой, взвешенной площадью.

4. Heat flow determinations in the Pannonia basin

Temperature differences in media lead to heat transport, and if only conduction takes place; the amount of heat flow through a unit surface per unit time is given by:

$$\bar{q} = -|\lambda| \bar{G},$$

where \bar{q} = the heat flow density vector,
 $|\lambda|$ = the thermal conductivity tensor,

$$\bar{G} = \text{grad } T = \left\{ \frac{\partial T}{\partial x}; \frac{\partial T}{\partial y}; \frac{\partial T}{\partial z} \right\}.$$

In the Earth's lithosphere $\frac{\partial T}{\partial x} \approx \frac{\partial T}{\partial y} \ll \frac{\partial T}{\partial z}$; that is, the temperature gradient is approximately vertical and, hence, a much simpler scalar equation can be used:

$$q = \lambda G.$$

Here q represents the vertical heat flow, λ the vertical thermal conductivity, and $G = dT/dz$. If the medium is made up from horizontal layers characterized by h_i thicknesses and λ_i thermal conductivities, then

$$q = \frac{\Delta T}{\Delta \varrho}$$

where

$$\Delta \varrho = \sum_{i=1}^N h_i / \lambda_i \quad \text{the integrated thermal resistance for } N \text{ layers, and}$$

ΔT = the temperature difference between the top of the first layer and the bottom of the N th layer.

This last expression can be rewritten in the form:

$$q = \frac{\Delta T}{\Sigma h_i} \cdot \frac{\Sigma h_i}{\Sigma h_i / \lambda_i} = \tilde{G} \cdot \tilde{\lambda},$$

where \tilde{G} is the average temperature gradient and $\tilde{\lambda}$ is the harmonic mean conductivity. These formulae are the base relationships for heat flow determination. In continental areas a borehole should be used and temperature determination and thermal conductivity measurements must be performed.

4.1. Measurements of thermal conductivity

For thermal conductivity measurement of rocks the divided bar instrument has been the most widespread [BECK 1957]. This can be used for measuring the thermal conductivity of solid rock samples and 5 to 10% accuracy can be

achieved with a precise instrument. The major shortcoming of the instrument is that a set of cylindrical samples has to be made from the rock and measurement takes several hours. Cylindrical samples can hardly be made from loose sediments or they will be destroyed by the pressure of the bars. However, the conductivity of rocks made up from large minerals (e.g. granites) can be measured most reliably by this instrument. It is also very useful to determine the conductivity of samples used as standards for other instruments. It is not the case for the latent heat instrument of SCHRÖDER [1963] which is no longer used because of technical reasons.

The new thermal conductivity probe which has become popular in recent years is based on the differentiated line source method [CULL 1974]. Because it is a transient method, the measurement is quick and no special sample preparation is needed. With this probe the conductivity of solid samples with small grain size (less than a few millimeters), loose sediments, and even powdered material can be determined in either the dry state or saturated by any fluid. Such a probe was constructed and tested in the Geothermal Laboratory of the Geophysical Department, Eötvös Loránd University in the years 1977—79. The operation

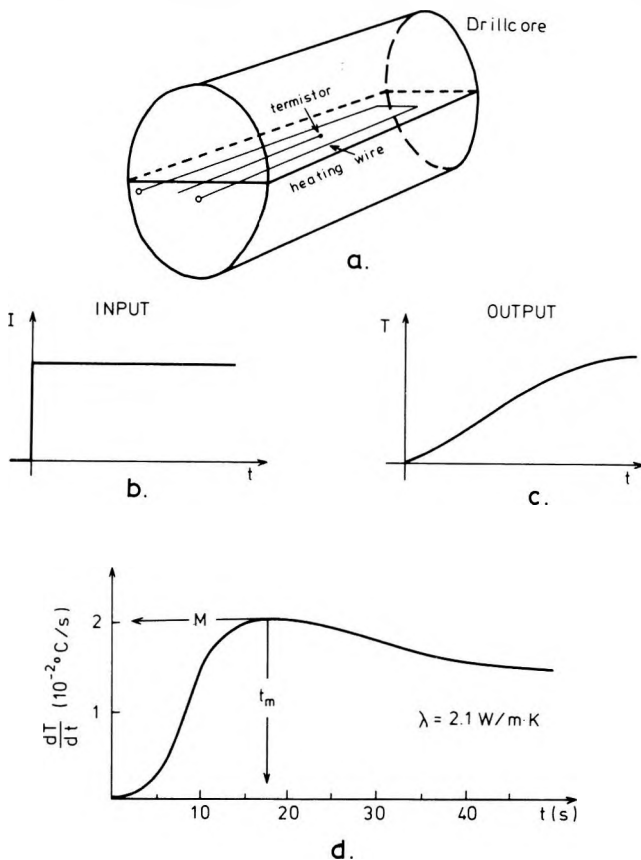


Fig. 13. Sketch showing principle of differentiated line source thermal conductivity probe

13. ábra. A DLS hővezetőképesség-mérő módszer elvi vázlat

Фиг. 13. Принципиальная схема измерения теплопроводности по методу дифференциального линейного источника.

principle of the probe is shown schematically in *Figure 13*. A line source and a point-like temperature sensing element are embedded into a rock. This can be done most easily by cutting the sample into two pieces with a diamond saw. The heat source is an electrically heated thin wire and the temperature increase is measured by a small thermistor about 1 cm from the wires (*Figure 13 a—c*). The time derivative of the temperature increase is shown in *Figure 13d* and parameters of the maximum simply relate to the thermal conductivity and diffusivity of the sample.

The thermal conductivity meter was tested by using 11 standards which cover the whole conductivity range of interest (0.3 to 7 W/Km). The conductivity of the standards was determined by our divided bar instrument and also by the rapid thermal conductivity meter of the Geophysical Department, ETH, Zürich. We concluded that the real error of our conductivity determination was less than $\pm 15\%$. In recent years we have performed several thousand measurements on soils, loose sediments and drill cores. We have determined the thermal conductivity of cores from three Hungarian wells (*Tables VII, X and XIII*), and from eight Slovakian wells, in the framework of a cooperation programme with the Water Drilling Company [STEGENA et al. 1978—81, *Table XV*].

The fundamental problem of current thermal conductivity determinations is the possible discrepancy between laboratory and *in situ* values. This may occur because of the differences in temperature, pressure and fluid (usually water) content. Conductivity normally decreases with increasing temperature. It is hardly possible to give an empirical relationship for loose sediments, although attempts have been made [KUTAS in CHEREMENSKI 1977]. Pressure usually increases the conductivity [KAPPELMAYER—HAENEL 1974] and may compensate the influence of temperature [BUNTEBARTH, personal communication]. Our experiments on Neogene sedimentary rocks suggest that the combined influence of temperature and pressure may cause a change in conductivity well within the limits of experimental error. The change in water content, however, may lead to more significant variations. The conductivity of sand, for example, differs by more than 100% in the dry and water-saturated state [HORVÁTH et al. 1966, ERKI et al. 1977]. Therefore it is very important to wax the cores right after drilling, and to measure the samples as soon as possible. Saturation by water can also be made in the laboratory under low pressure. It does not work well for shales, however, because the thixotropy of clay leads to the destruction of the rock matrix. The best one can do is to use waxed samples and keep the shales in water for only a few minutes before the measurement. This appears to be quite useful because in the case of the differentiated line source method only a small volume of the sample around the wire and thermistor influence effectively the measured conductivity. This is not the case for the divided bar method, and therefore measurements for shales are unreliable or impossible with this type of instrument. It is a matter of fact that the conductivity of shales even when measured by the differentiated line source technique is less reliable than that of other rocks; it is desirable, therefore, to check their reliability, if possible.

To get an idea about the average conductivity conditions of the Pannonian basin we carried out a statistical check. In the case of pre-Neogene rocks we took into consideration all data measured in Hungary. Average values for rocks of different age and their respective standard deviations are given in *Table IV*. In the case of Neogene sedimentary rocks we accepted only our data: 96 data for pelites (clays, shales and aleurolites) and 61 data for psammites (sands and sandstones) were available. There was a variation in geologic age from the Quaternary to the Badenian (middle Miocene). This represents a series from loose sediments to consolidated sedimentary rocks. During compaction and lithification the conductivity progressively increases because the rock matrix is a better conductor than the fill of pore space (mostly water). Conductivity also depends on lithology, chiefly on the amount and grain size of quartz, which is a very good conductor. One can expect therefore, that in a young sedimentary basin conductivity generally increases with depth and sandstones tend to be better conductors than shales. *Figure 14* shows that, indeed, this is the case in the Pannonian basin. *Table V* gives the equations of the trend lines. Similar empirical relationships were derived for pelites and psammites by BUNTERBARTH [1978/79], PLEWA [1976], HURTIG—SCHLOSSE [1976]. Although the scatter of data is quite large, the trend lines well describe the average conditions as can be shown by the following calculation. If $\lambda(z) = az + b$, the solution of the

differential equation $\frac{dT}{dz} = \frac{q}{\lambda(z)}$ is given by

$$T(z) = \frac{q}{a} \ln\left(\frac{a}{b}z + 1\right) + T_0$$

with the $T(z=0) = T_0$ boundary condition. We calculated this function using the following data:

- (i) the average heat flow and surface temperature for the Pannonian basin are

$$q \approx 90 \text{ mW/m}^2 \quad \text{and} \quad T_0 = 11^\circ \text{C};$$

- (ii) an „average” sedimentary column in the Pannonian basin is made up from pelites and psammites in the ratio 2 : 1, that is,

$$\lambda(z) = \frac{1}{3} [2\lambda_{\text{pelite}}(z) + \lambda_{\text{psammite}}(z)].$$

The result is shown by the broken line in *Figure 10*. It can be seen that the calculated function perfectly fits to the average measured values. This gives some credit to our conductivity data for both shales and sandstones, and demonstrates the applicability of the conductivity trend lines in *Table V*.

As for the average conductivity conditions of the Pannonian basin, the following general statements can be made. Volcanic rocks, especially tuffs and agglomerates, are characterized by relatively low conductivities. Mesozoic dolo-

mites are markedly better conductors than limestones, the Triassic and Jurassic pelites are of about the same conductivity. A few data for Permian red sandstones suggest conductivity lower than for Jurassic and deep Neogene sandstones. At the contact of the Neogene basin fill and the Mesozoic—Palaeozoic basement a conductivity increase of 1.3 to 2, and therefore the same decrease in gradient can be expected.

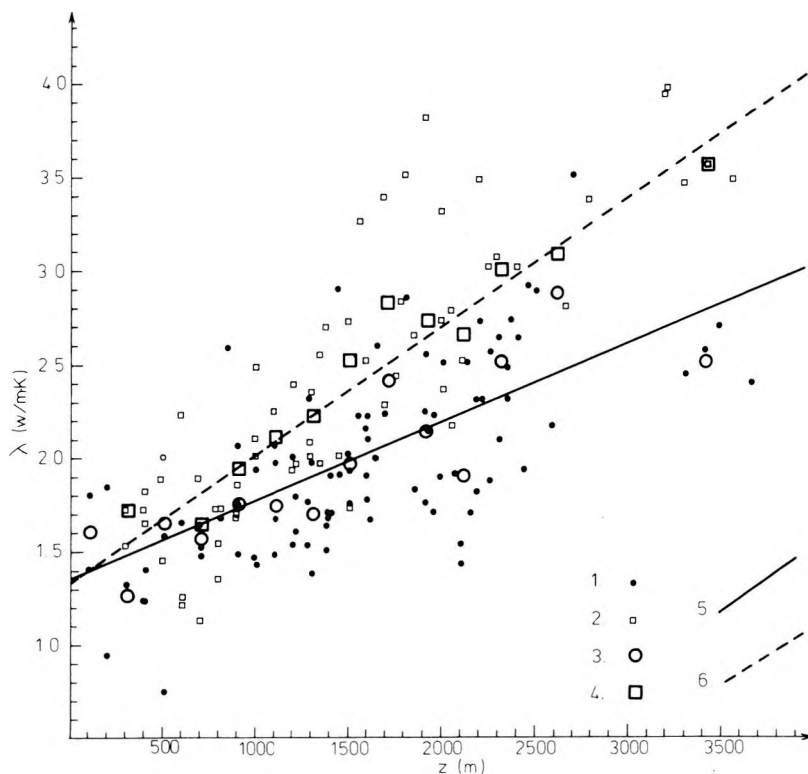


Fig. 14. Thermal conductivity of Neogene pelites and psammities
Measured data: 1 — on pelites; 2 — on psammities. 200 m averages: 3 — for pelites; 4 — for psammities. Trend lines: 5 — for pelites; 6 — for psammities

14. ábra. Neogén pelitek és pszammitok hővezetőképességének mélységfüggése
Mért adatok: 1 — peliteken; 2 — pszammitokon. 200 m-re átlagolt értékek: 3 — pelitekre;
4 — pszammitokra. Közelítő egyenesek: 5 — pelitekre; 6 — pszammitokra

Fig. 14. Теплопроводность неогеновых пелитов и псаммитов.

Измеренные данные: 1 — на пелитах, 2 — на псаммитах.

Осредненные на 200 м значения: 3 — для пелитов, 4 — для псаммитов.

Аппроксимирующие прямые: 5 — для пелитов, 6 — для псаммитов.

4.2. Heat flow determinations in Hungary

Fourteen heat flow determinations have been made so far (end of 1982) in Hungary. Their more important data are summarized in *Table VI*.

There are 4 heat flow data in the *Mecsek Mts.* Mecsek is one of the few localities in Hungary where the pre-Neogene basement (Mesozoic and late Palaeozoic) is exposed. The first Hungarian heat flow determination was made by BOLDIZSÁR [1956] in the Zobák shaft of the Komló coal mine. It was improved later by further data [BOLDIZSÁR—GÓZON 1963]. Samples taken from the wall of the shaft were measured by a divided bar instrument. Temperature measurements were performed in 1—1.5 m long holes drilled into the walls of the shaft. Similar determinations were made in the coal mine of Hosszuhetény [BOLDIZSÁR 1964] and both data are reliable. The further two data were measured in boreholes. At Bakonya in a 1200 m deep borehole BOLDIZSÁR [1967a] made a determination but as the temperature was not known all along the borehole and few samples were available this was a less accurate determination. A very good determination was made by SALÁT [1967] in an ore exploration well at Kövágóttös. These determinations were made in Permian and lower Jurassic strata and indicate a consistent high heat flow for the mountain.

There are 7 heat flow data available from the belt of the *Hungarian mountain chain*. This belt belongs to the Alpine system and it is made up from late Palaeozoic and mainly Mesozoic rocks. Mesozoic beds are dominated by Triassic carbonates (Hauptdolomite, Dachstein limestone etc.) which exhibit high secondary permeability as a consequence of longlasting karstification and intensive block faulting. A large part of the belt crops out but major areas are covered by Neogene sediments (e.g. Zala basin). The first heat flow determination in this belt was made here, in a borehole at Nagylengyel [BOLDIZSÁR 1959]. It was an interesting case because it showed the major difficulties one might encounter in the course of heat flow determination. First of all—because of the mentioned difficulty—clayey samples were measured in dry state, and the wet conductivity was calculated. The reliability of the results was, of course, very doubtful. The next problem was related to the temperature data. STEGENA [1963] called attention to a marked lateral change of temperature gradient. Indeed, from east to west the temperature gradient increases from 32 mK/m to about 60 mK/m (*Enclosure 2*), which may be related to water circulation in the underlying Mesozoic basement [DUBAY 1963]. Because of these difficulties the regional significance of the Nagylengyel heat flow value was questionable. Recently we made a heat flow determination about 20 km southwest of this locality (Bárszentmihályfa—1) (for details, see later in this chapter). It is enough to say here that because of the deep penetration of the borehole our determination is reliable, and the value (92 mW/m²) supports the Nagylengyel heat flow (84 mW/m²). A plausible explanation is the fortunate position of the Nagylengyel borehole, which is situated just between a positive and negative temperature anomaly (*Enclosure 2*). Another new determination in the same

belt and also mostly in Mesozoic rocks (Vál—3) gave further credit to the validity of the high conductive heat flow in the Transdanubian Central Range.

Heat flow determinations have also been carried out near Budapest. The Szentendre determination [BOLDIZSÁR 1965] is only fairly good because the samples were measured in dry state. The Budapest (Public Gardens) value is unreliable because no good temperature data were available. A former determination in two nearby boreholes at Recsk has recently been reevaluated by using more reliable temperature data [HORVÁTH et al. 1977]. GREUTTER [1977a] determined heat flow in a borehole near to Edelény. As he used a latent heat instrument, conductivities were measured on dry samples. This again increases the error of the determination. Because of this difficulty there have been very few heat flow measurements in the deep Neogene basins of Hungary. BOLDIZSÁR [1966] made two determinations in the centre of the Great Hungarian Plain (Hajdúszoboszló and Kaba). We applied first our new thermal conductivity probe for heat flow determination in the Sándorfalva—I borehole. In the following we review in more detail our unpublished heat flow determinations.

Sándorfalva—I (S—I). The borehole is situated on the western flank of the ultra deep Makó trough. Below 3809 m of middle Miocene to Quarternary sediments, the drill penetrated a few metres thick Triassic sandstone and stopped in Palaeozoic gneiss. The young sediments are made up from sands, sandstones, marls, shales and aleurolites. There is a thin layer of volcanic agglomerates at 3686—3728 m. Twenty four drill cores from the sediments and 3 cores from the basement were available. The conductivity was measured on water saturated samples by a differentiated line source probe. Results are given in *Table VII* and *Figure 15*. It can be seen that there is a large scatter in conductivities but the sandstones are better conductors than the shales. Sedimentary rocks were divided into three categories by the use of geophysical well logs: sandstone, shale—marl, and aleurolite. According to the data in *Table VII*, the average conductivity of sandstones is 3.45 W/Km, of shales and marls 2.34 W/Km, and of aleurolites 2.59 W/Km. These last two averages do not differ significantly, therefore they can be grouped together. Their weighted average conductivity is 2.45 W/Km. The calculation of thermal resistance can be seen in *Table VIII*. According to this mean conductivity of the 500—3686 m depth interval is

$$\tilde{\lambda}_{500-3686 \text{ m}} = \frac{3186}{1192.1} = 2.67 \text{ W/Km.}$$

Only bottom hole temperature data were available in the borehole. *Table IX* shows their correction by the BULLARD and DAKHNOV—DYAKONOV methods. As can be seen in *Figure 15* a straight line connecting 12° C on the surface and 182° C on the bottom (4015 m) is a tenable approximation. The geothermal gradient is 42.34 mK/m, and the heat flow

$$q = 2.67 \cdot 42.34 \approx 113 \text{ mW/m}^2 \approx 2.7 \text{ HFU.}$$

The estimated error of this determination is 20—25%.

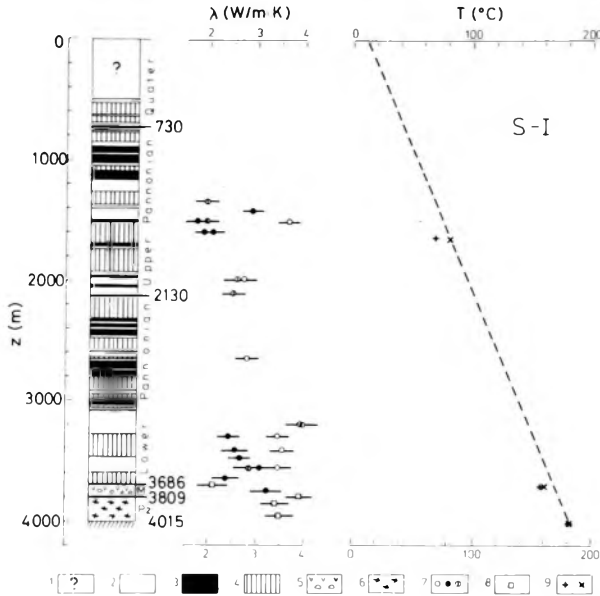


Fig. 15. Geological column, measured thermal conductivities, corrected bottom-hole temperatures and the inferred linear temperature—depth function for the S-I borehole

- 1 — lithology not available; 2 — sand and sandstone; 3 — shale; 4 — mixed sand—shale; 5 — Badenian volcanic and sedimentary rocks; 6 — Palaeozoic gneiss overlain by a few metres of Triassic sandstones; 7 — thermal conductivity of Neogene sand, shale and mixed samples; 8 — thermal conductivity of the rest of the samples; 9 — corrected bottom-hole temperatures calculated by BULLARD and DAKHNOV—DYAKONOV formulae

15. ábra. A Sándorfalva—I mélyfúrás rétegsora, a hővezetőképességek, a javított talphőmérsékletek és a lineárisan közelített hőmérséklet—mélység függvény

- 1 — a rétegsor ismeretlen; 2 — homok és homokkő; 3 — agyag, márga; 4 — vegyes kifejlődés; 5 — badeni vulkanitok és üledékek; 6 — néhány méter triász homokkő majd paleozoos gneisz; 7 — a homokos, az agyagos, ill. a vegyes kifejlődésű kőzeteken mért hővezetőképességek; 8 — egyéb kőzeteken mért hővezetőképességek; 9 — BULLARD, ill. DAKHNOV—DYAKONOV módszerével korrigált talphőmérsékletek

Фиг. 15. Геологическая колонка, измеренные теплопроводности, исправленные забойные температуры и линейно аппроксимируемая зависимость температуры от глубины для скважины S—I.

- 1 — литология неизвестна, 2 — песок и песчаник, 3 — глина, мергель, 4 — смешанные фации, 5 — баденские вулканиты и осадки, 6 — палеозойский гнейс, перекрываемый триасовым известняком мощностью нескольких метров, 7 — теплопроводности, измеренные на песчаных, глинистых и смешанных породах, 8 — теплопроводности, измеренные на остальных породах, 9 — забойные температуры, исправленные по методам Буларда и Дахнова—Дьяконова соответственно.

Bárszentmihályfa—I (Bm—I). The borehole is situated in the Zala basin. The drill hit the bottom of Miocene sediments at 3070 m and penetrated the Mesozoic complex down to a depth of 5075 m. It stopped in Jurassic limestones which are tectonically overlain by Triassic dolomites (Figure 16). Because the

bulk of the drill cores come from the Mesozoic complex, this depth interval could be used to determine the heat flow. Thermal conductivity was measured on water-saturated samples at room temperature; results are given in *Table X* and *Figure 16*. It can be seen that the Triassic dolomites exhibit markedly higher conductivities than the Jurassic limestones: their averages are 4.74 W/Km and

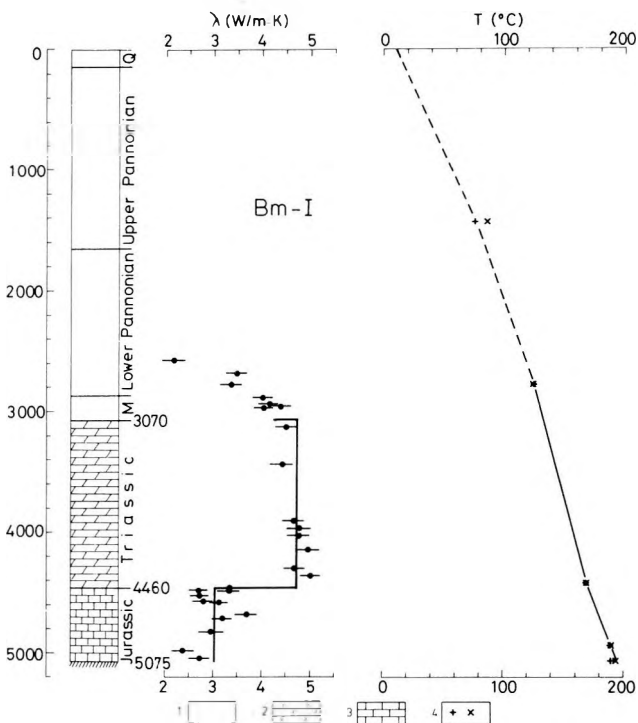


Fig. 16. Geological column, measured thermal conductivities and their averages, corrected bottom-hole temperatures and the inferred temperature vs. depth function for the Bm-I borehole

1 — Quaternary—Neogene sedimentary sequence (unspecified); 2 — Triassic rocks, dominantly dolomites; 3 — Jurassic rocks, dominantly limestones; 4 — corrected bottom-hole temperatures, calculated by BULLARD and DAHNOV—DYAKONOV formulae

16. ábra. A Bárszentmihályfa—I mélyfúrás rétegsora, a mért és az átlagos hővezetőképességek, a javított talphőmérsékletek, valamint a becsült hőmérséklet—mélység függvény

1 — kvarter—neogén üledékek; 2 — triász összlet (túlnyomóan dolomit); 3 — jura összlet (túlnyomóan mészkő); 4 — BULLARD, ill. DAHNOV—DYAKONOV módszerével korrigált talphőmérsékletek

Fig. 16. Геологическая колонка, измеренные и средние теплопроводности, исправленные забойные температуры, а также оцениваемая зависимость температуры от глубины для скважины Bm-I.

1 — четвертичные и неогеновые осадки. 2 — триасовая толща (преобладает доломит). 3 — юрская толща (преобладает известняк). 4 — забойные температуры, поправленные по методам Буларда и Дахнова—Дьяконова.

3.03 W/Km, respectively. Steady-state temperatures were estimated from bottom hole data, as in the previous case (*Table XI*). The results and the accepted temperature—depth profile can be seen in *Figure 16*. It is heartening that the decrease in conductivity is associated with an increase in temperature gradient. Before the heat flow is calculated, however, we have to take into consideration that conductivity was measured at room temperature ($\sim 20^\circ\text{C}$); we do this because the thermal conductivity of carbonates strongly depends on temperature whereas the effect of pressure is negligible. In *Figure 17* conductivity vs. temperature curves can be seen for a dolomite and a limestone sample [KAPPELMEYER—HAENEL 1974] which both exhibit nearly the same conductivity at 20°C as the Bárszentmihályfa samples. We used these curves to estimate the temperature effect. The actual temperature in the dolomite complex varies from 130°C to 170°C , with an average of 150°C . The temperature in the limestone complex, in turn, goes from 170°C to 190°C , with an average of 180°C . As is shown in *Figure 17*, the conductivity of dolomite decreases from 4.74 W/Km to 3.56 W/Km in the 20°C — 150°C temperature interval. For limestone the increase of temperature from 20°C to 180°C results in a decrease from 3.03 W/Km to 2.28 W/Km. By accepting these values, the heat flow can be calculated (*Table XII*). The agreement of the heat flow for the upper and lower interval may indicate that our determination is reliable. The suggested heat flow value for the B—I borehole is

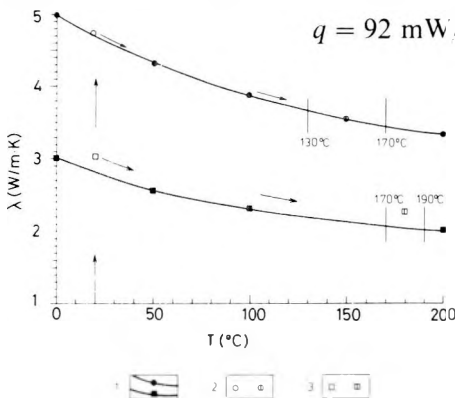


Fig. 17. Decrease of thermal conductivity with increasing temperature for a dolomite and limestone sample [after KAPPELMEYER—HAENEL 1974]. These curves were used for correction of conductivities measured at 20°C to the actual temperatures at the lower part of Bm—I borehole

1 — conductivity vs. temperature relation for dolomite and limestone; 2 — average conductivity of the measured dolomite samples and the corrected value; 3 — average conductivity of the measured limestone samples and the corrected value

17. ábra. Egy dolomit és egy mészkő minta hővezetőképességének csökkenése a hőmérséklet függvényében [KAPPELMEYER—HAENEL 1974]. Ezeket a görbéket alkalmaztuk a Bm—I mélyfúrás hővezetőképességének korrekciójánál

1 — hővezetőképesség—hőmérséklet összefüggés dolomitra, ill. mészkőre; 2 — a dolomit minták átlagos hővezetőképessége és a javított érték; 3 — a mészkő minták átlagos hővezetőképessége és a javított érték

Фиг. 17. Снижение теплопроводности с увеличением температуры на образце доломита и известняка (Капельмейер—Гэнел, 1974). Эти кривые были использованы для внесения поправок в значения теплопроводности по скважине Bm—I.

1 — зависимость теплопроводности от температуры для доломита и известняка.
2 — средняя теплопроводность доломитовых образцов и исправленное значение,
3 — средняя теплопроводность известняковых образцов и исправленное значение

and an error of about $\pm 20\%$. The average geothermal gradient and the mean conductivity for the 2784 m—4937 m depth interval are 31.1 mK/m and 2.96 W/Km, respectively. According to hydrogeological data there is no significant water movement in this deep complex.

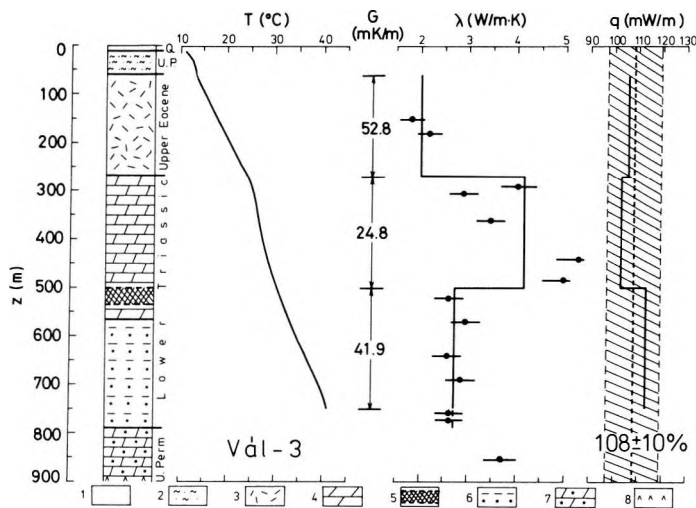


Fig. 18. Geological column, stationary temperature log, average temperature gradients, measured thermal conductivities and their averages, and heat flow values for the Vál—3 borehole

1 — soil and loess; 2 — clay and sand; 3 — andesitic tuff and agglomerate; 4 — upper Werfenian beds, made up mostly of dolomites with occasional limestone interbeddings; 5 — zone of strong deformation and fracturing, probably a wide shear zone; 6 — lower Werfenian beds, made up of sandstones, shales, dolomites and limestones; 7 — dolomite with anhydrite and sandstone interbeddings; 8 — Triassic (?) diabase

18. ábra. A Vál—3 mélyfúrás rétegsora, az egyensúlyi hőmérséklet-szelvény, az átlagos geotermikus gradiens értékek, a mért hővezetőképességek és átlaguk, valamint a hőáramértékek
1 — talaj és lösz; 2 — agyag és homok; 3 — andezittufa és agglomerátum; 4 — kampili dolomit, mészkőbetelepülésekkel; 5 — tektonikusan erősen igénybe vett zóna; 6 — szeizi homokkő, agyagmárga, dolomit és mészkő; 7 — dolomit, anhidrit, helyenként homokkővek; 8 — triász (?) diabáz

Фиг. 18. Геологическая колонка, диаграмма установившейся температуры, средние температурные градиенты, измеренные теплопроводимости с указанием их среднего значения теплового потока для скважины Vál—3

1 — почва и лесс, 2 — глина и песок, 3 — андезитовый туф и аггломерат, 4 — кампильский доломит с прослойками известняка, 5 — тектонически сильно нарушенная зона, 6 — сейский песчаник, глинистый мергель, доломит и известняк, 7 — доломит, ангидрит, местами песчаники, 8 — триасовый (?) диабаз.

Vál—3. The borehole is situated about 30 km to the southwest of Budapest. The drill penetrated thin Pannonian sediments, upper Eocene volcanic complex, lower Triassic beds, Permian strata and stopped in diabase at about 900 m depth. We made conductivity measurements on 14 drill core samples; the results are shown in *Table XIII* and in *Figure 18*. Measurements suggest low conductivity for Eocene volcanics, high and variable conductivity for the upper part of the Triassic sequence (mostly dolomites), and fairly constant medium conductivity for the lower part of the Triassic (mostly limestones). Each geological unit was characterized by the average value as is shown in *Figure 18*. Also shown is the temperature log which was measured six months after the drilling by the Eötvös Loránd Geophysical Institute. It can be seen that the temperature gradient markedly changes in accordance with the conductivity. Heat flow values for the three contrasting depth intervals (*Table XIV*) agree very well and give a heat flow of

$$q = 108 \text{ mW/m}^2 \approx 2,6 \text{ HFU}$$

for the borehole. This is a faultless determination of the conductive heat flow with an estimated error of about $\pm 10\text{--}15\%$. For the 105—748 m depth interval the average gradient and mean conductivity are 38.7 mK/m and 2.79 W/Km, respectively.

4.3. Heat flow map of the Pannonian basin

The heat flow value and its areal distribution yield important information on the present thermal state and tectonic conditions of a region. Although the number of measurements is rather large, their highly uneven areal distribution causes difficulties. The heat flow data from outside Hungary that were considered in constructing the map (*Enclosure 3*) are summarized in *Table XI*; the errors of the listed heat flow data amount to about 15—25%. More detailed information on the measured data in the different countries is given in the volume "Terrestrial heat flow in Europe" edited by ČERMÁK and RYBACH [1979].

It can be seen from *Table XV* that there has been no heat flow measurement in Austria and Yugoslavia; there are no heat flow data from the Hungarian part of the Little Hungarian Plain, and the Great Hungarian Plain is represented by only five (three Hungarian and two Romanian) heat flow measurements. In contrast, the heat flow is well known on the Slovakian part of the Little Hungarian Plain, in the Vienna basin and in the Transcarpathian depression.

In order to avoid the difficulties we estimated heat flow for "blank spots" in Hungary using boreholes in which reliable temperature measurements exist and the lithology is known from geophysical well logs and core samples. We proceeded as follows. The Neogene sedimentary column was divided into characteristic lithological units and the pelite/psammite ratio was estimated

within each unit. On this basis, the heat conductivity of the unit and then the thermal resistance of the entire succession of layers were computed from the expressions given in Table V. In a few cases, where the division into lithological units could not be performed, the entire borehole was characterized by an average pelite/psammite ratio. For the heat conductivity of rocks older than Neogene the average values given in Table IV were used. Because of lack of direct measurements on Palaeogene samples, values obtained for Mesozoic pelites were adopted. The error of the estimated heat flow values cannot be given exactly, but it is certainly not much larger than that of the direct heat flow determinations. In the course of map construction the results obtained in the above manner were considered representative for the whole square of the $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ grid system which included the given borehole. If more than one estimate was obtained for a particular square, their arithmetic mean was computed. We made use of three estimates of heat flow from Romania too [PARASCHIV—CRISTIAN 1973].

The shape of the heat flow isolines is based primarily on the measured data. Less weight was given to the estimated data, and only if no data were available for particular areas did we take into consideration the pattern of the temperature map for 1 km depth. The isolines were drawn at intervals of 10 mW/m^2 between 40 and 100 mW/m^2 .

The map is an uncorrected heat flow map thus it reflects the heat disturbances of convective origin and contains all the conductive disturbances due to the departure of the actual geological structure from a horizontally layered model (e.g. effect of topography, undulation of the basement etc.).

5. Interpretation of geothermal data

The thermal state of the Earth's crust is determined basically by two factors: the mantle heat flow and the radioactive heat generation of the crust.

The high value of the average heat flow in the Pannonian basin is the result of increased mantle heat flow due to a thin lithosphere, but the temperature and heat flow distribution near to the surface can be influenced by a number of the other factors:

a) *Topography*. The majority of the areas in our study is covered by plains, and only a smaller part by mountains of medium height without steep variations in topography. The effect of topography on subsurface temperature is less than 10% provided that the temperature refer to depths greater than 0.3 times the height variations [ENGLAND 1979]. Therefore this effect can be neglected in our case.

b) *Palaeoclimate*. For heat flow values derived from temperatures measured at depths greater than 300 m the integrated effect of Pleistocene glacials and interglacials (well over any other older climatic effects) is estimated to be 5—8% maximum [ČERMÁK 1976]. This effect, therefore, is also below the estimated measurement errors.

c) *Conversion of mechanical energy to heat.* There is a good correlation between shallow seismicity and the horizontal geothermal gradient [STEGENA 1976, 1982]. The energy density released by earthquakes, however, is much lower than that of the heat flux anomalies. Therefore, only earthquakes produced by heat flux anomalies can be supposed but not *vice versa*.

d) *Chemical reactions and physico-chemical processes* in sediments and in the crust (e.g. compaction, phase changes, solution). These effects are of minor importance and may lead to local anomalies with low amplitude [RYBACH 1981].

e) *Volcanism.* In the area under investigation intensive volcanic activity terminated in the late Miocene. The hot magma which flowed to the surface completely transferred its heat to the atmosphere during the past 10 million years, even if it was subsequently buried by sediments. Subvolcanic bodies can preserve their geothermal energy for a longer time but even a very large intrusion (a volume of 10^3 km^3) cools down during a period of about 1 million years (Figure 19, RYBACH 1981). According to the interpretation of magnetic anomalies of Hungary subvolcanic bodies of such large dimension are not likely, and in most parts of the country there is no correlation between the magnetic anomalies and the geothermal anomaly pattern. The Transcarpathian depression appears to be an exception: there is some correlation here between volcanic masses, hot springs and temperature field [RUDINEC 1978].

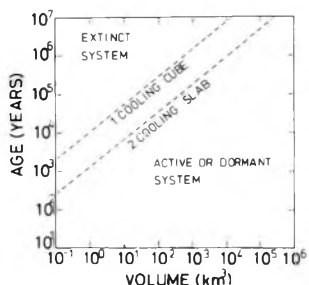


Fig. 19. Cooling of subvolcanic mass [RYBACH 1981]. Broken lines give time for a given volume of volcanites to drop from 800°C to 300°C

19. ábra. Szubvulkáni test lehűlése az idő függvényében [RYBACH 1981]. A szaggatott vonal azt az időt jelzi, amely alatt a test középpontja 800°C -ról 300°C -ra hűlt le: 1 — kocka alakú testre; 2 — horizontálisan elnyúlt hasábra

Фиг. 19. Охлаждение субвулканического тела в зависимости от времени [Рибач, 1981]. Пунктиром показано время охлаждения середины тела с 800°C до 300°C для 1 — кубического тела, 2 — продольно растянутой призмы.

f) *Inhomogeneities in thermal conductivity.* The thermal conductivity of the nearly horizontal layers in the Pannonian basin exhibits small and random horizontal variations. In the vertical direction there is a general increasing trend with depth but individual data are rather variable (Figure 14). A significant contrast in the heat conductivity appears at the boundary between the crystalline or carbonate basement and the sandy—clayey young sediments. One may expect therefore a close correlation between the basement relief and the heat flow and the temperatures measured in the sediments. Namely, above the areas where the basement is in an elevated position higher temperature, whereas above basement depressions lower temperatures can be expected. This is because the good conductivity basement focuses the stream lines of the heat flow. This effect is illustrated for example by model computations of MAJER [1978] for California (grass Valley), where the variation in the basement relief leads to a heat flow anomaly of 100 mW/m^2 .

The computation of the correlation between the depth of the Neogene basement of the Pannonian basin [HORVÁTH—ROYDEN 1981] and the temperatures at a depth of 1000 m resulted in a surprisingly low value of the correlation coefficient ($R = -0.26$). (Areas where the basement depth is less than 1 km were not considered.) A more convincing argument in favour of the existence of correlation is given in *Figure 20*. This map was constructed by computing the average of correlation coefficients obtained for three moving, rectangular windows of different size (30×30 , 50×50 and 70×70 km), and then referring the average to the joint centre of windows. On the basis of the map it can be ascertained that over the deeper parts of the basement, temperature correlates fairly well with the basement relief. At the same time, however, it is seen that the regional geothermal field is influenced by other effects of similar importance.

g) Cooling effects of sedimentation. Fast accumulation of cool sediments in rapidly subsiding basins decreases the heat flow in deep depressions, thus amplifying the effect discussed in the previous paragraph.

Sedimentation correction can be computed by one of the following two expressions:

$$G^* = a + \frac{a}{2} \left[e^{\frac{vtz}{\kappa t}} \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{z+vt}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}} \right) - \frac{2vt}{(\kappa t)^{\frac{1}{2}}} \operatorname{ierfc} \left(\frac{z+vt}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}} \right) \right) - \operatorname{erfc} \frac{z-vt}{2(\kappa t)^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (1)$$

[CARSLAW—JAEGER 1959],

$$G^* = \frac{a \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left[\frac{b}{2\kappa_2^{\frac{1}{2}}} \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2(\kappa_2 t)^{\frac{1}{2}}} \right) + \operatorname{ierfc} \frac{b}{2\kappa_2^{\frac{1}{2}}} + \frac{b}{2\kappa_2^{\frac{1}{2}}} \right]}{\left[\operatorname{ierfc} \left(\frac{b}{2\kappa_2^{\frac{1}{2}}} \right) + \frac{b}{2\kappa_2^{\frac{1}{2}}} \left(1 + \frac{\lambda_1 \kappa_2^{\frac{1}{2}}}{\lambda_2 \kappa_1^{\frac{1}{2}}} \right) \right]} \quad (2)$$

[CHEREMENSKI 1977]

where:

G^* = the geothermal gradient at depth z at time t after the onset of sedimentation;

a = the geothermal gradient prior to sedimentation;

λ = thermal conductivity;

κ = thermal diffusivity;

$$\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-y^2} dy;$$

$$\operatorname{erfc} x = 1 - \operatorname{erf} x;$$

$$\operatorname{ierfc} x = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2} - x \operatorname{erfc} x.$$

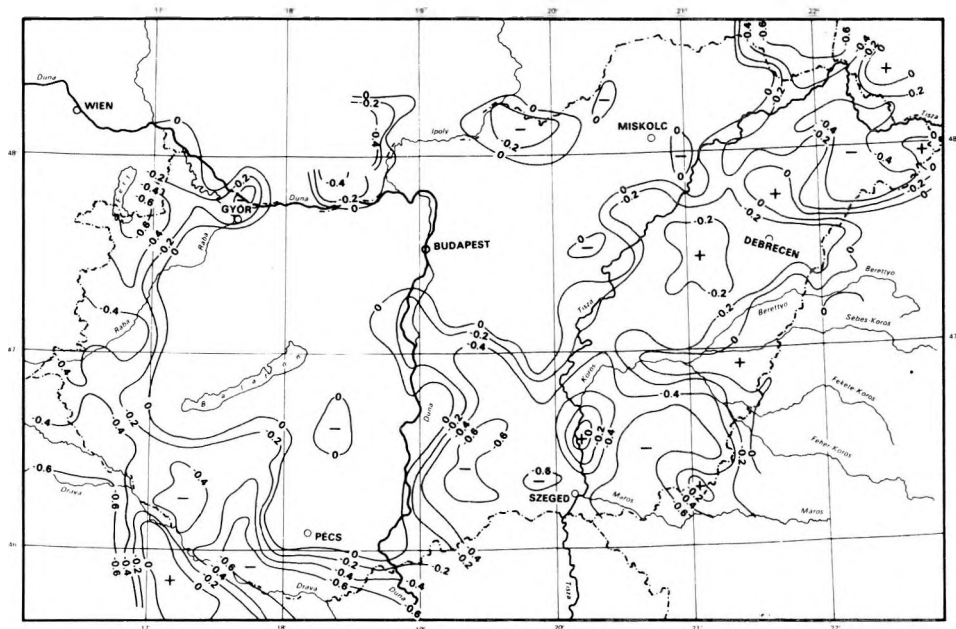


Fig. 20. Correlation map between basement depth and temperature at 1 km depth. Negative sign of correlation coefficient isolines show great depth—low temperature relation. Positive isolines are not plotted

20. ábra. Az aljzattmélység és az 1 km mélységben lévő hőmérséklet-eloszlás korrelációja. A korrelációs együtttható izovonalainak negatív előjele a „nagy mélység—alacsony hőmérséklet” összefüggést mutatja. A pozitív izovonalak nincsenek megszerkesztve

Фиг. 20. Карта корреляции основания бассейна с температурой на глубине 1 км. Отрицательный знак изолиний коэффициента корреляции указывает на отношение «большая глубина — низкая температура». Положительные изолинии не показаны.

Expression (1) holds for sedimentation taking place at a constant rate (v) in a homogeneous medium. In expression (2) the subsidence history is described by $b \sqrt{t}$ and different thermal parameters can be assigned to the basement and the sediments (λ_1, κ_1 and λ_2, κ_2 respectively).

The cooling effect of sedimentation can be estimated from the tables computed from the above expressions [STEGENA—DÖVÉNYI 1982]. As an example, two estimations characteristic for the Pannonian basin are given below. In this case, because of the short duration of sedimentation, both expressions give nearly the same results.

1. Duration of sedimentation: 15 million years

Total thickness of sediments: 5 km

Deviation of geothermal gradient from the steady-state value:

at a depth of 1000 m: -25%

at a depth of 5000 m: -20%

2. Duration of sedimentation: 10 million years

Total thickness of sediments: 2 km

Deviation of geothermal gradient from the steady-state value:

at a depth of 1000 m: -14%

at a depth of 5000 m: -12%

h) Effect of subsurface water movements. This is the most important factor: it may produce high amplitude local and even regional geothermal anomalies. Because it has a significant though not fundamental influence on the thermal field of the Pannonian basin, it will be treated in more detail in the next section.

5.1. Geothermics and subsurface water circulation

The influence on the temperature field of thermal springs rising at the edges of Hungarian karstic mountains has long been known and the change in the geothermal gradient caused by vertical water movements assumed for the basin areas has been studied for decades [SÜMEGHY 1929]. It was observed on the one hand that water seeping in at the edges of the deep basins results in a decrease of the temperature gradient. On the other hand hot water migrating upwards increases the gradient [SZEBÉNYI 1955, BÉLTEKY 1963]. As a result of recent developments a unified model of water circulation in the Pannonian basin has been elaborated [ERDÉLYI 1975, ALFÖLDI et al. 1978, ERDÉLYI—LIEBE 1977]. There is also a growth in the scientific literature on the theoretical problems of the connection between subsurface water movements and geothermal conditions [JUHÁSZ 1977, LIEBE—LORBERER 1977, RUBIN 1974]. In addition to the study of convective heat transport, more rigorous treatment is now being given to the effect of geothermally determined density differences on the water circulation [HUBBERT 1953, LIEBE—LORBERER 1977, ALFÖLDI et al. 1978]. Thus in the present study the influence of subsurface water movements on the geothermal conditions and the related theoretical problems and examples for Hungary, are summarized as a result of comprehensive investigations.

The water seeping down below the surface is warmed up along its path and at the same time extracts heat from the surroundings. Because natural water circulation systems tend to be permanent features it can be assumed that steady-state conditions prevail. That is, temperature and heat flow are functions of depth but they do not change in time (*Figure 21*). The power (Φ) extracted from a given area (F) can be obtained from the difference between heat flow at depth (q) and at the surface (q'):

$$\Phi = F(q - q').$$

This power leads to the heating of water from the original temperature T_b to T_k

$$\Phi = I c_w (T_k - T_b),$$

where I is the rate of water flowing through the area and c_w is the specific heat of water. On the left part of area A in Figure 21, the water seeps in and modifies the temperature field. In the figure it is also demonstrated that upon reaching the deepest point along the circulation path the cooling effect is not terminated. The warming up of the upward migrating water still continues for a certain time and is accompanied by a continuing cooling effect. It follows that the cooled area (A) is always of greater extent than the area of infiltration and, conversely, the heated area (B) is smaller than that of the upward migration. Upward migrating water cools down progressively and increases the temperature of the

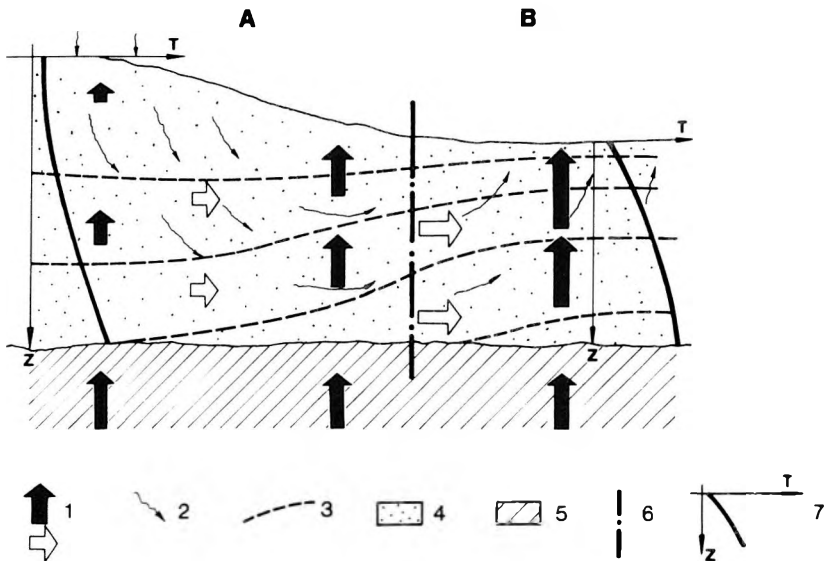


Fig. 21. Sketch depicting thermal effects of water convection. A) Area of convective cooling; B) Area of convective heating

- 1 — direction and magnitude of conductive and convective heat flow; 2 — direction of water movement; 3 — isotherms; 4 — permeable formation; 5 — impermeable formation; 6 — boundary of areas of cooling and heating; 7 — characteristic temperature—depth curve

21. ábra. A felszín alatti vízáramlás geotermikus hatásának elvi vázlatja. A) Beszivárgási (leáramlási), hűtött terület; B) Felszivárgási (feláramlási), fűtött terület

- 1 — konduktív és konvektív hőáram iránya és nagysága; 2 — vízáramlás iránya; 3 — izoterma vonalak; 4 — vízvezető képződmények; 5 — vízzáró képződmények; 6 — hűtött és fűtött terület határa; 7 — jellemző hőmérséklet—mélység grafikon

Fig. 21. Принципиальная схема геотермического эффекта подземного водотечения. А) охлажденная зона инфильтрации (нисходящего течения). В) нагреваемая зона подъема (восходящего течения).

- 1 — направление и величина кондуктивного и конвективного потоков тепла, 2 — направление течения воды, 3 — изотермы, 4 — водоносные формации, 5 — водоупоры, 6 — границы охлажденных и нагреваемых зон, 7 — характерный график зависимости температуры от глубины.

surrounding rocks and, hence, the conductive heat flow. If, however, water reaches the surface in the form of a hot spring, the heated area is small and localized to the immediate neighbourhood of the spring. This is the case in the karstic mountains of Hungary.

Water circulation is sustained basically by the topographical level difference between the exit area and the area of infiltration, but the difference of specific gravity between the water columns of areas with different geothermal gradients also plays a role. The latter is the dominating factor in areas with low level differences, as in the case of the geothermal anomaly at Tizsakécske [ALFÖLDI et al. 1976]. In such locations the piezometric level in the near-surface layer of the area of upward seeping may be higher than that of downward seeping. Therefore cooled water flows back to the area of infiltration and a closed convective circulation cell is formed. Such closed convective cells occur also in karstic reservoirs. The observation that the temperature remains nearly constant from the roof of buried karstic reservoirs to a depth of several hundred metres, suggests a high rate of water flow.

On the basis of the above considerations, convective heat transport determinations need the following data:

- (i) thermal conductivity of rocks,
- (ii) temperature profile to a depth where the temperature field is no longer influenced directly by the circulation,
- (iii) the volume and flow-rate of circulating water, the temperature of the infiltrating water, and the temperature and yield of water discharge.

Some of these data can be measured and the rest need to be estimated. We attempt here to estimate the effect of subsurface water circulations in Hungary on the heat flow and temperature conditions at a depth of 1 km.

The most effective cooling takes place in uncovered karstic areas, characterized by the most intensive infiltration (200 to 300 mm/year). In such areas the conductive heat flow may decrease by one half, or at certain places even to zero. Under given structural conditions, convective cells may be formed in covered karstic complexes. The possible maximum depth of water penetration is difficult to determine but it is certainly less than the thickness of Mesozoic carbonates (2 to 4 km).

The infiltration of water in basin areas characterized by high porosity and permeability is smaller by an order of magnitude than that in karstic areas (10 to 20 mm/year). Hence, convective heat disturbances are reduced proportionally. Locally, under extremely favourable conditions, a high temperature anomaly may occur (e.g. Tizsakécske). The maximum depth of significant water movement is rather shallow (less than 1 km), and certainly no circulation occurs in the lower Pannonian (upper Miocene) beds because they are dominated by impermeable shales.

In the following the main areas of Hungary affected by convective thermal disturbances will be discussed (*Figure 22*).

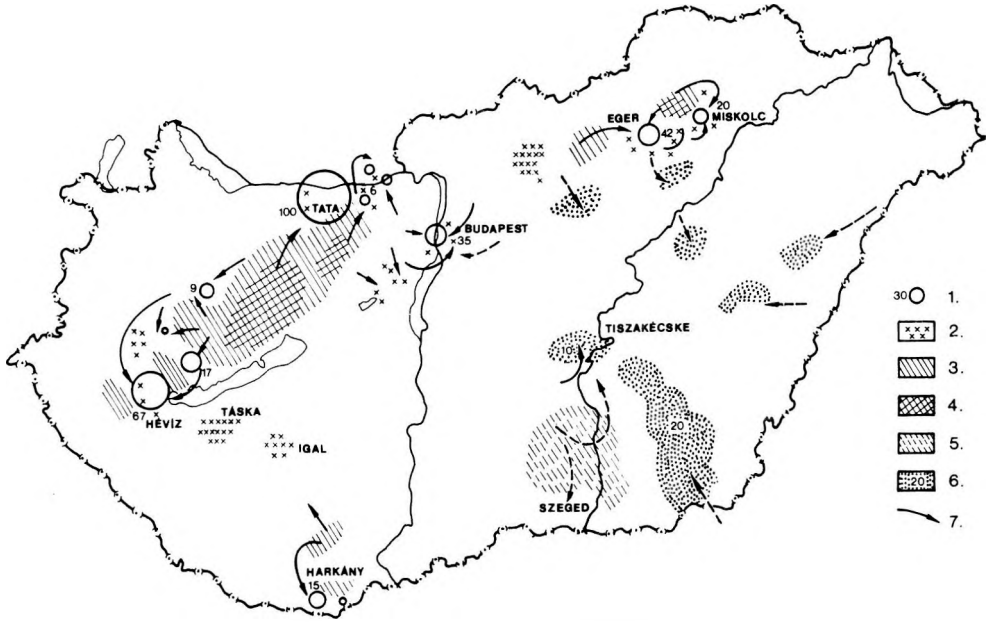


Fig. 22. Main areas of convective heat disturbance in Hungary

- 1 — most important thermal springs in Mesozoic carbonates and their heat power in MW;
- 2 — local heating by convection in covered horsts of the Mesozoic basement;
- 3 — area of water infiltration to Mesozoic carbonates (estimated decrease of heat flow is 10 to 40 mW/m^2);
- 4 — area of more intensive water infiltration (estimated decrease of heat flow is 40 to 80 mW/m^2);
- 5 — area of water infiltration to basin sediments (estimated decrease of heat flow is 5 to 10 mW/m^2);
- 6 — area of convective heating and the amount of total heat power (in MW unit);
- 7 — direction of water flow

22. ábra. A regionális felszín alatti vízáramlások geotermikus hatása

- 1 — termális karsztforrás és hőteljesítménye MW egységben; 2 — konvekciós fűtés karsztos kőzetekben; 3 — konvekciós hűtés karsztos kőzetekben (becsült hőáramcsökkenés 10–40 mW/m^2); 4 — konvekciós hűtés karsztos kőzetekben (becsült hőáramcsökkenés 40–80 mW/m^2); 5 — konvekciós hűtés porózus medenceüledékekben (becsült hőáramcsökkenés 5–10 mW/m^2); 6 — konvekciós fűtés porózus medenceüledékekben (az adott területen kilépő többlet-hőteljesítmény MW egységben); 7 — konvektív hőszállítás iránya

Фиг. 22. Геотермический эффект региональных подземных водотечений.

- 1 — карстовые источники термальных вод и их тепловая мощность в единицах МВт.
- 2 — конвекционное нагревание в карстовых породах.
- 3 — конвекционное охлаждение в карстовых породах (оцениваемое снижение теплового потока составляет 10–40 мВт/м^2).
- 4 — конвекционное охлаждение в карстовых породах (оцениваемое снижение теплового потока составляет 40–80 мВт/м^2).
- 5 — конвекционное охлаждение в пористых бассейновых отложениях оцениваемое снижение теплового потока составляет 5–10 мВт/м^2).
- 6 — конвекционное нагревание в пористых бассейновых отложениях (выходящая в данном районе избыточная тепловая мощность в единицах МВт).
- 7 — направление конвективного транспорта тепла.

a) *Transdanubian Central Range.* Heat loss of natural springs (referred to 10° C) is shown in *Table XVI*. The total heat loss divided by the total area of cooling (about 5000 km²) gives an average heat extraction of 60 mW/m². As, here, the average gradient and thermal conductivity are 15—20 mK/m and 3 W/Km respectively, the near-surface heat flow is 45—60 mW/m². Accordingly, the conductive heat flow in the deeper, undisturbed depth should be of about 105—120 mW/m². This value is in good agreement with the two heat flow data we determined in areas of the Transdanubian Central Range, not appreciably disturbed by water circulation (Bárszentmihályfa—I and Vál—3).

b) *Covered karstic complexes in Transdanubia.* Anomalously high temperatures were measured in Neogene sediments over some local horsts of the basement made up from Mesozoic carbonates (boreholes of Táská and Igal). In these cases the presence of closed convection cells is assumed.

c) *Karstic areas in southern Transdanubia.* Water infiltrating in the karstic areas of the Mecsek and Villány Hills reaches the surface usually in cold springs and only occasionally in warm springs like at Harkány, Siklós and Beremend. Their total yield is 13 m³/min and the heat loss is about 15 MW.

d) *Karstic areas in the mountains of northern Hungary.* Water circulation to a remarkable extent can be seen only in the Bükk Mts. The total yield and power of warm springs near to Eger and Miskolc are 50 m³/min and 62 MW. An amount of warm water infiltrates to permeable sediments to the south and gives rise to a slight temperature increase.

e) *Great Hungarian Plain.* The largest area of water infiltration is situated to the north of Szeged. The total amount of infiltrating water is 17 m³/min which results in 5 to 10 mW/m² decrease of the surface heat flow. The same value of increase can be estimated for an area of upward migration east of Szeged. The total amount and power of ascending water at around Tizsakécske is 6 m³/min and 10 MW, respectively. Near the village Tizsakécske it results in a local (30 km²) thermal anomaly characterized by 80—160 mK/m geothermal gradient down to a depth of a few hundred metres [ALFÖLDI et al. 1976].

We conclude that in the basin areas of Hungary a few regional water circulation systems exist. Their effect on temperature values at 1 km depth is 5% to 10%, thus negligible with regard to our heat flow determinations and estimates. There are some carbonate horsts characterized by closed convection and they result in local temperature and heat flow highs (e.g. at Táská and Igal). Major temperature and heat flow lows in the Transdanubian Central Range and the minor one in the Bükk Mts. are the result of intensive water infiltration on these karstified Mesozoic carbonates. Heat balance calculations for the Transdanubian Central Range suggest that the undisturbed conductive heat flow at depth must be as high as about 100 mW/m². The total convective heat transport (435 MW) amounts to only 5% of the total conductive heat power of 8—9000 MW. This high value indicates an anomalously hot lithosphere of the Pannonian basin.

5.2. Geothermics and basin formation

It is generally accepted that the ultimate energy source of the major tectonic processes in the lithosphere is the internal heat of the Earth. Analysis of world heat flow data shows that the different tectonic units of the Earth are characterized by different heat flow averages: the more recent the last major tectonic activity the higher the average heat flow [SCLATER et al. 1980a]. It follows that change of the tectonic character through geologic time is associated with change of heat flow, and thermal processes in the deep interior control the evolution of the Earth's surface. This speculation is particularly true for major areas of subsidence on the Earth.

The largest region of subsidence on the Earth is the oceanic basement. The new oceanic lithosphere is created at the axis of mid-ocean ridges. The larger the distance from the axis the deeper the oceanic basement. This is a regular pattern which can well be understood in terms of conductive decay of the thermal anomaly formed at the ridge axis [PARSON—SCLATER 1977]. Atlantic-type continental margins were formed by rifting, extension and subsequent splitting apart of continents. Structural changes and the conductive cooling of the related thermal anomaly can also explain their subsidence history [STECKLER—WATTS 1978, ROYDEN et al. 1980]. A similar mechanism can be applied to the formation of extensional basins on land [MCKENZIE 1978, SCLATER et al. 1980b]. This type of basin was formed by stretching and attenuation of the lithosphere which was associated with the updoming of the asthenosphere. Structural changes lead to initial isostatic readjustment which is subsidence if the original crustal thickness is more than about 18 km. It is followed by a slower subsidence related to thermal contraction of the lithosphere. If in a basin the conditions of deposition and the rate of sediment accumulation as a function of time are known the subsidence history can be determined. Subsidence history combined with structural data (e.g. crustal thickness, syndimentary tectonics) make possible a quantitative description of the model of lithospheric attenuation. This enables, in turn, the prediction of the temperature history of the basin. Good knowledge of present geothermal conditions gives strong constraint to the model.

It has long been recognized that the thin crust, high heat flow and the formation of the Pannonian basin are genetically related. Subsidence in the Pannonian region and partly synchronous compression in the surrounding Carpathian arc was explained in plate tectonic terms by SZÁDECZKY—KARDOSS [1973] and STEGENA et al. [1975]. Quantitative subsidence analysis was first made by SCLATER et al. [1980b] for the intra-Carpathian basins. They argued that the Vienna basin and the Transcarpathian depression were formed by two-fold stretching of the lithosphere during the Badenian (middle Miocene). The formation of the Pannonian basin was more complex. Badenian extension also occurred here and it was followed by major attenuation of the subcrustal lithosphere during the Sarmatian and early lower Pannonian (late Miocene). The intensity of these structural changes strongly varied in space and time. Since

the late lower Pannonian the passive phase of subsidence has occurred which relates to the thermal contraction of the hot lithosphere. During this period sedimentation always kept pace with subsidence. A large amount of cold sediment has been accumulated and progressively heated up to the present high temperature by the decay of the lithospheric heat anomaly. Calculation of temperature history of Neogene sediments is of great significance because the formation of liquid hydrocarbons is basically controlled by time and temperature [TISSOT — WELTE 1978] in view of which the knowledge of temperature history makes possible the prediction of areas and depth intervals where the generation of petroleum may have occurred. Interpretation of vitrinite reflectance data provides a check for the validity of such paleogeothermal calculations [STEGENA et al. 1981]. Primary migration of hydrocarbons and their entrapment are controlled by the rock parameters and pressure conditions, the latter is again a prime function of temperature. All in all, knowledge of the geothermal conditions of a sedimentary basin and of their change in time form a basis for the quantitative prediction of petroleum fields.

6. Results and conclusions

Using reasonably objective criteria we selected the Hungarian temperature data and divided them into different quality categories: they are presented in the form of a data catalogue.

Taking into consideration data from outside Hungary too, we constructed a map of geoisotherms for 1 km depth of the Pannonian basin. The original scale of the map was 1 : 500 000.

Average temperature depth diagrams were calculated for the different structural units of Hungary and for the whole country.

Average conductivity for several pre-Neogene rock types and average conductivity vs. depth relationship for Neogene sandstones and shales were determined.

A method was elaborated to estimate heat flow in boreholes where no conductivity measurement was taken but temperature and lithology are known.

Using data measured by a new thermal conductivity meter three heat flow data were determined in Hungary. Combining 13 heat flow determinations with a number of estimated data a detailed heat flow map was constructed for the Pannonian basin.

In an attempt to find an explanation for the temperature and heat flow highs of the Pannonian basin the effect of water circulation was evaluated. There are a few regional water circulation systems in the Pannonian basin sediments but they do not distort the temperature field by more than 10—20%. In the central plateau of the Transdanubian Central Range, however, infiltration of meteoric water to great depth results in significant cooling. Convection cells are discharged by hot springs in the vicinity of the mountains. If the system is closed and stationary conditions prevail both the convective and conductive heat

transfer can be calculated. It shows that the undisturbed (purely conductive) heat flow of the Transdanubian Central Range must be as high as on other parts of the country.

The Pannonian basin was formed by middle to late Miocene extension and attenuation of the lithosphere. This explains the formation of the Pannonian basin thermal anomaly and enables the reconstruction of the temperature history. A knowledge of palaeogeothermal conditions in the Pannonian basin can help in assessing potential petroleum reserves and in delineating areas for further prospecting.

BIBLIOGRAPHY

- ALFÖLDI, L., BÉLTEKY, L., BÖCKER, T., HORVÁTH, J., KORIM, K., LIEBE, P., RÉMI, R. 1968: Budapest hévizei. VITUKI, Budapest, 1—365.
- ALFÖLDI, L., ERDÉLYI, M., GÁLFI, J., KORIM, K., LIEBE, P. 1976: Hydrogeological and geophysical investigations of a geothermal anomaly in Hungary. II. Geothermal flow system in the Tiszakécske region. *Hydrological Sciences — Bulletin XXI*, 2.
- ALFÖLDI, L., BÖCKER, T., LORBERER, Á. 1977/a: Magyarország karbonátos — repedezett hévíztárolóinak hidrogeológiai jellemzői. in: Magyarország hévízkútjai III. VITUKI, Budapest, 17—28.
- ALFÖLDI, L., SZÉKELY, F., LIEBE, P., POZSGAI, M. 1977/b: Magyarország hévízkútjai III. VITUKI, Budapest, 1—282.
- ALFÖLDI, L., ERDÉLYI, M., GÁLFI, J., KORIM, K., LIEBE, P. 1978: A geothermal flow system in the Pannonian basin: case history of a complex hydrogeological study at Tiszakécske. *Annales Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIX, 1—4, 716—732.
- ALI-MEHMED, E., BANDRABUR, T., CRACIUN, P., GHENEA, C., POLONIC, P., VISARION, M. 1978: Contributions to the Knowledge of Structures with Thermal Waters in the Eastern Part of the Pannonian Depression (Romania). *Annales Inst. Geol. Publ. Hung.*, LIX, 1—4, 431—447.
- BALYI, K., PAPP, F. 1950: Közeteink hővezető képessége. *Földtani Közlöny*, LXXX, 10—12.
- BECK, A. E. 1957: A steady state method for the rapid measurement of the thermal conductivity of rock. *J. Sci. Instrum.*, 34, 186—189.
- BÉLTEKY, L. 1963/a: Magyarország területének geotermikus viszonyai a legújabb vízfeltáró fúrások alapján. *Hidrologiai Közlemények*, 3.
- BÉLTEKY, L. 1963/b: Újabb adatok a hazai geotermikus vizsgálatokhoz. *Geofizikai Közlemények*, XII, 1—2, 3—47.
- BÉLTEKY, L., ALFÖLDI, L., KORIM, K., MARCELL, F., PAPP, SZ., RÉMI, R., SIMON, F., URBANCSEK, J. 1965: Magyarország hévízkútjai I. VITUKI, Budapest, 1—420.
- BÉLTEKY, L., KORIM, K., LIEBE, P. 1971: Magyarország hévízkútjai (Hévízkútkezelés) II. VITUKI, Budapest, 1—252.
- BÉLTEKY, L. 1972: Development and utilization of thermal waters in Hungary. *Geothermics (Pisa)*, 1, 3.
- BIRÓ, Zs. 1968: Földi hőárammérések (Diplomaterv). ELTE, Geofizikai Tanszék, Budapest.
- BODRI, L. 1981/a: Geothermal model of the earth's crust in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 72, 61—73.
- BODRI, L. 1981/b: Three-dimensional modelling of deep temperature and heat flow anomalies with applications to geothermics of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 79, 225—236.
- BOLDIZSÁR, T. 1944: A pécsbányatelepi liász szénelőfordulás geotermikus viszonyai. *Bányászati és Kohászati Lapok*, 19—20, 280—296.
- BOLDIZSÁR, T. 1956: Measurement of terrestrial heat flow in the coal mining district of Komló. *Acta Techn. Acad. Sci. Hung.*, 15, 219—227.

- BOLDIZSÁR, T. (editor), 1956—1965: *Bányászati Kézikönyv I—IV*.
- BOLDIZSÁR, T. 1957: Temperature drop of fluids rising in bore holes. *Acta Techn. Acad. Sci. Hung.* **XX**.
- BOLDIZSÁR, T. 1958: New terrestrial heat flow values from Hungary. *PAGEOPH*, **39**, 120—125.
- BOLDIZSÁR, T. 1959: Terrestrial heat flow in the Nagylengyel oil field. *Publ. Min. Fac. Sopron*, **XX**, 27—34.
- BOLDIZSÁR, T. 1960/a: Geotermikus vizsgálatok a Nagy Magyar Alföldön. *Bányászati Lapok*, **5**, 306—309.
- BOLDIZSÁR, T. 1960/b: Újabb közethőmérséklet-adatok az Alföldön és a Dunántúlon. *NME Magyar nyelvű Közl.*, **V**, 73—78.
- BOLDIZSÁR, T. 1962: A Föld belső melegének eredete. *NME Magyar nyelvű Közl.*, **VIII**, 17—25.
- BOLDIZSÁR, T. 1963: Magyarország geotermikus térképe és földi hőárama. in: *Geotermikus Energiatermelés. OMFB tanulmány*, 27—46.
- BOLDIZSÁR, T., GÓZON, J. 1963: Zemno Teplovo potok v Komló-Zobáke. *Acta Techn. Acad. Sci. Hung.*, **43**, 3—4, 467—476.
- BOLDIZSÁR, T., ALLIQUANDER, Ö., GYULAI, Z., KASSAI, L., KERTAI, GY., SCHEFFER, V., SIMON, K. 1963: Geotermikus energiatermelés. *OMFB tanulmány*, 418/1963, 1—220.
- BOLDIZSÁR, T. 1964/a: Geothermal measurements of the twin shafts of Hosszútétény. *Acta Techn. Hung.*, **47**, 3—4, 293—308.
- BOLDIZSÁR, T. 1964/b: Heat Flow in the Hungarian Basin. *Nature*, **202**, 1278—1280.
- BOLDIZSÁR, T. 1964/c: Terrestrial Heat Flow in the Carpathians. *J. Geoph. Res.*, **69/24**, 5269—5275.
- BOLDIZSÁR, T. 1965: Heat Flow in Oligocene Sediments. *PAGEOPH*, **II/61**, 127—138.
- BOLDIZSÁR, T., GÓZON, J. 1965: A geotermikus energia hasznosítása. *Műszaki Kiadó, Budapest*.
- BOLDIZSÁR, T. 1966: Heat Flow in the Natural Gas Field of Hajdúszoboszló. *PAGEOPH*, **II/64**, 121—125.
- BOLDIZSÁR, T. 1967/a: Terrestrial Heat Flow in Hungarian Permian Strata. *PAGEOPH*, **II/67**, 128—132.
- BOLDIZSÁR, T. 1967/b: Terrestrial Heat and Geothermal Resources in Hungary. *Bulletin Volcanologique*, **XXX**, 221—227.
- BOLDIZSÁR, T. 1968/a: A Magyar Medence geotermikus viszonyai. *MTA X. oszt. közl.*, **2**, 119—136.
- BOLDIZSÁR, T. 1968/b: Geothermal Data from the Vienna Basin. *J. Geoph. Res.* **73/2**, 613—618.
- BOLDIZSÁR, T. 1973: Positive Heat Flow Anomaly in the Carpathian Basin. *Geothermics*, **2/2**, 61—67.
- BOLDIZSÁR, T. 1975: Research and Development of Geothermal Energy Production in Hungary. *Geothermics*, **4/1—4**, 44—56.
- BOLDIZSÁR, T., KORIM, K. 1975: Hydrogeology of the Pannonian Geothermal Basin. in: *Proceedings Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resource, San Francisco, California, USA*, 20—29.
- BOLDIZSÁR, T. 1976: Hungary cuts back oil imports by increasing geothermal energy production. *Geothermal Energy Magazine*, **4/8**, 5—7.
- BULLARD, E. C. 1947: The time necessary for a bore hole to attain temperature equilibrium. *Month. Not. Roy. Astr. Soc., Geoph. Suppl.*, **5**, 127—130.
- BUNTEBARTH, G. 1978/79: The Degree of Metamorphism of Organic Matter in Sedimentary Rocks as a Paleo-Geothermometer, Applied to the Upper Rhine Graben. *PAGEOPH*, **117/1—2**, 83—91.
- CARSLAW, H. S., JAEGER, J. C. 1959: *Conduction of Heat in Solids*. Oxford Univ. Press, New York, 1—510.
- ČERMÁK, V. 1968: Terrestrial heat flow in eastern Slovakia. *Trav. Inst. Geoph. Acad. Czechosl. Sci.*, No. 275, *Geofysikalni sbornik*, 1967, 305—319.
- ČERMÁK, V. 1976: Paleoclimatic effect on the underground temperature and some problems of correcting heat flow. in: *Geoelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph) Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest*, 59—65.
- ČERMÁK, V., LYUBIMOVA, E. A. 1976: Heat Flow Map of Central and Eastern Europe (1 : 10000000). in: *Geoelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph) Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest*, 376—380.

- ČERMÁK, V. 1977: Heat flow in five holes in Eastern and Central Slovakia. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **34**, 67—70.
- ČERMÁK, V., HURTIG, E. 1978—79: The Preliminary Heat Flow Map of Europe. *PAGEOPH*, 117/1—2, 92—103.
- ČERMÁK, V. 1979: Review of Heat Flow Measurements in Czechoslovakia. in: *Terrestrial Heat Flow in Europe*. Ed: Čermák, V. and Rybach, L., Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 152—160.
- CHEREMENSKI, G. A. 1977: *Prikladnaya geotermiya*. NEDRA, Leningrad.
- CULL, J. P. 1974: Thermal conductivity probes for rapid measurements in rock. *J. Phys. E, Sci. Instrum.*, **7**.
- DAKHNOV, V. N., DYAKONOV, D. I. 1952: *Termicheskiye issledovaniya skvazhin*. Gostopmek, Moscow.
- DEMETRESCU, C. 1978/79: Geothermal regime of tectonic units in Romania. *PAGEOPH* 117/1—2, 92—103.
- DUBAY, L. 1963: Geotermikus viszonyok a nagylengyeli területen. *Bányászati Lapok*, **1**, 47—51.
- EGERER, F. 1971: Fűrólyuk termikus stabilizálódási folyamata. *Magyar Geofizika*, **XII**, **5**, 194—197.
- EGERER, F. 1973: A természetes hőenergia áramlását befolyásoló közetfizikai mennyiségek. *Magyar Geofizika*, **XIV**, **5—6**, 224—227.
- ENGLAND, P. C. 1979: On the Correction of Subsurface temperature Measurements for the Effect of Topographic Relief. in: *Terrestrial Heat Flow in Europe*. Ed.: Čermák, V. and Rybach, L., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 74—88.
- ERDÉLYI, M. 1975: A Magyar Medence hidrodinamikája. *Hidrológiai Közlöny* **55**, **4**, 147—156.
- ERDÉLYI, M., LIEBE, P. 1977: Magyarország törmeléken hűvitzároló medenceüledékeinek vízföldtana. in: *Magyarország hévízkútjai III.*, VITUKI, Budapest, 29—43.
- ERKI, I., SALÁT, P., HORVÁTH, F., DRAHOS, D. 1977: Hővezetőképesség-mérés klasszikus laza üledékes kőzetmintákon a nedvességtartalom függvényében. *Kutatási Jelentés, ELTE, Geofiz. Tansz.*, Budapest, 1—43.
- GÁLFI, J., LIEBE, P. 1977/a: Magyarország geotermikus hőmérsékletterképei a vízfeltáró fúrások alapján. *Kutatási Jelentés, VITUKI*.
- GÁLFI, J., LIEBE, P. 1977/b: Magyarország geotermikus hőmérsékletterképei. in: Stegena, L.: *Geotermikus rezervoárkutatás, I. Jelentés a KFH részére*. ELTE TTK, Budapest, 1—93.
- GÁLFI, J., STEGENA, L. 1977: Magyarország geotermikus viszonyai. in: *Magyarország hévízkútjai III.*, VITUKI, Budapest, 44—55.
- Geotermikus energiahasznosítási lehetőségek Budapesten, 1964. OMFB jelentés, Budapest.
- GREUTTER, A. 1977/a: Földi hőáram Edelőnyben. *Magyar Geofizika*, **18**, **2**, 15—25.
- GREUTTER, A. 1977/b: A Kisalföld csehszlovák területének geotermikus viszonyai. *Geonómia és Bányászat*, 10/3—4, 239—247.
- HALAVÁTS, GY. 1896: *A magyarországi artézi kutak története, terület szerinti elosztása, mélységük, vizük bőségének és hőfokának ismertetése*. Budapest.
- HAENEL, R. et al. 1980: *Atlas of Subsurface Temperatures in the European Community*. Commission of the European Communities, Directorate-General for Research, Energy Research and Development Programme-Subprogramme Geothermal Energy. Th. Schäfer Dr., Hannover, 1—36.
- HORVÁTH, F., ERKI, I., BODRI, L., MARKÓ, L., GELLÉRT, T. 1977: Hőárammérések. in: *Geotermikus rezervoárkutatás III. Szerk.*: Stegena, L., *Kutatási Jelentés a KFH megbízása alapján*. ELTE TTK, Budapest, 1—138.
- HORVÁTH, F. 1979: A geotermikus kutatásban használatos fizikai mennyiségek és mértékegységek. *Magyar Geofizika*, **XX**, **1**, 31—38.
- HORVÁTH, F., BODRI, L., OTTLIK, P. 1979: Geothermics of Hungary and the Tectonophysics of the Pannonian Basin "Red Spot". in: *Terrestrial Heat Flow in Europe*, ed: V. Čermák and L. Rybach, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 206—217.
- HORVÁTH, F., DÖVÉNYI, P., ERKI, I., LIEBE, P., GÁLFI, J., MARKÓ, L. 1981: A pannon medence geotermikus viszonyai. (*Kutatási Jelentés az MTA részére*.) ELTE Geofiz. Tansz., Budapest, 1—100.
- HORVÁTH, F., ROYDEN, L. 1981: Mechanism for the formation of the intra-Carpathian basins: a review. *Earth Evolution Sci.* 1/3—4, 307—316.

- HUBBERT, M. K. 1953: Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, 37/8.
- HURTIG, E., SCHLOSSER, P. 1976: Geothermal Studies in the GDR and Relations to the Geological Structure. in: *Geoelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph)*. Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest, 384—394.
- IVÁN, L., KARDOS, I. 1964: Jelentés a mecseki permii antiklinális egyes fűrésaiban végzett hőmérsékletmérésekről (kézirat).
- JESSOP, A. M., HOBART, M. A., SCLATER, J. G. 1976: The World Heat Flow Data Collection. *Geothermal Series*, Number 5, Ottawa, Canada, 1—126.
- JUHÁSZ, J. 1977: Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KAPPELMEYER, O., HAENEL, R. 1974: Geothermics with Special Reference to application. Gebrüder Borntraeger, Berlin—Stuttgart, 1—235.
- KOLBAH, S. 1978: Značaj mineralnih i termalnih voda za prijenos i uskladištenje geotermičke energije. Problemi hidrogeologije i inženjerske geologije Jugoslavije, Zbornik radova 5. Jugoslavenskog simposijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Beograd, Knyiga 1, 125—140.
- KORIM, K. 1972: Magyarország geotermikus viszonyai. *Mérnökgeológiai Szemle*, 12, 27—40.
- KUTAS, R. I., GORDIENKO, V. V. 1970: Teplovoe pole i glubinnoe stroenie Vostochnykh Karpat. *Geofiz. Zborn.*, 34, 29—41.
- KUTAS, R. I., GORDIENKO, V. V., BEVZYUK, M. I., ZAVGORODNAYA, O. V. 1975: Novye opredelenie teplovogo potoka v Karpatskom regione. *Geofiz. Zborn.*, 63, 68—71.
- Különleges geotermikus adottságaink kiaknázási lehetőségeinek vizsgálata. 1976. Konceptiótervezet, OMFB, 1—7405-Kt, Budapest, 1—101.
- LIEBE, P. 1976: A kifolyóvíz- és talphőmérsékletek kapcsolatának vizsgálata. (Kézirat), VITUKI, Budapest.
- LIEBE, P., LORBERER, Á. 1977: Az áramlási és hőmérsékleti viszonyok összefüggésének vizsgálata karsztos hévíztartólok esetében. VITUKI beszámoló (1975), Budapest.
- LIZOŇ, I. 1975: Niektoré výsledky geotermických viskum v Západných Karpatoch. 6. celostátní konference geofyziku, Plzen, 477—497.
- LYUBIMOVA et al. 1973: Katalog dannyh po teplovomu potoku na territorii SSSR. *Sovietskii Geofizicheskii Komitet AN SSSR*.
- MARUŠIAK, I., LIZOŇ, I. 1975: Výsledky geotermického vysumku v Československej casti viedenskej panvy. *Geologické práce, Správy 63 GUDS Bratislava*, 191—204.
- MARUŠIAK, I., LIZOŇ, I. 1976: Geotermické pole Západných Karpát. *Západné Karpaty — sér. geologia 1. GUDS Bratislava*, 181—206.
- MAJER, E. L. 1978: Seismological investigations in geothermal regions. *Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL—7054*, Berkeley.
- MCKENZIE, D. 1978: Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40, 25—32.
- MEGYERI, M. 1980: Jelentések a Füzesgyarmat—2, Pusztaföldvár—6, Ártánd—2, Jászberény—1, Tázlár—6, Kurd—3 és a Mihályi—37 kutakon végzett hőmérséklet-szelvényezésekről. (Kézirat), Kőolaj- és Földgázbányászati Vállalat Kútvizsgálati Üzemegység, Nagykanizsa.
- OTTLIK, P., GÁLFI, J., HORVÁTH, F., KORIM, K., STEGENA, L. 1981: The low enthalpy geothermal resource of the Pannonian basin, Hungary. in: L. Rybach and P. Muffler (eds.) *Geothermal systems: principles and case histories*. J. Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 221—245.
- PAPP, K. 1919: A földmelegségi mélységi fokozat (geotermikus gradiens) Magyarországon. in: Schaffer X. F.: *Általános Geológia*, Budapest, 623—628.
- PARASCHIV, D., CRISTIAN, M. 1973: Asupra particularitatilor regimului geotermic in nord-estul Depresiunii panonice. *Petrol si Gaze*, 24/11, 655—660.
- PARSON, B., SCLATER, J. G. 1977: An analysis of the variation of ocean floor bathymetry and heat flow with age. *J. Geoph. Res.*, 82, 803—827.
- PÁVAI VAJNA, F. 1928: Új energiaforrás. *Bányászati és Kohászati Lapok*, 24.
- PÁVAI VAJNA, F. 1931: A hőenergia bányászataról. *Természettudományi Közlemények*.
- PLEWA, S. 1976: Correlation of thermal conductivity and other physical parameters of rocks. in: *Geoelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph)*. Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest, 48—52.

- ROYDEN, L., SCLATER, J. G., VON HERZEN, R. P. 1980: Continental margin subsidence and heat flow: important parameters in formation of petroleum hydrocarbons. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, **64**, 173—187.
- RUBIN, H. 1974: Heat Dispersion Effect on Thermal Convection in Porous Medium Layer. *J. Hydrology*, **VI/21**.
- RUDINEC, R. 1978: Anomálne vrstvové tlaky a teploty vo vychodoslovenskej neogénnej panve Západných Karpát. *Mineralia slovacae*, **10/6**, 481—504.
- RYBACH, L. 1981: Geothermal System, Conductive Heat Flow, Geothermal Anomalies. in: *Geothermal System*. Ed.: Rybach, L. and Muffler, L. J. P., John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 3—31.
- SALÁT, P. 1964: Az artézi kutak vizének lehülése kifolyáskor. *Magyar Geofizika* **5**, 1—2, 86—96.
- SALÁT, P. 1967: A földi hőáram mérése a Mecsek hegységben. Doktori disszertáció, ELTE, Geofizika Tanszék, Budapest.
- SCHEFFER, V., KÁNTÁS, K. 1949: A Dunántúl regionális geofizikája. *Földtani Közlöny*, **LXXIX**, 9—12, 327—360.
- SCHEFFER, V. 1963/a: A geotermikus mélységlépcső regionális értékei a Kárpát-medence területén. *Magyar Geofizika*, **4**, 1—2.
- SCHEFFER, V. 1963/b: A Magyar Medence geotermikus anomáliája. in: *Geotermikus Energiatermelés*. OMFJ jelentés, Budapest, 79—97.
- SCHMIDT, E. R. 1932: A geotermikus gradiens kérdéséhez. *Bányászati Lapok*, **LXV**, 8, 171—175.
- SCHMIDT, E. R. 1936: Az Alföld általajának hőmérséklete, hőgazdálkodása és a geotermikus gradiens kialakulására való hatása. *Bányászati és Kohászati Lapok*, **LXIX**, 11, 247—252.
- SCHMIDT, E. R. 1943: A geotermikus gradiens. *Bányászati és Kohászati Lapok*, **24**.
- SCHMIDT, E. R. 1964: Hévízkutatás és geotermikus gradiens. *MÁFI Évi Jelentés*, 1962, 547—553.
- SCHRÖDER, J. 1963: Apparatus for determining the thermal conductivity of solids in the temperature range from 20 deg. to 200 deg. *Rev. Sci. Instrum.*, **34**, 615—621.
- SCLATER, J. G., JAUPART, C., GALSON, D. 1980/a: The heat flow through oceanic and continental crust and the heat loss of the Earth. *Rev. Geoph. Space Phys.*, **18/1**, 269—311.
- SCLATER, J. G., ROYDEN, L., HORVÁTH, F., BURCHFIELD, B. C., SEMPKEN, S., STEGENA, L. 1980/b: The formation of the intra-Carpathian basins as determined from subsidence data. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **51**, 139—162.
- SIMMONS, G., HORAI, K. 1968: Heat flow data 2. *J. Geoph. Res.*, **73/20**, 6608—6629.
- STECKLER, M. S., WATTS, A. B. 1978: Subsidence of the Atlantic-type continental margin of New York. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **41**, 1—12.
- STEGENA, L. 1952: Kísérleti mérések egy termális mérőberendezéssel. *Geofiz. Közl.*, **I**, 12, 102—108.
- STEGENA, L. 1957: Praktische geotermische Untersuchungen in Ungarn. *Annales Univ. Sci. Budapestiensis de R. Eötvös nom. Sectio Geol.*, **1**, 79—87.
- STEGENA, L. 1958: A Nagyalföld geotermikus viszonyai. *Geofiz. Közl.*, **VII**, 3—4, 229—238.
- STEGENA, L. 1963: A magyarországi földi hőáram kérdéséhez. *Az MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl.*, **32**, 1—4, 152—158.
- STEGENA, L. 1964/a: Magyarország geotermikus térképei. *Geofiz. Közl.*, **XIII**, 2, 221—230.
- STEGENA, L. 1964/b: The structure of the Earth's crust in Hungary. *Acta Geologica*, **VIII**, 1—4, 413—431.
- STEGENA, L. 1970: Kőzetkompakció, nehézvíztartalom és vízáramlás a Magyar Medence üledékeiben. *MTA X. Oszt. Közl.*, **3**, 276—279.
- STEGENA, L., FACSINAY, L., GÁLFI, J., KORIM, K. 1971: Magyarország átnézetes geotermikus térképe. Kutatási jelentés az OKGT megbízásából. Budapest.
- STEGENA, L. 1973: Geothermal map of Eastern Europe. *Geothermics (Pisa)* **1**, 4.
- STEGENA, L., GÉCZY, B., HORVÁTH, F. 1975: Late Cenozoic evolution of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, **26**, 71—90.
- STEGENA, L. 1976: Geothermal Temperature Map of Central and Eastern Europe. in: *Goelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph)*. Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest, 381—383.
- STEGENA, L. 1976: The variation of temperature with depth in the Pannonian basin. in: *Goelectric and Geothermal Studies (KAPG Monograph)* Editor-in-Chief: A. Ádám. Akadémiai Kiadó, Budapest, 425—438.

- STEGENA, L., HORVÁTH, F., ERKI, I. 1978—81: Jelentések a Horna Poton FGHP—1, Tvrdošovce FGTv—1, Cilistov FGSC—1, Csizfűrdő MJC—1, Komarno FGK—1, Galánta FGG—1 és a Dvory nad Zitavou FGDZ—1 mélyfúrások geotermikus vizsgálatáról. Kutatási jelentések a VIKUV megbízásából. ELTE Térképtudományi Tanszék, Budapest.
- STEGENA, L., HORVÁTH, F., SCLATER, J. G., ROYDEN, L. 1981: Determination of paleotemperature by vitrinite reflectance data. *Earth Evolution Sci.*, **1**, 3—4, 292—300.
- STEGENA, L. 1982: Geothermics and Seismicity in Central Europe. (in press)
- STEGENA, L., DÖVÉNYI, P. 1982: Geological correction in the geothermics. *Zbl. Geol. Paläontol. Teil I.*, 1—2. (in press)
- SÜMEGHY, J. 1929: Die Geothermischen Gradienten des Alföld. *M. Kir. Földtani Intézet Évkönyve*, **XXVIII**, 3, 275—370.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. 1973: A Kárpát-pannon terület szubdukciós övezetei. *Földtani Közönlöny*, **103**, 3—4, 224—244.
- SZEBÉNYI, L. 1955: Artézi vizeink függőleges irányú mozgásáról. *Hidrologiai Közönlöny*, 11—12.
- TENU, A., CONSTANTINESCU, T., DAVIDESCU, F., NUTI, S., NOTO, P., SQRUCI, P. 1981: Research on the thermal waters of the western plain of Romania. *Geothermics*, **10**, 1, 1—28.
- TISSOT, B., WELTE, D. H. 1978: *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1—538.
- URBANCSEK, J. 1965—79: Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere. I—VIII. OVH Vizgazdálkodási Intézet, Budapest.
- VELICIU, S., DEMETRESCU, C. 1979: Heat Flow in Romania and Some Relations to Geological and Geophysical Features. *Terrestrial Heat Flow in Europe*. ed: Čermák, V. and Rybach, L. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 253—260.
- VÖLGYI, L. 1977: Hazai geotermikus viszonyok szerepe a szénhidrogén-prognózisban. MTA Szerveskémiai Munkabizottság ülése Visegrádon, 1977. ápr. 13—14.
- VÖLGYI, L. 1979: Geothermal inhomogeneity in the Great Hungarian Plain (Pannonian Basin). *Acta Mineralogica—Petrographica (Szeged)* **XXIV**, 1, 137—147.
- WESZELSZKY, GY. 1922: A geotermikus gradiensről. *Hidrologiai Közönl.*, II.
- ZSIGMONDY, V. 1873: Mitteilungen über den Bohrthermen zu Harkány und Margaretheninsel. Pest.
- ZSIGMONDY, V. 1878: A Városligeti artézi kút Budapesten. Budapest.

Table I.

1	2	3	4
Harkány	1866	37.7 m	61° C
Margaret Island (Margitsziget)	1866	118.5 m	44° C
City Park (Városliget)	1868—77	970 m	74° C

Most notable drillings of V. ZSIGMONDY

1 — location of drilling; 2 — date; 3 — depth; 4 — outflowing water temperature (after Ottlik et. al. 1981)

ZSIGMONDY VILMOS nevezetes fúrásai

1 — a fúrás helye; 2 — éve; 3 — talpmélysége; 4 — kifolyó víz hőmérséklete (Ottlik et al. 1981 nyomán)

Знаменитые скважины В. Жигмонды

1 — местонахождение скважины, 2 — дата, 3 — глубина забоя, 4 — температуры вытекающей воды [по Отлик и др. 1981].

Table II.

z [m]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	904
T [°C]	23.2	31.8	36.8	46.8	51.8	61.5	70.2	76.0	80.9	81.0

Results of first temperature measurement in drill hole in Hungary, City Park of Budapest (after PAPP 1919)

A városligeti fúrásban (Magyarországon mélyfúrásban először) mért hőmérsékletek (PAPP K. 1919 nyomán)

Температуры, замеренные в пробуренной в городском парке скважине (первые скважинные измерения в Венгрии) [по К. ПАП. 1919].

Table III.

Region	z [m]	T [°C]	N	σ	Region	z [m]	T [°C]	N	σ	Region	z [m]	T [°C]	N	σ
Dráva trough	5500	—	—	—	Danube—Tisza interfluvium (north)	5500	—	—	—	Northern Trans-Tisza region	5500	—	—	—
	5250	—	—	—		5250	—	—	—		5250	—	—	—
	5000	—	—	—		5000	—	—	—		5000	230.1	1	—
	4500	—	—	—		4500	—	—	—		4500	—	—	—
	4250	—	—	—		4250	—	—	—		4250	—	—	—
	4000	—	—	—		4000	—	—	—		4000	182.8	1	—
	3750	—	—	—		3750	156.2	1	—		3750	—	—	—
	3500	—	—	—		3500	—	—	—		3500	—	—	—
	3250	173.7	1	—		3250	—	—	—		3250	—	—	—
	3000	135.8	3	13.5		3000	151.4	1	—		3000	—	—	—
	2750	138.0	6	4.6		2750	133.7	2	7.0		2750	125.6	1	—
	2500	132.3	27	7.7		2500	145.1	1	—		2500	128.5	1	—
	2250	117.4	19	5.9		2250	132.8	12	9.7		2250	135.3	7	11.4
	2000	109.8	24	6.4		2000	117.0	100	6.2		2000	116.5	27	13.0
	1750	97.2	9	4.4		1750	99.2	21	8.1		1750	106.2	18	7.1
	1500	87.7	10	12.8		1500	84.3	15	8.2		1500	93.4	41	6.8
1250	73.3	6	3.5	1250	79.1	56	12.2	1250	83.9	41	5.2			
1000	65.9	10	8.0	1000	64.5	30	7.2	1000	66.8	27	5.4			
750	49.0	6	3.7	750	42.3	8	5.5	750	53.4	33	4.1			
500	40.7	14	6.9	500	35.7	9	7.1	500	39.9	94	3.6			
250	—	—	—	250	—	—	—	250	—	—	—			

Re- gion	z [m]	T [°C]	N	σ	Re- gion	z [m]	T [°C]	N	σ	Re- gion	z [m]	T [°C]	N	σ		
Zala basin	5500	—	—	—	Danube—Tisza interfluvium (south)	5500	—	—	—	Mecsek Mts.	5500	—	—	—		
	5250	205.5	1	—		5250	—	—	—		5250	—	—	—	—	
	5000	209.0	2	17.1		5000	—	—	—		5000	—	—	—	—	
	4500	186.1	2	7.6		4500	—	—	—		4500	—	—	—	—	—
	4250	185.7	5	7.3		4250	—	—	—		4250	—	—	—	—	—
	4000	179.3	9	11.1		4000	198.7	1	—		4000	—	—	—	—	—
	3750	170.1	10	15.8		3750	—	—	—		3750	—	—	—	—	—
	3500	143.2	4	19.4		3500	—	—	—		3500	—	—	—	—	—
	3250	156.9	21	13.1		3250	—	—	—		3250	—	—	—	—	—
	3000	125.3	10	15.9		3000	169.6	1	—		3000	—	—	—	—	—
	2750	121.0	11	16.3		2750	117.2	2	9.7		2750	—	—	—	—	—
	2500	113.9	37	21.5		2500	141.8	1	—		2500	—	—	—	—	—
	2250	115.7	44	13.4		2250	130.1	3	9.7		2250	—	—	—	—	—
	2000	101.3	29	9.5		2000	107.9	9	11.3		2000	—	—	—	—	—
	1750	93.0	45	10.7		1750	112.5	2	1.9		1750	—	—	—	—	—
	1500	82.0	13	8.2		1500	87.1	10	10.7		1500	—	—	—	—	—
	1250	71.8	49	11.6		1250	77.3	22	4.1		1250	—	—	—	—	—
1000	59.1	12	5.3	1000	66.5	30	5.6	1000	49.2	18	5.3	—	—			
750	45.5	20	24.4	750	53.8	50	4.0	750	39.8	69	5.1	—	—			
500	35.0	8	2.3	500	39.1	76	4.0	500	30.9	72	6.2	—	—			
250	—	—	—	250	—	—	—	250	20.7	40	3.8	—	—			
Little Hungarian Plain	5500	—	—	—	Békés basin and Makó trough	5500	205.2	1	—	Hungary	5500	205.2	1	—		
	5250	—	—	—		5250	—	—	—		5250	229.4	2	16.9		
	5000	—	—	—		5000	184.5	1	—		5000	200.8	3	18.1		
	4500	226.5	2	0.1		4500	—	—	—		4500	186.1	2	7.6		
	4250	194.1	2	1.1		4250	181.0	3	7.5		4250	180.4	9	12.3		
	4000	176.9	2	0.5		4000	147.1	1	—		4000	174.9	13	18.8		
	3750	—	—	—		3750	158.3	6	10.1		3750	165.1	17	14.8		
	3500	—	—	—		3500	144.6	2	2.3		3500	147.9	7	18.1		
	3250	—	—	—		3250	148.1	9	18.5		3250	154.3	30	15.4		
	3000	115.3	3	13.0		3000	150.4	11	8.2		3000	137.7	30	18.7		
	2750	143.9	3	27.0		2750	141.6	31	7.6		2750	135.8	61	15.9		
	2500	123.5	6	20.0		2500	127.7	46	10.6		2500	125.3	126	17.4		
	2250	100.2	8	7.2		2250	113.4	49	10.6		2250	116.7	147	14.3		
	2000	93.0	18	8.2		2000	102.3	52	9.8		2000	109.6	271	12.0		
	1750	82.0	12	2.4		1750	93.7	14	8.4		1750	97.3	163	12.3		
	1500	70.7	24	8.2		1500	86.4	12	15.3		1500	85.6	139	13.3		
	1250	61.2	12	3.6		1250	73.5	23	12.4		1250	76.0	247	12.4		
1000	46.7	3	6.0	1000	59.9	18	8.8	1000	62.5	207	10.0					
750	45.7	7	7.1	750	48.1	87	6.3	750	48.2	347	7.4					
500	33.6	13	2.9	500	36.4	175	3.7	500	38.5	680	7.4					
250	—	—	—	250	—	—	—	250	—	—	—	—				

Data of average temperature—depth relations for some tectonic units of Hungary. N is the number of data in a given depth interval, σ is the standard deviation

Átlagos hőmérséklet—mélység összefüggések Magyarország különböző tájegységeire. N az adatok száma az adott mélységintervallumban, σ a szórás

Средние зависимости температуры от глубины для разных районов Венгрии. N — количество данных на данном участке, σ — разброс.

Table IV.

Age	Rock type	Number of samples	λ [W/Km]	σ
Miocene	andesite, andesite tuff	6	1.97	0.10
Eocene	andesite, andesite agglomerate	11	2.60	0.16
Cretaceous	trachydolerite	2	2.18	—
Jurassic	sandstone	16	3.69	0.92
	shale	28	2.83	0.89
	limestone	10	3.06	0.17
Triassic	meta-aleurolite	6	2.78	0.16
	shale	5	2.84	0.13
	limestone	14	2.69	0.07
	dolomite	18	4.41	0.36
Permian	sandstone	5	2.72	0.16
Palaeozoic	schist, breccia, quartzite gneiss	10	3.11	0.42

Average thermal conductivity of pre-Neogene rocks and Miocene volcanites in Hungary

A pre-neogén kőzetek és a miocén vulkanitok átlagos hővezetőképessége Magyarországon

Средняя теплопроводимость до-неогеновых пород и миоценовых вулканитов в Венгрии.

Table V.

Rock type	Change of conductivity with depth	Correlation coefficient	Total average [W/Km]
Psammites	λ [W/Km] = 0.688z [km] + 1.345	0.97	2.42 ± 0.63
Pelites	λ [W/Km] = 0.418z [km] + 1.363	0.87	1.97 ± 0.45

Average thermal conductivity vs. depth relation for Neogene and Quaternary sedimentary rocks

Átlagos hővezetőképesség — mélység összefüggés neogén és kvarter homokos és agyagos üledékekre

Средняя зависимость теплопроводимости от глубины для неогеновых и четвертичных песчаных и глинистых отложений.

TABLE VI.

Locality	a		b	c	d	e	f	g	Ref.
	λ (N)	φ (E)							
1. Komló-Zobák (mine-shafts)	46° 11'	18° 14'	316—620	52	2.80	49.4	138	1	1, 2
2. Hosszútiény (mine-shafts)	46° 10'	18° 22'	330—525	26	2.56	40.7	104	1	3
3. Bákonya (MV—2142/a)	46° 07'	18° 04'	960—1061	5	2.72*	37.9	103	2	4
4. Kővágótötös (MFe-19)	46° 06'	18° 07'	260—820	28	3.09	35.0	108	1	5
5. Nagylengyel (NI-47, NI-62)	46° 46'	16° 45'	1308—2118	12	1.84	45.6	84	2	6
6. Bárszentmihályfa (Bm-1)	46° 41'	16° 36'	2580—5049	26	2.96	31.1	92	2	7
7. Vái (Vál-3)	47° 22'	18° 40'	148—772	13	2.79	38.7	108	1	8
8. Szentendre (Sze-2)	47° 41'	19° 05'	20—505	38	2.14	39.2	84	2	9
9. Budapest (Nepliget)	47° 27'	19° 10'	1447—1585	9	3.99*	13.0	52	3	10
10. Recsk (Rm-8, Rm-15)	47° 56'	20° 07'	50—1020	19	2.73	39.9	109	2	7
11. Edeény (E-475)	48° 18'	20° 46'	15—578	12	2.28	57.5	131	2	11
12. Hajdúszoboszló (Hsz-6)	47° 32'	21° 22'	468—1270	12	1.83	58.8	108	2	12
13. Kaba (KE-1)	47° 30'	21° 15'	95—1168	10	1.58	58.8	97	2	12
14. Sándorfalva (S-1)	46° 25'	20° 01'	1350—3982	27	2.67	42.3	113	2	8

Heat flow data for Hungary

a — geographical coordinates; b — depth interval from where the rock samples are derived; c — number of samples; d — harmonic mean of thermal conductivity (* arithmetic mean); e — average thermal gradient; f — heat flow; g — quality; No.1 — good (error 10—15%), No.2 — fair (error 15—25%), No.3 — unreliable (error more than 25%). References: 1) BOLDIZSÁR [1956]; 2) BOLDIZSÁR—GÖZÖN [1963]; 3) BOLDIZSÁR [1964/a]; 4) BOLDIZSÁR [1967/a]; 5) SALÁT [1967/6] BOLDIZSÁR [1959]; 7) HORVÁTH et al. [1977]; 8) HORVÁTH et al. [1981]; 9) BOLDIZSÁR [1965]; 10) SALÁT (pers. comm.); 11) GREUTER [1977/a]; 12) BOLDIZSÁR [1966]

Magyarországi hőáram adatok

a — földrajzi koordináták; b — mélységintervallum, amelyből a vizsgált magminták származnak; c — minták száma; d — harmonikus átlag hővezetőképesség (* számtani közép); e — átlagos hőmérsékleti gradiens; f — hőáram; g — minőség; 1 — jó (a hiba 10—15%), 2 — megfelelő (a hiba 15—25%), 3 — gyenge (a hiba nagyobb, mint 25%). Hivatkozások az angol szövegben

Данные потока тепла в Венгрии

a — географические координаты; b — участок взятия образцов горных пород; c — количество образцов; d — гармоническая средняя теплопроводности (* арифметическая средняя); e — средний термический градиент; f — поток тепла; g — качество; № 1 — хорошее (погрешность — 10—15%, № 2 — удовлетворительное (погрешность — 15—25%), № 3 — ненадежное (погрешность свыше 25%). Ссылки даются в подписи на английском языке.

Table VII.

No. of core	Depth interval [m]	λ [W/Km]	Lithology	Age
3/1	1350—1355	1.95	aleurolite	upper Pannonian
4/2	1430—1434	2.90	shale	upper Pannonian
5/1	1510—1518	1.75	marl	upper Pannonian
5/3	1510—1518	1.98	aleurolite	upper Pannonian
5/8	1510—1518	3.67	sandstone	upper Pannonian
6/1	1600—1605	2.08	marl	upper Pannonian
6/5	1600—1605	1.90	shale	upper Pannonian
7/1	1992—2000	2.73	sandstone	upper Pannonian
7/2	1992—2000	2.61	aleurolite	upper Pannonian
8/7	2110—2118	2.50	aleurolite	upper Pannonian
9/1	2653—2658	2.79	sandstone	lower Pannonian
10/2	3190—3202	3.94	sandstone	lower Pannonian
10/4	3190—3202	3.97	sandstone	lower Pannonian
11/5	3295—3304	3.45	sandstone	lower Pannonian
11/8	3295—3304	2.43	marl	lower Pannonian
12/1	3400—3411	2.56	marl	lower Pannonian
12/2	3400—3411	3.57	sandstone	lower Pannonian
13/1	3475—3481	2.69	marl	lower Pannonian
14/1	3550—3559	3.47	sandstone	lower Pannonian
14/2	3550—3559	2.83	aleurolite	lower Pannonian
14/3	3550—3559	3.07	aleurolite	lower Pannonian
15/1	3645—3649	2.38	marl	lower Pannonian
16/1	3688—3699	2.18	agglomerate	Badenian
17/1	3750—3761	3.22	aleurolite	Badenian
18/2	3809—3814	3.90	sandstone	lower Triassic
19/2	3850—3853	3.38	gneiss	Palaeozoic
20/1	3980—3982	3.50	gneiss	Palaeozoic

Thermal conductivity of cores from the S—I borehole

Az S—I mélyfúrás magmintáinak hővezetőképessége

Теплопроводимость на ядрах из скважины S—I.

Table VIII.

Rock type	Average thermal conductivity λ [W/Km]	Total thickness [m]	Thermal resistivity ρ [m ² K/W]
Shale, marl, aleurolite	2.45	2271	926.9
Sand, sandstone	3.45	915	265.2
Σ		3186	1192.1

Calculation of thermal resistivity for the 500—3686 m depth interval of the S—I borehole

Az S—I mélyfúrás 500—3686 m közötti szakaszának geotermikus paraméterei

Геотермические параметры участка 500—3686 м скважины S—I.

Table IX.

Depth [m]	Diameter of hole [inch]	Time after end of drilling [h]	Temperatures (°C)		
			Measured data (bottom-hole)	Stationary value	
				Bullard	Dakhnov— Dyakonov
1650	17½	6	48	69	81
		11	51		
		24	58		
3710	8¾	9	147	158	161
		14	150		
4015	8¾	9	159	182	182
		11	161		
		16	167		
		19	169		

Calculation of undisturbed rock temperatures in the S—I borehole

Zavartalan közet hőmérsékletek számítása az S—I mélyfúrásban

Расчет температуры ненарушенных пород в скважине S—I.

Table X.

No. of core	Depth interval [m]	λ [W/Km]	Lithology	Age
3	2580—2582	2.16	shale	lower Pannonian
4	2695—2697	3.50	shale	lower Pannonian
5/2	2781—2784	3.37	sandstone	lower Pannonian
6	2893—2895	4.04	aleurolite	Miocene
7	2946—2950	4.18	dolomite	
			conglomerate	Miocene
8	2952—2961	4.40	dolomite breccia	Miocene
9/1	2961—2970	4.05	sandstone	Miocene
11	3127—3133	4.52	dolomite	Triassic
15	3466—3472	4.44	dolomite	Triassic
20	3905—3912	4.69	dolomite	Triassic
21	3970—3978	4.77	dolomite	Triassic
22	4081—4089	4.77	dolomite	Triassic
23	4154—4158	4.98	dolomite	Triassic
24	4298—4301	4.69	dolomite	Triassic
25	4362—4365	5.02	dolomite	Triassic
28	4460—4468	3.36	limestone	Jurassic
30	4468—4470	3.63	limestone	Jurassic
31	4483—4485	2.70	limestone	Jurassic
32	4535—4536	2.74	limestone	Jurassic
33/2	4589—4592	2.82	limestone	Jurassic
33/3	4589—4592	3.12	limestone	Jurassic
34	4642—4643	3.71	limestone	Jurassic
35	4710—4712	3.20	limestone	Jurassic
37	4831—4833	2.99	limestone	Jurassic
39	4991—4994	2.39	limestone	Jurassic
40	5046—5049	2.73	limestone	Jurassic

Thermal conductivity of cores from the Bm-I borehole

A Bm—I mélyfúrás magmintáinak hővezetőképessége

Теплопроводимость на кернах из скважины Bm—I.

Table XI.

Depth [m]	Diameter of hole [inch]	Time after end of drilling [h]	Temperatures (°C)		
			Measured data (bottom-hole)	Stationary value	
				Bullard	Dakhnov—Dyakonov
1440	17½	8	71	77	87
		11	72		
2784	12¼	10	116	126	127.5
		14	118		
4420	8½	10	160	169	169
		14	162		
4937	6	13	172	190	189
		19	177		
5075	6	11	172	190	192
		27	181		

Calculation of undisturbed rock temperatures in Bm—I borehole

Zavartalan közhőmérsékletek számítása a Bm—I mélyfúrásban

Расчет температуры ненарушенных пород в скважине Bm—I.

Table XII.

Rock	Depth [m]	Temperature [C°]	G [mK/m]	λ [W/Km]	λ^* [W/Km]	q [mW/m²]
Triassic dolomite	2784	127	25.67	4.74	3.56	91.4
	4420	169				
Jurassic limestone	4420	169	40.62	3.03	2.28	92.6
	4937	190				

Calculation of heat flow in the Bm—I borehole (λ^* is the average conductivity corrected for temperature effect)

Hőáram számítás a Bm—I mélyfúrásban (λ^* a hőmérsékleti hatással javított átlagos hővezetőképesség)

Расчет теплового потока в скважине Bm—I. (* средняя теплопроводимость, поправленная за температурный эффект)

Table XIII.

No. of core	Depth [m]	λ [W/Km]	Lithology	Age
1	148.6	1.82	tuff	upper Eocene
2	183	2.17	tuff	upper Eocene
3	288.6	4.02	dolomite	lower Triassic (upper Werfenian)
4	306.1	2.90	dolomite	"
5	359	3.46	dolomite	"
6	439	5.27	dolomite	"
7	482.7	4.98	dolomite	"
8	522	2.60	dolomite	"
9	570	2.95	marly sandstone	lower Triassic (lower Werfenian)
10	640	2.59	limestone	"
11	691	2.86	limestone	"
12	759.5	2.62	limestone	"
13	772	2.63	marl	"
14	852	3.70	dolomite	upper Permian

Thermal conductivity of cores from Vál—3 borehole

A Vál—3 mélyfúrás magmintáinak hővezetőképessége

Геотермические параметры скважины Vál—3.

Table XIV.

Depth interval [m]	Average thermal conductivity [W/Km]	Gradient [mK/m]	Interval heat flow [mW/m ²]
105—270	2.00	52.72	105.4
270—500	4.13	24.78	102.3
500—748	2.70	41.93	113.2

Thermal parameters of Vál—3 borehole

A Vál—3 mélyfúrás geotermikus paramétereit

Теплопроводимость кернов из скважины Vál—3.

Table XV.

Locality (borehole)	Geographic coord.		Gradient [mK/m]	Heat flow [mW/m ²]	Ref.
	Lat.N	Long.E			
<i>Romania</i>					
Siniob	46° 12'	21° 20'	45.0	85	1
Arad	47° 13'	22° 13'	50.5	94	1
<i>USSR</i>					
Uzhgorod—1	48° 34'	22° 08'	49.0	92	2
Zaluzh—2	48° 25'	22° 42'	63.6	105	2
V. Dobrony—1	48° 33'	22° 18'	43.5	84	2
Gorozdovka—50	48° 25'	22° 29'	62.0	88	2
Muzhievo—359	48° 19'	22° 37'	51.0	84	2
Uzhgorod—2	48° 57'	22° 21'	48.0	96	2
Terebla—2	48° 08'	22° 54'	38.5	84	2
Begany—1164	48° 15'	22° 32'	54.1	96	3
Borzava—4	48° 05'	22° 48'	62.7	84	3
<i>Czechoslovakia</i>					
H—10	48° 47'	16° 58'	35.2	53	4
Kuty—8	48° 39'	16° 59'	29.4	47	4
Lab—90	48° 23'	16° 59'	41.6	62	4
Lab—93	48° 24'	17° 00'	37.2	56	4
Laksarska Nova Ves—6	48° 34'	17° 11'	38.5	54	4
Malacky—20	48° 27'	17° 01'	31.2	44	4
Rohoznik—1	48° 29'	17° 10'	31.5	49	4
Sastin—10	48° 40'	17° 09'	31.6	45	4
Zavod—57	48° 34'	17° 07'	25.1	41	4
Bratislava (Rusovce)	48° 04'	17° 09'	44.3	61	5
Kralova pri Senci	48° 11'	17° 23'	42.0	83	5
Topolniky	47° 58'	17° 48'	40.5	71	5
Kolarovo—2	47° 56'	18° 02'	40.1	75	4
Cilistov (FGC—1)	48° 01'	17° 18'	34.0	68	6
Horna Poton (FGHP—1)	47° 59'	17° 29'	40.0	79	6
Galanta (FGG—1)	48° 10'	17° 42'	42.0	63	6
TvrDOSovce (FGTV—1)	48° 06'	18° 05'	46.0	80	6
Komarno (FGK—1)	47° 45'	18° 05'	38.2	67	6
Dvory n. Zítavou (FGDZ—1)	47° 59'	18° 15'	37.0	70	6
Pohradie—86	48° 40'	18° 41'	34.6	69	7
Brehy (GK—14)	48° 23'	18° 41'	33.6	71	8
Kr. Bane—3	48° 44'	18° 55'	25.0	71	8
Rudno (GK—9)	48° 26'	18° 41'	30.0	71	8
Ciz (MJC—1)	48° 19'	20° 16'	33.5	58	6
S—5	48° 37'	22° 03'	46.4	113	9
S—7	48° 36'	22° 04'	48.6	113	9
PT—1	48° 30'	22° 04'	45.5	103	9
Sobrance (TMS—1)	48° 44'	22° 12'	53.0	115	6

Heat flow data from the Pannonian basin, outside of Hungary

References: 1) VELICIU—DEMETRESCU [1979]; 2) KUTAS—GORDIENKO [1970]; 3) KUTAS et al. [1975]; 4) MARUŠIAK—LIZOŇ [1975]; 5) GREUTTER [1977/b]; 6) STEGENA et al. [1978—1981]; 7) ČERMÁK [1977]; 8) LIZOŇ [1975]; 9) ČERMÁK [1968]

Hőáram adatok a Pannon-medence területéről (kivéve a magyarországi adatokat). Irodalmi hivatkozások az angol feliraton

Данные теплового потока по территории Паннонского бассейна (за исключением Венгрии). Ссылки даются в надписи на английском языке.

Table XVI.

Springs	Average temperature [°C]	Yield [m ³ /min]	Power [MW]
Budapest (warm)	21	25	19.2
Budapest (hot)	55	5	15.7
Esztergom (warm)	27	5	5.9
Tata (warm)	21	130	99.7
Lake Hévíz (hot)	42	30	67.0
Tapolcafü (warm)	15	25	8.7
Tapolca (warm)	18	30	16.7
Others	10—11	450	15.7
			250
Conductive heat loss at the margins			50
	Total:		300

Power of hot springs related to the hydrothermal system of the Transdanubian Central Range

A Dunántúli-középhegység langyos- és melegvízű forrásainak és a hegyszeremen a rétegvizekbe átlépő melegvizek hőteljesítménye

Тепловая мощность источников термальных вод в Задунайском Среднегорье и термальных водотечений, проникающих в пластовые воды на бортах горной области.

MAGYARORSZÁG GEOTERMIKUS VISZONYAI

DÖVÉNYI PÉTER, HORVÁTH FERENC, LIEBE PÁL, GÁLFI JÁNOS,
ERKI IMRE

A geotermikus kutatások történetének áttekintése után összefoglaljuk a hazai gyakorlatban alkalmazott hőmérsékletmérési módszereket, ezek megbízhatóságát és alkalmazhatóságát. A mérési körülmények és a valószínű pontosság alapján minősítjük az összes elérhető és érdemleges hazai hőmérsékleti adatot, és adatrendszer formájában közreadjuk.

Az adatokból 1 km mélységre $M = 1 : 1\,000\,000$, 2 km mélységre — a lényegesen kevesebb adat miatt — $M = 1 : 2\,500\,000$ méretarányú izoterma térképet szerkesztettünk az egész országra és a csatlakozó szomszédos területekre. Ezen túlmenően a Pannon-medence különböző területegységeire átlagos hőmérséklet—mélység összefüggéseket számítottunk.

Az összes megbízható hazai adat alapján megadjuk a neogén üledékek és a medencealjzatot felépítő kőzetek átlagos hővezetőképességét. Értékeljük az eddigi magyarországi hőáram meghatározásokat és három új mérési eredményt közlünk. Eljárást adunk hővezetőképességek és hőáram becslésére olyan mélyfúrásokban, amelyekben nem volt közvetlen hővezetőképesség-mérés, de a hőmérséklet és a rétegsor jól ismert. A Pannon-medence hőáramtérképét hazai és külföldi mérések és becsült hőáram adatok alapján szerkesztjük meg.

A magas hőmérsékletek és hőáramok a Pannon-medence egészére kiterjedő, változó mértékű hőanomáliára mutatnak. Megbecsüljük, hogy az ismert regionális vízáramlási rendszerek milyen mértékben torzítják a konduktív hőteret. Arra a megállapításra jutunk, hogy a Dunántúli-középhegységre magas, zavartalan hőáram és hőmérséklet jellemző. Az ország többi területén — néhány lokális anomáliától eltekintve — a vízáramlás nem torzítja lényegesen a konduktív hőteret.

Befejezésül vázoljuk a Pannon-medence hőanomáliájának geodinamikai értelmezését és rámutatunk a paleogeotermikus viszonyok ismeretének fontosságára.

d: geotermika, hőáram, geotermikus gradiens, hővezetőképesség, hévizek, Magyarország, Pannon-medence

1. Bevezetés

Több mint egy évszázada az érdeklődés előterében állnak a Pannon-medence geotermikus viszonyait feltáró és alkalmazó kutatások. Az egyre intenzívebb mélyfúrási tevékenység eredményeképpen világossá vált, hogy a Pannon-medencében a Magyar-középhegység vonalában húzódó mezozoos karbonátos összletben, valamint a medenceterületek laza üledékeiben hatalmas mennyiségű termálviz van, amely mind balneológiai célokra mind energiahordozóként hasznosítható. A kezdeti kutatások után lényegi tudományos haladás az 1950-es években kezdődött el. Ekkor indultak meg a hazai hővezetőképesség-mérések, amelyek arra mutatnak, hogy az ország egész területén nemcsak a geotermikus gradiens, hanem a földi hőáramsűrűség is jelentősen magasabb a világtáznál (1. ábra). Ez azt jelenti, hogy a Pannon terület melegsége nem egyszerűen a feláramló hévizek okozta lokális jelenség, hanem a teljes tektonikai egység litoszférájának megemelt hőmérsékletét tükrözi. Mindazonáltal a hőmérsékleti viszonyok a helyi körülményektől függően erősen változnak és ezek természetének megismerése valamint térképezése igen fontos. Megbízható izoterma térképek szerkesztése azonban nehéz feladat, elsősorban azért, mert az ipari kutatá-

sok során különböző eljárásokkal mért hőmérsékleti adatok általában nem elégítik ki a pontos fizikai követelményeket. Ezért a nyers adatrendszeren különböző korrekciókat kell végrehajtani és bizonyos kritériumok alapján adat-szelekciót kell végezni. A 70-es évek eleje óta tartó olajár-robbanás „felértékelt” a geotermikus energiát és világszerte nagy lendülettel megindultak a kutatások mind az alacsony entalpiájú mind a magas entalpiájú geotermikus tárolók felderítésére és alternatív energiaforrásként való hasznosításukra.

A geotermikus viszonyok megbízható ismeretének közvetlen hasznosságán túlmenően további, közvetett értéke is van. Igen fontos paraméter, amellyel a medenceterületek fejlődésére kialakított kvantitatív tektonikai modellek ellenőrizhetők. Ezenkívül a szerves geokémia újabb eredményei alapján tudjuk, hogy a kőolaj és földgáz csak azokban az üledékes összetételekben keletkezhetett, amelyek hőtörténete a földtani idők során kedvezően alakult.

Munkánk elsődleges célja az volt, hogy a Magyarországra vonatkozó összes elérhető geotermikus adatot objektív kritériumok alapján minősítve közreadjuk, adatkataszter, izoterma térkép és területegységekre átlagolt hőmérséklet—mélység függvények formájában. Mivel a földi hőáram értéke mind az általános mind az alkalmazott kutatások szempontjából alapvető ismeret, megszerkesztettük a Pannon-medence hőáramtérképét is. (A Pannon-medence elnevezést széles értelemben használjuk, vagyis annak részeként fogjuk fel a tényleges neogén medenceterületekhez kapcsolódó alaphegységi kibúváásokat és vulkáni hegységeket is).

A következőkben összefoglaljuk a geotermikus gyakorlatban használt jelöléseket, valamint a régi és új (SI) egységeket. Az előírásoknak megfelelően a dolgozatban SI egységeket használtunk. A befejezőként közölt irodalomjegyzékbe — a szövegben hivatkozott munkákon túlmenően — felvettünk több más geotermikus alapmunkát is.

A geotermikában használatos jelölések

Jelölés	Elnevezés	SI egység	Átszámítás más egységekről
T	Hőmérséklet	K	$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$
ΔT	Hőmérsékletkülönbség	K	$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
Q	Hőmennyiség	$J = \text{kg m}^2/\text{s}^2$	$1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}$
G	Geotermikus gradiens	mK/m	$1^{\circ}\text{C}/\text{m} = 10^{-3} \text{ mK}/\text{m}$
G^{-1}	Geotermikus mélységlépcső	m/K	$1 \text{ m}/^{\circ}\text{C} = 1 \text{ m}/\text{K}$
ϕ	Hőteljesítmény	$\text{W} = \text{J}/\text{s}$	$1 \text{ cal}/\text{s} = 4,187 \text{ W}$
q	Hőáram(sűrűség)	W/m^2	$1 \text{ cal}/\text{cm}^2 \text{ s} = 4,187 \cdot 10^4 \text{ W}/\text{m}^2$
λ	Hővezetőképesség	$\text{W}/\text{K m}$	$1 \text{ cal}/\text{cm s } ^{\circ}\text{C} = 4,187 \cdot 10^2 \text{ W}/\text{K m}$
α	Hődiffuzivitás (Hőmérséklet-vezetőképesség)	m^2/s	$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
c	Fajhő	$\text{J}/\text{kg K}$	$1 \text{ cal}/\text{g } ^{\circ}\text{C} = 4,187 \cdot 10^3 \text{ J}/\text{kg K}$
A	Fajlagos hőteljesítmény	W/m^3	$1 \text{ cal}/\text{cm}^3 \text{ s} = 4,187 \cdot 10^6 \text{ W}/\text{m}^3$
q	Hőellenállás	$\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$	$1 \text{ cm}^2 \text{ s } ^{\circ}\text{C}/\text{cal} = 2,388 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K}/\text{W}$

2. Történeti áttekintés

Magyarországon hévízforrások az antik idők óta ismertek. A hévizek mesterséges feltárása ZSIGMONDY fúrásaival kezdődött. (*I. és II. táblázat*). E fúrások adták az első lehetőséget a Pannon-medence mélyében uralkodó hőmérsékleti viszonyok tudományos igényű tanulmányozásához. PAPP K. a kevés és többnyire megbízhatatlan adat ellenére megállapíthatta, hogy: „Meglepő a Nagy Magyar Alföld altalajának tetemes melegsége, melynek eredménye a csekély gradiens” (azaz geotermikus mélységlépcső, „reciprok gradiens”), továbbá, hogy a 18—22 m/°C-nak talált mélységlépcső lényegesen eltér a világlátnak elfogadott 33 m/°C értéktől.

Az I. világháború után az artézi kutak mellett a meginduló szénhidrogén-kutató fúrások is sok helyütt tártak föl víztároló kőzeteket. Lehetővé vált nagy mennyiségű hőmérsékletmérés elvégzése a felszínre kifolyó vizekben. SÜMEGHY J. 1929-ben 431 ilyen adatot közölt és értelmezett.

Több „kincstári” fúrásban talphőmérsékletet is mértek. E mérések a kifolyó víz hőmérsékleténél megbízhatóbban és nagyobb mélységből származó információ alapján bizonyították a Pannon-medence magas hőmérsékletét [SCHMIDT E. R. 1936] a fennálló ellenvéleményekkel [WESZELSZKY 1922] szemben. Felhívták továbbá a figyelmet a mérhető gradiens és a kőzetek hővezetőképességének összefüggésére és ennek alapján merült fel a termikus adatok felhasználásának lehetősége a földtani—geofizikai kutatásban.

Bányabeli közethőmérsékleteket határozott meg BOLDIZSÁR T. [1944] elsődlegesen bányaszellőzési problémák megoldására, bizonyítva egyben azt is, hogy a geotermikus gradiens értéke Magyarországon nem csak a neogén üledékekben magasabb a kontinentális átlagnál. Felszínközeli és bányabeli hőmérsékletméréseket végzett az ötvenes években STEGENA L. [1952, 1957] is, gyakorlati földtani—geofizikai célból. Eredményei felhívták a figyelmet arra, hogy a jó hővezető aljzat morfológiája hatással van a gyengébb hővezető fedő üledékek hőmérséklet-eloszlására.

A geotermika és más földtani jelenségek kapcsolatának feltárásához a kőzetek hőmérsékletének és hővezetőképességének együttes ismerete nyújt megfelelő támpontot. E felismerés vezetett az első hazai hővezetőképesség mérésekhez [BALYI—PAPP 1950, BOLDIZSÁR 1956, STEGENA 1958] és az első pontos földi hőáramsűrűség meghatározáshoz a zobáki ikerakna mélyítése során [BOLDIZSÁR 1956]. Bár ez idő tájt összehasonlító adatok az európai kontinensről még nem voltak, és Angliában valamint a többi kontinensen együttvéve is csak 57 hőáram adat volt ismert, a megállapítás a Pannon-medence extrém magas hőáramsűrűségéről máig is helytálló.

A magyarországi hőtér horizontális változásainak térképezése jobb híján a meglehetősen bizonytalan Sümeghy-féle adatrendszer különböző feldolgozásaival kezdődött [SÜMEGHY 1929, SCHEFFER—KÁNTÁS 1949, STEGENA 1958]. A vízkutak jellemző paraméterei (beleértve a termikus adatokat is) rendszeres mérésének és katalogizálásának szükségességét ID. LÓCZY LAJOS már 1912-ben felvetette [SCHMIDT 1932], ám termikus mérések végzése a vízkutakban csak

1956 óta (a 300 m-nél mélyebb kutakban), ill. 1963 óta (a 200 m-nél mélyebbekben) kötelező [BÉLTEKY et al. 1965]. 1965-től folyamatos adatszolgáltatást biztosít a Magyarország Hévízkútjai c. VITUKI kiadványsorozat [BÉLTEKY, ALFÖLDI, KORIM, MARCELL, PAPP, RÉMI, SIMON, URBANCSEK, LIEBE, SZÉKELY és POZSGAI szerkesztésében].

A hőmérsékletmérések csak a 60-as évektől váltak általánossá az egyéb — főként szénhidrogénkutató — fúrásokban is. Figyelembe véve, hogy a hőmérséklet adatok jó része a zavartalan hőtér jellemzésére alkalmatlan, valamint, hogy a felszínközeli hőmérsékleteloszlás igen kis távolságokon belül is nagy változásokat mutathat (kiugró, lokális anomáliák) a Pannon-medence termikus viszonyainak részletes megismeréséhez megfelelő mennyiségű és minőségű adat csak az utóbbi 10—15 év során gyűlt össze. Ám még ez az adatrendszer is sokféle geotermikus térkép szerkesztését és értelmezését tette lehetővé (XVII. táblázat). Közös és máig is érvényes megállapítás a geotermikus anomáliákat értelmező tanulmányokban az, hogy 1. a pre-neogén aljzat domborzata korrelál a hőmérsékleti anomáliaképpel (a sekélyebb medence-területeken általában nagyobb gradiens észlelhető); 2. a felszín alatti vízáramlások (mind a karsztos, mind a homokos üledékekben) erősen befolyásolhatják a hőtér.

A Pannon-medence pozitív geotermikus anomáliájának magyarázatára többféle elképzelés is született. Az első — ma már túlhaladott — elméletek a kéregben, vagy a 2—3 km vastag fiatal üledékekben keresték a hőtér regionális anomáliájának okát. BOLDIZSÁR T. [1962] a pannon kéreg anomálian magas radioaktivitását feltételezte. E feltevést azonban más tény nem támasztja alá [BOLDIZSÁR 1964/a]. STEGENA L. [1963] a magas gradienseket egyrészt fiatal üledékeink alacsony hővezetőképességével, másrészt a porózus üledékekben fölfelé áramló vizek hatásával próbálta magyarázni. Az első feltételezést az alföldi és zalai hőáram-meghatározások [BOLDIZSÁR 1959, 1966], a másodikat a kompaktos vízfeláramlás hűtőhatásának becslése [STEGENA 1970] cáfolták. A magas hőmérsékletek okát többen az intenzív miocén—pliocén vulkanizmusban látták.

A pozitív hőanomália és a környező területekhez képest vékony kéreg összefüggését először SCHEFFER V. [1963] valószínűsítette. A ma leginkább elfogadott nézetek a Pannon-medence hőanomáliáját a kéreg, méginkább a litoszféra alól érkező magasabb hőárammal, a kéreg illetve a litoszféra elvékonyodásával magyarázzák és igyekeznek összhangba hozni a medencefejlődés új nagytektonikai modelljeivel [SZÁDECZKY-KARDOSS 1973, STEGENA et al. 1975, SCLATER et al. 1980, HORVÁTH—ROYDEN 1981].

3. Hőmérsékleti adatok Magyarországon

A Föld felszínközeli hőmérsékleti terét ismertnek nevezhetjük, ha megfelelően sok — felszíni helykoordinátákkal és mélységadatokkal jellemzett — ponton ismeretes a közhőmérséklet értéke. Ilyen jellegű adatok általában a mélyfúrásokban mért hőmérsékletek.

Zavartalan (ún. egyensúlyi vagy stacionárius) hőmérsékleti értékeket egy mélyfúrásban csak akkor határozhatunk meg, ha a mérés a fúrési művelet (vagy a termelés) befejezése után lezárt kútban, megfelelő idő elteltével történik. A fúrési tevékenység ugyanis — elsősorban az áramló iszap — megváltoztatja a lyuk környezetének eredeti hőmérsékletét. A hőzavar elvileg végtelen idő alatt cseng le. A gyakorlatban azonban elegendő, ha a stacionárius állapot a mérési hiba határán belül visszaáll. Erre az időtartamra különböző szerzők, különböző módszerekkel, más-más földtani és fúrastechnológiai körülmények mellett néhány naptól 2—3 évig terjedő becsléseket adnak [CSEREMENSZKIJ 1977].

Magyarországon egyensúlyi állapotúnak feltételezett fúrólyukban igen kevés mérés történt. Az adatkataszterben (függelék) ilyenek a c1-el és c2-vel jelölt stacionárius hőmérsékletek, amelyeket jó néhány zalai fúrásban (Nagylengyel, Szilvágy, Barabásszeg, Bak) és egy-egy, az ország más területein mélyített fúrásban mértek (Mihályi, Kurd, Kővágótöttös, Tázlár, Jászberény, Recsk, Pusztaföldvár, Füzesgyarmat és Ártánd). Néhány jellegzetes — stacionárius állapotban felvett — hőmérséklet—mélység függvény a 2. ábrán látható.

Geotermikus adatrendszerünk bővítésére további, az egyensúlyi hőmérsékletet valószínűleg jól közelítő hőmérséklet adatokat kell keresni.

Vizkutató fúrásokban a beléscső falát a produktív réteg mélységében perforálják és különböző technikai jellegű műveletek után maximum-hőmérőkkel mérik a beáramló víz hőmérsékletét. Amennyiben a mérés a (legalsó) megnyitott (szűrőzött) szakasz magasságában vagy valamivel alatta történik, a vizadó réteg nem túl vastag (néhányszor 10 m), a beáramló folyadék hőmérsékletét semmiféle másodlagos hatás (pl. gázexpánzió) nem módosítja jelentősen, a vizadó réteg közel vízszintes településű és a beléscső mentén vagy közelében nincs jelentős vertikális áramlás, akkor a zavartalan hőmérsékletet jól közelítő érték mérhető. Ezek a feltételek a hazai vizkutató fúrásokban gyakran teljesülnek, illetve megállapítható, hogy teljesülnek-e, vagy sem. A szénhidrogénkutató fúrásokban és termelő kutakban (pl. rétegvizsgálat vagy kapacitásmérés során) végzett hőmérséklet-meghatározások eredményei is hasonló feltételek mellett fogadhatók el a vizsgált összlet mélységére jellemző zavartalan hőmérsékletnek. Ilyen mérések alapján megrajzolt hőmérséklet — mélység függvényeket mutat a 3. ábra.

A mélyfúrásokban történő hőmérséklet-meghatározások nagyobb része nyilvánvalóan nem zavartalan közethőmérsékletet tükröz. Ide sorolhatók a talphőmérséklet-mérések és termoszelvényezések eredményei, melyeket a fúrás (vagy cementezés) befejezése (vagy ideiglenes leállítása) utáni 5—50-ik órában nyernek. valamint a vizkutató fúrásokban a fakadási szint fölött (leggyakrabban a felszínen) nagy számban mért ún. kifolyó víz hőmérsékleti adatok is. Az irodalomból több módszer ismert arra, hogy ezekből a nem egyensúlyi értékekből hogyan becsülhetők a zavartalan közethőmérsékletek. Amennyiben az öblítés befejezése után különböző időkben többször is történik talphőmérséklet-mérés, készíthető egy hőmérséklet—idő függvény, amelynek $t = \infty$ -ben vett határértéke a stacionárius hőmérséklet. DAHNOV és DJAKONOV [1952] végtelen közegben hűlő pontszerű tömeg, BULLARD [1947] pedig t_0 időtar-

tamig hűlő majd t_2 ideig melegedő vonalforrás képletével közelítették a fűrés okozta hőzavar visszaállási függvényét. Ha az egyenleteket a fűrés (öblítés) befejezése után mért két idő—hőmérséklet adatpárosra fölírjuk, a zavartalan közethőmérséklet a következő összefüggéssel adható meg:

$$T_k = \frac{CT_1 - T_2}{C - 1}.$$

Dahnov—Djakonov módszere esetén

$$C = \frac{1 - e^{-\frac{D^2}{16\kappa t_1}}}{1 - e^{-\frac{D^2}{16\kappa t_2}}},$$

a Bullard módszer esetén pedig

$$C = \frac{E_i\left(-\frac{D^2}{16\kappa t_1}\right) - E_i\left(-\frac{D^2}{16\kappa(t_0 + t_1)}\right)}{E_i\left(-\frac{D^2}{16\kappa t_2}\right) - E_i\left(-\frac{D^2}{16\kappa(t_0 + t_2)}\right)},$$

ahol D a fűrólyuk átmérője, κ a környezet hődiffuzivitása és $E_i(-x)$ exponenciális integrál a következő sorral adható meg:

$$E_i(-x) = 0,5772 + \ln x - x + \frac{x^2}{2 \cdot 2!} - \frac{x^3}{3 \cdot 3!} + \dots$$

További jelöléseket lásd a 4. ábrán. A vázolt módszerek több egyszerűsítő feltevést tartalmaznak.

A gyakorlatban mért idő—hőmérséklet összefüggések igen sokfélék lehetnek (5. ábra). Ismerve a mérések (főleg az időmérések) nagy pontatlanságát is, a korrigált talphőmérsékleti adatokat kellő óvatossággal kell kezelni. Az áramló öblítőiszap a fűrólyuk alsó szakaszát hűti, felső szakaszát fűti. Az öblítés (cementezés) után felvett termoszelvény tehát valahol metszi az egyensúlyi hőmérséklet—mélység görbét. GELLÉRT T. és MARKÓ L. tapasztalatai szerint a metszéspont mélysége kis szórást mutat a talpmélység harmada körül, és nem függ az öblítési vagy az öblítés után eltelt időtől és a harántolt rétegek fizikai paramétereitől sem [HORVÁTH et al. 1981]. Az empirikus összefüggés igazolása egy kis terület kevés számú és közel azonos talpmélységű fűrésására történt csak meg, így széleskörű alkalmazásához további vizsgálatok szükségesek.

A kifolyó víz hőmérsékletéből a fakadási hőmérsékletre következtetni több módszerrel is lehet [BOLDIZSÁR 1960/a, SALÁT 1964, GÁLFI—LIEBE 1977]. A gyakorlat számára LIEBE összefüggése tűnik a legmegfelelőbbnek, mert egyedül ez a módszer lett nagy számú mélységi hőmérsékletméréssel ellenőrizve:

$$T(z_f) = T_k + 5z_f \cdot I^{-0,71},$$

ahol T_k a kifolyó víz hőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$), z_f a fakadási szint mélysége (m) és I a vízhozam (m^3/min).

A hőmérsékleti adatokat sok esetben jelentős mérési hiba terhelheti. A maximum hőmérőkkel történő mérések (ilyen az egy mélységi pontra vonatkozó hőmérséklet-meghatározások zöme) hibalehetőségei a következők:

- a hőmérő leolvasási hibája,
- a hőmérő nincs elegendő ideig a vizsgált mélységben, ezért nem veszi át a környezet hőmérsékletét,
- a hőmérő a felhúzás során lerázódik,
- a nyomás növekedésének hatására a higanyszál elmozdul.

A VITUKI mérései alapján [GÁLFI—LIEBE 1977/b] a maximum hőmérővel végzett mérések abszolút hibáját $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ -ra lehet becsülni annak megjegyzésével, hogy kedvezőtlen esetben ennél jóval nagyobb hiba is ronthatja a hőmérsékleti adatokat (pl. „lerázódás” vagy nyitott tokban elhelyezett hőmérővel nagyobb mélységben végzett mérés esetén).

3.1. Hőmérsékleti adatrendszer összeállítása

A vázolt módszerekkel az elmúlt száz évben Magyarországon több tízezer mélységi hőmérsékletmérés történt, azonban ezek jó része nem alkalmas a tényleges hőmérsékleti viszonyok jellemzésére. Szelekciót kellett tehát alkalmazni, melynek célja az országot területileg a lehető legjobban lefedő, becsülhető megbízhatóságú és a zavartalan közethőmérsékleteket tükröző adatrendszer összeállítása volt.

A hőmérsékleti adatgyűjtemény (Függelékben) 2734 kiválasztott mélységi hőmérséklet adatot tartalmaz. A kataszterbe nem kerültek bele

- a 250 m-nél sekélyebb mélységre vonatkozó és
- a fúrást (öblítést, cementezést) közvetlenül követő (termoszervény, talp-hőmérséklet)

mérések eredményei, mert a sekély adatok relatív hibája a hőmérsékletmérések pontosságáról mondottak értelmében nagyobb, mint a megengedhetőnek ítélt $\pm 10\%$, a talphőmérséklet mérések és termoszervényezések pedig nem tükrözik a zavartalan közethőmérsékleteket. Kivételt tettünk néhány kifejezetten geotermikus célból meghatározott hőmérséklet—mélység összefüggés felszínközeli adatainál, valamint a Sándorfalva—I és a Bárszentmihályfa—I fúrás korrigált talphőmérséklet adatai esetében. A kataszter tartalmaz minden elérhető

- stacionárius állapotban lévő, vagy
- a fúrólukba beáramló folyadékokban mért (és az előző fejezetben részletezett feltételeknek valószínűleg eleget tevő), vagy
- a kifolyó víz hőmérsékleteiből LIEBE módszerével származtatott hőmérsékleti adatot.

A hőmérsékleti adatgyűjtemény elsősorban a VITUKI, az OKGT és a MÁFI adattárán alapul. Forrásként használtuk még a következő publikációkat: ALFÖLDI et al. 1968, 1977, BIRÓ 1968, BÉLTEKY et al. 1965, 1971, BOLDIZSÁR 1956, 1959, 1964, 1965, 1966, 1967/a, BOLDIZSÁR—GÓZON 1963, GÁLFI—LIEBE 1977, GREUTTER 1977/a; IVÁN—KARDOS 1964; MEGYERI 1980, MARKÓ pers. comm.; URBANCSEK 1965—79; VÖLGYI pers. comm.

A hőmérsékleti kataszter egyes rovatai a következők:

1. *rovat*: A mélyfúrás helye, ahol a hőmérsékletmérés történt, a „Terület-használati Információk Egységes Digitális Térképe” (TIEDIT) megjelölésű térképlapokra nyomott derékszögű koordinátarendszer koordinátaival ± 1 km pontosan megadva. Ahol a TIEDIT számozás csak 2—2 jegyű, a fúrás helye csak ± 5 km pontossággal ismert. Amennyiben a 3. rovatban a „telep” megjegyzés található, a hőmérsékleti adatok a szénhidrogén telep több, közelebből meg nem határozott kútjából származnak. Ilyenkor a TIEDIT koordináták a telep súlypontját jelölik, melytől a tényleges mérési hely eltérése kevesebb, mint 5 km.

2. *rovat*: A mélyfúrás szokásos, községek szerinti megnevezése.

3. *rovat*: A mélyfúrás (kút) megjelölése, VIKÖZ kútkataszteri VITUKI hévízkataszteri vagy OKGT illetve MÁFI adattári jelölés szerint.

4. *rovat*: A hőmérsékletmérés mélysége a fúrásban, a felszíntől számítva, m-ben. Bizonyos esetekben nem a tényleges mérési, hanem származtatott mélység (pl. a kifolyó víz hőmérsékleténél).

5. *rovat*: A mélyfúrásban, az adott mélységben mért, vagy bizonyos esetekben számított hőmérséklet, °C egységben.

6. *rovat*: A geotermikus gradiens értéke mK/m egységben. Ez az érték a különböző mélységekre vonatkozó hőmérsékletek összehasonlíthatóságát biztosítja. Mivel a fizikailag pontos hőmérsékleti gradienst (a hőmérséklet — mélység függvény differenciálhányadosát) az adott mélységben meghatározni általában nem tudjuk, helyette az általánosítás céljainak egyébként is jobban megfelelő $G = \frac{T_z - T_f}{z}$ differencia hányadosot közli a kataszter (T_z a hőmérséklet z mélységben, T_f a hőmérséklet a felszínen). A felszíni hőmérsékleteket a sokévi átlagos léghőmérsékleti izotermák és egyes talajhőmérséklet-mérő állomások adatai alapján becsültük (6. ábra).

7. *rovat*: Az adatok megbízhatósága. Az 1, 2 és 3-as számok a hőmérsékleti értékek pontosságáról; az a, b, c, x betűjelek pedig az adatforrásról illetve a mérési körülményekről tájékoztatnak a következőképpen:

1. kategória: ugyanabban a fúrásban, közel azonos mélységben, több, különböző alkalommal (módszerrel) mért (számított) hőmérséklet adat áll rendelkezésre és az átlagos geotermikus gradienst figyelembe véve eltérésük nem nagyobb, mint $\pm 10\%$. Legalább az egyik hőmérséklet adatnak az adott mélységben mértnek és feltételezhetően a stacionárius állapotot tükrözőnek kell lennie. Az egymást minősítő adatok közül általában csak egyet vettünk föl a kataszterbe (a mértet ill. az átlaghoz legközelebb esőt), kivéve olyan vizkutaknál, ahol a mért és a kifolyó víz hőmérsékletéből számított érték elérése nagyobb

volt, mint $\pm 2,5$ °C. Ilyenkor a származtatott (egyébként 3. kategóriásnak minősülő) adatot a 2. kategóriába soroltuk.

2. kategória: egyszeri, az adott mélységben végzett és a stacionárius állapot feltételezhetően tükröző mérés eredménye.

3. kategória: származtatott (kifolyó víz) vagy a mérés körülményeit tekintve bizonytalan hőmérséklet adat.

a és *x* kategória: szénhidrogén-kútban vagy kutatófúrásban mért hőmérséklet adat. Az *a* jelölés olyan, 50 m-es mélységintervallumon belül végzett több hőmérséklet-meghatározásnak az intervallum súlypontjára vonatkozó átlageredményét jelöli, amelynél az egyes hőmérsékleti adatok eltérése (az átlagos gradienst is figyelembe véve) kisebb volt, mint ± 1 °C.

b kategória: MÁFI mérése.

c kategória: kifejezetten geotermikus célból felvett hőmérséklet—mélység függvény egy eleme. E hőmérsékleti adatokat 2. vagy 3. kategóriásnak minősítettük, ha a fúrólyuk lezárása és a mérés között eltelt idő minimálisan 20 illetve 5 nap volt. *c/1* kategóriásnak csak akkor minősítettük az adatot, ha a lezárást követő 45. nap után még több alkalommal azonos mélységben történtek mérések.

A betűjelzés hiánya mutatja a vízkutakban végzett mérések és a kifolyó víz hőmérsékletekből a megnyitott szakasz súlypontjára extrapolált hőmérsékleti adatokat.

3.2. Térképszerkesztés és adatfeldolgozás

Az előzőekben ismertetett adatrendszer lehetővé tette a korábbiaknál lényegesen részletesebb, objektívabb és pontosabb mélységi hőmérséklet-térképek szerkesztését Magyarországra.

A hőmérsékleti alapadatok térképén (*1. melléklet*) a TIEDIT hálózat minden 100 km² területű négyzetére a kataszter egy megbízható és a terület 1000 m mélységben fekvő közeleinek hőmérsékletére jellemző értékét igyekeztünk kiválasztani. Ennek érdekében az adatokat 9 osztályba soroltuk (*7. ábra*).

Egy-egy négyzetbe a területére eső legalacsonyabb osztályú adat mérési helyét (az osztályát jelző szimbólummal és a mérésből 1000 méter mélységre lineárisan interpolált illetve extrapolált hőmérsékletet tüntettük fel. (Az extrapoláció vagy interpoláció az adatrendszer 4., 5. és 6. rovatának értékeiből a

következő képlettel számolható: $T_{1000} = T_z + G \left(1 - \frac{z}{1000}\right)$). Amennyiben több, legalacsonyabb osztályú adatunk volt, akkor gradienseik átlagát képeztük, és az átlaghoz legközelebb esőt választottuk. Az átlagképzésnél figyelembe vett méréseket §, a térképre felkerült méréseket §§ jel jelöli adatrendszerünk 7. rovatában. Ha egy 100 km²-es négyzet területére több 1. és/vagy 2. osztályú adat esett, a négyzetet megnegyedelve, az előbbi kiválasztási elvet most már a 25 km²-es területekre alkalmazva, több (optimális esetben négy) hőmérséklet került föl a térképre.

A négyzet, kör és háromszög jelek mellett található kis számok az átlagképzésnél figyelembe vett adatok számát adják meg.

A kiválasztott alapadatok nyomán izoterma térkép készült 1 km mélységre (2. melléklet). Az anomáliakép szerkesztésénél mereven ragaszkodtunk az alapadatokhoz, az izovonalak lefutása sehol sem mondhatott azoknak ellent. Ugyanakkor adatban szegény területeken az anomáliák pontosabb lehatárolásához figyelembe vettük néhány, kataszterünkben nem közölt, 250 m-nél sekélyebb vízkút hőmérsékleti adatát, valamint geológiai és hidrogeológiai megfontolásokkal is éltünk.

Igen kevés megbízható, stacionárius adat van középhegységi területeinkről, a Balaton és a Mecsek közötti területről, a Duna—Tisza köze DNY-i határszél egyes vidékeiről. E területek szerkesztésénél használtuk fokozottabban a kiegészítő információkat. A Bükk hegység negatív anomáliáját alátámasztó mérési adatunk nincs, megszerkesztése hasonló vízföldtani viszonyokkal jellemzett területek analógiájára történt.

A Kisalföld és az Északi-középhegység termikus viszonyainak felvázolásánál nagyban támaszkodtunk a csatlakozó szlovákiai területekről rendelkezésünkre álló nagy mennyiségű adatra.

Hazánk határain túl, a szomszédos országok területére — ahol erre mód nyílt — szintén megszerkesztettük a hőmérsékleti izovonalakat. Ehhez Csehszlovákiából megbízható adatrendszer és pontos izovonalas térképet sikerült beszerezni [ČERMÁK 1968, LIZOŇ 1975, MARUŠIAK — LIŽON 1975, 1976, GREUTTER 1977, STEGENA et al. 1978—81]. Ezzel szemben Romániára és Jugoszláviára vonatkozóan csak egy-két kis léptékű, kevésbé pontos izoterma térkép állt rendelkezésünkre (ALI-MEHMED et al. 1976; KOLBAH 1978, TENU et al. 1981, VELICIU—DEMETRESCU 1979). A Szovjetunióból és Ausztriából néhány egyedi adat volt elérhető [LUBIMOVA et al. 1973, KUTASZ et al. 1970, 1975; BOLDIZSÁR 1968/b].

Az izovonalakat 10 °C-onként szerkesztettük. A legmagasabb hőmérsékletű izovonal a 90 °C-os, bár helyenként a becsült hőmérséklet a 100 °C-ot jóval meghaladja, ám az ilyen magas értékek megbízhatósága általában kétséges. Ezek ugyanis a legtöbb esetben sekélyebb mélységből extrapolált hőmérsékletek és általában kis területre lokalizált, felfelé irányuló vízmozgásokhoz kapcsolódnak. Az ilyen vízmozgások hőanomáliát okozó hatása 1000 m mélységben jóval kisebb (ha egyáltalán észlelhető), mint felszinközelen.

Az izovonalak szaggatottsága bizonytalanságot jelez ott, ahol a kevés rendelkezésre álló adat miatt, vagy más okból a hőmérsékleti anomáliák másfajta megszerkesztése is lehetséges lett volna.

Szaggatott vonallal 5 °C-os segéd izotermákat is szerkesztettünk, ahol ezt a nagyobb adatsűrűség lehetővé tette. Ennél kisebb lépésközű izovonalak szerkesztése a mérések $\pm 2,5$ °C-os abszolút hibája miatt értelmetlen feladat.

Hasonló elvek alapján, de kisebb léptékben készült a 2000 m mélységre vonatkozó izoterma térkép is (8. ábra). Ez lényegesen kevesebb adat alapján (az ország nagy területein teljesen hiányoznak a mély termikus adatok!) elnagyolt, de a sekélyebb anomáliaképhez hasonló hőmérséklet-elosztást tükröz.

Az adatrendszer statisztikus feldolgozása során a mélységet 250 m-es intervallumokra bontva, kiszámoltuk az egyes mélységközökre jellemző átlagos hőmérsékletet. Az átlagolás az intervallumok alsó határára extrapolált értékek között történt, a felszíni hőmérsékletet egységesen 11 °C -nak tekintve. A számítás eredményeit, az egyes részmedencék átlagos hőmérséklet—mélység függvényeit a *III. táblázat* foglalja össze.

A függvények 2250 m-ig egyenessel jól közelíthetők (*9. ábra*). 2500—3000 m alatt a szórás megnövekszik, a $T(z)$ függvény lefutása szeszélyessé válik. Ennek oka az adatok számának csökkenésén kívül az, hogy ebben a mélységben érvényesül jelentősebben a nagy hővezetőképességű aljzat morfológiai változásainak hatása.

Simább lefutású, logaritmikus jellegű az egész országra átlagolt $T(z)$ függvény (*10. ábra*).

A *11. ábra* szemlélteti a különböző nagyságú geotermikus gradiensek előfordulási gyakoriságát az adatrendszerben. Hasonló a *12. ábra* hisztogramja, ahol a 10×10 km-es négyzetekre átlagolt hőmérsékletek gyakoriságát tüntetjük fel.

A 250 m-es intervallumokra számolt gradiens értékek további átlagolásával több mélységközre meghatározható Magyarország átlagos geotermikus gradiense:

$$500\text{—}1500 \text{ m mélységben } G = 51,33 \text{ mK/m}$$

$$250\text{—}2250 \text{ m mélységben } G = 51,00 \text{ mK/m}$$

$$250\text{—}5500 \text{ m mélységben } G = 44,85 \text{ mK/m.}$$

Magyarországon az átlagos hőmérséklet 1000 m mélységben (az 1000 méteres hőmérsékleti izoterma térkép planimetrálása alapján):

$$T_{1000 \text{ m}} = 62,3 \pm 11,4 \text{ °C}$$

4. Hőáram meghatározások a Pannon-medencében

Ha vezető közegben két pont között hőmérsékletkülönbség van, akkor a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb irányába hőmennyiség áramlás indul meg hővezetés útján. A felületegységen időegység alatt átáramlott hőmennyiséget hőáramsűrűségnek vagy röviden hőáramnak nevezzük. A konduktív hőáramot a következő összefüggés adja meg:

$$\vec{q} = -|\lambda|\vec{G}$$

ahol:

\vec{q} = a hőáram vektor,

$|\lambda|$ = a hővezetőképesség tenzor, és

$$\vec{G} = \text{grad } T = \left\{ \frac{\partial T}{\partial x}; \frac{\partial T}{\partial y}; \frac{\partial T}{\partial z} \right\}.$$

Mivel a gradiens vektor függőleges (z irányú) komponense általában sokszorosán nagyobb a horizontális komponenseknél, a fenti összefüggés jelentősen egyszerűsíthető. Mindhárom mennyiség skalárként tekinthető, amelyek a hőáram, hővezetőképesség és hőmérsékleti gradiens függőleges irányú értékét adják meg. Amennyiben a földkéreg vizsgált szakasza h_i vastagságú és λ_i hővezetőképességű horizontális rétegekre osztható, akkor felírható:

$$q = \lambda_1 G_1 = \dots = \lambda_i G_i,$$

vagy

$$q = \frac{\Delta T}{\Delta \varrho},$$

ahol: ΔT = a rétegsor valamely szakaszának két végpontja közötti hőmérsékletkülönbség, és $\Delta \varrho = \sum h_i / \lambda_i$ az ugyanazon mélységszakaszra vonatkozó hőellenállás.

A kifejezés a következő alakra hozható:

$$q = \frac{\Delta T}{\sum h_i} \frac{\sum h_i}{\sum h_i / \lambda_i} = \tilde{G} \cdot \tilde{\lambda},$$

ahol: $\tilde{G} = \frac{\Delta T}{\sum h_i}$ az átlagos hőmérsékleti gradiens, $\tilde{\lambda} = \frac{\sum h_i}{\sum h_i / \lambda_i}$, a közepes hővezetőképesség (harmonikus közép). Ezek a képletek a földi hőáram meghatározásának alapösszefüggései.

A hőáram meghatározása általában úgy történik, hogy valamely mélyfúrásban meghatározzuk a hőmérséklet — mélység menetét és magmintákon megmérjük a hővezetőképességet. A hőmérséklet mérésének, illetve a geotermikus gradiens meghatározásának lehetőségeit részletesen vizsgáltuk. A következő fejezetben a hővezetőképesség meghatározásának módszereit és eredményeit foglaljuk össze.

4.1. Hővezetőképesség mérések

Közetek hővezetőképességének mérésére régebben legelterjedtebben az osztott-rudas (divided bar) berendezést használták. [BECK 1957]. Ez kemény közetek hővezetőképességének meghatározására jól alkalmazható és kellő gondosság mellett 5—10%-os pontosságot adhat. Hátránya, hogy a kőzetből pontos méretű hengeroszatot kell készíteni és a mérés 6—8 órát vesz igénybe. Közethengerek laza üledékekből alig készíthetők, így hővezetőképességük ezzel a berendezéssel nem határozható meg. Agyagok és márgák vizes állapotban való mérésére sem alkalmas, mert a hosszú mérési idő alatt ezekben a kőzetekben szerkezeti változások mennek végbe. A berendezés azonban nem veszítette el jelentőségét, mert a kellő mérési pontosság miatt más műszerek hitelesítésére szolgáló etalon minták hővezetőképességének mérésére továbbra is használják.

Kevésbé elterjedt volt a hasonló elven működő forráshő berendezés [SCHRÖDER 1963]. Ma már egyáltalán nem használják, mert szintén hosszadalmas közetlőkészítést igényel és mérési pontossága kisebb.

Az utóbbi időben kezdték alkalmazni a vonalforrás elméletén alapuló ún. DLS (differentiated line source) berendezést [CULL 1974]. Ezzel a módszerrel tetszőleges szilárd, porított vagy képlékeny anyagok hővezetőképessége mérhető, száraz vagy fluidummal telített állapotban. A Központi Földtani Hivatal és a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával ilyen berendezés készült az ELTE Geofizikai Tanszékének geotermikus laboratóriumában 1977—79 folyamán. A berendezés működési elve a 13. ábrán látható. Vonalszerű hőforrást és pontszerű hőérzékelőt ágyazunk a mérendő közegbe. Ezt célszerűen a közet két egyenlő darabra való vágásával lehet megoldani (13/a. ábra). A hőforrás elektromos fűtőszál, amelyre valamely időpontban fűtőáramot kapcsolunk, és mérjük a hőmérséklet-emelkedési függvényt (13/b. és c. ábra), melynek idő szerinti deriváltja a 13/d. ábrán látható görbe lesz. A derivált függvény maximumához tartozó értékek (t_m és M) segítségével a közeg hővezetőképessége és hődiffuzivitása egyszerűen számítható. A mérési módszer előnye, hogy a közetlőkészítés viszonylag egyszerű és a mérési idő 1—2 perc. Ez azért is fontos, mert a vízzel telített agyagos minták ilyen rövid idő alatt nem szenvednek szerkezeti változást.

Műszerünket 11 db etalon mintán hitelesítettük, amelyek lefedik a számbajelölhető közetek teljes hővezetőképesség-tartományát (0,3—7 W/Km). Az etalonok segítségével berendezésünket összemértük a zürichi ETH Geofizikai Tanszékének hiteles műszerével is. Mindezek alapján a műszerünkkel végzett hővezetőképesség-meghatározások relatív hibája kisebbnek adódott, mint $\pm 15\%$. A berendezés a gyakorlatban jól bevált. Az utóbbi évek során több ezer mérést végeztünk laza homokokon és talajokon valamint magmintákon. Hővezetőképességeket határoztunk meg három hazai mélyfúrásban (VII., X. és XIII. táblázat) és a Vízkutató és Fúró Vállalat megbízásából nyolc szlovákiai mélyfúrásban (XV. táblázat).

A hőáram meghatározások hitelességét nagy mértékben ronthatja az, hogy a hővezetőképességeket nem *in situ*, hanem laboratóriumi körülmények között mérik. Lényeges különbségek a hőmérsékletben, a nyomásban és a fluidum (leggyakrabban víz) tartalomban lehetnek.

A hővezetőképesség a hőmérséklettel általában csökken [KAPPELMAYER — HAENEL 1974]. Pontosabb függvénykapcsolatot meghatározni a két mennyiség között laza üledékekre nehéz, bár történt rá kísérlet [KUTASZ in CSEREMENSKIJ 1977].

Nyomás hatására a változás valamivel kisebb, előjele bizonytalan [KAPPELMAYER — HAENEL 1974], egyes szerzők szerint körülbelül kompenzálja a hőmérsékleti hatást.

Összességében megállapítható, hogy a hőmérséklet és nyomás eltérése a mélységi környezetben uralkodó viszonyoktól a magminták többsége esetén (melyek általában 0—2000 m mélységben vettek) nem okoz nagyobb hővezetőképesség változást, mint a becsült mérési hiba.

A víztartalom változása sokkal jelentősebb hővezetőképesség eltéréseket okozhat. Laza, porózus kőzetek hővezetőképessége a száraz és a vízzel telített állapot között akár 100%-ot is változhat [HORVÁTH et al. 1977, ERKI et al. 1977]. Az általánosan elfogadott gyakorlat szerint a mintákat mérés előtt vízzel telítik, ám ez a módszer osztott rudas műszer használata esetén sok mállékony magmintánál nem volt megvalósítható.

Laza üledékek esetén az az ideális, ha a levegőtől elszigetelt fúrómag minél előbb a laboratóriumba kerül és nincs szükség vízvesztésének utólagos pótlására. A kiszáradt agyagos-márgás mag újravizezés után mért hővezetőképessége ugyanis eltérhet a tényleges (in situ) értéktől. Ez a körülmény általában pontatlanabbá teszi a pelites üledékek hővezetőképességének meghatározását még a legkorszerűbb mérés technika (DLS berendezés) alkalmazása esetén is.

A pannon-medencét feltöltő, neogén üledékek, és a medencealjazatot alkotó kőzetek jellemző átlagos hővezetőképességének meghatározása céljából statisztikusan feldolgoztuk a rendelkezésre álló mérési adatokat. A pre-neogén kőzeteknél figyelembe vettük minden szerző eredményét, akik Magyarországon hőáramot határoztak meg (részletesen lásd a 4.2. fejezetben). A különböző korú és fajtájú kőzetekre vonatkozó átlagos hővezetőképességeket ($\bar{\lambda}$) és ezek szórását (σ) a IV. táblázat adja.

Tekintettel az agyagos kőzetek hővezetőképességének meghatározásával kapcsolatos korábbi problémákra, a neogén üledékek statisztikus feldolgozása során csak saját méréseinket használtuk fel. 96 db pelites (agyag, márga és aleurolit) és 61 db pszammitos (homok és homokkő) mintán mért hővezetőképesség állt rendelkezésünkre, amelyek kora kvarter és bádeni (középső miocén) között változott. Ezek a kőzetek képződésükkor laza, 50—70% vizet tartalmazó üledékek voltak, amelyek hővezetőképessége a kőzetté válás során növekedett (a kőzetmatrix mindig jobb vezető, mint a víz), így a hézagterefogat csökkenése a hővezetőképesség javulását eredményezi. A hővezetőképesség függ a kőzettani összetételtől is, hiszen a különböző ásványos elegyrészek eltérő hővezetők. Domináns szerepe a kvarcnak van, kiugróan magas hővezetőképessége miatt. Neogén mérési eredményeinkből (14. ábra) kitűnik, hogy a pszammitok hővezetőképessége általában magasabb, mint a peliteké és mindkettő a mélységgel növekvő tendenciát mutat. Világosabban látszik ugyanez a 200 méteres mélység szakaszokra közepelt értékekből, és a hozzájuk illesztett kiegyenlítő egyenesekből, amelyek jellemző adatait az V. táblázat foglalja össze. Hasonló összefüggéseket kapott agyagos-homokos kőzetek hővezetőképességét vizsgálva BUNTEBARTH [1978], PLEWA [1976], HURTIG—SCHLOSSER [1976].

Bár az adatok szórása elég nagy, a kiegyenlítő egyenesek jól jellemzik az átlagos viszonyokat. Ezt a következő számolás is alátámasztja. Ismerve a hővezetőképesség—mélység menetet, valamely átlagos hőáramot feltételezve, számítható a hőmérséklet mélységgel való változása. A vonatkozó differenciálegyenlet az alábbi:

$$\frac{dT}{dz} = \frac{q}{\lambda(z)} \text{ ahol } \lambda(z) = az + b.$$

Ennek megoldása $T(z = 0) = T_0$ határfeltétel mellett:

$$T(z) = \frac{q}{a} \ln\left(\frac{a}{b}z + 1\right) + T_0$$

A számolást a következő adatokkal végeztük:

1) a Pannon-medence átlagos hőárama jó közelítéssel

$$q \approx 90 \text{ mW/m}^2; \quad \text{és} \quad T_0 = 11^\circ\text{C};$$

2) egy „átlagos” üledékoszlop 2:1 arányban kevert agyagból és homokból áll, vagyis

$$\lambda(z) = \frac{1}{3} \left[2\lambda_{\text{pelit}}(z) + \lambda_{\text{pszammit}}(z) \right].$$

Az így kapott $T(z)$ függvényt szaggatott vonallal tüntettük fel a 10. ábrán. Látható, hogy a származtatott hőmérséklet—mélység függvény jól egyezik a mért értékek átlagaival, bizonyítván az V. táblázat összefüggéseinek realitását. Megjegyzendő azonban, hogy a hővezetőképesség—mélység kapcsolat lineáris közelítése legfeljebb 4 km-ig érvényes. Ez alatt a neogén üledékek általában már nem tömörödnek tovább, és emiatt hővezetőképesség növekedés sem lép fel.

A IV. és V. táblázat alapján a következő általános megjegyzések tehetők. Vulkanai kőzetek — különösen a tufák és agglomerátumok — viszonylag kis hővezetőképességűek. A mezozoos karbonátos kőzetek közül a dolomitok feltűnően jobb hővezetők mint a mészkövek. A triász és jura pelitek közel azonos hővezetőképességűek ($\sim 2,8 \text{ W/Km}$). A permi homokkővekre vonatkozó néhány mérési adat azt mutatja, hogy vezetőképességük rosszabb, mint a jura, vagy a nagy mélységű neogén homokkővéké. A paleozoos aljzat (és legtöbbször a mezozoos is) jó hővezető, ezért a neogén üledékes összlet talpán (a mélységtől is függően) 1,3—2,0-szeres hővezetőképesség növekedés és emiatt hasonló gradienscsökkenés várható.

4.2. Hazai hőáram meghatározások

Magyarországon 1956-tól napjainkig (1982 végéig) 14 hőáram meghatározás történt a szokásos mérési módszerrel (hőmérséklet és hővezetőképesség mérések). Ezek legfontosabb adatait a VI. táblázatban foglaltuk össze.

A Mecsek területéről négy hőáram adat ismert. Az első hazai mérést a komlói Zobák-aknában végezte 1956-ban BOLDIZSÁR T. Az eredményeket később újabb adatokkal javították [BOLDIZSÁR—GÓZON 1963]. Az aknák falából vett minták hővezetőképességét osztott-rudas berendezéssel határozták meg, a hőmérsékleteket pedig a falba mélyített 1—1,5 m-es lyukak talpán mérték. A mérések megbízható eredményt adtak. Hasonló módszerrel és megbízhatósággal határozták meg a hőáramot a hosszúhetényi bányában is [BOLDIZSÁR 1964]. A további két mecseki hőáram adat a permi antiklinális területéről származik. BOLDIZSÁR T. [1967/a] a Bakonya közelében mélyített mintegy

1200 m mély fúrásban határozta meg a hőáramot. Mivel a hőmérséklet csak rövid szakaszon volt ismert és kevés magminta állt rendelkezésre, a hőáram adat relatív hibája nagyobb az átlagosnál (15—25%). Kővágótötös közelében a MePe—19 jelű érckutató fúrásban SALÁT P. [1967] határozott meg hőáramot. A hőmérséklet és hővezetőképesség méréseket nagy körültekintéssel és maximális pontosságra való törekvéssel hajtották végre. A kapott érték igen pontos és — összhangban a másik három értékkel — bizonyítja a Mecsek magas hőáramát.

A Magyar-középhegység vonulatában végzett hőáram meghatározásokat a közös nehézségek kapcsolják össze. Ezek kétrétűek. Egyrészt a karbonátos összlet feletti neogén üledékek hővezetőképességét nehéz jól megmérni a hagyományos osztott-rudas berendezéssel. Másrészt a karbonátos aljzatban kialakuló regionális vízmozgások torzíthatják a konduktív hőteret. Mindkét nehézség világosan jelentkezik BOLDIZSÁR T. [1959] nagylengyeli mérésében. A neogén üledékes minták nagy részének hővezetőképességét száraz kőzeten határozták meg, csak néhány erősen homokos magmintán lehetett vizes állapotban mérni. A természetes, vízzel telített állapotra vonatkozó hővezetőképességeket bizonyos elvi megfontolások alapján számították. Ilyen korrekciós eljárások megbízhatósága azonban nehezen ellenőrizhető és valószínűleg pontatlan eredményre vezet. Ugyanezen problémák miatt a szentendrei hőáram érték is nagyobb hibával terhelt. Többen vitatták a nagylengyeli hőmérsékleti adatokat is. STEGENA L. [1963] felhívta a figyelmet arra, hogy a nagylengyeli területen a hőmérséklet értékek gyorsan változnak. Valóban, keletről nyugatra haladva Csatár és Szilvagy között az átlagos hőmérsékleti gradiens 32 mK/m-ről 60 mK/m-re növekszik. Ez minden bizonnyal a mezozoos aljzatban kialakult vízáramlási rendszer következménye [DUBAY 1963]. Az említett bizonytalanságok miatt további mérések nélkül nem lehetett megítélni, hogy a kapott viszonylag magas nagylengyeli hőáram érték mennyire jellemző nagyobb területre. A vitatott helytől mintegy 20 km-re délnyugatra, a Bárszentmihályfa—I mélyfúrásban hőáramot határoztunk meg. Ez a terület is a Dunántúli-középhegység fedett folytatásához tartozik, de a mély mezozoos összletet jelentős vízmozgás nem zavarja. Az itt kapott hőáram hibahatáron belül egyezik a nagylengyeli értékkel. A Dunántúli-középhegység magas konduktív hőáramát egy újabb hőáram meghatározás (Vál—3) is alátámasztotta. E két mérést, valamint a Dunántúli-középhegység regionális vízáramlási modelljét és annak geotermikus következményeit részletesen ismertetjük a későbbiekben.

Hőáram meghatározás történt egy népligeti (Budapest) mélyfúrásban is. A kapott alacsony érték azonban rossz hőmérsékleti adatok miatt valószínűleg durva hibát tartalmaz. SALÁT P. (személyes közlés) hővezetőképesség-méréseket végzett a két recski mélyfúrásból származó magmintákon. GREUTTER A. [1977/a] hőáramot határozott meg egy Edelény környéki mélyfúrásban. Száraz mintákon mért hővezetőképességet Schröder-féle forráshő berendezéssel és ezeket átszámította vízzel telített állapotra. Az átszámítás bizonytalansága ismét növeli a kapott hőáram hibáját.

A neogén üledékek hővezetőképességének mérési nehézségei miatt kevés adat áll rendelkezésre a hazai *medenceületekről*. BOLDIZSÁR T. [1966] hajdúszoboszlói és kabai meghatározása mellett csak a Sándorfalva—I mélyfúrásban történt újabban kísérlet hőáram mérésére, amelynek során először alkalmaztuk a laza és vízzel telített üledékek hővezetőképességének megmérésére is alkalmas új hővezetőképesség-mérő műszert. A továbbiakban ismertetjük eddig nem publikált hőáram meghatározásainkat.

Sándorfalva—I (S—I). A makói árok nyugati peremén elhelyezkedő mélyfúrás a kvarter és a neogén összlet harántolása után 3809 méterben érte el a medencealjzatot, amelyben néhány méter vastag triász homokkővet, majd ópaleozoos gneiszt harántolt (15. ábra). A viszonylag vastag kvarter és pannoniai összlet zömében homokból, homokkőből, homokos agyagból, agyagból illetve agyagmárgából áll. Ez alatt, 3686—3728 m között, vulkáni agglomerátum, majd bádéni üledékek találhatók. 22 pannoniai, 2 bádéni és a medencealjzattól 3 magminta állt rendelkezésünkre hővezetőképesség-mérések céljára. Minden minta hővezetőképességét szobahőmérsékleten, vízzel telített állapotban mértük meg.

A kapott eredmények (VII. táblázat és 15. ábra) jól példázzák azokat a nehézségeket, amelyekkel egy fiatal üledékekkel feltöltött medencében végzendő hőáram mérések során találkozunk. A hővezetőképességek eléggé szeszélyesen változnak. Az agyagok, márgák, aleurolitok határozottan rosszabb vezetők, mint a homokok és homokkővek, tehát a hővezetőképesség—mélység függvény szeszélyes menete elsősorban a kőzetminőség gyors változásának az eredménye. Az üledékes oszlop átlagos hővezetőképességének vagy hőellenállásának megbízható meghatározásához ezért figyelembe kell venni a részletes litológiát. Az S—I mélyfúrásban a rétegsort — karotázis szelvények alapján — tiszta homokkő, agyagmárga és vegyes kifejlődésű (homokos agyag, agyagos homok, aleurolitos homokkő, stb.) szakaszokra osztottuk fel. (Megjegyzendő, hogy az S—I mélyfúrás jellegzetessége a tisztán homokos és vegyes kifejlődésű szakaszok túlsúlya.) A VII. táblázat szerint a 8 db pannoniai homokkő hővezetőképességének átlagára 3,45 W/Km számítható. Ugyancsak 8 minta alapján az agyagok és márgák átlagos hővezetőképessége 2,34 W/Km, míg 7 minta alapján a vegyes kifejlődésű (aleurolitos) szakaszokra 2,59 W/Km adódik. E két utóbbi érték eltérése jelentéktelen, ezért hővezetőképesség szempontjából összevontan kezelhetők. Együttes (súlyozott) átlagos hővezetőképességük: 2,45 W/Km. Az 500—3686 m közötti üledékes kőzetoszlop hőellenállásának és átlagos hővezetőképességének számításához szükséges adatokat a VIII. táblázat tartalmazza.

Eszerint az átlagos hővezetőképesség:

$$\tilde{\lambda}_{500-3686\text{ m}} = \frac{3186}{1192,1} = 2,67 \text{ W/Km}$$

Az S—I mélyfúrás egyensúlyi hőmérsékleti viszonyainak meghatározásához csak talphőmérsékletek álltak rendelkezésre, melyeket a korábban ismertetett

BULLARD ill. DAHNOV—DJAKONOV féle módszerrel korrigáltuk, és így becsültük a zavartalan közethőmérsékleteket (*IX. táblázat*). A 15. ábrán látható, hogy a felszíni 12 °C-ot a végleges talpon (4015 m) becsült 182 °C-kal összekötő egyenes a rendelkezésre álló kevés adatot jól közelíti. Ezt elfogadva, az átlagos geotermikus gradiens:

$$\tilde{G} = \frac{170}{4015} = 42,34 \text{ mK/m.}$$

A földi hőáramsűrűség pedig:

$$q = 2,67 \cdot 42,34 \approx 113 \text{ mW/m}^2 \approx 2,7 \text{ HFU.}$$

Ezen érték becsült relatív hibája 20—25%.

Bárszentmihályfa—I (Bm—I). A mélyfúrás a zalai medencében helyezkedik el, és 3070 m-ben érte el a neogén medencealjzatot, amelyben még 5075 méterig haladt. Az átfúrt mezozoos összlet érdekessége, hogy vastag triász dolomit alatt tektonikus kontaktussal jura (liász) mészkő következik (*16. ábra*). Mivel a magminták zöme a mezozoos összletből származott, ezt a szakaszt használtuk fel a hőáram meghatározására. A hővezetőképesség méréseket szobahőmérsékleten, vízzel telített mintákon végeztük el. A mérési eredmények a *X. táblázatban* és a 16. ábrán láthatók. Megállapítható, hogy a triász dolomit sokkal jobb vezető, mint a jura mészkő (átlaguk 4,74 W/Km ill. 3,03 W/Km) valamint, hogy mindkét esetben használhatjuk az átlagértéket az adott szakasz hővezetőképességének jellemzésére.

A zavartalan hőmérsékleti értékeket az előző esethez hasonlóan, ismét a nem-egyensúlyi talphőmérsékleti adatok alapján becsültük (*XI. táblázat*). A számítási eredmények, valamint az elfogadott hőmérséklet—mélység menet a 16. ábrán látható. Megnyugtató, hogy a jólvezető triász szakaszon kisebb a hőmérsékleti gradiens, mint a rosszabb vezetőképeségű jura szakaszon.

A számítások szerint mindkét szakaszra, jól egyezően 120 mW/m² hőáram adódik. Ez azonban gyanúsán magas érték, feltehetőleg azért, mert a karbonátos kőzetek hővezetőképessége erősen függ a hőmérséklettől. A *17. ábrán* irodalmi adatok alapján [KAPPELMEYER — HAENEL 1974] bemutatunk két görbét, amelyek a mi mintáinkkal jól egyező hővezetőképességű dolomit és mészkő minták hővezetőképességének hőmérsékletfüggését írják le. Ezeket a görbéket használtuk fel arra, hogy a szobahőmérsékleten (20 °C) mért adatokat átszámítsuk a Bm—I mélyfúrás alsó szakaszán uralkodó tényleges hőmérsékleti viszonyokra. A számítás menete a 17. ábrán, végeredménye a *XII. táblázatban* látható (λ^* a hőmérsékletre korrigált hővezetőképességet jelenti.) Korrekció után a Bártszentmihályfa—I mélyfúrás hőárama:

$$q = 92 \text{ mW/m}^2 \approx 2.2 \text{ HFU.}$$

A becsült hiba $\pm 20\%$. A hőáram meghatározás során figyelembe vett 2784—4937 m közötti szakasz átlagos hőmérsékleti gradiense $G = 31,1 \text{ mK/m}$, míg a közepes (korrigált) hővezetőképesség 2,96 W/Km. Hidrogeológiai vizsgálatok szerint a területen nincs jelentős mélybeli vízáramlás, ezért a kapott eredmény jellemző konduktív hőáram.

Vál—3. A Tabajd környéki triász kibúvások közvetlen szomszédságában, a Dunántúli-középhegység egy tektonikusan zavart zónájában mélyítették a Vál—3 fúrást. Vékony pannon üledékes rétegsor után felső eocén vulkáni összlet, majd alsó triász (kampili) dolomit és alárendelten mészkő következik, amelynek alsó részén egy erősen tektonizált zóna húzódik. Ezután szeizi réteget és tengeri kifejlődésű perm összletet harántolva diabázban állt meg a fúrás (18. ábra). 14 magmintán végeztünk hővezetőképesség mérést. Az eredmények azt mutatják (18. ábra és XIII. táblázat), hogy a kampili összlet hővezetőképesség szempontjából inhomogén, míg a szeizi összlet alig változó értékeket ad. Az egyes litológiai egységeket az ábrán látható módon átlagos hővezetőképességükkel jellemeztük.

Közel fél évvel a fúrás befejezése után az ELGI pontos hőmérsékleti szelvényezést végzett a fúrásban, amelynek eredményét szintén feltüntettük a 18. ábrán (SZONGOTH G. pers. comm.). Jól látható, hogy a hőmérsékleti gradiens a hővezetőképesség változásának megfelelően változik. A XIV. táblázat a különböző mélységszakaszok geotermikus paramétereit foglalja össze, és megadja az ezekre számolt hőáramokat is. Az egyes hőáramok kiváló egyezése azt bizonyítja, hogy a fúrást helyi konvektív hőszállítás nem zavarja. A Vál—3 mélyfúrás legvalószínűbb hőáramát az egyes intervallumok hőáramának súlyozott átlagaként számíthatjuk:

$$q = 108 \text{ mW/m}^2 \approx 2.6 \text{ HFU}.$$

A nagy pontosságú egyensúlyi hőmérsékleti szelvény, valamint a megbízható hővezetőképesség meghatározás eredményeként ez a hőáram adat pontosabb mint a korábbiak, hibája 10—15% között van. A hőáram meghatározás során figyelembe vett 105—748 m közötti szakasz közepes hővezetőképessége $\bar{\lambda} = 2,79 \text{ W/Km}$, míg az átlagos gradiens $\bar{G} = 38,7 \text{ mK/m}$.

4.3. A Pannon-medence hőáram térképe

Valamely területegység jelenlegi hőállapotáról, tektonikai fejlődéséről és az ehhez kapcsolódó nyersanyagképződésről fontos információt szolgáltat a földi hőáram értéke és területi változása. A Pannon-medence hőáram térképének megszerkesztésekor (3. melléklet) szembetalálkozunk azzal a nehézséggel, hogy bár a mérések száma elég nagy, területi eloszlásuk nagyon egyenetlen. A térkép-szerkesztés során figyelembe vett, Magyarországon kívüli hőáram adatokat a XV. táblázatban foglaltuk össze. A felsorolt hőáram értékek hibája 15-25% körüli. (A különböző országok mérési eredményeiről részletesebb információt a ČERMÁK és RYBACH szerkesztésében megjelent „Terrestrial heat flow in Europe” c. kötet tartalmazza).

A táblázatból kitűnik, hogy mindeddig nem történt hőáram meghatározás Ausztriában és Jugoszláviában. Nincs hőáram adatunk a Kisalföld magyarországi részéről és a Nagyalföldön is csak öt megbízható (három magyar és két román) hőáram mérés történt. Ezzel szemben a Kisalföld szlovákiai része, a Bécsi-medence és Kárpátalja hőárama jól ismert.

A nehézségeket megkerülendő a hazai „fehér foltokra” hőáram becsléseket végeztünk olyan fúrásokban vagy fúrás csoportokban, amelyekben megbízható hőmérséklet mérések történtek, és mélyfúrási geofizikai szelvények, valamint magmintavételek alapján rétegsoruk ismert volt. A következőképpen jártunk el. A neogén üledékeket jellegzetes litológiai egységekre bontottuk, és az egységen belül megbecsültük a pelit/pszammit arányt. Ennek megfelelően, az V. táblázatban lévő összefüggések alapján számoltuk az egység hővezetőképességét, majd a teljes rétegsor hőellenállását. Néhány esetben pontosabb bontásra nem lévén mód, az egész fúrást egy átlagos pelit/pszammit aránnyal jellemeztük. A neogénnél idősebb kőzetek hővezetőképességére a VI. táblázatban megadott átlagértékeket használtuk. Paleogén mintákra közvetlen mérésünk nem lévén, a mezozoos pelitekre kapott értékeket fogadtuk el. A „becsült hőáramok” hibája pontosan nem adható meg, annyi azonban bizonyos, hogy nem sokkal nagyobb, mint a hővezetőképességek alapján történő hőáram meghatározásoké. Az így nyert adatokat a hőáram térkép szerkesztése során a fúrást magában foglaló 10×10 km-es TIEDIT négyzetekre vonatkoztattuk, és ha egy négyzet területére több becslést is végeztünk, számtani közepüket képeztük. Három romániai hőárambecslést is figyelembe vettünk [PARASCHIV—CRISTIAN 1973].

Az izovonalas hőáramsűrűség térképet elsősorban a mért, másodsorban a becsült, harmadsorban az 1000 m mélységű hőmérsékleti térkép alapján szerkesztettük. A szerkesztési elvek hasonlóak voltak az izoterma térképnél követettekhez. Az izovonalak lépésköze 10 mW/m^2 , 40 és 100 mW/m^2 között. A térkép szokásos hőáram térkép, amely a felszínközeli hőáram eloszlására jellemző. Tükrözi tehát a regionális kiterjedésű konvektív hőzavarokat, és tartalmazza mindazon konduktív eredetű hatást, amely a tényleges földtani felépítésnek a horizontálisan rétegzett modelltől való eltéréséből származik (pl. topográfia, medencealjzat-morfológia).

5. A geotermikus adatok értelmezése

A földkéreg hőállapotát alapvetően két tényező határozza meg: a köpenyből érkező hőáram és a kéreg radioaktív hőtermelése.

A Pannon-medence magas átlag-hőárama a vékony litoszféra eredményeképpen megnövekedett köpenyhőáram következménye, ám a felszínközeli hőmérsékleti ill. hőáramteret sok másodlagos hatás is befolyásolhatja:

a) *Topográfia.* Az általunk vizsgált területek nagy része síkság, kisebb része középhegység, meredek topográfiai változások nélkül. A szintkülönbségek hatása a mélységi hőmérsékletekre kisebb mint 10%, ha a hőmérsékletmérés mélysége nagyobb mint 0,3-szorosa a magasságváltozásoknak [ENGLAND 1979], így esetünkben elhanyagolható.

b) *Paleoklimatikus hatás.* A pleisztocén glaciálisok és interglaciálisok együttes hatása (amely jóval nagyobb minden korábbi klimatikus effektusénál) max. 5—8%-ra becsülhető a 300 m-nél nagyobb mélységben mért hőáram értékeknél [ČERMÁK 1976], így ez a hatás is alatta marad a becsült mérési hibának.

c) *Mechanikus energia hővé alakulása.* A sekély fészke kéregrengések energiája és a horizontális geotermikus gradiens nagysága között szoros kapcsolat van [STEGENA 1976, 1982]. A rengésekben felszabaduló energia sűrűsége azonban nagyságrendekkel alatta marad a hőáramsűrűség-anomáliákénak, így legfeljebb hőanomália okozta rengéseket feltételezhetünk, de a fordított oksági kapcsolat valószínűtlen.

d) *Kémiai reakciók és fiziko-kémiai folyamatok* az üledékekben és a kéregben (pl. oldódás, kompakció, fázisátmenetek). Alárendelt jelentőségűek, legfeljebb egy-két kis amplitúdójú lokális anomália okozói [RYBACH 1981].

e) *Vulkanizmus.* Vizsgált területünkön (a Keleti-Kárpátokat tehát nem számítva) az intenzív vulkáni tevékenység a felső miocénban befejeződött. A felszínre került forró magma az eltelt 10 millió év alatt az atmoszféra felé teljes egészében leadta a hőjét, még akkor is, ha időközben üledékek fedték be.

Szubvulkáni tömegek tovább tartják geotermikus potenciáljukat, ám ~ 1 millió év alatt még egy igen nagy, 10^3 km^3 térfogatú intrúzió is lehül (19. ábra, SMITH és SHAW nyomán RYBACH 1981). A mágneses anomália térképek és a hatószámítások eredményei alapján a Pannon-medencében nem feltételezhetők ekkora, vagy nagyobb szubvulkáni testek, és a mágneses anomáliák általában nem mutatnak korrelációt a hőmérsékleti anomáliákkal.

Mindezek ellenére a vizsgált terület egyes részein, főleg ÉK-en, a legfiatalabb vulkáni működés színhelyén nem kizárt posztvulkáni hatások érvényesülése a hőmérsékleti viszonyokban, amint ezt RUDINEC, R. [1978] feltételezi a Kárpátaljai-süllyedékre.

f) *Hővezetőképesség inhomogenitások.* Üledékes medencéink közel vízszintes településű rétegeinek átlagos hővezetőképessége horizontális irányban lassan és keveset, vertikális irányban közel folytonosan, és inkább a mélységgel mint a geológiai korról arányosan változik. Mindez a horizontális hőmérséklet és hőáram eloszlást jelentősen nem befolyásolja. Lényeges hővezetőképesség kontraszt mutatkozik a kristályos vagy karbonátos medencealjzat és a homokos—agyagos fiatal üledékek határán. Ismerve a Pannon-medence aljzatának változatos domborzatát, szoros korreláció várható az alaphegység reliefje és a hőáram ill. az üledékekben mérhető hőmérsékletek között oly módon, hogy kiemelkedett helyzetű aljzat fölött magas; árkok, süllyedékek fölött pedig alacsony hőmérséklet tapasztalható (a jól vezető aljzat kiemelkedései mintegy „magukba szívják a hőáramvonalakat”). Modellszámításokkal alátámasztott kiváló példát mutat e hatásra MAJER, E. L. [1978] Kaliforniából (Grass Valley), ahol az aljzat domborzatának változása 100 mW/m^2 -es hőáram anomáliát okoz.

A neogén üledékek aljzatának mélysége [HORVÁTH—ROYDEN 1981] és az 1000 m mélységre vonatkozó hőmérsékletek között a korreláció számítását elvégezve meglepően alacsony eredmény adódott ($R = -0,26$, mindazon területek értelemeszerű elhagyásával, ahol a medence mélysége kisebb, mint 1 km). Meggyőzőbb érv a korreláció megléte mellett a 20. ábra, melynek izovonalait úgy szerkesztettük, hogy három (30×30 , 50×50 és 70×70 km-es) mozgó négyzet területére számolt korrelációs együttható átlagát mindig az aktuális középpontra vonatkoztattuk. A térkép alapján megállapítható, hogy a hőmér-

sékletek az aljzat domborzatát a mélyebb medenceterületeken többé-kevésbé jól követik (kisebb aljzattmélység—magasabb hőmérséklet értelemben), ám az is látszik, hogy más, hasonlóan jelentős hatások is befolyásolják a regionális geotermikus tér kialakulását. Meg kell jegyeznünk, hogy a korreláció számítás során több bizonytalansági faktor is ronthatja az eredményt.

g) *Az üledékképződés hűtő hatása.* Nagy mélységű, gyorsan süllyedő medencékben nagy vastagságban leülepedő hideg üledékek csökkentik e területek hőáramát, és jelentős horizontális hőmérsékleti inhomogenitásokat is okozhatnak az üledékvastagság-változás függvényében, erősítve az előző pontban tárgyalt hatást.

Az úgynevezett üledékképződési korrekció számítására kétféle analitikus képlet is használható:

$$G^* = a + \frac{a}{2} \left[e^{\frac{vt}{\lambda_1}} \left(\operatorname{erfc} \frac{z+vt}{2(\kappa t)^{1/2}} - \frac{2vt}{(\kappa t)^{1/2}} \operatorname{ierfc} \frac{z+vt}{2(\kappa t)^{1/2}} \right) - \operatorname{erfc} \frac{z-vt}{2(\kappa t)^{1/2}} \right] \quad (1)$$

[CARSLAW—JAEGER 1959],

$$G^* = \frac{a \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left[\frac{b}{2\kappa_2^{1/2}} \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2(\kappa_2 t)^{1/2}} \right) + \operatorname{ierfc} \frac{b}{2\kappa_2^{1/2}} + \frac{b}{2\kappa_2^{1/2}} \right]}{\left[\operatorname{ierfc} \left(\frac{b}{2\kappa_2^{1/2}} \right) + \frac{b}{2\kappa_2^{1/2}} \left(1 + \frac{\lambda_1 \kappa_2^{1/2}}{\lambda_2 \kappa_1^{1/2}} \right) \right]} \quad (2)$$

[CSEREMENSKIJ 1977],

ahol: G^* az üledékekben z m mélységben, az üledékképződés kezdete után t évvel mérhető geotermikus gradiens; v = konstans, az üledékképződés sebessége m/év egységben; b a második esetben az aljzat süllyedését leíró $f(t) = b t$ függvény állandója; λ_1 az aljzat, λ_2 az üledék hővezetőképessége; κ_1 az aljzat, κ_2 az üledék hőmérséklet-vezetőképessége; a az üledékképződés előtti geotermikus gradiens; $\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-y^2} dy$; $\operatorname{erfc} x = 1 - \operatorname{erf} x$;

$$\operatorname{ierfc} x = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2} - x \operatorname{erfc} x.$$

Az első összefüggés időben lineáris üledékképződést és homogén közeget feltételez (ezért κ_1 és κ_2 helyett csak κ szerepel), míg a második az idő négyzetgyökével arányosnak tekinti a süllyedést és külön anyagi állandókkal jellemezhető az üledékek és az aljzat.

E képletek alapján készült táblázatokból [STEGENA—DÖVÉNYI 1982] becsülhető az üledékek hűtő hatása. Két, Pannon-medencére jellemző adattal végzett becslés eredménye a következő:

1. Az üledékképződés időtartama: 15 millió év (a badenitől folyamatosan).
A keletkezett üledék vastagsága: 5 km.

A geotermikus gradiens jelenlegi értékének eltérése a végleges (egyensúlyi) állapothoz képest

1000 m mélységben: -25%

5000 m mélységben: -20%

2. Az üledékképződés időtartama: 10 millió év (az alsó pannontól folyamatosan).

A keletkezett üledék vastagsága: 2 km.

A geotermikus gradiens eltérése

1000 m mélységben: -14%

2000 m mélységben: -12%

h) A felszín alatti vízmozgások hatása. Ez a legjelentősebb felszínközeli tényező, amely nagy amplitúdójú lokális- és esetenként regionális termikus anomáliákat okozhat. A Pannon-medence hőmérsékleti terét ha alapvetően nem is, de nagymértékben befolyásolja, ezért a következő fejezetben részletesen foglalkozunk vele.

5.1. A geotermika és a felszín alatti vizek áramlásának kapcsolata

A Föld mélyéből származó földi hőáram és a kőzetek hővezetőképessége által meghatározott konduktív hőteret a földkéregben végbemenő transzportfolyamatok közül a felszín alatti vízáramlások befolyásolják a legerőteljesebben. A karszthegeységeink peremén kilépő hévforrásaink hőteret módosító hatása már régóta közismert, de a kutatókat már néhány évtizede foglalkoztatja az a geotermikus gradiens változás, amelyet a medencében feltételezett függőleges irányú vízmozgás okoz [SÜMEGHY 1929]. A medencék mélyterületein a felfelé szivárgó vizek gradiensnövelő hatása mellett a peremeken leszivárgó vizek gradienscsökkentő hatását is megfigyelték [BÉLTEKY 1963]. A korábbi megállapítások általában kvalitatív jellegűek, mivel a felszín alatt mozgó vizek mennyiségét, szivárgási sebességét csak később kezdték a kutatók meghatározni [SZEBÉNYI 1955]. Az utóbbi években Magyarország mélységi vizeinek áramlási viszonyaira vonatkozó ismereteink egyre inkább egységes egészzé álltak össze [ERDÉLYI 1975, ALFÖLDI et al. 1978; ERDÉLYI—LIEBE 1977]. A geotermikus viszonyokat nagy számú adat alapján a korábbiaknál pontosabban határozták meg [GÁLFI—STEGENA 1977, HORVÁTH et al. 1981]. A felszín alatti vízáramlások és a termikus viszonyok összefüggésének elméleti kérdéseire vonatkozó szakirodalom is bővült [JUHÁSZ 1977, LIEBE—LORBERER 1977, RUBIN 1974]. A vízáramlások konvektív hőszállításán kívül a geotermikus viszonyok által meghatározott sűrűségeltérések áramlásmódosító hatását is kezdik pontosabban leírni [HUBBERT 1953, LIEBE—LORBERER 1977, ALFÖLDI et al. 1978]. Jelen tanulmányban tehát széles körű kutatások eredményeként foglaljuk össze a felszín alatti vízáramlásoknak a geotermikus viszonyokra gyakorolt hatását, annak elméleti kérdéseit és magyarországi példáit.

A felszín alá beszivárgó vizek a szivárgási út mentén felmelegednek és eközben hőt vonnak el környezetükből. Mivel a természetes állapotú vízáramlások hosszú ideje permanensen működnek, ez a hűtés már nem időben csökkenő

hőmérsékletekben, hanem a kvázi egyensúlyi hőtér kialakulásával a földi hőáram csökkenésében nyilvánul meg, ha a vízáramlással szemben, tehát felfelé haladva vizsgáljuk annak helyi értékeit (21. ábra). Egy adott területről elvont teljesítményt (Φ) a mélyből származó (q) és a felszínközeli jelentkező módosított (q') hőáramot ismerve határozhatjuk meg:

$$\Phi = F(q - q')$$

Ez a hőteljesítmény a területre belépő T_b hőmérsékletű, I hozamú víz T_k hőmérsékletre való felmelegítésére fordítódik:

$$\Phi = I c_w (T_k - T_b)$$

ahol c_w a víz fajhője.

A 21. ábrán bemutatott elvi példán az A jelű beszivárgási területen a víz az évi közepes felszíni hőmérsékleten szivárog be, és a bemutatott elvi hőmérséklet—mélység grafikon szerint módosítja a hőmérsékleti teret. Az ábrán szemléltetjük azt is, hogy a vízáramlási pálya legmélyebb pontját elérve a hűtés nem szűnik meg: a felfelé szivárgó víz egy ideig még melegszik és melegezés közben még hűtő hatást fejt ki. A hűtött terület tehát mindig nagyobb a leszivárgási területnél, a felfűtött terület pedig kisebb a felszivárgás területénél.

A felszivárgási területen (ábránkon a B terület) az előbbieken elmondottak fordítottja játszódik le: a felfelé szivárgó, lehülő víz hőfölsége a hőáram növelésére fordítódik. A hő egy része azonban az esetek jelentős részében koncentráltan, hévforrások formájában lép a felszínre és csak a források környezetében távozik konduktív úton a kőzeteknek átadott hőmennyiség. Ilyenkor a felfűtött terület jóval kisebb a hűtött területnél: ez a helyzet karsztvidékeinken.

A felszín alatti vizek áramlását általában a beszivárgási területek és a kilépési pont, illetve felszivárgási területek közötti topográfiai szintkülönbség tartja fenn, de szerepet játszik a különböző geotermikus gradiensű területek vízoszlopai közötti sűrűségkülönbség is. Ez utóbbi különösen kis szintkülönbségű területeken fontos tényező. Ilyen például a tiszakécskei geotermikus anomália [ALFÖLDI et al. 1976]. Ilyen helyeken a felszivárgási terület felszínközeli rétegében a piezometrikus szint magasabban lehet a leszivárgási területnél, a feláramló víz visszaáramlik a leszivárgási területre, konvektív cirkuláció jön létre. Az ilyen zárt cirkulációk (konvektív áramlási cellák) a zárt karsztos tárolókban is gyakoriak. Az erős konvekció okozza, hogy a fedett karsztos tároló tetejéről több száz méter mélységig közel azonos hőmérsékletet tapasztalunk.

A konvektív hőszállítás vizsgálatához az elmondottak alapján az alábbi adatokra van szükség:

- a kőzetek hővezetőképessége;
- a hőmérséklet mélység szerinti alakulása olyan mélységig, ahol az áramlások már közvetlenül nem befolyásolják a hőteret;
- a beszivárgó és a mélyben áramló vizek mennyisége, a beszivárgó víz hőmérséklete, a sebességeloszlás és a vízkilépések, források hozama és hőmérséklete.

Mindezek az adatok egy-egy területen csak hiányosan illetve közelítő pontossággal állnak rendelkezésünkre. A következőkben ezen adatok alapján megkíséreljük felvázolni Magyarország felszín alatti vízáramlásainak hatását az 1 km mélységben uralkodó hőmérsékleti- illetve hőáram-viszonyokra (22. ábra).

A legnagyobb hűtés a legerőteljesebb beszivárgással (2—300 mm/év) jellemezhető, nyílt karsztos területeken fordul elő. A hűtő hatás itt a földi hőáramnak kb. a felét elvonja, de helyenként zérusra is csökkentheti. A fedett mélykarszt szerkezetileg anomálikus helyein szintén jelentkezhet konvektív eredetű geotermikus anomália, legtöbbször konvektív cellák formájában.

A porózus medenceüledékben a beszivárgás egy nagyságrenddel kisebb, mint a karsztnál (10—20 mm/év) és arányosan kisebbek a konvekciós jelenségek is. Egyes jó vízvezetőképességű helyeken itt is létrejöhet kiugró, konvektív eredetű geotermikus anomália (pl. Tiszakécske).

A következőkben területenként tárgyaljuk a konvekció hatását a hőtérre (22. ábra).

a) *Dunántúli-középhegység.* A természetes állapotban működő meleg és langyos forrásokot és az általuk szállított, 10 °C-ra vonatkoztatott hőteljesítményt a *XVI. táblázatban* állítottuk össze. A hőelvonás területe kerekén 5000 km², amivel a teljes hőteljesítményt osztva 60 mW/m² átlagos hőelvonást kapunk. A felszínközeli jelentkező hőáram 15 mK/m gradienssel és 3 W/Km hővezetőképességgel számolva 45 mW/m², a terület zavartalan, mélyebb részein tehát a hőáram 105 mW/m² kell hogy legyen. Ez a magas érték jól egyezik azzal a két hőáram adattal, amelyet a Dunántúli-középhegységben, vízmozgással nem, vagy alig zavart területen mértünk (Bárszentmihályfa és Vál). Ezért a Dunántúli-középhegység zavartalan hőáramára a magas (100 mW/m² körüli) értéket jellemzőnek tartjuk.

b) *Dunántúli fedett karsztterületek.* A Dunántúlon ismert néhány elfedett mezozoos rög, amely felett kiugró pozitív geotermikus anomáliát mértek (Táska, Igal, Szigetvár). Ezeknél az ismertetett cirkulációs hőkonvekció valószínű.

c) *Déldunántúli karsztterületek.* A Mecsek és Villányi-hegység karsztterületein beszivárgó csapadékvizek zöme hideg forrásokban lép felszínre, kisebb részük meleg és langyos forrásokban (Harkány, Siklós, Beremend). Ezek hozama 12 m³/min, a szállított hőteljesítmény 15 MW körül van.

d) *Északi hegység karsztterületei.* Jelentősebb termális karsztvízforgalom csak a Bükkben van. A miskolctapolcai, kácsi, egri langyos és meleg források 50 m³/min vízhozamot és 60 MW hőteljesítményt szolgáltatnak. A karsztvíz egy része a déli peremen a rétegvizekbe lép át és itt okoz hőtöbbletet.

e) *Az Alföld medenceüledékei.* A földtani adottságok elsősorban a dél-tiszai süllyedékben teszik lehetővé a felszínközeli rétegvizek nagyobb mélységre történő leszivárgását. A vízforgalom 17 m³/min-re tehető, kb. 30 MW hőteljesítménnyel. Ez mintegy 3000 km²-es területen (Duna—Tisza köze) 10 mW/m²-es hűtést és közel ekkora területen (Csongrád megye K-i része) ugyanilyen fűtést okoz. A víz és a hő egy része az ismert tiszakécskei anomália területén lép felszínközeli (6 m³/min, 10 MW). A dél-tiszai süllyedék hőkonvekciója több

mint a felét teszi ki az Alföld egyéb területein — elsősorban az É-i peremen — kimutatható, konvekciós eredetű anomáliák hőteljesítményének.

Látható, hogy a hőkonvekció egyes területeken jelentős geotermikus anomáliákat okozhat, de az összes (435 MW) hőteljesítmény elenyésző az ország területén kilépő 8—9000 MW konduktív hőáramhoz képest. Ez a nagy hőteljesítmény tehát a Pannon-medence anomálishan magas mélyhőmérsékleti viszonyaira utal.

5.2. Geotermika és medencefejlődés

A földi hőáram globális átlagértéke kb. 60 mW/m^2 , amiből kiszámítható, hogy a Föld teljes hőenergia-vesztése $4,2 \cdot 10^{13} \text{ J/s}$. Mivel ez a teljesítmény több nagyságrenddel nagyobb minden más földi folyamat során felszabaduló teljesítménynél, általánosan elfogadott, hogy a tektonikai folyamatok hajtóerejét és energiahátterét a Föld hője szolgáltatja. A világ hőáram adatainak területi feldolgozása azt mutatja, hogy a különböző nagytektonikai egységek eltérő hőáramszinttel jellemezhetők. Minél intenzívebb és fiatalabb egy terület tektonikai aktivitása annál magasabb az átlagos hőáram [SCLATER et al. 1980/a]. Ebből következik, hogy a tektonikai változásokkal együtt jár a földi hőáram időbeli változása, és ez a hőáram változás befolyásolja a tektonikai fejlődés jellegét és ütemét. Ezt az elméleti megfontolást a Föld regionálisan süllyedő egységein végzett geodinamikai vizsgálatok egyértelműen igazolják.

A Föld legnagyobb kiterjedésű süllyedő területe az óceáni aljzat. Az új óceáni litoszféra a hátságok területén képződik, a vízszint alatt mintegy 2 km mélységben. A hátságoktól távolodva az egyre idősödő aljzat szabályos menet szerint egyre mélyebbre süllyed, míg eléri a legidősebb (jura, helyenként talán triász) óceáni medencékre jellemző 6 km-es mélységet. Ezt a folyamatot az óceáni hátságokon kialakuló hőanomália konduktív hűlésével lehet magyarázni [PARSON—SCLATER 1977]. Mivel az Atlanti-típusú kontinentális peremek kialakulásukkor születő óceáni hátságok felett helyezkedtek el, fejlődéstörténetük várhatóan hasonló. A részletes vizsgálatok valóban igazolták, hogy a passzív kontinentális peremek süllyedéstörténete is jól leírható termikus hűléssel (STECKLER—WATTS 1978; ROYDEN et al. 1980). Ezek a felismerések vezettek el a kontinentális medencefejlődés kvantitatív modelljeinek kidolgozásához [McKENZIE 1978; SCLATER et al. 1980/b]. Eszerint a medencealakulás kiváltó oka a litoszféra kivékonyodása és az ezzel együtt járó asztenoszféra felboltozódás. A kivékonyodás mértékétől és mechanizmusától függően ehhez a folyamat-hoz általában egy kezdeti süllyedés kapcsolódik, amely a medencefejlődés aktív fázisa. Ezt követi egy passzív, általában lassúbb süllyedési fázis, amely a kialakult hőanomália konduktív lecsengésének eredménye. Ismerve egy adott medence tektonikai viszonyait, az üledékfelhalmozódás körülményeit és időbeli lefolyását, rekonstruálható a süllyedéstörténete. Ennek alapján pedig megadható a süllyedést létrehozó litoszféra kivékonyodás valószínű mechanizmusa és mértéke, továbbá számítható a medence hőtörténete. A jelenlegi geotermikus

viszonyok megbízható ismerete alapvetően fontos tehát, mert ezek alapján ellenőrizhető és fejleszthető tovább a geodinamikai modell.

A Pannon terület medenceszerkezetének és vékony kérgének genetikai kapcsolatát számos szerző felismerte. A termikus medencefejlődést és ennek kapcsolatát a Kárpátok fiatal tektogenezisével lemeztektonikai alapon STEGENA et al. [1975] vázolták fel. Az új, kvantitatív modellt Sclater et al. [1980/b] alkalmazták a Kárpát-medencére. Vizsgálataik szerint a periferikus medencék (Bécsi-medence, Kárpátaljai-süllyedék) süllyedéstörténetét a litoszféra középső miocénban (bádeni) bekövetkezett kétszeres megnyúlásával jól le lehet írni.

A Pannon-medence fejlődése jóval összetettebb volt. A szegély-medencékhez hasonlóan itt is lezajlott a terület extenziója, amihez a litoszféra további jelentős kivékonyodása kapcsolódott. Ezek a folyamatok az alsó miocéntól (ottnangi) a felső miocénig (alsó pannon) játszódtak le, de területegységként erősen változó módon. Ezt követte a medencesüllyedés passzív fázisa, amelynek során a litoszféra hőtöbblete a medenceüledékeket fokozatosan felmelegítve vezetődik el. Így jött létre az az erősen tagolt morfológiájú medence-rendszer, amelyet viszonylag izolált mély zónák, nagy kiterjedésű sekély medencék és süllyedést nem, vagy alig szenvedett területek alkotnak. A terület tágulásának kinematikáját HORVÁTH F. és ROYDEN, L. [1981] transzkurrens vetőrendszerekkel magyarázták és kapcsolatba hozták a Külső-Kárpátokban egyidejűleg lezajlott térrövidüléssel.

Megbízható süllyedéstörténeti és üledékfelhalmozódási modell, valamint a jelenlegi geotermikus viszonyok ismerete alapján számítható a medence hő-története. Ennek jelentősége azért nagy, mert mai ismereteink szerint [TISSOT—WELTE 1978] megfelelő anyakőzet esetén a kőolajképződés elsősorban a hőmérséklet és az idő függvénye, azaz csak olyan területeken és mélységintervallumokban lehet kőolajképződéssel számolni, amelyeknek hő-története erre megfelelő volt.

A hő-történet integrált hatását a szerves anyag érettségére jellemző paraméterek (pl. vitrinreflexió) tükrözik. Bizonyos feltevések alapján ezekből is következtetni lehet a paleogeotermikus viszonyokra [STEGENA et al. 1981]. Elméleti megfontolások és számítások alapján tehát körülhatárolhatók a kőolajképződés fő területei és kizárhatók a nem perspektívus területek.

6. Eredmények és következtetések

A különböző módszerekkel mért hazai hőmérsékleti adatokat objektív kritériumok alapján szelektáltuk, minősítettük és a függelékben közreadjuk.

A legmegbízhatóbb magyar és külföldi adatok alapján 1 km mélységre részletes, 2 km mélységre átnézetes izoterma térképet szerkesztettünk.

A több ezer minősített adatot statisztikusan értékelve jellemző hőmérséklet—mélység összefüggéseket számítottunk az országra és legfontosabb tektonikai egységeire.

Meghatároztuk néhány jellegzetes hazai preneogén kőzet átlagos hővezető-képességét és a neogén pelitokra és pszammitokra vonatkozó átlagos hővezető-képesség—mélység menetet.

Kidolgoztunk egy módszert, amellyel a földtani (geofizikai) rétegsor ismeretében becsülhető valamely fúrás átlagos hőellenállása és hőárama. A mért hőáramokat (köztük a dolgozatban ismertetett 3 új hőáram meghatározást) alapadatnak használva, és ezeket a becsült adatrendszerrel kiegészítve, részletes hőáram térképet szerkesztettünk.

A Pannon-medence világtáznál magasabb hőáramának okát felderítendő, megvizsgáltuk a vízáramlás okozta (konvektív) hőszállítás mértékét. Arra a következtetésre jutottunk, hogy — a Dunántúli-középhegység területéről eltekintve — a konvekció nem okoz 10 — 20%-nál nagyobb eltérést. A Dunántúli-középhegységben a beszivárgó vizek jelentős mértékben és nagy mélységig csökkentik a hőmérsékletet. Zárt rendszert és egyensúlyi állapotot feltételezve megbecsültük a konvektív nem zavart geotermikus viszonyokat. Eszerint a Dunántúli-középhegység konduktív hőárama magas, közel esik az országos átlaghoz.

A Pannon-medence fejlődése (süllyedés) és a hőanomália genetikus kapcsolatban állnak egymással. A középső—felső miocénban a terület litoszférájának kivékonyodása és extenziója ment végbe. Ez a részlegesen olvadt asztenoszféra felemelkedésével járt, ami viszont izosztatikussüllyedést, felfűtést és vulkanizmust eredményezett. A múltbeli hőmérsékleti (paleogeotermikus) viszonyok meghatározó jelentőségűek a szénhidrogén keletkezésének folyamatában.

Köszönetnyilvánítás

Geotermikus vizsgálataink anyagi és erkölcsi támogatásáért köszönet illeti a Magyar Tudományos Akadémiát és a Központi Földtani Hivatalt. Munkánkat jelentősen segítette, hogy a Vízügyi Tudományos Kutató Központ geotermikus adatgyűjteményét felhasználhattuk. Felbecsülhetetlen segítséget jelentett, hogy az Országos Köoolaj- és Gázipari Tröszt rendelkezésünkre bocsátotta geotermikus adatait, a fúrómagokat és egyéb mélyfúrési információit.

Köszönettel tartozunk Stegena Lajos egyetemi tanárnak, aki nagy szakmai tapasztalatával munkánkat a kezdet óta segítette és támogatta és L. Rybach professzornak (ETH, Zürich) a hővezetőképesség-mérő berendezés kifejlesztéséhez és hitelesítéséhez nyújtott segítségéért.

A hazai geotermikus kutatások fejlődését jelző legfontosabb adatok és térképek

A hazai geotermikus kutatások fejlődését jelző legfontosabb adatok és térképek

1919. Papp K.	15 mélységi és 8 kifolyó vízhőmérsékleti adat
1929. Sümeghy J.	431 kifolyó vízhőmérséklet adat és izoterma térképek
1936. Schmidt E. R.	47 talphőmérsékleti adat
1949, 1951 Scheffer V. Kántás K.	Sümeghy adatai alapján mélységlépcső térkép
1958. Stegena L.	Jórészt Sümeghy adatai alapján „gradienseltérés” térkép
1960. Boldizsár T.	39 hőmérsékleti adat
1963. Béteky L.	127 mélységi és 917 kifolyó vízhőmérsékleti adat
1963. Boldizsár T.	273 geotermikus adat és mélységlépcső térkép
1964. Stegena L.	Izotermikus mélységtérképek több izotermára
1964. Boldizsár T.	Geotermikus gradienstérkép és hőáramtérkép
1964. Stegena L.	Geotermikus mélységlépcső térkép
1965. Magyarország hévízkútjai	Vizkutat mélységi- és kifolyó vízhőmérséklet adatai 1965-től folyamatosan
1967. Boldizsár T.	Geotermikus gradiens térkép
1968. Boldizsár T.	Geotermikus gradiens térkép és 186 hőmérséklet adat
1971. Stegena L. et al.	Geotermikus gradiens térképek több mélységre (~ 1200 adat alapján)
1973. Boldizsár T.	Geotermikus gradiens térkép (576 adat alapján) hőáram térkép és 21 nagymélységű hőmérséklet adat
1975. Boldizsár T. és Korim K.	Geotermikus gradiens térkép
1975. Boldizsár T.	Geotermikus gradiens térkép
1976. Stegena L.	Geotermikus gradiens térképek 6 különböző mélységre
1976. Boldizsár T.	Geotermikus gradiens térkép
1977. Gálfi J. és Liebe P.	100 km ² -es négyzetekre átlagolt geotermikus gradiens értékek térképen ábrázolva, vizkutatató fúrások hőmérséklet adatai alapján
1977. Gálfi J. és Stegena L.	Geotermikus gradiens térkép 3 különböző mélységre és hőáram térkép
1977. Gálfi J. és Liebe P.	100 km ² -es négyzetekre átlagolt geotermikus gradiens értékek térképen ábrázolva, ~ 2000 hőmérséklet adat
1979. Horváth F. et al.	Hőáram térkép
1981. Ottlik P. et al.	Geotermikus gradiens térkép, korrigált kifolyó vízhőmérsékleti adatok alapján

П. ДЕВЕНИ, Ф. ХОРВАТ, П. ЛИБЕ, Й. ГАЛФИ, И. ЭРКИ

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕНГРИИ

После рассмотрения истории геотермических исследований подытоживаются применяемые в Венгрии методы измерения температуры, их надежность и применяемость. На основании условий производства измерений и вероятной точности оцениваются все доступные и надежные данные о температурах в Венгрии и публикуются в виде системы данных.

По данным были построены карты изотерм для глубины 1 км в масштабе 1:1 000 000, а для глубины 2 км — из-за значительно меньшего количества данных — в масштабе 1:2500 000 по территории Венгрии и сопредельных районов. Кроме того, для разных районов Паннонского бассейна были рассчитаны средние зависимости температуры от глубины.

На основании всех надежных данных Венгрии приводится средняя теплопроводимость неогеновых отложений и слагающих основание бассейна пород. Дается оценка проведенных до сих пор определений теплового потока в Венгрии и публикуются три новых результата измерения. Дается описание метода определения теплопроводности и оценки теплового потока в скважинах, в которых не было произведено прямое измерение теплопроводности, но температуры и литологический разрез известны. Карта теплового потока в Паннонском бассейне была построена на основании отечественных и зарубежных измерений, а также оцениваемых значений теплового потока.

Высокие температуры и тепловые потоки указывают на наличие тепловой аномалии, которая в разной мере распространяется на всю территорию Паннонского бассейна. Дается оценка искажающего влияния известных региональных систем водотечений на кондуктивное тепловое поле. Отмечается, что Задунайское Среднегорье отличается высоким ненарушенным тепловым потоком и температурой. В остальных районах страны — за исключением некоторых местных аномалий — водотечение не искажает существенно кондуктивное тепловое поле.

В заключении излагается геодинамическое толкование Паннонской тепловой аномалии и подчеркивается важность знания палеогеотермических условий.

BOREHOLE TEMPERATURE DATA

TIEDIT	BOREHOLE Location	No	DEPTH m	TEMP. C°	GRAD mK/m	CLASS	TIEDIT	BOREHOLE Location	No	DEPTH m	TEMP. C°	GRAD mK/m	CLASS
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
101-779	Rábafüzes	K-5	260	31	76,9	3§§	121-830	Budafa	B-III	3101	158	47,4	x2
109-801	Kerkáskápolna	1	2897	99	30,4	x2§				3107	159	47,6	x2
			3516	144	37,8	x2§§				3220	163	47,2	x2
			4239	172	38,0	x2§	123-830	Budafa	B-1	3590	168	43,7	x2
110-807	Szentgyörgyvölgy	5	3000	144	44,3	x2§§				3814	179	44,0	x2
			3125	149,5	44,5	x2§				4249	192	42,6	x2
117-827	Lovászi	1	3000	143,5	44,3	x2§	123-832	Budafa	B-V	3782	178	44,2	x2
			3045	134	40,4	x2§§				3973	182	43,0	x2
			3210	155	44,9	x2§	128-831	Bázakerettye	500	2661	123	42,1	x2
			3505	141	37,1	x2§				3000	164	51,3	x2
11-82	Lovászi	L-471	1395	89	55,9	x2				3208	166	48,3	x2
117-828	Lovászi	2	2887	111	34,6	x2§				3405	152	41,4	x2
			3302	120	33,0	x2§	129-831	Bázakerettye	1	1404	66	37,1	x2§
117-828	Lovászi	460	1576	80	43,8	x2§				2242	88	34,3	x2
117-828	Lovászi	467	1597	71	37,6	x2§				2845	116	36,9	x2
			1825	100	48,8	x2§				2865	114	36,0	x2
117-828	Lovászi	I	3000	144	44,3	x2§				3515	143,5	37,7	x2
117-828	Lovászi	II	4777	217	43,1	x2§				3560	152	39,6	x2
124-752	Szombathely	B-46	630	43	50,8	3				3983	170	39,9	x2
124-752	Szombathely	B-47	700	41	42,9	2				4347	188	40,7	x2
			948	49	40,1	1§§	129-831	Bázakerettye	2	1468	73	42,2	x2§§
124-752	Szombathely	B-11	800	52	51,9	3				1960	91	40,8	x2
124-797	Zalalövő	1	2650	92	30,6	x2§				2166	91	36,9	x2
120-799	Irsa	1	3010	127	38,5	x2§§				2940	129	40,1	x2
126-805	Pusztapaáti	1	2690	138	47,2	x2				3076	118	34,8	x2
126-806	Szilvág	11	3000	143	44,0	a2				3520	154	40,6	x2
126-809	Szilvág	19	2353	97	36,6	x2				3876	156	37,4	x2
126-809	Szilvág	21	2353	90	33,6	x2				4030	176	40,9	x2
			2731	142	48,0	x2	129-831	Bázakerettye	3	3120	159	47,4	x2
129-803	Barabásszeg	20	1000	59	48,0	c2§	139-709	Hegykő	B-5	3220	163	47,2	x2
			1500	86	50,0	c2				1300	89	44,6	2
			2000	115	52,0	c2	139-709	Hegykő	B-9	1426	69	40,7	1§§
			2200	129	53,6	c2	137-736	Bük	K-10	310	24	41,9	3
			2300	137	54,8	c2				1050	61	47,6	2
			2420	145	55,4	c2	138-735	Bük	K-4	1095	67	51,1	1§§
129-803	Barabásszeg	4	500	34	46,0	c2§	139-771	Vasvár	K-10	930	59	51,6	3
			1000	63	52,0	c2§	136-798	Nagylengyel	N1-164	2190	86	34,7	2§§
			1501	90	52,6	c2	136-799	Nagylengyel	N1-150	2393	98	36,4	x2§
			2002	119	53,9	c2	132-800	Csonkahegyhát	K-1	2398	105	39,2	x2§§
			2100	126	54,7	c2	133-803	Nagylengyel	6	294	38	91,8	2
129-803	Barabásszeg	7	500	36	50,0	c2§§	130-803	Barabásszeg	Ba-14	1959	104	47,5	x2
			1000	64	53,0	c2§	130-803	Barabásszeg	Ba-6	2288	131,5	52,7	x2
			1500	89	52,0	c2				500	38	54,0	c2§
			2000	120	54,5	c2				1000	66	55,0	c2§
123-814	Bárszentmihályza	BM-1	1440	82	49,3	x3§§				1500	81	46,7	c2
			2784	127	41,7	x3	130-803	Barabásszeg	Ba-14	2000	121	55,0	c2
			2950	119	36,6	x3				499	37	52,1	c2
			4420	176	37,3	x3				1002	66	54,9	c2§
			4937	190	36,3	x3				1506	90	52,5	c2
			5075	199	37,0	x3	131-802	Barabásszeg	Ba-36	2009	114	51,3	c2
125-823	Páka	B-4	248	18	28,2	1	131-803	Barabásszeg	Ba-29	2040	128	57,4	x2
127-821	Órtaháza	1	1760	98	49,4	x2§	130-805	Barabásszeg	Ba-29	2200	128	53,2	x2
127-828	Lovászi	VK-1	1670	91	47,9	x2§§	130-805	Barabásszeg	Ba-2	501	35	47,9	c2§
										1003	54	52,8	c2§

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
130-805	Barabásszeg	Ba-2	1505 90	52,5	c2		135-804	Nagylengyel	N1-88	2134	109	45,9	c2
			2007 115	51,8	c2		135-806	Nagylengyel	N1-75	500	36	50,0	c2§
			2187 126	52,6	c2					800	51	50,0	c2§
131-806	Szilvagy	Szil-19	500 62	102,0	c2					1000	59	48,0	c2§
			1000 98	87,0	c2§					1200	67	46,7	c2§
			1500 117	70,7	c2					1500	79	45,3	c2
			2000 120	54,5	c2					1800	91	44,4	c2
			2250 138	56,4	c2					1984	100	44,9	c2
131-807	Szilvagy	Szil-24	500 73	124,0	c2					2049	103	44,9	c2
			1000 92	81,0	c2§					2140	126	53,7	c2
			1500 112	67,3	c2	135-807	Nagylengyel	N1-236	1900	88	40,5	x2	
			2000 132	60,5	c2	136-800	Nagylengyel	N1-226	2433	112,4	41,7	x2	
			2250 141	57,8	c2	136-802	Nagylengyel	N1-106	1759	92	46,0	x2	
131-807	Szilvagy	Szil-16	2729 148,6	50,4	x2	136-802	Nagylengyel	N1-375	2000	108	48,5	x2	
132-804	Nagylengyel	N1-82	2260 118	47,3	x2	136-803	Nagylengyel	N1-29	1970	104	47,2	x2	
132-804	Nagylengyel	N1-100	500 39	56,0	c2§	136-804	Nagylengyel	N1-76	500	38	54	c2§	
			1000 67	56,0	c2§					1000	68	57	c2§
			1500 89	52,0	c2					1500	81	46,7	c2
			1903 107	50,4	c2					2000	103	46,0	c2
			2000 112	50,5	c2	136-804	Nagylengyel	N1-47	400	29	45,0	x2	
			2300 130	51,7	c2					600	37	43,3	x2§
132-805	Nagylengyel	N1-145	200 23	60,0	c2					800	45	42,5	x2§
			401 32	52,4	c2					1200	60	40,8	x2§
			602 42	51,5	c2§					1800	88	42,8	x2
			802 53	52,4	c2§	136-806	Nagylengyel	N1-70	400	34	57,5	c2	
			1000 64	53,0	c2§§					800	49	47,5	c2§
			1204 72	50,7	c2§					1200	64	44,2	c2§§
			1404 81	49,9	c2§					1600	79	42,5	c2
			1605 86	46,7	c2					1987	95	42,3	c2
			1806 96	47,1	c2					2200	108	44,1	c2
			2007 104	46,3	c2					2217	108	43,8	c2
			2287 119	47,2	c2	137-800	Nagylengyel	N1-148	2460	98	35,4	x2	
			2400 122	46,3	c2	137-806	Nagylengyel	N1-62	400	29	45,0	x2	
133-803	Nagylengyel	N1-83	500 38	54,0	c2§§					600	37	43,3	x2§
			1000 64	53,0	c2§					800	45	42,5	x2§
			1500 86	50,0	c2					1200	60	40,8	x2
			2000 105	47,0	c2					1600	75	40,0	x2
134-802	Nagylengyel	N1-151	500 38	54,0	c2§					2000	93	41,0	x2
			1000 63	52,0	c2§	138-802	Nagylengyel	N1-404	2153	103	42,7	x2	
			1500 85	49,3	c2§	138-802	Nagylengyel	N1-205	501	37	51,9	c2§	
			2000 109	49,0	c2					1003	54	42,9	c2§
134-805	Nagylengyel	N1-74	400 32	52,5	c2					1505	72	40,5	c2
			800 51	50,0	c2§					2250	113	45,3	c2
			1200 66	45,8	c2§	138-803	Nagylengyel	N1-14	600	38	45,0	c2§	
			1600 82	44,4	c2					800	47	45,0	c2§§
			2015 98	43,2	c2					1000	50	39,0	c2§
			2145 108	45,2	c2					1200	62	42,5	c2§
			2740 124	41,2	c2					1400	71	42,9	c2§
134-805	Ormándlak	B-23	326 31	61,3	1					1600	79	42,5	c2
135-800	Nagylengyel	N1-154	497 38	54,3	c2					1800	88	42,8	c2
			1001 58	47,0	c2§					2000	98	43,5	c2
			1501 75	42,6	c2					2300	130	51,7	c2
			2002 97	43,0	c2	138-804	Nagylengyel	N1-193	500	32	42,0	c2§	
			2366 110	41,8	c2					1000	51	40,0	c2§
135-804	Nagylengyel	N1-88	500 40	58,0	c2§					1500	74	42,0	c2
			1000 61	50,0	c2§					1900	96	44,7	c2
			1500 81	46,7	c2					2071	103	44,4	c2
			2000 104	46,5	c2	139-804	Nagylengyel	N1-60	500	31	40,0	c2§	

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
139-804	Nagylyngyel	N1-60	800	44	41,3	c2§	134-832	Budafa	5	3640	182	47,0	x2
			1000	52	41,0	c2§	134-832	Budafa	437	900	54,5	48,9	x2§
			1200	61	41,7	c2§				1186	68	48,6	x2§
			1500	74	42,0	c2	134-832	Budafa	274	995	62	51,3	x2§
			1800	88	42,8	c2	134-832	Budafa	113	970	62	52,6	x2§
			1958	98	44,4	c2	134-832	Budafa	289	1015	63	51,2	x2§
			2023	101	44,5	c2	134-832	Budafa	258	1060	66	51,9	x2§
139-806	Nagylyngyel	N1-131	500	32	42,0	c2§	134-832	Budafa	475	1060	64	50,0	x2§§
			1000	53	42,0	c2§	134-832	Budafa	260	1060	65	50,9	x2§
			1500	73	41,3	c2	134-832	Budafa	476	1040	64	51,0	x2§
			2000	96	42,5	c2	134-832	Budafa	89	1070	65	50,5	x2§
			2176,5	103	42,3	c2	134-832	Budafa	38	1080	62	47,2	x2§
130-819	Ortaháza	9	1612	85	45,9	a2	134-832	Budafa	283	1140	70	51,8	x2§
			1715	88	44,9	a2	134-832	Budafa	156	1150	69	50,4	a2§
			1780	94	46,6	a2				1155	68	49,4	x2§
			2067	111	48,4	x2	134-832	Budafa	28	1145	70	51,5	x2§
130-819	Ortaháza	Or-2	1920	106	49,5	x2	134-832	Budafa	282	1155	70	51,1	x2§
			1568	89,5	49,4	x2	134-832	Budafa	305	1155	68	49,4	x2§
130-818	Ortaháza	6	1557	87	48,8	a2	134-832	Budafa	308	1155	66	47,6	a2§
131-818	Ortaháza	15	1750	92	46,3	x2	134-832	Budafa	197	1160	69	50,0	x2§
132-818	Ortaháza	31	1621	91,5	49,7	x2	134-832	Budafa	448	1185	70	49,8	x2§
			2000	108	48,5	x2	134-832	Budafa	483	1190	68	47,9	a2§
134-819	Hahót-Ederics	HNY-1	1846	98	47,1	x2	134-832	Budafa	467	1320	78	50,8	x2§
137-816	Hahót-Ederics	79	1425	76	45,6	x2§				1712	90	46,1	x2
137-816	Hahót-Ederics	75	1435	79	47,4	x2§	134-832	Budafa	500	3000	161	50,0	x2
137-816	Hahót-Ederics	73	1445	85	51,2	x2§	134-832	Budafa	502	3218	165,5	48,0	x2
137-816	Hahót-Ederics	77	1446	82	49,1	a2§§	139-842	Letenye	1	2902	107	33,1	x2§
137-819	Pusztamagyaröd	6	1652	95	50,8	a2				3498	123	32,0	x2§
130-820	Ortaháza	21	1570	91	51,0	x2§				3793	156	38,2	x2§§
			1732	92	46,8	a2§	138-842	Letenye	2	1500	76	43,3	x2§
			1885	105	49,9	x2§				2756	131	43,5	x2§
130-820	Ortaháza	22	1887	108	51,4	x2§	145-709	Fertöd	K-34	450	30	42,2	2
130-820	Ortaháza	23	1550	80	44,5	x2§				486	35	49,4	1§§
130-820	Ortaháza	24	1705	90	46,3	a2§	146-712	Petőháza	B-11	1306	71	45,9	1§§
			1752	94	47,4	a2§	148-748	Rábasömjén	17-15	1943	94	42,7	3
130-820	Ortaháza	25	1555	86	48,2	a2§§	141-748	Ölbő	5	1903	89	41,0	x2§§
130-820	Ortaháza	26	1525	87	49,8	a2§				1930	88	39,9	x2§
			1748	100	50,9	x2§	142-746	Ölbő	2	1805	82	39,3	a2§
130-820	Ortaháza	27	1990	116	52,8	x2§				1810	88	42,5	x2§
130-820	Ortaháza	35	1648	94	50,4	x2§	144-744	Ölbő	1	1728	86	43,4	a2§
131-820	Ortaháza	10	1866	107	51,5	a2§	144-746	Ölbő	3	1823	89	42,8	x2§
138-820	Pusztamagyaröd	5	1715	92	47,2	a2§	145-741	Ölbő	4	1875	89	41,6	x2§
139-827	Bucauta	1	2454	114	42,0	x2§	144-755	Ikervár	Ike-1	1562	74,5	40,7	x2§
			2746	128	42,6	x2§	146-754	Ikervár	9	1588	77	41,6	x2§
134-830	Budafa	I	2900	155	49,7	x2	146-753	Ikervár	Ike-9	1594	77	41,4	x2§
133-832	Budafa	V	3130	159	47,3	x2	147-755	Ikervár	10	1670	76	38,9	x2§
			3220	163	47,2	x2	147-754	Ikervár	4	1650	82	43,0	x2§
			3545	181	48,0	x2	148-755	Ikervár	8	1708	81	41,0	x2§§
			3640	182	47,0	x2	148-754	Ikervár	Ike-8	1713	82	41,4	x2§
			3810	175	43,0	x2	143-795	Zalaegerszeg	K-127	1704	84	42,8	3§§
			3850	188	46,0	x2	140-801	Nagylyngyel	N1-157	998	72	61,1	c2§
			4245	189	41,9	x2				1494	74	42,2	c2§§
134-832	Budafa	1	3454	167	45,2	x2				1997	79	34,1	c2
			3810	178,5	43,8	x2				2295	81	30,5	c2
			4245	192	42,6	x2				2369	100	37,6	c2
134-832	Budafa	5	1130	59	31,3	x2§				1906	95	44,1	x2
			1185	56	46,4	a2§				2007	99	43,8	x2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
140-805	Nagylengyel	N1-259	244c	91	32,8	x2	147-853	Belezna	29	2264	119	47,7	x2§
			248a	92	32,6	x2	147-854	Belezna	15	2310	128	50,7	x2§
141-802	Nagylengyel	N1-353	242b	89	32,1	x2	148-853	Belezna	8	2293	117	46,2	x2§
141-801	Nagylengyel	N1-301	180c	66	30,6	x2				2295	126	50,1	x2§
			200d	71	30,0	x2	148-854	Belezna	10	2465	123	45,4	x2§
			225e	109	43,6	x2	148-858	Zákány	2	2916	116	36,0	x2§
			2427	80	28,4	x2	157-712	Kapuvár	K-61	1780	81	39,2	1§§
			2427	81	28,8	x2	155-731	Mihályi	Mf-1	1214	59,5	40,0	x2§
141-801	Nagylengyel	N1-244	2467	81,6	28,6	x2	156-730	Mihályi	M-26	1163	52	35,3	x2§
141-804	Nagylengyel	N1-312	2300	87	33,0	x2				1393	63	37,3	x2§§
142-801	Nagylengyel	N1-427	2380	81	29,4	x2				1445	71,5	41,9	x2§
143-805	Nagylengyel	N1-326	2260	97	38,1	x2	152-736	Mihályi	M-37	61	11,5	8,2	c2
143-806	Nagylengyel	N1-317	2552	101,5	35,5	x2				114	11,3	2,6	c2
			2580	102	35,3	x2				175	11,7	4,0	c2
										237	14,0	12,7	c2
145-805	Nagylengyel	N1-307	2312	98	37,6	x2				305	16	16,4	c2
145-806	Bak	Bak-5	500	28	34,0	c2§§				365	20	24,7	c2
			1000	44	32,0	c2§				425	22	25,9	c2
			1500	63	34,7	c2				485	26	30,9	c2
			2000	84	36,5	c2				545	29	33,0	c2§
			2500	106	38,0	c2				605	34	38,0	c2§
			2537	109	38,6	c2				665	41	45,1	c2§
145-807	Nagylengyel	N1-368	2340	98	37,2	x2				726	44	45,5	c2§§
141-815	Sójtör	1	1690	90	46,7	x2§§				787	47,5	46,4	c2§
149-831	Magyaraztmiklós	S-4	2390	110	41,4	x2§§				845	50,3	46,5	c2§
149-841	Bajcsa	K-59	1380	90	57,3	3§§				907	53	46,3	c2§
146-844	Bajcsa	1	2087	106	45,5	a2				967	56,5	47,1	c2§
			3590	180	47,1	x2				1027	58,5	46,3	c2§
147-843	Bajcsa	14-a	2240	114	46,0	x2				1087	61,5	46,5	c2§
149-843	Bajcsa	Bj-17	2160	111	46,3	x2				1147	64,3	46,5	c2§
144-854	Belezna	17	1905	108	50,9	x2§				1207	67,5	46,8	c2§
			2257	133	54,1	x2§				1267	70,6	47,0	c2§
145-854	Belezna	16	2290	128	51,1	x2§				1327	74	47,5	c2§
145-854	Belezna	19	2288	127	50,7	x2§				1388	77	47,6	c2§
146-852	Belezna	5	2448	133	49,8	x2§				1448	80	47,7	c2§
146-854	Belezna	13	2320	132,5	52,6	a2§				1455	80	47,4	c2§
146-853	Belezna	11	2303	122,5	48,6	x2§	150-751	Sárvár	17-43	1000	50	39,0	2
			2312	132	52,3	x2§§	150-751	Sárvár	B-7	998	55	44,1	1§§
146-853	Belezna	Be-2	2314	129	55,3	x2§	152-789	Vöckönd	VÖ-1	620	42	51,6	b2§
146-854	Belezna	9	2300	124	49,1	x2§	154-785	Vöckönd	VÖ-2	544	39	53,3	b2§§
146-854	Belezna	4	231f	133	52,6	x2§	154-808	Pacsa	K-8	250	22	44,0	2§§
147-853	Belezna	18	2457	135	50,5	x2§	154-818	Kilimán		625	52	65,6	b2§§
147-853	Belezna	20	1996	107	48,1	x2§	156-831	Nagybakónak	Nab-1	2462	138	51,6	x2§
			2005	117	52,9	x2§				2387	123	46,9	x2§
			2127	122	52,2	x2§				2072	108	46,8	x2§§
			2152	114	47,9	x2§	158-839	Nagyrécsé	3	3200	132	37,5	x2§
147-853	Belezna	21	2252	114	45,7	x2§	159-841	Nagyrécsé	4	2700	140	47,8	x2
			2256	112	44,8	a2§	150-842	Bajcsa	20	2112	108,5	46,2	x2
			2803	143	47,1	x2§				2255	120	48,3	a2
147-853	Belezna	22	2192	120	49,7	a2§				2304	127	50,3	x2
			2245	121	49,0	x2§	150-842	Bajcsa	23	2340	124	48,3	x2
147-853	Belezna	24	1710	99,5	52,1	x2§	150-842	Bajcsa	25	2295	123	48,8	x2
			1825	100	48,8	x2§	150-842	Bajcsa	28	2235	115	46,5	x2
			1970	110	50,3	a2§	150-842	Bajcsa	29	2118	110	46,7	x2
147-853	Belezna	25	1940	110	51,0	x2§	150-842	Bajcsa	31	2098	107	45,8	a2
							150-842	Bajcsa	37	2065	110	47,9	x2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
150-842	Bajcsa	38	2235	115	46,5	x2	163-848	Iharosberény	1	1278	78	52,4	a2§§
150-842	Bajcsa	19	2268	105	41,4	x2	163-849	Iharosberény	3	1364	82	52,1	x2§
			2230	117	47,5	x2	168-849	Inke	22	528	39,5	54,9	x2§
			2234	114	46,1	a2				742	50	52,6	a2§
151-842	Bajcsa	8	2134	108	45,5	a2				822	54	52,3	a2§
			2255	111	44,3	x2				887	55	49,6	x2§
152-840	Nagykanizsa	B-62	1498	90	52,7	3§§				1174	68	48,6	a2§
156-849	Liszó	Liszó-2	1749	96	48,6	x2	169-848	Inke	19-a	826	56	54,5	x2§
			1826	99	48,2	x2				891	58	52,8	x2§
			2519	139	50,8	x2				899	52	45,6	x2§
154-852	Liszó	Liszó-1	1628	94	51,0	x2§§				946	60	51,8	a2§§
			1642	95	51,2	x2§				1230	70	48,0	x2§
			1720	98	50,6	x2§				1145	65	47,2	x2§
			2472	136	50,6	x2§	167-849	Inke	?	1000	64	53,0	b2§
159-861	Csurgó	B-7	401	30	44,9	1§§				1500	77	44	b2§
168-694	Mosonszentjános	Mos-2	2106	100	42,3	x2§	160-859	Csurgó	B-2	300	21	30	3§§
			2234	104,4	41,8	x2§	163-865	Berzence	K-10	260	24	46,2	1§§
			2300	113,8	44,7	x2§	169-880	Vizvár	Vi-7	1797	100	49,5	x2§§
			2370	115,5	44,1	x2§§				1782	99	49,4	x2§
			2398	118,8	45,0	x2§	169-880	Vizvár	9	1871	102	48,1	x2§
161-719	Mihályi	29	1447	70	40,8	x2§	169-881	Vizvár	22	1836	108	52,3	x2§
			1458	67	38,4	a2§	176-681	Mosonmagyaróvár	B-123	1850	83	38,9	2§§
			1605	73	38,6	x2				1956	87	38,9	1§
162-719	Mihályi	M-21	1359	65	39,7	x2§	171-693	Mosonszentjános	Mos-1	1446	91,1	55,4	x2§§
			1371	68	41,6	x2§	173-702	Bősárkány	1	3890	173	41,4	x2§
			1387	67	40,4	x2§				3900	172	41,0	x2§
			1403	69	41,3	x2§				4063	185	42,6	x2§
			1296	64	41,8	x2§				4063	187	43,1	x2§§
			1249	62	40,8	x2§§				4474	225	47,6	x2§
163-718	Mihályi	3	1068	58	44,0	a2§				4485	226	47,7	x2§
			1088	56	41,4	x2§	173-709	Csorna	K-47	1640	76	39,6	2
165-716	Mihályi	2	1016	55	43,3	a2§				1793	90	44,1	2
			1086	60	45,1	a2§	172-711	Csorna	K-60	400	28	42,5	3
161-722	Mihályi	25	1607	76	40,4	x2	175-715	Pásztori	4	2040	88	37,7	x2§§
161-722	Mihályi	M-25	1415	70	41,7	x2§				2807	123	39,9	x2§
			1615	76	40,2	x2§§	172-710	Csorna	B-5	464	31	43,1	3
162-720	Mihályi	21	1120	58	42,0	a2§	174-721	Pásztori	Pá-2	1374	62	37,1	x2§§
			1209	62	42,0	x2§				1812	71	33,1	x2
162-720	Mihályi	26	1154	54	37,3	x2§	177-720	Pásztori	Pá-1	1395	65	38,7	x2§§
			1402	65	38,5	a2§				2003	86	37,4	x2
			1435	72	42,5	x2§				2335	103	39,4	x2
166-750	Cellődmölk	K-32	300	22,1	37,0	3				2562	115	40,6	x2
168-751	Cellődmölk	1	2428	161	61,8	x2				2620	122	42,4	x2
			2505	168	62,7	x2	170-772	Ukk	K-4	471	33	48,8	3
161-753	Mesteri	17-14	1465	73	42,3	2§§	172-773	Ukk	1	812	37	32,0	x2§§
160-760	Borgáta	K-2	742	49	52,6	1§§				446	33	49,3	b2
167-786	Nagygörbő	Ng-1	750	31	28	b2§	171-774	Ukk	2	463	31	43,2	b2
			1250	43	26,4	b2§§	174-779	Sümeg	B-1	280	34,3	85,7	3
			1500	49	26	b2§	175-774	Csabrendek	K-1	397	43,3	83,1	3
161-828	Ujudvar	D-6	2307	120	47,2	b2	174-780	Sümeg		560	53	76,8	b2§§
162-828	Zalakaros	K-11	797	52	51,5	1§§	171-805	Keszthely	K-19	550	28	30,9	2§§
162-828	Zalakaros	19-18	2260	107	42,5	2	170-827	Sávoly	2	1960	116	53,6	x2§§
			2307	120	47,2	2	171-849	Vése	4	1190	71	50,4	a2§
162-829	Zalakaros	K-8	2720	119	39,7	2	173-849	Vése	2	1265	72	48,2	a2§
			2752	139	46,5	2	173-848	Vése	Vé-2	1270	74	49,6	x2§§
169-826	Sávoly	1	2340	100	38,0	x2	175-857	Somogyaszob	B-8	264	27	56,8	1§§
			1844	106	51,5	x2	173-869	Tarany	12	2730	146	49,1	x2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
178-868	Nagyatád	4	2500	136	49,6	x2	188-888	Görgeteg-Babócsa	GBK-2	2095	99	41,5	x2
			2629	112	38,0	x2	189-889	Görgeteg-Babócsa	GBK-1	2124	109	45,7	x2
176-869	Tarany	K-5	440	34	50,0	3	186-894	Barcs	B-2	700	42	42,9	3§§
179-865	Nagyatád	B-53	490	41	59,2	2	190-684	Lipót	7-41	1798	73	34,5	2§§
			548	40	51,1	2§§	197-716	Györszemere	K-7	1320	67	42,4	2§§
177-864	Nagyatád	K-45	349	31	54,4	1	197-716	Györszemere	K-5	410	30	46,3	2
178-864	Nagyatád	K-41	347	29	49,0	2							
179-865	Nagyatád	B-17	542	36	44,3	3	192-721	Tét	6	433	30	43,9	b2
177-878	Háromfa	B-6	300	24	40,0	3§§	199-727	Tét	2	2790	110	35,5	b2§§
171-881	Vizvár	10	1820	102,5	49,7	x2	192-721	Tét	B-12	433	30	43,9	2
			1950	114	52,3	a2	191-726	Gyarmat	B-7	294	29	61,2	2
			2007	116	51,8	x2	192-731	Vaszar	Vasz-3	1277	69	45,4	x2§§
171-881	Vizvár	26	1810	106	51,9	x2	191-741	Pápa	K-35	600	48	63,3	3§§
171-881	Vizvár	7	1780	99	48,9	x2	193-748	Tapolcafő	B-11	380	18	18,4	1
171-881	Vizvár	29	1416	88	53,7	x2§§	195-758	Magyarország	?	350	29	54,3	b§§
			1842	106	51,0	a2	198-793	Kövágóörs	K-1	244	19,2	36,9	3§§
172-881	Vizvár	3	1832	105	50,8	a2	195-809	Fonyód	K-18	550	44	60,0	2§§
172-882	Vizvár	1	1872	105	49,7	a2	195-808	Fonyód	B-28	430	36	58,1	3
			1890	106	49,7	a2	196-808	Fonyód	?	430	37	60,5	b2
176-883	Heresznye	12	2260	131	52,7	x2	196-814	Buzsák	K-2	540	49	70,4	3§§
176-883	Heresznye	13	1372	84	52,5	x2§	195-825	Nikla	Ni-1	1748	100	49,9	b2
			1472	89	52,3	x2§§	192-821	Táska	K-5	670	80	03,0	b2
179-885	Babócsa	BF-5	1220	78	54,1	a2§§				1010	83	71,3	3
			1310	84	55,0	x2§	194-821	Táska	K-6	680	72	89,7	1§§
179-885	Babócsa	Bk-4	2099	108	45,7	x2	193-821	Táska	K-3	690	80	100,0	1§
179-885	Babócsa	Bk-8	2125	109	45,6	x2	194-822	Táska	K-4	910	74	69,2	2
179-885	Babócsa	Bk-9	2314	114	44,1	x2				930	70	63,4	1§
179-885	Babócsa	B-24	1760	98	48,9	x2	198-825	Öreglak	1	2145	120	50,8	x2
179-885	Babócsa	B-26	1890	109	51,3	x2	198-838	Mezőcsokonya	4	1722	100	51,7	x2§
179-885	Babócsa	B-27	1765	101	50,4	x2	199-839	Mezőcsokonya	6	1717	97	50,1	x2§§
179-885	Babócsa	2	1605	96	52,3	x2				1731	92	46,6	a2§
178-886	Babócsa	B-2	2383	119	44,9	3	199-840	Mezőcsokonya	15	1715	101	51,9	a2§
189-683	Lipót	K-7	2201	111	45,4	2§§				1764	97	48,2	x2§§
185-698	Lébénymiklós	B-28	2200	103	41,8	3§§				1876	98	45,8	x2§
188-736	Takácsi	1	1476	63	35,2	x2§§	198-844	Somogyárd		261	28	61,3	b2
189-737	Takácsi	2	1437	51	27,8	x2§	198-845	Somogyárd	K-2	330	27	45,4	3
189-741	Pápa	B-18	820	35	29,3	2§	199-850	Kiskorpád	K-4	256	25	50,8	1§§
			825	40	35,2	2§§	195-878	Háromszentgyörgy	B-7	277	24	43,3	3§§
185-791	Tapolca	18-27	540	39	53,7	3§§	199-884	Kálmánca	K-3	770	49	48,1	3§§
185-791	Tapolca		480	34	50	b2	198-888	Darány	Dar-1	1999	108	48,0	x2
186-812	Balatonfenyves	B-18	473	33	46,5	2				1583	88	48,0	x2
			494	37	52,6	1§§				1566	86	47,3	x2
183-822	Marcali	K-24	716	53	58,7	1§§	205-702	Győr	?	540	34	42,6	b2
183-822	Marcali	B-19	1270	87	59,8	2	202-702	Győr	B-109	512	34	44,9	1§§
185-825	Marcali	K-18	388	36	64,4	2	204-703	Győr	B-80	509	29	35,4	2
184-824	Marcali	B-25	270	27	59,3	3				582	35	41,2	2
184-824	Marcali	?	296	30	64,2	b2	201-703	Győr	B-81	1973	87	38,5	1
183-835	Mésztegydő	B-2	268	26	55,9	1§§	202-702	Győr	B-60	1998	94	41,5	2
181-843	Bőhönyec	K-4	280	25	50,0	1§§	205-707	Győr	K-107	2000	86	37,5	3
181-863	Nagyatád	K-54	400	33	52,5	2	200-704	Győr	B-148	2028	82	35,0	2
			453	40	61,8	2	207-714	Nyul	K-9	259	21	38,6	2§§
188-861	Nagykorpád	B-1	810	67	67,9	2§§	204-721	Györszemere	2	2280	94	36,4	x2§§
184-878	Rinyaujlak	K-2	398	25	32,7	1§§	209-805	Kaposujlak	K-2	300	33	73,3	1§§
185-880	Csokonyavisonta	K-2	1297	85	56,3	1§§	204-812	Szőlősgyőrök	2	267	27	59,9	b2§§
			1310	92	61,1	2	203-832	Osztopán	?	350	31	57,1	b2
181-889	Komlósd	1	2964	136	41,8	x2							
182-888	Görgeteg-Babócsa	GB-27	1773	101	50,2	x2							

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
201-839	Mezőcsokonya	12	1588	93	51,6	x2§	213-849	Kaposvár	B-40	432	39	62,5	3
			1616	100	55,1	x2§	212-848	Kaposvár	144	400	38	65,0	b2
			1691	98,5	52,0	x2§	215-851	Kaposvár	181	420	42	71,4	b2
			1734	94	47,9	a2§	211-851	Kaposvár	B-55	268	30	67,2	3
201-838	Mezőcsokonya	20	1713	98	50,8	a2§	210-850	Kaposvár	K-160	252	30	71,4	2
202-839	Mezőcsokonya	1	1615	99	54,5	a2§			280	29	60,7	2	
202-839	Mezőcsokonya	5	1680	92	48,2	a2§	214-851	Kaposvár	B-76	286	30	62,9	3
			1707	89	45,7	x2§	210-850	Kaposvár	K-161	270	29	63,0	1
			1750	93	46,9	a2§	215-851	Kaposvár	K-231	290	30	62,1	3
203-839	Mezőcsokonya	7	1698	93	48,3	a2§	219-850	Sántos	K-28	280	33	75,0	1
			1726	94	48,1	x2§	218-850	Kaposvár	K-156	285	32	70,2	1
204-839	Mezőcsokonya	9	1640	96	51,8	a2§	213-852	Kaposvár	K-154	300	33	70,0	1
			1651	96,5	52,1	x2§	218-851	Sántos	K-5	300	33	70,0	1
			1678	94	49,5	a2§	219-851	Sántos	K-6	305	33	68,9	1
			1727	95	48,6	x2§	219-850	Sántos	K-28	280	33	75,0	1
205-837	Mezőcsokonya	8	2240	118	47,8	a2§	215-851	Kaposvár	B-175	420	42	71,4	2
208-839	Mezőcsokonya	10	1614	92	50,2	x2§§	213-851	Kaposvár	B-69	1000	70	58,0	1§§
202-840	Mezőcsokonya	21	1685	97,5	51,0	x2§	212-885	Szigetvár	K-19	298	32	67,1	3
			1734	99	50,2	a2§§	212-883	Szigetvár	K-60	992	64	52,6	1§
			1769	105	52,6	x2§	213-884	Szigetvár	B-45	305	37	82,0	2
204-840	Mezőcsokonya	18	1718	96,5	49,5	x2§			349	40	80,2	2	
205-840	Mezőcsokonya	14	1673	95	49,6	x2§	213-884	Szigetvár	K-23	790	67	69,6	1§
			1715	101	51,9	x2§	214-885	Szigetvár	1-29	780	65	67,9	1§§
			1740	97	48,9	a2§	216-904	Sellye	1	1952	81	35,3	x2
			1796	99	48,4	x2§	216-906	Sellye	K-11	760	57	59,2	3§§
202-841	Mezőcsokonya	K-1	291	28	55,0	1	225-700	ács	1	1870	96	45,5	x2§§
209-846	Juta	B-5	330	32	60,6	1	226-745	Dudár	K-2a	250	13,3	12,0	3§§
209-850	Kaposnyilak	K-2	300	33	70,0	1§	223-819	Ándocs	B-2	260	28	65,4	1§§
209-850	Bárdudvarnok	K-2	309	32	64,7	1§§	224-830	Igal	B-6	360	54	119,4	3
208-886	Molvány	K-2	256	24	46,9	2§	224-830	Igal	B-1	610	87	124,6	1§§
206-886	Merenye	K-2	258	28	62,0	2§§			620	83	116,1	2	
			279	33	75,3	2§	228-846	Mosdós	K-2	337	32	59,3	2
204-890	Kisdobsza	1	2700	124	41,5	x2	221-849	Taszár	K-3	464	35	49,6	3
204-890	Pettend	1-19	640	49	57,8	3§§	221-848	Taszár	13-150	506	40	55,3	2§§
205-906	Felsőszentmárton	1	3365	168	46,4	x2§§	220-853	Sántos	K-17	259	28	61,8	2
211-718	Pannonhalma	B-6	423	33	52,0	b2§§			266	31	71,4	2	
210-733	Bakonyzentlászló	Bszl-6	387	30	51,8	b2	220-851	Sántos	K-4	290	32	69,0	1§
			533	33,2	42,6	b2§§	221-851	Sántos	K-7	290	31	65,5	1§
215-798	Balatonöszöd	?	280	29,5	67,9	b2§§	220-850	Sántos	K-14	300	32	66,7	1§
212-815	Somogytúr	K-3	249	23	48,2	1§§	220-853	Sántos	K-20	347	32	57,6	1§
215-839	Somogyaszaló	K-3	381	30	49,9	1§§	220-851	Sántos	K-10	210	25	61,9	1§§
210-844	Kaposvár	B-4/a	294	27	51,0	1§	220-850	Sántos	K-29	309	27	48,5	1§
212-848	Kaposvár	K-206	300	32	66,7	1§	224-851	Kaposkeresztúr	K-3	310	31	61,3	3
215-848	Kaposvár	K-218	250	31	76,0	1§	224-855	Kaposkeresztúr	K-10	280	29	60,7	3
215-848	Kaposvár	K-220	326	33	64,4	1§	227-885	Szentlőrinc	K-6	410	42	73,2	3
215-848	Kaposvár	K-15	312	32	64,1	1§§	228-886	Szentlőrinc	K-7	410	38	63,4	2§
215-849	Kaposvár	B-39	285	29	59,6	3			448	37	58,0	2§§	
215-849	Kaposvár	K-204	208	31	67,9	1§	238-698	Komárom	K-21	1263	62	40,4	1§§
211-848	Kaposvár	B-48/a	293	30	61,4	3	239-696	Komárom	B-62	1246	51	32,1	2
215-849	Kaposvár	K-208	310	34	71,0	1§	237-712	Nagyigmánd	K-15	287	25	48,8	2§§
213-846	Kaposvár	K-216	330	33	63,6	1§	231-748	Jásd	K-1	300	13	10,0	2§§
215-849	Kaposvár	K-196	347	29	49,0	2	233-824	Törökkoppány	?	248	30	76,6	b2§§
212-847	Kaposvár	K-210	360	36	66,7	1§	235-838	Nak	K-3	270	35	88,9	2§

235-838	Nak	K-3	272	29	66,2	2§§	241-879	Kövágóttötös	MePe-21	100	17	60,5	c2
233-837	Nak		348	28	48,9	b2§				200	20	45,0	c2
239-849	Dombóvár	B-46	400	38	65,0	1§§				300	24	43,3	c2
239-849	Dombóvár	B-45	480	39	56,3	3				400	30	47,5	c2
230-852	Nagyberki	K-2	265	28	56,4	1§§				500	33	44,0	c2
233-852	Nagyberki	K-5	380	35	60,5	3				600	36	41,7	c2
239-850	Kaposzsekcső	K-9	323	29	52,6	2				680	39	41,2	c2
			371	28	43,1	2	241-879	Kövágóttötös	MePe-12	195	21,5	53,8	c3
239-850	Kaposzsekcső	K-7	408	36	58,8	3				295	25,0	47,5	c3
239-851	Kaposzsekcső	K-10	440	36	54,5	3				495	31,5	41,4	c3
238-865	Oroszló	K-2	395	35	60,8	3§§				695	35,0	34,5	c3
239-879	Kövágóttötös	MePe-19	100	16,0	50,0	c1				945	42,5	33,3	c3
			200	21,0	50,0	c1	241-880	Kövágóttötös	MePe-6	200	19,0	40,0	c3
			300	24,5	45,0	c1				300	24,0	43,3	c3
			400	28,0	42,5	c1				400	27,0	40,0	c3
			500	32,0	42,0	c1§				500	29,5	37,0	c3
			600	37,0	43,3	c1§				600	31,5	34,2	c3
			700	41,5	43,6	c1§				690	34,5	34,1	c3
			800	45,0	42,5	c1§§	242-880	Kövágóttötös	MePe-14	100	16,0	50,0	c3
230-887	Szentlőrinc	K-5	261	28	65,1	3				200	20,0	45,0	c3
230-887	Szigetvár	K-26	250	31	80	2				400	26,0	37,5	c3
231-886	Szentlőrinc	K-9	330	26	45,5	1§§				500	30,0	38,0	c3
240-697	Komárom	B-62	1090	51	36,7	1§§				600	33,0	36,7	c3
249-698	Almásfűzitő	K-65	328	25	42,7	2				700	37,0	37,1	c3
247-733	Mór	K-82	457	25	32,8	2§§				800	40,0	36,3	c3
249-803	Felcsőnyék	K-2	250	28	68	1§§				890	43,0	36,0	c3
241-845	Dombóvár	?	270	34	81,5	b2	242-880	Kövágóttötös	MePe-18	200	20,5	47,5	c3
247-842	Döbrököz	K-12	250	31	76,0	2				300	26,5	51,7	c3
244-844	Dombóvár	K-55	273	30	65,9	1				400	32,0	52,5	c3
246-846	Mágócs	K-9	237	31	80,2	2				500	37,0	52,0	c3
			298	28	53,7	2				600	40,0	48,3	c3
243-846	Dombóvár	K-54	640	52	62,5	2				700	43,0	45,7	c3
			788	61	62,2	1§§				800	46,6	44,5	c3
241-846	Dombóvár	K-60	740	59	63,5	2				900	51,3	44,8	c3
			1190	63	42,9	2				950	52,0	43,2	c3
245-850	Mágócs	K-13	350	40	80,0	3§§	243-880	Kövágóttötös	MePe-22	160	19,0	56,3	c3
242-865	Liget	K-4	302	29	59,6	3				260	23,3	51,2	c3
248-868	Komló	K-56	339	34	67,8	2				360	29,0	52,8	c3
240-869	Magyarnertelend	K-1	480	43	66,7	3				460	33,8	51,7	c3
244-869	Magyarszék	K-6	599	41	50,1	2§§				660	40,5	46,2	c3
246-870	Mánfa	B-2	425	52	96,5	2				860	47,0	43,0	c3
245-870	Magyarszék	K-4	400	36	62,5	3				900	49,0	43,3	c3
248-872	Sikonda	K-6	599	42	51,8	2§§	244-880	Kövágóttötös	MePe-9	300	23,0	43,3	c3
240-879	Kövágóttötös	MePe-20	100	15	40,0	c1				400	25,5	38,8	c3
			200	18	35,0	c1				500	33,0	46,0	c3
			300	22	36,7	c1				600	35,5	42,5	c3
			400	28	42,5	c1				700	40,5	43,6	c3
			504	32	41,7	c1§				800	44,5	43,1	c3
			605	36	41,3	c1§	244-880	Kövágóttötös	MePe-1	100	15,5	55,0	c3
			708	40	41,0	c1§§				200	18	40,0	c3
			809	44,5	41,4	c1§				300	21	36,7	c3
			910	47	39,6	c1§				400	23	32,5	c3
			961	50	40,6	c1§				500	25	30,0	c3

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
244-880	Kővágóóttös	MePe-1	600	27,7	29,5	c3	244-880	Kővágóóttös	MePe-7	220	21,5	47,7	c3
			700	29,5	27,9	c3				320	25,5	45,3	c3
			782	31	26,9	c3				420	29,0	42,9	c3
244-881	Kővágóóttös	MePe-2	100	13	30,0	c3				520	32,0	40,4	c3
			200	15	25,0	c3				620	35,0	38,7	c3
			300	17	23,3	c3				720	39,5	39,6	c3
			400	19,5	23,8	c3				820	43,0	39,0	c3
			500	21,3	22,6	c3				920	47,0	39,1	c3
			600	24,7	24,5	c3	244-880	Kővágóóttös	MePe-5	100	20,5	105,0	c3
			750	30,7	27,6	c3				300	25,5	51,7	c3
246-881	Kővágóóttös	MePe-11	100	13,5	35,0	c2				400	28,0	45,0	c3
			200	16,0	30,0	c2				600	36,0	43,3	c3
			300	18,3	27,7	c2				700	39,5	42,1	c3
			400	21,1	27,8	c2				800	42,0	40,0	c3
			500	24,1	28,2	c2§§	244-880	Kővágóóttös	MePe-15	175	19,5	54,3	c3
			600	26,6	27,7	c2§				275	20,0	36,4	c3
			700	30,0	28,6	c2§				375	22,0	32,0	c3
246-881	Kővágóóttös	MePe-4	100	17,8	78,0	c3				475	24,0	29,5	c3
			200	20,5	52,5	c3				575	27,5	30,4	c3
			300	23,0	43,3	c3				675	36,5	39,3	c3
			400	25,3	38,3	c3	247-884	Pécs	B-27	255	31	74,5	3
			500	28,9	37,8	c3	249-884	Pécs	K-80	249	28	64,3	1
			600	32,0	36,7	c3	241-891	Gyód	K-1	280	29	60,7	3§§
			700	35,3	36,1	c3	244-915	Drávaszabolcs	K-10	700	34	31,4	2§§
246-883	Kővágóóttös	MePe-16	200	17,8	34,0	c3	252-705	Tata	K-28	550	27	29,1	2§
			300	20,3	31,0	c3	252-705	Tata	K-28a	1249	34	18,4	2§
			400	23,8	32,0	c3	253-709	Tata	33	870	27	18,4	b2§§
			500	27,5	33,0	c3	255-706	Tata	30	546	34	42,1	b2§§
246-883	Kővágóóttös	MePe-3	100	12	20,0	c3	255-723	Oroszlány	K-6	739	20,9	14,9	3§§
			200	15	25,0	c3	251-747	Fehérvárcsurgó	K-5	270	26	59,3	3§§
			300	17,5	25,0	c3	251-799	Mezőkomárom	8	250	27	64	b1§
			400	20	25,0	c3	253-798	Mezőkomárom	K-7	280	32	75	1§
			450	22	26,7	c3	254-798	Lajoskomárom	B-11	426	41	70,4	1§§
246-884	Kővágóóttös	MePe-10	100	13	20,0	c3	259-805	Ozora	K-9	270	24	48,1	1§§
			200	15	20,0	c3	251-820	Tamási	B-41	415	37	62,6	1
			300	20	30,0	c3	252-823	Tamási	K-27	248	32	84,7	2
			400	22	27,5	c3	251-821	Tamási	K-35	1700	116	61,8	2§§
			500	24	26,0	c3				1823	114	56,5	b2§
246-884	Kővágóóttös	MePe-8	420	28,5	41,7	c3	255-838	Kurd	3	53	11,6	11,3	c2
			520	29,5	35,6	c3				109	14,6	33,0	c2
			620	36,5	41,1	c3				166	18,1	42,8	c2
			720	40,5	41,0	c3				222	22,6	52,3	c2
			120	17,0	50,0	c3				280	27,3	58,2	c2§
			220	20,5	43,7	c3				338	32	62,1	c2§§
			310	23,2	39,4	c3				397	36	63,0	c2§
			420	28,0	40,5	c3				448	40	64,7	c2§
			520	27,5	31,7	c3	256-848	Lengyel	K-6	500	36	48,0	2§§
			620	36,5	41,1	c3	253-868	Komló Zabák akna		347,7	25,5	41,7	c1
247-884	Kővágóóttös	MePe-11	300	25,0	46,7	c3				361,7	25,6	40,4	c1
			400	28,3	43,1	c3				368,4	26,9	43,2	c1
			500	31,9	41,8	c3				402,8	28,1	42,5	c1
			600	35,8	41,1	c3				412,8	28,5	42,4	c1
			740	40,0	39,7	c3				418,4	28,9	42,8	c1
244-88c	Kővágóóttös	MePe-7	120	18,0	58,1	c3				426,6	29,1	42,4	c1

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
253-868	Komló Zobák akna		430,7	29,2	42,3	c1	266-863	Hidas	B-3	304	28	55,9	36\$
			434,2	29,6	42,8	c1	264-906	Villány	B-12	599	22	16,7	16\$
			450,1	30,2	42,7	c1	278-701	Tokod	K-2	305	19,5	29,5	3
			473,4	31,1	42,5	c1	274-706	Nagysáp	?	422	39	66,4	b2\$
			493,2	32,2	43,0	c1	279-727	Bicske	18	426	33	51,6	b2
			501,4	33,0	43,9	c1\$	277-724	Bicske	B-2	391	15,5	14,1	3
			510,3	33,0	43,1	c1\$	276-721	Bicske	K-22	250	17	28,0	16\$
			518,7	33,3	43,0	c1\$	278-758	Agárd	K-149	907	64	58,0	26\$
			533,1	34,0	43,1	c1\$	274-768	Seregélyes	B-13	313	31	63,9	2
			540,6	34,5	43,5	c1\$				360	28	47,2	2
			546,6	35,8	45,4	c1\$	275-767	Seregélyes	K-23	484	31	41,3	16\$
			551,0	36,0	45,4	c1\$	272-806	Simontornya	?	335	35	71,6	b2\$
			555,6	36,5	45,9	c1\$	273-807	Simontornya	B-21	282	29	63,8	3
			561,1	36,5	45,4	c1\$	271-807	Simontornya	B-29	270	35	88,9	3
			564,2	36,5	45,2	c1\$	272-806	Simontornya	16-12	415	40	69,9	26\$
			567,5	36,5	44,9	c1\$	279-810	Vajta	B-4	824	53	51	26\$
			570,0	37,0	45,6	c1\$	274-840	Felsőnána	K-4	251	26	55,8	16\$
			573,0	37,0	45,4	c1\$	277-887	Székelyszabar	K-2	245	26	57,1	26\$
			580,0	37,0	44,8	c1\$	274-903	Majs	K-1	350	41	82,9	16\$
		258-872	Hosszúhetény felvonóakna		107,3	14,9	36,3	c2	285-691	Esztergom	B-5	323	29,3
							284-698	Dorog	B-1	374	20,2	24,1	36\$
	113,2			15,3	38,0	c2	284-699	Dorog	B-4	378	18,9	21,2	36\$
	119,6			15,0	33,4	c2	283-703	Csolnok	?	451	31	46,6	b2\$
	138,5			16,1	36,8	c2	286-725	Bia	K-4	355	32	61,1	1
	193,0			16,7	29,5	c2	287-724	Bia	K-3/a	800	43	41,3	3
	215,0			17,8	31,6	c2	284-728	Etyek	K-3	527	32	41,8	b2\$
	222,0			17,8	30,6	c2	286-726	Etyek	K-1	371	30,1	54,2	3
	239,0			18,4	31,0	c2	280-737	Vál	3	285	21	38,6	2
	253,0			18,6	30,0	c2				783	38	35,8	26\$
	269,0			18,8	29,0	c2				900	48,5	42,8	26\$
	278,0			19,6	30,9	c2	288-745	Martonvásár	47	260	28	65,4	b2\$
	338,0			21,3	30,5	c2	281-751	Kápolnásnyék	B-40	244	24	53,3	16\$
	489,0			28,0	34,8	c2	288-767	Pusztaszabolcs	K-20	270	23	44,4	16\$
	492,0			28,1	34,8	c2	287-811	Németskér	B-6	265	30	67,9	3
	495,0			28,1	34,5	c2	280-810	Vajta	B-4	824	53	49,8	26\$
	498,0			28,2	34,5	c2	284-854	Szekszárd	K-72	260	33	84,6	36\$
	513,0			28,3	33,7	c2\$	286-881	Dunaszekcső	K-10	267	25	48,7	36\$
	524,0			29,4	35,1	c2\$	287-886	Dunaszekcső	B-4	294	30	61,2	36\$
251-873	Mánfa			B-42	337	26	44,5	3	293-667	Perőcsény	K-2	283	28
259-887	Hasságy	K-1	298	34	73,8	2	294-723	Páty	12-74	400	45	87,5	2
257-883	Ellend-Romonya	K-1	1442	92	55,5	26\$	298-729	Törökbalint	19	470	33	48,9	b2
257-896	Újpetre	K-2	450	44	71,1	16\$	291-727	Biatorbágy	3	764	39	38	b2\$
255-899	Újpetre	K-3	266	34	82,7	3	299-730	Törökbalint	18	583	28	30,9	b2\$
26-70	Tarján	T-9	468	32	44,9	b2\$	290-740	Martonvásár	K-37	250	25	56,0	16\$
268-711	Tarján	B-5	552	18,2	12,7	36\$	292-742	Martonvásár	K-47	260	26	57,7	16\$
268-712	Tarján	B-7	287	14,4	11,8	3	298-741	Érd	31	250	29	72,0	b2
263-737	Csákvár	I	275	29	69,1	b2\$	299-781	Dunaujváros	K-21	550	48	67,3	16\$
266-735	Csákvár	K-17	415	25	33,7	26\$	299-782	Dunaujváros	K-36	380	31	52,6	2
260-758	Székesfehérvár	Sitáry-kut	1100	41	27,3	b2\$	293-795	Előszállás	K-6	260	26	53,9	16\$
							299-801	Dunaföldvár	B-32	400	33	52,5	2
261-792	Dég	K-11	250	25	56	16\$				599	32	33,4	26\$
261-803	Mezőszilas	K-9	270	24	48,2	16\$	294-822	Paks	B-54	345	33	60,9	36\$
268-805	Igar	K-6	275	36	90,9	2	298-886	Nagybaracska	2-100	400	42	75,0	36\$
263-815	Pincehely	K-7	250	31	80,0	16\$	298-890	Dávod	K-50	385	44	83,1	1
263-843	Tevel	K-3	300	31	63,3	16\$	298-890	Dávod	K-47	400	41	72,5	2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
298-890	Dávod	K-47	680	44	47,1	255	329-837	Kecel	/telep/	1059	58,3	43,5	x3
301-694	Visegrád	K-7	1301	74	49,2	155				1043	53,8	40,1	x3
308-714	Bp. Csillaghegy	B-5	500	24,2	28	355				970	59	48,5	x3
309-719	Bp. Latorca u.	B-43	268	46	134,3	2	338-705	Aszód	B-37	250	16	20,0	155
309-720	Budapest	B-43	260	43	126,5	2	331-713	Gödöllő	B-74	1260	60	38,9	255
			268	46	133,2					1773	77	37,2	1
308-721	Budapest	B-20	310	74	206,4	3	334-733	Gyömrő	B-10	350	32	60,0	255
308-727	Budapest	B-15	530	53	81,1	355	33-79	Izsák	/telep/	1005	72	59,7	x355
307-734	Bp. Budafok	B-68	2001	63	26,0	255	331-800	Izsák	K-1176	358	36	67,0	355
306-741	Szigetszentmiklós	K-30	290	19	27,6	25	338-815	Kaskantyu	1	1153	77	56,4	255
305-740	Szigetszentmiklós	K-32	270	23	44,4	255	337-849	Kiskunhalas	2	1069	71	55,2	255
301-759	Ráckeve	K-59	940	47	38,3	25	335-867	Mélykut	B-21	671	43	46,2	155
			1059	71	56,7	255	341-660	Szécsény	1?	785	37	34,4	x255
300-782	Dunaujváros	K-21	750	48	48,0	255	348-711	Tura	K-50	1990	102,4	46,2	355
305-805	Solt	K-166	270	32	81,5	3	346-739	Bénye	B-4	470	40	61,7	255
300-800	Dunaföldvár	B-24	530	37	47,2	355				479	37	54,3	25
309-813	Harta	K-37	309	32	64,7	355	342-743	Monor	K-209	630	44	52,4	355
304-832	Kalocsa	K-107	318	34	69,2	355	348-776	Lajosmizse	K-63	700	47	50,0	255
310-699	Leányfalu	B-4	862	60,1	58,1	3	348-775	Lajosmizse	K-85	335	29	50,7	3
314-693	Vác	B-58	1098	42	29,1	255	349-815	Orgovány	Org D-2	1381	91,6	57,6	x255
			1177	42	27,2	b25	346-823	Böcsa	1	1520	96	55,3	x255
311-703	Szentendre	Sze-2	490	29,2	39,2	b3				1815	122	60,6	x25
311-703	Szentendre	K-35	1512	65	36,4	355	345-837	Kiskunhalas	EK-64	2080	130	56,7	x2
310-713	Bp. Békásmegyér	B-1	556	26,6	28,8	35	346-837	Kiskunhalas	EK-66	2041	129	57,3	x2
312-717	Bp. Tungaram		618	31	32,4	x255	349-835	Tázlár	1	1459	88	52,1	a25
313-726	Bp. Népliget	B-88	1883	66	29,2	2				1871	116	55,6	x2
314-725	Budapest	B-63	701	40	41,4	2				1857	111	53,3	x2
			524	35	45,8	2	349-835	Tázlár	1	2156	136	57,5	x2
317-726	Bp. X. ker.	B-104	415	36	60,2	2	347-835	Tázlár	5	2182	138	57,5	x2
311-722	Budapest	B-21	900	81	77,8	155	347-835	Tázlár	6	114	14,6	22,8	c2
311-721	Budapest	B-13	1250	78	60,2	3				222	16,6	20,7	c2
315-721	Budapest	B-24	1395	75	45,9	155				323	20,4	26,0	c2
312-733	Budapest	B-10	1120	55,5	39,7	25				419	24,2	29,1	c2
			1144	47	31,5	255				521	28,2	31,1	c25
312-733	Budapest	B-19	1130	51	35,4	3				622	32,6	33,1	c25
316-760	Bugyi	Bu-1	279	20	32,3	x355				720	36,4	33,9	c25
325-716	Kerepes	B-8	410	25	34,1	2				818	39,6	33,7	c25
325-718	Kistarcsa	K-7	296	25	47,3	2				912	44,6	35,7	c25
325-716	Kerepes	B-9	310	30	61,3	2				1021	49,2	36,4	c255
325-719	Kistarcsa	B-9	520	35	46,2	155				1120	53,0	36,6	c25
324-735	Vecsés	B-35	298	22	36,9	255				1219	57,2	37,1	c25
327-812	Soltszentimre	Solti-3	1070	69	52,8	x255				1318	64,4	39,9	c25
327-820	Kiskőrös	K-1081	920	64	56,5	25				1420	73,4	43,2	c25
			1018	81	67,8	255				1520	79,4	44,3	c2
329-828	Soltvadkert	/telep	886	69	64,3	x3				1622	84,6	44,8	c2
			860	57	52,3	x3				1722	92,4	46,7	c2
			860	67	64,0	x3				1822	98,4	47,4	c2
327-830	Kecel	B-2	700	48	51,4	2				1922	104,6	48,2	c2
			941	65	56,3	155				2024	111,8	49,3	c2
328-830	Soltvadkert	9	976	65	54,3	x2				2074	117,2	50,7	c2
			996	70	58,2	x2	348-835	Tázlár	19	1838	118	57,7	x2
			953	70	60,9	x2				1650	98	52,1	x2
329-837	Kecel	/telep	1458	91,1	54,3	x3				1930	116	53,9	x2
			1227	65,5	43,6	x3	348-834	Tázlár	15	1465	87	51,2	x255
			1128	67,7	49,4	x3	345-839	Kiskunhalas	EK-1	2015	118	52,6	x2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
342-842	Kiskunhalas	B-20	973	65	54,5	2§	357-830	Szank	12	1796	101	49,6	x2
342-842	Kiskunhalas	B-100	867	56	50,7	2§§	359-830	Szank	11	1780	102	50,6	x2
343-848	Kiskunhalas	7	1122	66	48,1	a2§	359-831	Szank	17	1696	96	49,5	a2
342-848	Kiskunhalas	4	1128	66	47,9	x2§				1685	104	54,6	x2
344-849	Kiskunhalas	3	1130	62	44,2	x2§				1706	102	52,8	x2
342-849	Kiskunhalas	1	1075	62	46,5	x2§§	357-830	Szank	21	1839	109	52,7	x2
			1929	109	50,3	x2				1790	110	54,7	a2
			1660	91	47,6	x2	358-832	Szank	30	1883	114	54,2	x2
342-850	Kiskunhalas	5	1052	58	43,7	x2§§	359-832	Szank	29	1783	106	52,7	a2
357-657	Sóshartyán	3	1100	56	41,8	x2§§	356-831	Szank	45	1290	71	45,7	x2§§
354-657	Sóshartyán	2	1084	46	33,2	x2§	350-835	Tázlár	4	1842	107	51,6	x2
			1121	53	38,4	x2§§				1874	113	53,9	a2
357-675	Pásztó	K-5	417	32	52,4	3§	350-835	Tázlár	4	1842	114	55,4	x2
356-674	Pásztó	K-3	333	35	75,1	1§§				1444	87	51,9	x2§§
355-699	Lőrinci	K-11	267	32	81,5	3				1853	111	53,4	a2
355-693	Lőrinci	K-22	1198	78	56,8	2§§				1865	119	57,4	x2
354-706	Hatvan	B-145	1056	54	40,7	2§§				1870	116	55,6	x2
355-721	Tóalmás	K-19	820	53	51,2	3§§	351-835	Tázlár	9	1725	109	56,2	x2
356-721	Tóalmás	3	1851	101	48,6	x2				1845	116	56,4	x2
358-732	Nagykátá	1	2651	139	48,3	x2§§	351-834	Tázlár	11	1895	109	51,2	a2
			2667	105	35,3	x2§	350-835	Tázlár	22	1795	114	56,8	a2
353-744	Pánd	1	1119	70	52,7	x2§§	354-847	Zsana	1	1849	85	39,5	x2§§
			1352	72	45,1	x2	355-843	Eresztő	8	1829	101	48,7	x2
352-751	Albertiraa	B-60	631	48	57,1	1§§				1875	110	52,3	x2
358-783	Nagykőrös	NkU-1	1530	86	48,4	x2	355-844	Eresztő	6	1832	107	51,9	x2
			1625	84,4	44,6	x2				1905	115	54,1	x2
			1492	81,1	46,3	x2§§				1650	109	58,8	x2
358-783	Nagykőrös	NkU-2	1197	69	47,6	x2§	356-841	Eresztő	7	1828	113	55,3	x2
357-790	Kecskemét	B-783	900	55	47,8	1§§	356-852	Öttömös	3	1002	59	46,9	a2§
358-790	Kecskemét	B-795	596	38	43,6	2				1424	77	45,7	x2§§
			699	38	37,2	2	356-853	Öttömös	7	952	52	42,0	x2§
352-805	Jakabszállás	1	1640	83	43,3	x2	358-866	Kelebia	1	1018	73	59,9	x2§§
			950	54	44,2	x2§§	358-866	Kelebia	2	1040	73	58,7	x2§
359-810	Bugac	1	1530	95	54,3	x2§§	354-870	Kelebia	21	806	54	52,1	a2§
			1618	101	55,0	x2	354-870	Kelebia	22	809	56	54,4	a2§
358-829	Szank	4	1789	109	54,2	x2§	353-870	Kelebia	11	827	61	59,3	a2§
356-829	Szank	3	1872	112	53,4	x2§	354-870	Kelebia	12	764	56	57,6	x2§
355-829	Szank	16	1890	115	54,5	x2§	354-870	Kelebia	7	852	61	57,5	x2§§
353-828	Szank	14	1842	105	50,5	a2§	362-659	Salgótarján	B-43	300	26	53,3	2§
			1899	110	51,6	x2§	362-656	Salgótarján	K-45	300	25	50,0	2§§
			2239	127	51,4	x2§	362-655	Salgótarján	B-48	300	25	50,0	2§
359-829	Szank	13	1885	116	55,2	x2§	367-664	Kisterenye	K-14	373	27	45,6	2§
357-829	Szank	9	1870	111	52,9	x2§§	365-663	Kisterenye	K-23	380	28	47,4	2§§
			1698	101	52,4	x2§	364-702	Hort	B-13	470	35	55,3	2§§
			1868	108	51,4	x2§	365-716	Puzstamonostor	K-33	368	30	51,6	3§§
357-829	Szank	B-25	460	32	43,5	1	365-740	Tápiószentmárton	K-34	860	60	55,8	3§§
359-828	Szank	52	1961	117	53,5	a2§	366-740	Tápiószentmárton	1	2164	119	49,4	x2
358-828	Szank	25	1892	106	49,7	x2§				2739	127	42,0	x2
359-829	Szank	24	1805	110	54,3	x2§	366-758	Cegléd	B-209	360	32	55,6	1
358-829	Szank	23	1879	116	55,4	a2§	368-753	Cegléd	K-282	380	31	50,0	2
358-830	Szank	8	1874	115	55,0	a2				412	37	60,7	2
356-830	Szank	7	1112	62	45,0	x2§	366-756	Cegléd	B-280	418	33	50,2	1
357-830	Szank	6	1829	100	48,1	x2	367-759	Cegléd	B-288	553	43	56,1	1§
357-830	Szank	6	1842	111	53,7	x2	368-754	Cegléd	K-272	705	50	53,9	1§§
			1850	107	51,4	x2	366-759	Cegléd	B-176	1166	71	50,6	1§§
357-830	Szank	12	1767	105	52,6	x2	368-754	Cegléd	K-259	1210	74	51,2	3

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
364-756	Cegléd	K-241	1350	78	48,9	155	360-830	Szank	77	1634	92	49,0	x2
369-757	Cegléd	K-320	289	29	58,8	1				1845	111	53,7	x2
365-769	Cegléd	2	1697	112	58,9	x255	360-830	Szank	73	1775	108	54,1	x2
365-761	Cegléd	B-302	493,7	40	56,7	1	360-830	Szank	72	1883	114	54,2	x2
369-773	Nagykőrös	K-662	250	27	60	3	360-830	Szank	71	1890	114	54,0	x2
365-774	Nagykőrös	B-648	900	55	47,8	155	360-830	Szank	93	1870	109	51,9	x2
365-779	Nagykőrös	NkU-3	1105	57	40,7	x25	360-830	Szank	92	1860	109	52,2	x2
364-780	Nagykőrös	NkU-4	1284	82	56,1	x25	360-830	Szank	90	1898	105	49,0	x2
			1423	82	49,2	x25	360-830	Szank	89	1844	108	52,1	a2
365-781	Nagykőrös	NkU-5	1284	74	48,3	x25	360-830	Szank	109	1914	114	53,3	x2
			1327	81	52,0	x255	360-830	Szank	107	1900	111	52,1	x2
360-790	Kecskemét	K-860	994	46	34,4	255	362-833	Szank	106	1895	109	51,2	x2
361-797	Kecskemét	K-861	445	43	67,4	2	360-830	Szank	105	1880	111	52,7	x2
367-795	Nyárlőrinc	B-20	298	23	36,9	1	360-830	Szank	104	1834	108	52,3	x2
367-795	Városföld	K-19	400	27	37,5	1	360-830	Szank	99	1870	101	47,6	x2
360-801	Kecskemét	KecsD-5	1543	76,6	41,9	x255	360-830	Szank	97	1885	107	50,4	x2
369-811	Klakunfélegyháza	B-93	1380	63	37,0	355	360-830	Szank	96	1902	106	49,4	x2
360-829	Szank	19	1825	109	53,2	x255	365-853	Ruzsa	8	2300	135	55,3	x25
361-828	Szank	43	1875	111	52,8	a25				2700	139	47,0	x255
362-829	Szank	42	1859	112	53,8	x25	360-865	Kelebia	5	1090	79	61,5	x25
360-830	Szank	40	1876	115	54,9	a2	360-865	Kelebia	10	1074	80	63,3	x255
360-830	Szank	38	1770	108	54,2	x2	366-872	Ásotthalom	14	1072	81	64,4	x25
			1790	100	49,2	x2	365-873	Ásotthalom	10	1075	82	65,1	x25
			1848	111	53,6	x2	367-873	Ásotthalom	7	1076	83	66,0	x25
360-830	Szank	37	1750	110	56,0	x2	367-874	Ásotthalom	3	862	62	58,0	x25
			1833	109	52,9	x2				870	64	59,8	x25
360-830	Szank	34	1879	113	53,8	x2	365-873	Ásotthalom	2	1078	78	61,2	x25
			1784	109	54,4	x2	366-872	Ásotthalom	25	1073	78	61,5	x25
			1899	118	55,8	x2	365-872	Ásotthalom	24	1040	74	59,6	x25
360-830	Szank	32	1880	116	55,3	x2	367-872	Ásotthalom	22	1076	81	64,1	x25
360-830	Szank	31	1883	116	55,2	x2	366-873	Ásotthalom	21	1070	82	65,4	x25
360-830	Szank	20	1870	111	52,9	a2	366-873	Ásotthalom	19	1060	79	63,2	x25
361-831	Szank	27	1670	101	53,3	x2	366-873	Ásotthalom	18	1062	83	66,9	x25
360-832	Szank	28	1765	102	51,0	x2				1063	84	67,7	x25
361-833	Szank	44	1834	108	52,3	x2	366-873	Ásotthalom	17	1057	76	60,6	x25
360-830	Szank	49	1881	110	52,1	x2				1056	82	66,3	x25
362-831	Szank	46	1776	105	52,4	x2	365-872	Ásotthalom	16	1078	82	64,9	x25
360-830	Szank	68	1862	116	55,9	a2				1079	81	64,0	x255
360-830	Szank	67	1880	118	56,4	x2				1066	78	61,9	x25
360-830	Szank	65	1826	115	56,4	a2	366-873	Ásotthalom	15	1053	82	66,5	x25
360-830	Szank	64	1780	109	54,5	x2				1052	80	64,6	x25
360-830	Szank	59	1885	108	50,9	a2				1052	82	66,5	x25
360-830	Szank	58	1872	116	55,6	a2	373-663	Honoktereny	K-3	260	26	61,5	255
360-830	Szank	55	1843	114	55,3	x2	375-662	Mátranavák	B-9	390	28	46,2	25
360-830	Szank	41	1090	62	45,9	a25	374-662	Mátranavák	K-4	360	26	44,4	25
			1145	66	47,2	a255	374-696	Gyöngyöshalász	B-16	278	29	64,7	2
			1215	70	47,7	a25				280	33	78,6	2
360-830	Szank	85	1871	107	50,8	x2	373-696	Gyöngyöshalász	K-21	290	29	62,1	2
362-831	Szank	81	1915	111	51,7	a2				310	27	51,6	2
362-833	Szank	80	1856	113	54,4	x2	373-695	Gyöngyöshalász	K-17	345	30	55,1	1
360-830	Szank	79	1898	114	53,7	a2	372-698	Atkár	K-18	373	34	61,7	15
360-830	Szank	78	1805	113	56,0	x2	373-697	Gyöngyöshalász	B-24	382	34	60,2	155
			1876	107	50,6	x2	37-69	Gyöngyöshalász	K-13	810	59	59,3	2
			1876	114	54,4	x2	374-703	Vámoagyörk	B-17	370	34	62,1	3
			1892	103	48,1	x2	377-706	Jászarokszallás	K-59	320	34,1	72,2	2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
377-706	Jászárokszállás	K-59	350	44	94,3	2	385-673	Recak	K-3	998	48	38,1	155
378-701	Adács	B-20	390	34	59,0	155	385-675	Recak	Rm-15	35	18,2	234,3	c2
371-718	Jászberény	K-556	270	25	51,8	355				100	20,9	108,5	c2
377-710	Jászárokszállás	B-61	319	30	59,6	355				200	24,3	71,3	c2
378-725	Jászberény	K-538	265	28	64,2	1				300	27,4	58,0	c2
371-725	Jászberény	K-553	385	32	54,5	3				400	30,7	51,8	c2
373-722	Jászberény	B-415	730	50	52,2	155				500	34,2	48,4	c2
			804	53	52,2	2				600	37,4	45,7	c2
374-728	Jászberény-1		110	16,8	52,7	c2				700	40,3	43,3	c2
			213	21,0	46,9	c2				800	43,2	41,5	c2
			312	25,2	45,5	c2				825	44,0	41,2	c2
			412	33,2	53,9	c2	386-673	Recsk	Rm-8	50	20,8	216,0	c2
			511	40,4	57,5	c25				100	22,6	126,0	c2
			610	45,4	56,4	c25				200	26,2	81,0	c2
			712	49,8	54,5	c255				300	29,7	65,7	c2
			811	55,4	54,7	c25				400	32,8	57,0	c2
			910	60,4	54,3	c25				500	35,2	50,4	c2
			1012	65,6	54,0	c25				600	38,9	48,2	c2
			1111	70,8	53,8	c25				700	42,0	45,7	c2
			1209	75,2	53,1	c25				800	45,0	43,8	c2
			1225	75,6	52,7	c25				876,5	47,0	42,2	c2
371-724	Jászberény	15-132	799	50	48,8	2	387-682	Kisnána	K-3	290	28	58,6	1
370-736	Farmos	1	1316	79	51,7	x255	388-686	Domoszló	B-6	260	33	84,6	2
379-749	Ujszilvás	K-17	295	38	88,1	2				514	41	58,4	25
377-740	Tápiógyörgye	K-7	332	30	54,2	3	389-688	Verpelét	Verp5-5	1252	68	45,5	x255
371-741	Tápiószele	B-15	340	33	64,7	3				940	51	42,6	x25
371-741	Tápiószele	B-12	339	30	53,1	3	387-695	Detk	B-17	320	29	56,3	155
374-749	Ujszilvás	B-18	355	30	50,7	155	388-702	Nagyfüged	B-8	330	33	66,7	1
376-741	Tápiógyörgye	B-9	440	37	56,8	3	381-708	Vizsnek	K-12	310	31	64,5	2
372-758	Cegléd	K-295	333	31	57,1	155				315	34	73,0	2
375-759	Cegléd	K-175	320	29	53,1	3	380-708	Jászárokszállás	B-62	696	60	70,4	155
377-766	Törtel	/telep/	1003	60	47,9	x355	389-706	Zaránk	K-6	260	28	65,4	1
			1520	86	48,7	x3	387-710	Erk	K-19	322	32	65,2	155
370-772	Nagykörös	K-658	300	31	63,3	155	386-710	Erk	B-18	330	29	54,5	2
373-793	Nyárlőrinc	B-20	298	23	36,8	155	380-714	Jászdózsa	K-10	351	33	62,7	155
378-801	Tiszaalpár	K-19	306	30	58,8	355				376	36	66,5	2
373-829	Csengele	K-33	476	30	37,8	1	384-711	Tarnaörs	B-5	370	36	67,6	155
373-825	Pálmonostora	1	2221	114	45,9	x255	381-715	Jászdózsa	B-11	400	35	60,0	155
374-833	Kömpöc	1	2674	124	41,9	x255	380-724	Jásztelek	B-11	350	28	48,6	155
			2937	149	46,6	x25	383-725	Jásztelek	K-12	390	33	56,4	155
378-846	Forráskút	1	1778	85	41,1	x255	387-735	Jász sztyörgy	K-19	540	44	61,1	155
			3500	147	38,6	x25	385-736	Jánoshida	B-12	548	44	60,2	155
370-853	Ullés-felső	UF-11	1111	72	54,0	x255	381-738	Jászboldogháza	B-31	557	44	59,3	155
370-853	Ullés-felső	UF-10	1117	74	55,5	x25	380-738	Jászboldogháza	K-32	580	45	58,6	3
370-852	Ullés-felső	UF-9	1144	72	52,5	x25	388-739	Jászsósztgyörgy	K-21	604	41	49,7	3
370-854	Ullés	1	1960	102	45,9	x2							
372-852	Ullés	5	1808	118	58,6	x2	383-731	Alattyán	B-8	640	47	56,3	2
372-853	Ullés	7	2008	127	57,3	x2				686	54	62,7	2
			2002	134	60,9	x2	385-732	Alattyán	K-7/a	718	51	55,7	155
376-850	Forráskút	K-15	2586	165	59,1	2	389-737	Jászsósztgyörgy	B-20	756	57	60,9	155
378-854	Bordány	K-4	425	31	44,7	1							
377-850	Forráskút	K-11	1767	99	49,2	1	387-735	Jászsósztgyörgy	K-22	750	54	57,3	2
374-865	Mórahalom	B-13	620	43	50,0	355							
386-657	Susa	K-1	1530	80	45,8	255				845	74	74,6	2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
386-747	Ujzásás	B-20	290	31	65,5	1	399-704	Heves	K-43	620	45	54,8	3
387-746	Ujzásás	B-21	640	48	56,3	2	391-719	Jászapáti	K-31	432	35	55,6	2
			666	64	78,1	2				460	40	63,0	2
387-743	Szászberek	K-10	745	50	51,0	1§§	393-713	Jászsztandrás	B-49	480	39	58,3	3
388-751	Zagyvarékas	K-7	620	47	56,5	3	399-719	Jászivány	K-43	590	41	50,8	2
389-751	Zagyvarékas	K-9	690	51	56,5	2				590	49	64,4	2
			720	59	65,3	2	393-713	Jászsztandrás	B-3	600	50	65,0	1§§
384-758	Abony	K-52	550	42	54,6	1§	391-720	Jászapáti	B-16	460	40	63,0	2
383-758	Abony	B-51	629	52	63,6	1§				560	40	51,8	2
383-757	Abony	B-44	630	48	57,1	1§§	390-723	Jászapáti	K-27	470	38	57,4	3
381-758	Abony	B-17	701	52	57,1	1§	393-724	Jászapáti	K-30	530	41	56,6	3
381-760	Abony	K-56	277	27	54,1	2	393-723	Jászapáti	K-52	540	42	57,4	1§§
385-762	Abony	K-43	334	30	53,9	3	391-720	Jászapáti	B-53	747	52	54,9	1§
382-761	Abony	1	2123	118	49,9	x2§	391-722	Jászapáti	B-15	805	58	58,4	1§
			2321	133	52,1	x2§§	394-726	Jászkisér	K-34	847	58	55,5	1§§
			2021	131	58,9	x2§	395-727	Jászkisér	B-36	850	62	60,0	1§§
382-778	Jászkarajenő	/ telep/	1414	80	48,1	x3§§	397-726	Jászkisér	K-38	1224	78	54,7	1§
389-785	Tiszakécsake	B-72	880	55	48,9	2	396-729	Jászkisér	15-131	795	60	61,6	2
			980	64	53,1	1§§	391-738	Jászladány	K-24	310	31	64,5	3
387-787	Tiszakécsake	K-71	954	67	57,7	1§	395-730	Jászkisér	K-23	610	47	59,0	2
386-789	Lakitelek	K-68	1160	66	46,6	2	395-730	Jászkisér	K-33	665	46	52,6	2
			1081	74	57,4	2	393-733	Jászladány	K-16	830	65	65,1	2
381-789	Lakitelek	K-26	2048	115	50,3	2	392-739	Jászladány	K-19	847	54	50,8	1§
384-790	Lakitelek	K-29	880	61	55,7	2	396-737	Jászladány	K-21	864	56	52,1	1§§
			1025	63	49,8	2	394-738	Jászladány	B-23	867	58	54,2	1§§
381-790	Lakitelek	K-31	899	65	59,0	1§§	397-737	Jászladány	I	3645	196,1	50,8	x2
381-794	Lakitelek	K-28	1010	46	33,7	2		/Jászág/		2666	153,3	53,4	x2
			1200	58	38,3	2				2447	132,2	49,5	x2
385-802	Bokros	K-22	260	21	34,6	3§§	390-748	Zagyvarékas	B-8	680	51	57,4	2
384-834	Balástya	K-64	253	22	39,5	1§§				648	50	58,6	2§§
383-843	Sándorfalva	S-I	1650	75	38,2	x3§§	391-748	Szászberek	K-11	670	51	58,2	2
			2210	79	30,3	x3§				730	58	63,0	2§
			3710	160	39,9	x3§	393-759	Szolnok	B-7	309	30	58,3	3
			4015	182	42,3	x3§	398-751	Besenyszög	K-8	651	46	52,2	2§§
385-853	Szatymaz	K-43	360	26	38,9	1§§	395-759	Szolnok	B-5	870	59	54,0	3
389-855	Szeged	K-433	273	30	65,9	2	395-759	Szolnok	B-82	944	57	47,7	2
383-862	Domaszék	K-18	435	33	48,3	1	398-750	Beesenszög	K-21	990	61	49,5	3
389-864	Szeged	K-486	340	28	47,1	1	393-759	Szolnok	B-55	900	59	52,2	2
386-867	Röszke	K-46	1780	93	45,5	1§§				1001	69	56,9	1§§
389-864	Szeged	K-476	1849	101	48,1	2	392-757	Szolnok	K-77	1050	72	57,1	3
388-862	Kiskundorozsma	4	2993	161	49,8	x2	395-759	Szolnok	B-67	1094	74	56,7	2
386-863	Kiskundorozsma	1	2302	120	46,9	x2	396-759	Szandaszőlös	K-9	1040	66	51,9	3
387-864	Kiskundorozsma	2	1628	93	49,8	x2	393-758	Szolnok	B-74	1089	77	59,7	2
392-667	Bükkszék	B-1	510	42	62,8	3	396-767	Szandaszőlös	K-7	279	29	60,9	3
392-667	Bükkszék	B-8	530	42	60,4	1§§	392-763	Szolnok	K-75	385	34	57,1	1
393-663	Fedémes	19	410	25	36,6	x2	393-761	Szolnok	K-52	404	34	54,5	3
394-688	Verpelét	Verp-4	1095	62,2	46,8	x2	391-762	Szolnok	K-48	490	41	59,2	3
397-702	Tarnabod	B-3	314	29	57,3	1	397-760	Szolnok	K-79	640	51	60,9	2§§
397-701	Tarnabod	K-4	335	31	59,7	2	392-761	Szolnok	K-59	850	63	60,0	3
			340	37	76,5	1	396-760	Szandaszőlös	K-8	990	65	53,5	3
392-703	Tarnaszadány	B-5	350	36	71,4	1	395-760	Szolnok	K-78	1000	65	52,0	3
397-706	Boconád	K-13	444	36	56,3	3	395-760	Szandaszőlös	K-11	1010	66	53,5	3
393-707	Boconád	K-12	460	37	56,3	3	393-760	Szolnok	K-61	1030	65	53,5	3
392-705	Tarnaméra	B-11	600	48	61,7	1§§	393-760	Szolnok	K-63	1040	70	55,8	3

	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
392-763	Szolnok	B-68	1073	61	45,7	2		397-854	Algyő	K-59/a	1270	72	47,2	155
393-760	Szolnok	B-58	1076	69	53,0	155		398-855	Algyő	K-49	1265	67	43,5	155
390-762	Szolnok	15-136	484	42	62,0	2		399-853	Algyő	K-58/a	1230	68	45,5	2
398-774	Vezseny	B-11	265	28	60,4	3					1278	65	41,5	2
399-770	Rákóczi falva	K-7	300	29	56,7	1		399-856	Algyő	K-60/a	1170	64	44,4	2
395-772	Rákóczi falva	6	1333	90	58,5	x2					1278	73	47,7	15
395-772	Rákóczi falva	7	1311	93	61,8	x25		396-855	Algyő	K-48	1298	65	40,8	155
			1366	93	59,3	x255		399-857	Algyő	K-31	1520	81	45,4	2
390-782	Tiszakécske	K-76	917	56	48,0	155					1603	81	43,0	1
391-785	Tiszakécske	K-70	1445	88	52,6	2		391-859	Algyő	K-452	1812	95	45,8	2
396-792	Cserkeszőlő	B-1	2300	118	46,1	2		397-855	Algyő	1	2061	110	47,5	x2
			2311	143	56,7	2					1997	100	44,1	x2
397-793	Cserkeszőlő	B-27	1147	73	53,3	155		398-856	Algyő	4	2467	116	42,2	x2
390-809	Csongrád	K-91	650	33	32,3	355					2628	127	43,8	x2
393-810	Csongrád	B-72	970	50	39,2	2		397-855	Algyő	8	2819	140	45,4	x2
			1000	53	41,0	255		398-854	Algyő	7	1924	97	44,2	x2
390-810	Csongrád	K-90	1040	49	35,6	?		397-856	Algyő	5	1943	98	44,3	x2
			1200	62	41,7	2					2085	116	49,9	x2
399-816	Szentes	K-558	1850	92	43,2	3		395-854	Algyő	18	1973	96	42,6	a2
397-816	Szentes	K-577	2498	117	42,0	1					2118	103	43,0	x2
399-820	Szentes	K-423	366	29	46,4	3		395-856	Algyő	21	1955	96	43,0	x2
399-825	Szegvár	B-99	480	27	31,3	1					2118	105	43,9	x2
390-829	Csanylelek	K-173	1997	68	28	25		399-856	Algyő	28	1950	98	44,1	x2
390-829	Baks	K-25	2139	86	34,6	255					1955	95	43,1	x2
398-830	Mindszent	K-89	1345	64	38,7	155					2050	103	44,4	x2
397-831	Mindszent	K-87	2524	108	38,0	15					2435	121	44,8	x2
399-849	Hódmezővásárhely	K-877	720	44	44,4	155		398-867	Széreg	1	1882	90	41,4	x2
											1946	96	43,2	x2
390-851	Szeged	K-592	254	24	47,2	2		392-861	Szeged	2	2620	132	45,8	x2
394-859	Szeged	B-588	340	25	38,2	3					2647	140	48,4	a2
394-859	Szeged	B-589	400	28	40,0	3					2685	139	47,3	x2
394-859	Szeged	B-387	341	27	44,0	3					2688	144	49,1	x2
390-859	Szeged	K-493	365	31	52,1	1					2697	145	49,3	x2
399-859	Szeged	K-30	380	27	39,5	3					2735	144	48,3	x2
394-853	Szeged	B-412	387	29	43,9	3		392-862	Szeged	1	2240	116	46,4	x2
394-859	Szeged	K-392	440	34	50,0	1					2605	142	49,9	x2
392-859	Szeged	B-484	450	31	42,2	3					2560	139	49,6	a2
390-859	Szeged	B-402	470	35	48,9	1					2650	144	49,8	x2
398-852	Szeged	B-510	479	28	33,4	1					2590	144	51,0	x2
392-859	Szeged	9	2450	128	47,3	x2					2664	140	48,0	a2
393-859	Szeged	B-420	500	32	40,0	15					2667	149	51,4	x2
394-859	Szeged	K-386	505	34	43,6	3		393-861	Szeged-Felsőváros	1	1970	99	44,2	x2
391-859	Szeged	K-457	512	32	39,1	15		394-864	Szeged	10	2770	139	45,8	x2
395-859	Szeged	B-434	525	35	43,8	2		392-864	Szeged	11	2775	148	49,0	x2
			530	38	49,1	2		395-862	Szeged	12	2847	144	46,4	x2
393-859	Szeged	B-419	531	36	45,2	15		391-861	Szeged	8	2672	142	48,7	a2
395-859	Szeged	K-445	530	37	47,2	15		391-862	Szeged	7	2808	150	49,1	x2
393-858	Szeged	K-414	531	36	45,2	3		393-863	Szeged	6	2651	137	47,2	a2
394-858	Szeged	B-449	542	33	38,8	15					2625	139	48,4	x2
391-859	Szeged	B-461	590	43	52,5	15		392-862	Szeged	5	2654	136	46,7	a2
391-859	Szeged	K-482	643	41	45,1	155		392-861	Szeged	3	2932	142	44,3	x2
395-856	Szeged	K-273	990	56	44,4	3					2750	139	46,2	x2
398-852	Algyő	K-61/a	1236	61	39,6	15					2440	121	44,7	x2
397-854	Algyő	K-59/a	1240	67	44,4	2		391-865	Szeged	K-590	270	23	40,7	3

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
392-865	Szeged	K-591	260	23	42,3	3	394-861	Szeged	B-415	1820	96	46,2	3
394-861	Szeged	B-467	335	27	44,8	3	398-867	Szöreg	K-48	1840	92	43,5	2
398-866	Szöreg	K-39	335	31	56,7	3				1860	97	45,7	2
392-862	Szeged	B-507	360	32	55,6	1	396-863	Szeged	B-474	1914	120	56,4	2
398-865	Szeged-Szöreg	K-52	360	30	50,0	1	396-869	Tiszasziget	K-24	1918	104	48,0	2
394-861	Szeged	B-141	360	29	47,2	3	396-870	Tiszasziget	K-22	390	28	41,0	2
392-863	Szeged	B-495	368	34	59,8	2				400	31	47,5	2
394-862	Szeged	B-473	370	30	48,6	1	397-870	Tiszasziget	K-25	1997	112	50,1	2§§
394-861	Szeged	B-399	380	32	52,6	1	405-647	Csokvaomány	K-4	400	28	45	2§§
391-860	Szeged	K-492	390	29	43,6	3	408-679	Eger	B-7	450	38	60,0	3§§
395-861	Szeged	B-409	410	32	48,8	1	404-682	Egerszalók	K-4	400	66	137,5	3
394-861	Szeged	B-466	415	28	38,6	1	406-683	Demjén	K-1	1520	72	40,1	x2
393-861	Szeged	B-129	428	32	46,7	3	407-683	Demjén	322	825	65	65,5	x2§§
394-862	Szeged	B-406	434	34	50,7	1	407-683	Demjén	357	1620	87	46,9	x2
395-861	Szeged	B-379	438	32	45,7	3	407-682	Eger	K-21	810	48	45,7	3
393-863	Szeged	B-508	440	32	45,5	2	401-699	Kál	B-13	307	30	61,9	2
			467	39	57,8	2	403-690	Kerecsend	B-3	257	24	50,6	1§§
391-860	Szeged	K-491	450	31	42,2	3	408-693	Füzesabony	K-15	345	33	63,8	2
393-860	Szeged	B-393	449	32	44,5	2				354	32	59,3	2
			474	36	50,6	2	402-709	Rákócziujfalu	K-12	315	29	58,1	1§§
394-860	Szeged	B-422	460	30	39,1	1	403-701	Erdőtelek	B-25	374	33	58,8	2
392-862	Szeged	B-506	461	37	54,2	1	407-709	Átány	B-5	429	34	53,6	2
394-861	Szeged	B-400	464	34	47,4	1				450	33	48,9	1
396-862	Szeged	B-456	466	30	38,6	1	409-719	Tamasztklós	B-9	430	35	55,8	1
394-862	Szeged	B-489	470	32	42,6	3	400-711	Heves	B-21	448	35	53,6	3
394-861	Szeged	B-138	475	33	44,2	3	407-715	Hevesvezekény	B-2	560	40	51,8	3
394-861	Szeged	B-133	485	33	43,3	3	401-710	Heves	B-44	653	46	53,6	1§
392-863	Szeged	B-494	467	39	57,8	2	401-712	Heves	B-20	793	57	58,0	1§§
393-863	Szeged	B-504	490	35	46,9	2	405-723	Pély	K-5	626	46	55,9	2
			548	42	54,7	2	406-723	Pély	B-7	784	48	47,2	1§
395-861	Szeged	K-372	492	33	42,7	3	406-721	Pély	K-9	810	60	60,5	2
392-862	Szeged	B-503	500	33	42,0	2	401-734	Jászakisér	K-35	926	60	92,9	2§§
			524	40	53,4	2	401-743	Besenyszög	K-17	1079	67	51,0	1§§
392-863	Szeged	B-367	501	35	45,9	1§	403-759	Szajol	K-26	270	25	48,1	3
392-860	Szeged	B-483	510	31	37,3	3	406-755	Tiszapüspöki	1	1589	102	56,6	x2§§
39-86	Szeged	B-377	520	36	46,2	1§	405-768	Kengyel	K-20	359	33	58,5	3
394-862	Szeged	B-398	530	36	45,3	1§	403-761	Szajol	K-19	382	33	55,0	3
396-862	Szeged	B-455	535	31	35,5	1§	402-761	Szajol	15-130	1290	68	43,4	2§§
392-863	Szeged	B-498	542	38	48,0	1§	409-760	Törökszent- miklós	K-89	250	24	48,0	3
392-862	Szeged	B-388	547	37	45,7	1§							
391-860	Szeged	K-458	549	33	38,3	1§	402-776	Martfű	B-1	310	31	61,3	3
394-861	Szeged	B-454	600	42	50,0	1§	402-776	Martfű	B-12	256	27	58,6	3
394-861	Szeged	B-376	664	42	45,2	1§§	404-776	Martfű	K-14	291	30	61,9	3
395-861	Szeged	B-487	760	42	39,5	2	403-776	Martfű	B-13	302	29	56,3	2
			792	48	45,5	2				310	34	71,0	2
394-860	Szeged	B-88	940	54	44,7	3	404-779	Tiszaföldvár	K-58	300	31	63,3	1
397-861	Szeged	B-220	950	55	45,3	2	409-770	Kengyel	K-24	393	32	50,9	2
			1013	68	55,3	2				405	35	56,8	2
397-861	Szeged	B-453	1710	88	44,4	2	400-770	Rákócziujfalu	K-9	884	64	58,8	1§§
			1780	97	47,8	2	400-779	Tiszaföldvár	K-46	1046	78	63,1	1§§
391-860	Szeged	B-440	1790	97	47,5	3	400-783	Tiszaföldvár	K-61	280	30	64,2	3§
395-861	Szeged	B-384	1800	96	46,7	2	401-781	Tiszaföldvár	K-52	334	30	53,9	3§§
			1900	106	49,5	2	404-797	Kuntszentmárton	K-33	244	30	73,8	3

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
403-796	Kunszentmárton	K-48	270	29	63,0	1	407-842	Hódmezővásár- hely	B-951	556	34	39,6	155	
407-793	Öcsöd	K-35	273	28	58,6	1								
407-793	Öcsöd	K-32	305	29	55,7	1	405-845	Hódmezővñh.	K-962	590	32	33,9	2	
407-790	Öcsöd	K-33	325	32	61,5	1					628	36	38,2	2
402-795	Kunszentmárton	K-53	639	49	57,9	155	405-843	Hódmezővñh.	K-955	590	32	33,9	2	
409-807	Nagyfőke	K-17	363	31	52,3	155					616	37	38,4	2
408-808	Szentes	K-480	418	30	43,3	3	405-844	Hódmezővñh.	K-957	613	36	39,2	15	
402-816	Szentes	B-631	542	33	38,7	155	407-843	Hódmezővñh.	B-107	1093	54	38,8	2	
407-819	Szentes	K-566	355	29	47,9	2	407-842	Hódmezővñh.	B-913	1830	83	38,8	2	
			460	28	34,8	2					1911	98	45,0	2
402-816	Szentes	B-489	410	28	39,0	3	409-845	Hódmezővñh	K-1056	370	24	32,4	3	
407-813	Szentes	K-591	425	29	40,0	1	400-855	Algyő	K-57/a	1240	67	44,4	255	
402-816	Szentes	B-531	430	31	44,2	1					1284	75	49,1	25
403-816	Szentes	K-509	440	32	45,5	1	400-857	Algyő	112	2588	134	47,1	x2	
403-819	Szentes	K-501	480	31	39,6	1					2621	136	47,3	x2
402-816	Szentes	K-559	1670	83	42,5	3					2633	137	47,5	x2
408-813	Szentes	K-562	1720	88	44,2	2					2565	133	47,2	x2
			1784	104	51,7	2					1983	99	43,9	x2
402-816	Szentes	B-17	1736	85	42,1	1					2001	100	44,0	x2
407-815	Szentes	K-564	1770	90	44,0	1					2047	103	44,5	x2
			1856	87	40,4	2					2033	102	44,3	x2
401-815	Szentes	K-533	1860	92	43,0	3					2294	118	46,2	x2
402-819	Szentes	K-557	1900	92	42,1	2					2052	102	43,9	x2
			2000	92	40,0	1					2035	101	43,7	x2
407-813	Szentes	K-498	1900	102	47,4	2					2052	102	43,9	x2
			1981	103	45,9	1					2047	102	44,0	x2
400-817	Szentes	K-505	1910	92	41,9	3					2064	103	44,1	x2
402-819	Fábiánsebestyén	K-59	1870	102	48,1	2					2072	103	43,9	x2
			1998	112	50,1	1					2125	108	45,2	x2
406-810	Szentes	K-645	1995	99	43,4	1					2134	107	44,5	x2
406-815	Szentes	K-630	473	32	42,3	2					2115	106	44,4	x2
407-810	Szentes	K-644	2249	110	43,3	1					2302	118	46,0	x2
407-811	Szentes	K-641	1983	101	44,9	1					2348	121	46,4	x2
407-811	Szentes	K-640	2235	109	43,4	1					2138	108	44,9	x2
407-814	Szentes	K-563	1987	91	39,8	2					2397	123	46,3	x2
401-811	Szentes	K-561	2013	100	43,7	1					2260	115	45,6	x2
407-815	Szentes	K-515	2200	109	44,1	2					2125	108	45,2	x2
401-811	Szentes	K-578	2170	103	41,9	2					2395	124	46,8	x2
			2401	102	37,5	2					2364	122	46,5	x2
406-813	Szentes	K-586	2140	102	42,1	1					2349	121	46,4	x2
			2180	110	45,0	2					2247	115	45,8	x2
407-825	Szegvár	K-90	358	28	44,7	3					2381	123	46,6	x2
409-826	Derekegyháza	K-14/a	373	29	45,6	3					2300	118	46,1	x2
409-824	Derekegyháza	K-44	380	29	44,7	1					2209	112	45,3	x2
401-824	Szegvár	B-87	915	53	44,8	255					2451	127	46,9	x2
402-824	Szegvár	K-94	2168	96	38,7	2					2433	126	46,9	x2
401-824	Szegvár	K-96	2490	109	39,0	2					2485	128	46,7	x2
400-830	Mindszent	K-90	1850	84	38,9	2					2457	126	46,4	x2
			1986	94	41,3	155					2463	128	47,1	x2
406-842	Hódmezővásár- hely	B-41	343	29	49,6	3					2497	130	47,3	x2
											2467	128	47,0	x2
407-843	Hódmezővñh.	B-88	371	29	45,8	3	402-859	Algyő	11	1767	91	44,7	x2	
407-843	Hódmezővñh.	B-881	522	31	36,4	3					1860	96	45,2	x2
406-844	Hódmezővñh.	K-930	548	33	38,3	15	408-857	Maroslele	1	2330	83	30,5	x2	

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
408-857	Maroslele	1	3127	112	32,6	x2	415-746	Nagykörü	Nkö-10	1845	101	48,2	x2
			3127	120	34,5	x2	414-755	Törökszentmiklós	K-90	380	32	52,6	3
400-862	Deszk	K-36	282	24	42,5	1	415-755	Törökszentmiklós	K-96	370	34	59,5	3
401-860	Algyő	3	1833	92	43,6	x2§	415-756	Törökszentmiklós	K-87	240	26	58,3	3
403-861	Algyő	16	1827	95	45,4	x2§	417-758	Surjány /Török- szentmiklós/	1	1825	105	51,0	x2
404-861	Algyő	22	1931	103	47,1	x2§§				1985	124	56,4	x2
			2488	138	50,6	x2§				2223	130	53,1	x2
405-865	Deszk	1 A	2540	136	48,8	x2§	411-751	Nagykörü	3	1880	107	50,5	x2
	Deszk		2336	116	44,5	x2§	411-753	Nagykörü	6	1925	110	50,9	x2
			2418	121	45,1	x2§				1815	110	54,0	x2
402-864	Deszk	B-33	390	30	46,2	1				1930	112	51,8	x2
401-865	Deszk	B-35	390	30	46,2	1				1832	112	54,6	x2
409-870	Ferencszállás	3	2199	123	50,5	x2§§	412-756	Törökszentmiklós	K-35	1146	76	55,9	2§§
			2278	126	50,0	a2§	416-767	Kétpó	K-9	464	34	47,4	1
			2329	131	51,1	a2§	416-766	Törökszentmiklós	K-71	400	32	50,0	3
			2380	134	51,3	x2§	417-764	Törökszentmiklós	K-65	1190	80	57,1	2
417-677	Bogács	K-1	599	77	110,2	3§§				1254	79	53,4	1§§
419-676	Bogács	4-17	470	78	142,6	3	412-776	Mezőhék	K-28	350	32	57,1	2
419-689	Mezőkövesd	K-46	545	48	67,9	2				337	32	59,3	2
410-681	Andornaktálya	9-6	810	48	45,7	3	411-772	Mezőhék	K-24	409	35	56,2	1
419-689	Mezőkövesd	K-31	860	71	69,8	2	411-778	Mezőhék	B-29	388	34	56,7	1
			850	71	70,6	1§	410-778	Martfű	2	1770	107	53,7	x2§§
419-689	Mezőkövesd	K-28	860	76	75,6	1§§	412-788	Öcsöd	B-38	641	48	56,2	1§§
419-689	Mezőkövesd	K-48	870	70	67,8	3	414-783	Mesterszállás	K-6	315	32	63,3	3
415-690	Szihalom	K-4	256	30	74,2	2	415-784	Mesterszállás	K-8	318	31	59,7	3
			345	33	63,8	2	414-782	Mesterszállás	B-12	380	35	60,3	3
416-699	Mezőtárkány	K-7	338	28	50,3	3	415-799	Cserebökény	K-14	415	32	48,2	3
416-691	Szihalom	B-5	345	33	63,8	1§	418-792	Békésszandrás	B-11	652	49	56,8	1§§
411-698	Dormánd	B-5	371	32	56,6	2	411-803	Cserebökény	K-615	330	28	48,5	3
			395	27	40,5	2	412-804	Cserebökény	K-20	400	30	45,0	1
416-698	Mezőtárkány	B-6	400	32	52,5	1§§	417-808	Cserebökény	K-16	510	37	49,0	3
412-700	Besenyőtelek	B-5	368	32	57,1	2	416-807	Cserebökény	K-17	560	42	53,6	3
			404	31	49,5	2	412-804	Cserebökény	K-21/a	763	43	40,6	1§§
412-701	Besenyőtelek	K-6	385	32	54,5	2	411-804	Cserebökény	K-18	2050	106	45,9	3
417-702	Mezőtárkány	K-9	390	30	48,7	2	415-808	Fábiánsebestyén	1	1000	50	38,0	x2§§
			401	34	57,4	2				2000	92	40,0	x2
411-709	Kömlő	1	2900	165	53,1	x2§§				3000	140	43,7	x2
			3760	188	47,1	x2				3100	146	43,2	x2
413-710	Kömlő	K-19	600	44	55,0	3	419-819	Nagymágócs	K-76	307	30	58,6	3
412-711	Kömlő	K-20	715	62	71,3	2§§	412-813	Fábiánsebestyén	K-13	316	29	53,8	3
418-716	Tiszanána	K-22	930	59	51,6	2§	416-813	Fábiánsebestyén	B-54	337	28	47,5	2
			950	68	60,0	2§§				379	27	39,6	2
417-722	Kisköre	B-5	412	31	48,5	3	419-812	Fábiánsebestyén	K-9	361	30	49,9	3
417-722	Kisköre	B-23	290	26	51,7	3§§	413-81	Fábiánsebestyén	K-56	348	28	46,0	2
416-733	Tiszaróff	15-109	1098	67	51,0	2§§				385	32	51,9	2
412-741	Kötelek	K-11	1250	75	50,4	1§§	416-813	Fábiánsebestyén	B-65	420	32	47,6	1
413-746	Kötelek-Nagy- körü	5	1833	100	48,0	x2	410-815	Szentes	K-504	433	33	48,5	1
							414-813	Fábiánsebestyén	K-61	440	36	54,5	1
416-749	Nagykörü	7	1762	110	55,6	x2	416-814	Fábiánsebestyén	K-55	450	34	48,9	1
			1775	110	55,2	a2	410-815	Szentes	K-560	1650	93	49,1	3
			1805	108	53,2	x2	410-815	Szentes	K-503	1900	104	48,4	1§§
			1919	112	52,1	x2	412-813	Fábiánsebestyén	K-57	1964	109	49,4	2
415-746	Nagykörü	Nkö-10	1845	92	43,4	x2	413-811	Fábiánsebestyén	K-60	2086	117	50,3	2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
411-816	Szentes	K-514	2199	122	50,0	2	429-746	Kisujszállítás	19	1491	90	53,0	x2§
416-827	Derekegyháza	K-45	332	28	48,2	1§				1638	95	51,3	x2
419-823	Nagymágócs	K-184	359	31	52,9	3				1500	92	54,0	x2
418-825	Nagymágócs	K-191	387	29	43,9	3				1381	80	50,0	x2§
417-824	Nagymágócs	K-194	430	31	44,2	1§§	428-747	Kisujszállítás	18	1410	83	51,1	x2§
418-835	Hódmezővásárhely	K-887	269	28	59,5	3§§				1826	103	50,9	x2
										1703	102	53,4	x2
413-832	Hódmezővh.	K-148	275	30	65,5	3§	422-748	Fegyvernek	3	1670	95	50,3	a2
410-844	Hódmezővh.	K-1052	293	23	37,5	1				1597	97	54,0	x2
410-845	Hódmezővh.	K-1053	290	23	37,9	3				1379	78	48,6	x2§§
411-847	Hódmezővh.	K-883	310	28	51,6	3				1764	92	45,9	x2
410-842	Hódmezővh.	K-364	385	31	49,4	3				1764	102	51,6	x2
419-840	Hódmezővh.	K-934	430	33	48,8	1				1747	100	50,9	x2
411-844	Hódmezővh.	K-902	525	29	32,4	2				1712	108	56,7	x2
			515	33	40,8	2	421-748	Fegyvernek	1	1758	100	50,6	x2
411-845	Hódmezővh.	K-938	553	34	39,8	1§				1663	97	51,7	a2
411-843	Hódmezővh.	K-915	595	35	38,7	1§§				1860	104	50,0	x2
411-844	Hódmezővh.	K-906	1890	103	48,1	2	424-747	Fegyvernek	K-1	1675	104	55,5	x2
411-842	Hódmezővh.	K-919	2347	105	39,6	2				1933	116	54,3	x2
416-849	Hódmezővh.	1	4886	181	34,6	x2				1948	96	43,6	x2
			5418	203	35,3	x2				2350	122	47,2	x2
410-859	Maroslele	4	1430	74	43,4	x2§§	429-748	Kisujszállítás	20	1357	83	53,1	x2§
418-853	Földeák	K-50	383	31	49,6	2				1380	79	49,3	x2§
			452	30	39,8	2				1395	86	53,8	a2§
			2187	98	39,3	1				1507	92	53,7	a2
419-855	Földeák	K-52	2187	98	39,3	1							
419-866	Makó	K-194	374	30	48,1	2	427-756	Örményes	K-10	549	43	56,5	2§
			420	29	40,5	2	427-757	Örményes	K-14	600	46	56,7	2§§
417-864	Makó	K-179	426	31	44,6	3	427-756	Örményes	15-138	527	43	58,8	2§
417-864	Makó	K-205	470	31	40,4	1	429-778	Mezőtur	B-87	402	33	52,2	3
417-864	Makó	K-201	500	30	36,0	1§§	428-778	Mezőtur	B-111	430	30	41,9	2
419-864	Makó	B-189	2059	101	43,2	2				390	30	46,2	2
415-871	Kiszombor	1	2289	121	47,6	x2§	428-775	Mezőtur	B-4	482	39	56,0	3
			2290	123	48,5	x2§§	428-776	Mezőtur	B-10	492	38	52,8	3
412-871	Ferencszállítás	2	2448	136	50,7	x2§	429-776	Mezőtur	B-27	493	38	52,7	3
426-678	Tard	K-2	316	31	63,3	3§§	427-778	Mezőtur	B-56	498	39	54,2	3
421-687	Mezőkövesd	B-45	250	39	112	2§§	428-778	Mezőtur	B-58	626	50	60,7	2
426-697	Egerlővdő	B-6	327	32	64,2	2	428-778	Mezőtur	B-110	645	52	62,0	1§
			330	28	51,5	2	428-777	Mezőtur	K-94	805	53	50,9	1§§
429-699	Borsodivánka	B-4	428	36	58,4	1§§	429-777	Mezőtur	B-22	1100	78	60,0	2
425-708	Ujlőrincfalva	B-5	372	32	56,5	2	428-779	Mezőtur	K-120	644	43	47,9	2
			414	31	48,3	2	423-784	Mezőtur	K-80	530	40	52,8	1§§
429-705	Poroszló	B-29	527	38	51,2	3§§	426-788	Szarvas	K-62	530	43	58,5	2
421-721	Kisköre	9-46	1190	66	46,2	2§§	423-792	Szarvas	B-75	580	41	50,0	3
428-736	Kunhegyes	B-41	328	28	51,8	1§§	429-794	Szarvas	K-69	304	32	65,8	3
429-747	Kisujszállítás	13	1570	99	56,1	x2	429-793	Szarvas	K-68	440	31	43,2	3
			1480	89	52,0	a2§	426-796	Szarvas	K-59	469	35	49,0	2
			1388	90	56,9	x2§				460	40	60,9	2
			1806	111	55,4	x2	423-792	Szarvas	B-57	530	41	54,7	2
			1516	92	53,4	x2				520	42	57,7	1§
429-747	Kisujszállítás	15	1419	89	55,0	x2§	425-793	Szarvas	B-20	530	44	60,4	3
			1514	90	52,2	x2	425-793	Szarvas	K-58	580	43	53,4	3
			1494	92	54,2	x2§	422-793	Szarvas	B-66	618	40	45,3	1§
			1354	82	52,4	x2§§	423-792	Szarvas	B-51	697	47	50,2	1§§
			1447	81	48,4	x2§	421-793	Szarvas	K-35	800	53	51,3	2
			1548	95	54,3	x2	427-793	Szarvas	K-61	1740	97	48,9	2

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
427-793	Szarvas	K-61	2209	134	55,2	2	424-864	Makó	1	2000	110	49,0	x2
429-793	Szarvas	1	2600	115	39,6	x2				2500	123	44,4	x2
			3000	128	38,7	x2				3000	138	42,0	x2
			3020	154	47,0	x2				3500	150	39,4	x2
			3479	142	37,4	x2				4060	170	38,9	x2
425-809	Eperjeshegyhát	3	1760	94	46,6	x2				3634	141	35,5	x2
			2000	105	46,5	x2				3709	150	37,2	x2
429-801	Csabacsüd	K-17	505	40	55,5	3§§	429-870	Apátfalva	K-31	2098	103	43,4	1§§
427-814	Gádoros	B-35	308	30	58,4	3	435-632	Edelény	E-475	626	47	59,1	1b3§§
422-815	Eperjes	K-45	357	32	56,0	3	436-657	Miskolc	K-103	210	37	119,0	3
423-815	Eperjes	K-47	376	30	47,9	2	437-654	Miskolc	B-72	476	51	81,9	2
			360	32	55,6	2				480	49	77,1	2
428-816	Gádoros	B-34	390	35	59,0	2	438-654	Miskolc	B-10	550	49	67,3	2§
			381	31	49,9	2				610	46	55,7	2
426-815	Gádoros	K-38	399	31	47,6	1	438-654	Miskolc	B-69	615	52	65,0	2§§
422-819	Árpádhalom	K-65	408	34	53,9	1				615	46	55,3	2
425-812	Eperjes	K-43	620	47	56,5	3§	430-736	Kunhegyes	K-21	998	66	55,1	1§§
425-812	Eperjes	K-44	630	46	54,0	3§§	431-746	Kisujszállás	16	1398	82	50,8	x2§
427-816	Nagyszénás	3	2887	138	43,6	x2				1751	112	57,7	x2
427-828	Székkutas	K-264	296	30	60,8	3	433-747	Kisujszállás	12	1355	91	59,0	x2§
421-822	Nagymágócs	K-187	298	28	53,7	3				1488	90	54,9	x2§§
425-820	Árpádhalom	B-64	377	35	61,0	3				1388	89	56,2	x2§
424-820	Árpádhalom	B-67	395	30	45,6	1	436-748	Kisujszállás	11	1237	81	56,6	a2§
424-827	Székkutas	K-266	406	33	51,7	1	437-748	Kisujszállás	9	1232	84	59,3	x2§
426-825	Orosháza	3	2766	165,5	55,5	x2	437-747	Kisujszállás	7	1260	85	58,7	x2§§
			2771	160	53,4	x2	432-746	Kisujszállás	21	1355	86	55,4	a2§
			2772	155	51,6	x2	430-748	Kisujszállás	23	1399	82	50,8	x2§
429-823	Orosháza	K-144	530	48	67,9	3				1656	96	51,3	a2
425-829	Székkutas	K-272	510	39	52,9	2§§	438-754	Kisujszállás	B-82	300	28	53,3	3
			460	41	63,0	2§	439-753	Kisujszállás	B-18/a	470	43	66,0	3
427-828	Székkutas	K-271	1771	128	65,5	2	439-754	Kisujszállás	K-81	614	47	57,0	2§§
			1740	106	54,0	2				550	40	50,9	2§
421-822	Nagymágócs	K-193	2001	118	53,0	2	437-752	Kisujszállás	B-63	1067	74	58,1	2§
423-833	Székkutas	B-11	268	29	63,4	3	435-760	Turkony	2	1862	103	48,9	x2§
423-831	Székkutas	K-270	280	28	57,1	1§§				2052	106	45,8	x2§
423-833	Székkutas	B-269	369	32	54,2	1§				2198	115	46,9	x2§§
425-842	Hódmezővásárhely	K-731	363	33	57,9	3	439-778	Endrőd	K-22	418	34	52,6	1§§
							437-781	Endrőd	K-13	1520	96	55,3	3
420-845	Hódmezővh.	K-960	394	31	48,2	1§§	437-784	Endrőd	2	2155	125	52,4	a2§
421-853	Földéák	B-53	400	28	40,0	1§				2382	141	54,2	x2§§
423-854	Makó	K-192	435	31	43,7	1§§				2178	133	55,6	x2§
			372	29	45,7	2	430-794	Szarvas	3	2209	135	55,7	x2
423-864	Makó	K-191	405	31	46,9	3	430-792	Szarvas	4	1369	88	55,5	a2§
420-866	Makó	B-210	437	31	43,5	1				1208	79	55,5	x2§§
423-862	Makó	K-187	450	30	40,0	1				2288	124	49,0	x2
421-864	Makó	B-66	539	42	55,7	1§				2593	140	49,4	x2
			387	33	54,3	2	430-790	Szarvas	K-56	393	33	53,4	3
420-864	Makó	B-57	943	51	41,4	1§§	432-799	Csabacsüd	K-52	340	30	52,9	3
422-861	Makó	K-195	2081	102	43,2	1	431-797	Csabacsüd	B-50	450	38	57,8	2
424-864	Makó	1	3500	147	38,6	x2				435	32	46,0	2
			3260	138	38,7	x2	430-795	Szarvas	K-43	518	36	46,3	3
			4095	169	38,3	x2	436-800	Kardos	K-37	565	48	63,7	2§§
			3780	140	33,9	x2				490	35	46,9	2
			2765	124	40,5	x2	433-814	Nagyszénás	B-127	333	29	51,1	1

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
435-819	Orosháza	2	2600	164	58,5	x255	443-732	Tatárülles-	4	1130	71	53,1	x255
43-82	Orosháza	B-649	260	30	69,2	3		/Kunmadaras/					
431-822	Orosháza	1	2605	140	49,1	x2	444-734	Karcag	K-68	780	61	64,1	3
433-826	Orosháza	B-650	260	27	57,7	3	449-741	Karcag	B-127	1497	91	53,4	255
433-825	Orosháza	B-522	280	33	75,0	2				1250	80	55,2	25
			276	29	61,1	2	449-740	Karcag	K-165	550	42	56,4	3
435-825	Orosháza	K-474	450	41	64,4	3	446-764	Turkeve	/telep	1170	73	52,1	x35
434-827	Orosháza	B-112	460	42	65,2	3				1160	71	50,9	x35
434-826	Orosháza	B-69	464	44	69,0	3				1147	71	51,4	x355
435-826	Orosháza	B-103	470	39	57,4	3				1130	71	52,2	x35
430-825	Orosháza	B-10	500	42	60,0	355	440-783	Gyoma	B-80	267	29	63,7	1
435-824	Orosháza	K-481	1580	117	66,5	2	443-781	Gyoma	K-82	350	30	51,4	2
			1540	100	57,1	2	444-789	Gyoma	1	2817	134	43,3	x2
430-824	Orosháza	K-542	1680	108	57,1	1	449-782	Gyoma	K-35	444	33	47,3	3
435-830	Orosháza	K-722	505	43	61,3	155	446-786	Gyoma	K-57	460	40	60,9	2
430-842	Békéssámsón	B-26	296	32	67,6	3	446-783	Gyoma	K-67	669	46	50,8	155
439-842	Tótkomlós	B-139	317	33	66,2	3	440-783	Gyoma	B-4/a	1060	73	57,5	3
439-849	Ambrózfalva	B-6	415	38	62,7	1	448-780	Déaványa	2	2710	140,5	47,4	x2
439-847	Nagyér	B-8	500	49	74,0	3	446-796	Hunya	K-21	250	25	52,0	2
438-843	Tótkomlós	B-19	540	47	64,8	3	447-799	Kondoros	1	3118	166	49,4	x25
438-842	Tótkomlós	K-97	1433	101	62,1	155				3176	167	48,8	x255
439-852	Pitvaros	B-12	361	31	52,6	3				3620	172	44,2	x25
430-859	Királyhegyes	K-10	500	33	42,0	3	449-805	Kétsoprony	K-102	321	32	62,3	3
436-852	Csanádalberti	K-4	526	38	49,4	3	445-804	Kondoros	K-104	350	29	48,6	3
439-851	Pitvaros	K-13	540	42	55,6	3	442-805	Kondoros	B-9	430	41	67,4	3
439-851	Pitvaros	K-15	1373	81	50,3	155	440-802	Kondoros	K-105	450	36	53,3	1
431-869	Magyarcsanak	B-20	350	28	45,7	2	440-802	Kondoros	K-93	550	39	49,1	155
			340	28	47,1	2	443-804	Kondoros	B-89	551	39	49,0	155
431-866	Apátfalva	K-27	400	27	37,5	2	445-808	Kondoros	K-90	753	46	45,2	255
			335	30	53,7	2	444-802	Kondoros	K-106	1500	92	53,3	2
439-867	Nagylak	B-18	700	48	51,4	15	443-828	Pusztaséldvár	6	111	23,6	104,5	c2
439-866	Nagylak	B-20	840	52	47,6	155				209	27,6	74,6	c2
432-870	Magyarcsanak	K-19	365	27	41,1	255				310	33,4	69,0	c2
			320	28	50,0	2				412	41,2	70,9	c2
447-683	Mezőcsát	4-28	765	53	54,9	255				511	46,2	66,9	c25
			690	55	63,8	25				613	53,4	67,5	c25
445-709	Egyek	K-71	490	36	51,0	355				708	58,8	66,1	c25
442-724	Tiszaórs	K-10	1766	126	65,1	2				809	67,0	68,0	c25
441-729	Kunmadaras	4	1131	79	60,1	x255				911	77,2	71,6	c25
440-728	Kunmadaras	1	1122	79	60,6	x25				1010	83,6	70,3	c25
440-726	Kunmadaras	3	1110	76	58,6	x25				1109	90,8	71,1	c25
			1775	125	64,2	x2				1212	96,2	69,5	c255

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
443-828	Pusztaföldvár	6	1250	99,8	70,2	c2§	450-80f	Kétsoprony	B-103	360	32	55,6	3
445-829	Tótkomlós	23	1392	111	71,1	x2	457-803	Kamut	B-109	423	32	47,3	3
447-837	Kaszaper-Dél	3	1615	100	54,5	x2	453-803	Kamut	K-111	491	29	34,6	2
448-838	Kaszaper-Dél	1	900	65	58,9	x2§				420	30	42,9	2
			989	69	57,6	x2§§	459-803	Murony	K-67	750	56	58,7	2§
			997	67	55,2	x2§				650	43	47,7	2§§
			1028	68	54,5	x2§	450-832	Csanádapáca	2	2154	144	61,3	x2
			1544	98	55,7	x2				2475	160	59,8	x2
			1544	105	60,2	x2				1034	83	68,7	x2§§
441-836	Pusztaszőlős /Tótkomlós/	2226	1070	77	60,8	x2§§	451-837	Magyar- Nagybánhegyes	K-50	1193	79	56,2	1§§
446-839	Tótkomlós	19	1584	120	68,2	x2	457-831	Medgyesbodzás	1	2405	156	59,9	x2
449-842	Tótkomlós	K-1	1484	116	70,1	x2§	454-843	Mezőkovácsháza	K-64	970	72	61,9	3§
			838	68	66,8	x2§§	454-841	Mezőkovácsháza	K-63	1040	74	59,6	3§§
			1513	118	70,1	x2	458-855	Battonya	4	1030	73	59,2	x2§
			900	70	64,4	x2§	456-856	Battonya	21	1025	79	65,4	x2§
			1591	125	71,0	x2	458-855	Battonya	53	1030	79	65,0	x2§
443-841	Tótkomlós	29	1878	133	64,4	x2	457-854	Battonya	48	722	59	65,1	x2§§
443-841	Tótkomlós	22	1401	110	70,0	x2§§	453-851	Mezőhegyes	12	1179	85	61,9	x2§
443-841	Tótkomlós	24	1410	112	70,9	x2§	454-850	Mezőhegyes	17	1165	85	62,7	x2§
440-841	Tótkomlós	K-145	1240	89	62,1	3	453-851	Mezőhegyes	16	800	64	65,0	x2§
440-854	Pitvaros	Pit-D-1	2513	114	40,6	x2§	454-850	Mezőhegyes	18	1178	86	62,8	x2§
			2557	119	41,8	x2§§	452-850	Mezőhegyes	15	803	63	63,5	x2§
			2606	121	41,8	x2§	453-852	Mezőhegyes	K-165	577	48	62,4	1§§
444-853	Mezőhegyes	B-167	405	37	61,7	1	467-652	Taktaszada	B-7	310	35	77,4	3§§
442-855	Mezőhegyes	K-122	470	35	48,9	3	461-673	Leninváros	4-30	1174	65	46,0	2§§
445-854	Mezőhegyes	K-170	485	43	63,9	1	463-678	Polgár	B-88	959	58	49,0	2§§
456-644	Megyaszó	B-8	280	27	60,7	3§§	466-712	Hortobágy	B-11	1094	82	64,9	2§§
453-666	Sajóhidvég	4-5 K-3	1877	108	51,7	2§§	468-728	Nádudvar	B-399	700	47	51,4	3§§
455-694	Tiszacsege	K-108	760	58	61,8	3	468-727	Nádudvar	Nu-Dk-4	1665	107	57,7	x2
452-698	Tiszacsege	B-119	1295	87	58,7	1§§	468-732	Nádudvar	Nu-Dk-3	2000	103	46,0	x2§§
454-749	Karcag-Bucsa	3	1446	97	59,5	x2§§	464-741	Püspökladány	B-31	650	52	63,1	1§§
			1446	108	67,1	x2§	464-741	Püspökladány	B-179	1063	80	64,9	2§
450-741	Karcag	K-163	260	27	61,5	3	461-741	Püspökladány	Ny-1	1800	123	62,2	x2
450-741	Karcag	K-162	300	29	60,0	3				1793	118	59,7	x2
458-754	Bucsa	K-14	446	38	58,3	2§§	467-750	Szerep	B-19	310	32	64,5	1§
454-770	Déaványa	K-41	375	34	58,7	2	464-750	Szerep	K-7	358	33	58,7	3
453-771	Déaványa	K-39	402	32	49,8	3	462-757	Bucsa	K-13	380	33	55,3	1§§
457-776	Déaványa	K-33	447	35	51,5	1	462-757	Bucsa	K-11	472	39	57,2	3
455-773	Déaványa	B-48	530	41	54,7	3	463-761	Kertészsziget	K-15	390	30	46,2	1
453-773	Déaványa	K-28	1130	80	60,2	2§	466-769	Szeghalom	K-34	396	36	60,6	1
			1090	71	54,1	2§§	461-764	Szeghalom	K-44	500	38	52,0	1§§
453-773	Déaványa	B-58	1791	99	48,3	1	467-763	Füzesgyarmat	2	111	15,4	30,6	c2
452-775	Déaványa	1	2148	109	45,2	x2				212	21,4	44,3	c2
			2168	123	51,2	x2				308	25,2	42,9	c2
			2120	132	56,6	x2				410	33,8	53,2	c2
			2203	125	51,3	x2				509	39,8	54,6	c2§
			2485	142	52,3	x2				612	45,6	54,9	c2§
456-772	Déaványa	3	2200	127	52,3	x2				711	51,4	55,4	c2§
455-783	Kőrösladány	K-46	415	33	50,6	3				812	56,2	54,4	c2§
451-784	Gyoma	K-36	531	33	39,6	3§§				909	61,4	54,3	c2§
459-790	Kőröstarcsa	B-18	511	39	52,8	1§§				1010	68,2	55,6	c2§§
459-790	Kőröstarcsa	B-23	650	42	46,2	2				1112	74,8	56,5	c2§
			550	42	54,5	2				1211	81,4	57,3	c2§
										1260	83,6	56,8	c2§

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
468-764	Szeghalom	K-52	400	33	52,5	3	470-763	Füzesgyarmat	K-28	542	42	55,4	255
467-772	Szeghalom	K-54	560	45	58,9	255				500	44	64,0	2
467-772	Szeghalom	K-39	377	32	53,1	3	471-766	Füzesgyarmat	K-38	566	48	63,6	15
460-771	Körösladány	K-20	401	32	49,9	3	472-765	Füzesgyarmat	B-34	1198	80	56,8	155
464-772	Szeghalom	K-22	407	34	54,1	1				930	68	60,2	2
461-775	Körösladány	K-50	408	34	53,9	3	474-764	Füzesgyarmat	B-41	485	32	49,4	2
469-774	Szeghalom	B-41	550	40	50,9	3	479-773	Csökmő	B-9	394	31	48,2	3
464-784	Körösladány	K-47	404	33	52,8	1	471-776	Szeghalom	K-32	390	34	56,4	1
462-781	Körösladány	K-49	444	38	58,6	2	472-773	Szeghalom	K-35	430	38	60,5	2
			443	33	47,4	2				414	33	50,7	2
461-781	Körösladány	K-21	526	38	49,4	155	474-771	Szeghalom	K-21	500	42	60,0	355
466-782	Körösladány	K-55	255	23	43,1	2	474-775	Szeghalom	K-38	522	33	40,2	35
460-795	Mezőberény	B-76	520	40	53,8	3	470-786	Bélmegyér	K-24	367	31	51,8	3
460-795	Mezőberény	B-64	546	41	53,1	15	471-785	Vésztő	K-45	360	37	69,4	3
461-795	Mezőberény	K-62	896	58	51,3	155	477-782	Vésztő	K-40	479	35	48,0	3
460-795	Mezőberény	B-55	1030	65	51,5	2	476-784	Vésztő	K-29/a	492	36	48,8	3
461-803	Murony	B-2	492	42	61,0	2	473-784	Vésztő	K-39	498	37	50,2	3
469-801	Békés	B-112	1000	62	50,0	355	477-784	Vésztő	B-42	550	35	41,8	3
464-813	Békéscsaba	2	1212	74	51,2	x2	478-785	Vésztő	K-38	483	43	64,2	2
			2380	134	51,3	x2				570	43	54,4	2
466-812	Békéscsaba	B-960	278	31	68,3	3	476-787	Vésztő	K-37	582	43	53,3	155
464-813	Békéscsaba	B-880	433	37	56,4	3	471-790	Bélmegyér	B-2	510	44	62,8	355
466-812	Békéscsaba	B-282	1996	110	49,1	1	479-814	Gyula	B-454	427	33	49,2	1
464-812	Békéscsaba	B-953	2260	107	42,0	2	478-816	Gyula	K-413	1658	91	47,7	255
			2386	134	51,1	2	481-671	Tiszavasvári	K-78	1193	88	64,5	255
468-810	Békéscsaba	3-137	798	50	47,6	155				1050	72	58,1	25
460-822	Ujkigyós	B-70	310	29	54,8	1	486-683	Hajdunánás	K-114	1014	69	57,2	155
465-820	Szabadkigyós	B-80	355	32	56,3	1	480-707	Balmazújváros	B-38/a	420	42	73,8	3
460-821	Szabadkigyós	B-69	374	29	45,5	3	480-707	Balmazújváros	B-202	1100	72	55,5	255
460-821	Ujkigyós	B-56	520	36	46,2	355	480-719	Hajduszoboszló	Hsz-29	1300	87	58,5	x25
466-844	Keveirmea	2	1710	121	63,7	x255	481-715	Hajduszoboszló	Hsz-30	1290	87	58,9	x25
461-856	Battonya	K-138	800	53	51,3	255	482-716	Hajduszoboszló	Hsz-13	1316	83	54,7	x25
465-858	Battonya	K-6	970	66	55,7	x25	483-716	Hajduszoboszló	Hsz-6	1270	85	58,3	x255
467-858	Battonya	K-20	973	66	55,5	x25	484-719	Hajduszoboszló	Hsz-5	1190	80	58,0	x25
467-859	Battonya	K-15	952	60	50,4	x255	485-714	Hajduszoboszló	Hsz-26	1080	75	59,3	x255
466-858	Battonya	K-9	978	60	49,1	x25	485-719	Hajduszoboszló	Hsz-14	1240	89	62,9	x255
471-656	Prügy	B-10	252	35	95,2	255	486-717	Hajduszoboszló	Hsz-33	1070	76	60,7	x25
473-720	Kaba	KabE-1	2120	134	58,0	x255	482-721	Hajduszoboszló	Hsz-4	1200	79	56,7	x25
477-736	Kaba	B-30	620	51	65,5	3	483-720	Hajduszoboszló	Hsz-8	1160	85	63,8	x255
478-732	Kaba	K-47	670	49	56,7	3	486-721	Hajduszoboszló	B-150	695	51	57,6	155
478-734	Kaba	Kab-2	1600	115	65,0	x2	485-721	Hajduszoboszló	Hsz-3	1215	87	62,6	x2
479-734	Kaba	Kab-1	1100	77	60,0	x255	485-723	Hajduszoboszló	Hsz-7	1175	84	62,1	x2
472-739	Püspökladány	3	1528	110	64,8	x2	485-725	Hajduszoboszló	K-295	250	29	72,0	3
479-737	Kaba	KabaD-3	2125	146	63,5	x2	486-726	Hajduszoboszló	HÁ-1	1250	87	60,8	x2
471-743	Püspökladány	Pü-14	1940	134	63,4	x255	486-726	Hajduszoboszló	HÁ-2	2032	127	57,1	x2
			1940	82	36,6	x2	486-725	Hajduszoboszló	B-319	400	40	72,5	1
474-752	Biharmagybajom	B-26	300	30	60,0	1	486-728	Hajduszoboszló	B-212	1010	75	63,4	3
474-754	Biharmagybajom	K-20	670	54	62,7	355	486-725	Hajduszoboszló	B-317	1030	75	62,1	3
470-766	Szeghalom	Sz-2	1837	97	46,3	x2	486-726	Hajduszoboszló	K-344	1096	77	60,3	155
			1959	121	55,6	x2	487-725	Hajduszoboszló	B-69	1050	74	60,0	3
474-763	Füzesgyarmat	K-21	328	29	51,8	3	487-726	Hajduszoboszló	B-318	1060	80	65,1	3
472-762	Füzesgyarmat	K-35	330	32	60,6	1	487-726	Hajduszoboszló	B-7	2000	127	58,0	3
474-764	Füzesgyarmat	B-30	360	33	58,3	1	480-739	Kaba	Kaba-D-2	2001	110	49,5	x25
473-763	Füzesgyarmat	B-3	500	41	58,0	3				2171	127	53,4	x255

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
482-742	Földes	K-25	1285	78	52,1	15	497-75c	Berettyóújfal	B-54	1392	93	58,2	255
482-742	Földes	K-29	1325	83	54,3	155	496-75c	Berettyóújfal	B-9	330	37	75,8	3
483-741	Földes	K-38	1134	73	58,7	25	493-75c	Berettyóújfal		270	27	55,6	3
481-754	Nagyrabé	B-22	355	30	50,7	155	497-75c	Berettyóújfal	B-45	291	27	51,5	3
483-751	Bihartorda	B-7	375	33	56,0	2	497-75c	Berettyóújfal	B-5	321	28	49,8	3
			356	29	47,8	2	497-75c	Berettyóosztmárton	B-40	290	28	55,2	3
481-754	Nagyrabé	K-24	889	64	58,5	2	497-751	Berettyóosztmárton	B-43	309	28	51,8	3
			810	51	48,1	2	497-750	Berettyóosztmárton	B-38	305	30	59,0	3
480-766	Csökmő	K-14	377	30	47,7	3	497-750	Berettyóosztmárton	B-12	319	32	62,7	3
489-761	Zsáka	B-10	378	33	55,6	3	497-753	Berettyóosztmárton	B-2	283	31	67,1	3
489-76c	Zsáka	B-11	378	32	52,9	155	497-753	Berettyóosztmárton	B-8	383	35	60,1	3
488-765	Vekerd	K-6	470	33	44,7	15	497-751	Berettyóosztmárton	B-41	255	30	70,6	3
480-772	Csökmő	B-4	406	28	39,4	2	491-755	Bakonszeg	K-6	290	30	62,1	1
			358	29	47,5	2	490-754	Bakonszeg	B-4	423	32	47,3	3
482-772	Csökmő	K-12	420	28	38,1	2	493-760	Furta	K-9	385	36	62,3	255
			403	32	49,6	2	496-778	Komádi	K-40	993	61	49,4	25
483-776	Ujiráz	B-8	445	34	49,4	3	494-774	Komádi	K-55	1111	65	47,7	255
485-777	Ujiráz	B-9	540	40	51,9	155	495-796	Ujszalonta	K-3	395	32	50,6	1
484-787	Okány	B-1	424	32	47,2	3	491-791	Mezőgyán	K-17	480	35	47,9	2
485-788	Okány	K-19	475	35	48,4	3				475	35	48,4	2
481-783	Vésztő	K-44	556	46	61,2	25	490-794	Sarkadkeresztur	K-6	521	37	48,0	3
			540	43	57,4	255	490-798	Sarkad	Sark-35	2720	138	46,3	x25
485-793	Sarkadkeresztur	K-13/a	447	35	51,5	3	494-799	Sarkad	Sark-36	2680	141	48,1	x255
488-799	Kőrösújfal	B-4	507	37	49,3	255				2680	134	45,5	x25
488-806	Sarkad	K-105	1110	62	45,1	155				2940	157	49,3	x25
489-806	Sarkad	K-117	280	25	46,4	1	507-641	Tiszakarád	B-10	396	34	58,1	155
480-815	Gyula	B-440	392	28	40,8	3	509-650	Nagyhalász	B-56	647	52	63,4	2
480-815	Gyula	B-395	950	52	42,1	155				560	42	55,4	2
480-815	Gyula	B-145	2004	112	49,9	2	506-669	Nyiregyháza	B-257	490	39	57,1	3
481-815	Gyula	K-453	2498	135	49,2	2	508-663	Nyiregyháza	B-392	602	47	59,8	15
496-627	Sárospatak	K-123	270	50	148,1	3	507-667	Nyiregyháza	B-468	700	58	67,1	25
495-626	Sárospatak	K-104	287	50	139,3	15				670	50	58,2	25
496-627	Sárospatak	K-115	300	49	130,0	155	508-663	Nyiregyháza	K-368	800	58	58,8	155
492-683	Hajdudorog	8-143	1073	73	57,8	255	508-663	Nyiregyháza	K-365	820	57	56,1	3
492-699	Hajdúbosszörmény	K-243	745	51	53,7	25	506-669	Nyiregyháza	B-443	885	67	63,3	25
			600	51	66,7	25				780	53	53,8	25
492-699	Hajdúbosszörmény	K-242	930	72	65,6	3	508-669	Nyiregyháza	B-508	870	64	60,9	255
492-699	Hajdúbosszörmény	K-270	980	67	57,1	255				770	53	54,5	25
			880	55	50,0	25	507-663	Nyiregyháza	K-496	900	55	48,9	15
495-700	Hajdúbosszörmény	B-271	250	32	84,0	35				780	53	53,8	2
496-707	Hajdúbosszörmény	K-259	298	32	70,5	355	503-718	Debrecen	B-1771	640	49	59,4	3
493-712	Debrecen	K-2179	250	28	68,0	35	506-714	Debrecen	B-208	970	69	59,8	15
491-711	Debrecen	K-1889	341	32	61,6	355	506-712	Debrecen	K-1912	969	66	56,8	155
491-726	Ebes	Eb-7	1355	96,5	63,1	x255	503-714	Debrecen	B-1998	1010	68	56,4	155
492-723	Ebes	Eb-5	1035	74	60,9	x255	504-714	Debrecen	B-2188	1081	78	62,0	2
492-724	Ebes	Eb-10	1347	94	61,6	x25				960	66	57,3	2
493-725	Ebes	Eb-6	1320	91	60,6	x25	501-718	Debrecen	B-2109	1095	72	55,7	155
492-725	Ebes	Eb-2	1330	95	63,2	x25	503-748	Szentpéterszeg	B-8	398	34	55,3	3
497-749	Berettyóújfal	B-44	345	30	52,2	3	509-747	Hencida	B-11	564	43	55,0	155
496-748	Berettyóújfal	K-39	427	35	53,9	355	506-745	Derecske	I	3760	173	42,8	x2
497-75c	Berettyóújfal	B-19	410	34	53,7	3				5090	246	46,0	x2
497-75c	Berettyóújfal	B-15	806	63	63,3	25	500-762	Mezősas	3-7	336	29	50,6	3
			750	46	45,3	2	509-767	Berekbosszörmény	3-37	377	30	47,7	155

1	2	3	4	5	6	7
503-778	Biharugra	K-20	1137	75	55,4	2§
			1020	61	48,0	2§§
504-781	Biharugra	3	2255	115	45,8	x2§
			2240	121	48,7	x2§§
			2300	125	49,1	x2§
510-649	Nagyhalász	B-59	400	37	65,0	2§§
			353	31	56,7	2§
513-657	Kemecse	B-16	480	37	54,2	3§§
518-677	Nagykálló	B-84	933	73	66,5	2§§
518-748	Kismarja	K-5	426	37	58,7	3§§
512-753	Bojt	B-7	461	34	47,7	3§§
513-761	Ártánd	2	109	17,6	51,2	c2
			211	20,4	39,8	c2
			313	26,4	46,0	c2
			408	31,2	47,1	c2
			510	35,4	45,9	c2§
			612	39,8	45,4	c2§
			713	47,6	49,9	c2§
			811	50,2	47,1	c2§§
			909	52,2	44,2	c2§
			1010	53,6	41,2	c2§
524-627	Ricse	B-12	385	33	57,1	1§§
522-734	Álmosd	13	2643	138	47,7	x2
			2937	146,6	45,8	x2§§
526-732	Álmosd	Álm-11	2700	124	41,5	x2
520-742	Pocsaj	K-13	345	36	69,6	3
520-742	Kismarja	Kism-10	1070	74	57,9	x2§
521-744	Kismarja	Kism-8	816	55	52,7	x2§
			818	58	56,2	x2§§
			856	63	59,6	x2§
			892	64	58,3	x2§
			912	65	58,1	x2§
			927	65,5	57,7	x2§
			1150	70	50,4	x2§
532-637	Kisvárda	K-119	598	49	63,6	1§§
532-637	Kisvárda	K-127	787	61	63,5	1
534-664	Baktalórántháza	B-26	862	53	48,7	1§§
542-647	Gemzse	K-7	1076	71	55,8	2§§
553-667	Mátészalka	B-98	1009	67	55,5	1§§
558-677	Nagyecsed	B-28	563	42	55,1	1§§
567-661	Fehérgyarmat	K-69	830	51	48,2	3§§