A számítógépes mélyfúrási geofizikai szelvényértelmezés fejlődése a Kőolajkutató Vállalatnál

BENKŐ ATTILA — KISS BERTALAN* — KORMOS LÁSZLÓ* — TÓTH JÓZSEF**

A Kőolajkutató Vállalat Geofizikai Értelmezési Osztályán a számítógépek alkalmazása az EMG—666-tal kezdődött az 1970-es évek elején-közepén, amely félig kézi, félig gépi feldolgozásnak volt tekinthető. Az 1970-es évek végére kidolgozott KISS-rendszer szolgáltatásai megfeleltek a korszerű feldolgozó rendszerekének, amely az 1980-as évek elejére IBM PC-re adaptálva.

Ez utóbbi két gépen már litológiai trendelemzés, pórusnyomás, paleopórusnyomás és süllyedéstörténet meghatározás is történt — az egyedi karotázs értelmezések mellett— segítve a medenceanalízist is.

Az IBM PC-k mellett 1989-ben üzembe állt a ConCurrent, a szolgáltatások pedig DIPLOG- és MAPPING-programokkal bővültek, a szelvényfeldolgozó programok pedig korszerűsödtek (CLASS, CRA, OPTIMA...). Mindezek nem lettek volna elérhetők, gyorsan üzemesíthetők, ha a „csapat" nem vett volna részt a fejlesztésekben (statisztikus programok, új eljárások), új munkákban (dabKV).

Применение ЭВМ в отделе геофизической интерпретации Нефтепоисково — разведочного Предприятия началось с типом ЕМГ-666 на половину ручной, на половину машинной обработкой, в первой половине 1970-ых годов. К концу 1970-ых годов продукты разработанной современных систем КИСС, отвечали требованиям современных систем, которие перевели на ИБМ ПЦ в начали 1980-ых годов. На этих последних двух машинах уже произвели анализ лителогического тренда, определили поровое давление, палеопоровое давление и историю опускания — помогая с этим изучение бассейна. Кроме того открылис возможности привестиз синтетических кривых и расчет импеданции, помогая с этими сейсмическую интерпретацию и одновременно изучение бассейна. Наряду с машинами ИБМ ПЦ в 1989-ом году начала работать КонКуррент а обслуживания расширились ц программами ДИПЛОГ и МАППИНГ, программами для обработки кароттажных кривых усовершенствовались (КЛАСС, ЦРА, ОПТИМА...). Все эти мы не могли бы достигнуть и пременять еслы бы „команда" не участвовали бы в разработке (статистические программы, новые методы) и в новых работах (дабКВ...).

Application of computers, type EMG—666 was introduced at PEC Geophisical Interpretation Department in the 1970-s, wich was a semi-manual and semi-mechanical process. By the end of 1970-s the elaborated system of KISS was suitable for up-to-date wellog interpretation programs and was adopted to the IBM-PC by the beginning of 1980-s. These two computers (TPA—70, IBM-PC) were able to process the lithological trend analysis, pore pressure paleo-pore pressure and subsidence history — beside the individual quantitative well- log interpretation — having supported the basin analysis. Beside these, there is a possibility to computer synthetic logs, acoustic impedance being supported the seismic interpretation and and the dasin analysis, as well. Beside the IBM-PC-s, the Concurrent type computer started to work in 1989, the services have been increased with DIPLOG and MAPPING programs, the well-log evaluation programs have been up-to-dated (CLASS, CRA, OPTIMA,...). All this improvements could have not been reached if the members of the „team didn't make developments (statistical programs, new interpretation methods, dabKV, etc...).

Bevezetés

A Kőolajkutató Vállalat működési területén mélyített fúrásokban évi több millió méter karotázs szelvényt mérnek. Ez a hatalmas adattömeg és az általa hordozott földtani információ mind magasabb szintű feldolgozása iránti igény megkövetelte a számítógépek felhasználását a szelvényértelmezésben.

* Kőolajkutató Vállalat, 5001 Szolnok, Pf.: 85

,A számítástechnika szénhidrogénipari alkalmazása ,z Alföldön" c. ankéton elhangzott előadás

a

A számítógépes szelvényfeldolgozás fejlődésének főbb állomásai

A Kőolajkutató Vállalat Geofizikai Értelmezési Osztályán a számítógépek alkalmazása az 1970-es évek elején-közepén az EMG—666 típussal kezdődött. Ez a korszak *gépesített kézi feldolgozásnak* volt tekinthető:

— az értelmezendő intervallumot homogén rétegszakaszokra osztottuk;
— a rétegszakaszok jellemző szelvényértékeit táblázatba foglaltuk;
— kézi adatbevitel után egyszerű modellek alapján programmal számítottuk a rétegparamétereket;

— ezeket a számított értékeket — képernyőről leolvasva — ugyancsak táblázatba írtuk;
— a grafikus lehetőségek hiányában a plotok, az eredményszelvények kézi rajzolással készültek.

Az EMG—666-tal szerzett tapasztalatok alapján a hardware lehetőségek bővülésével az *1970*-es évek végére kifejlesztettük saját szelvényértelmező rendszerünket a „*Karotage Interpreter Subsystems*" — *KISS*-rendszert, melyet fokozatosan bővítettünk és korszerűsítettünk. A rendszer alapváltozata *TPA—70* típusú számítógépre készült:

— kezdetben mind a feldolgozó program, mind az adatok lyukszalagon voltak a gép kis memóriája miatt;
— a későbbiekben (kb. *1980*) a rendszer szolgáltatásai (plotok, táblázatok, szelvény és eredménymegjelenítés, mélységegyeztetés) megfeleltek az akkori korszerű szelvényfeldolgozó rendszerekének *(1.*, és *2. ábra)*,
— a hadrware elemek széles skálája volt a rendszerben:

TPA—70 típusú számítógép (magyar),
CM—5400 típusú mágneslemezes egység (bolgár),
CDC mágnesszalagos egység (amerikai),
Versatec printer-plotter (amerikai),
Tektronix grafikus display (amerikai),
CALCOMP dobplotter (amerikai),
DZM mátrixnyomtató (lengyel),
FS—1503 papírszalag olvasó (csehszlovák),
PT—105/S papírszalag lyukasztó (lengyel),
VIDEOTON alfanumerikus display (magyar)

és ez a konfiguráció bonyolult kezelhetőséget és szervizelhetőséget jelentett;

— a software rugalmasan alkalmazkodott a hazai szelvényválasztékhoz és földtani viszonyokhoz, nagyszámú — részben saját fejlesztésű — értelmezési modellt tartalmazott (utóbbiak elsősorban a vegyes porozitású metamorf tárolókőzetek értelmezésére), és biztosította a rétegdőlés *(DIPLOG)* mérések feldolgozását is.

A *KISS*-rendszer alkalmazása nagyságrendileg megnövelte a kvantitatív interpretációba bevont fúrások számát, növelte a mélyfúrási geofizika által szolgáltatott paraméterek körét és megbízhatóságát. Ugyanakkor az igények állandó mennyiségi és minőségi növekedését csak továbbfejlesztéssel lehetett kielégíteni.

A személyi számítógépek elterjedésével a szelvényértelmező program *IBM PC*-s adaptációja is elkészült és a rendszer szolgáltatásai tovább bővültek:

— *128* illetve *256* szelvény kezelését tette lehetővé a korábbi *64* helyett;
— a hagyományos kvantitatív karotázs értelmezések mellett lehetőség volt és van a litológiai trendelemzésre, pórusnyomás, paleo-pórusnyomás és süllyedéstörténet meghatározására *(3. ábra)*, ezzel is segítve a medenceanalízist;
— külön szolgáltatása a rendszernek a szintetikus szelvények előállítása (számítása) regressziós és/vagy modell módszerrel, amely a hiányzó — elsősorban akusztikus *(ATL)* és kőzetsűrűség *(DEL)* — szelvényeket kívánja pótolni a a szeizmikus interpretáció segítéséhez, s melyhez akusztikus impedanciát és reflexiós együtthatókat is számít;
— egyéb szolgáltatásaihoz tartozik a lyuktérfogat, réteghőmérséklet és lyukferdeség számítás.

Az önerőből végzett fejlesztési munka tapasztalatai és a hosszú távra kidolgozott szakmai koncepció egy, az eddiginél nagyságrendileg nagyobb szelvényértelmező rendszer (hardware és software) üzembeállításának igényét fogalmazták meg. Ez igény szerencsésen egybeesett az *OKGT* világbanki hitelfelvétel biztosította beszerzési lehetőséggel.

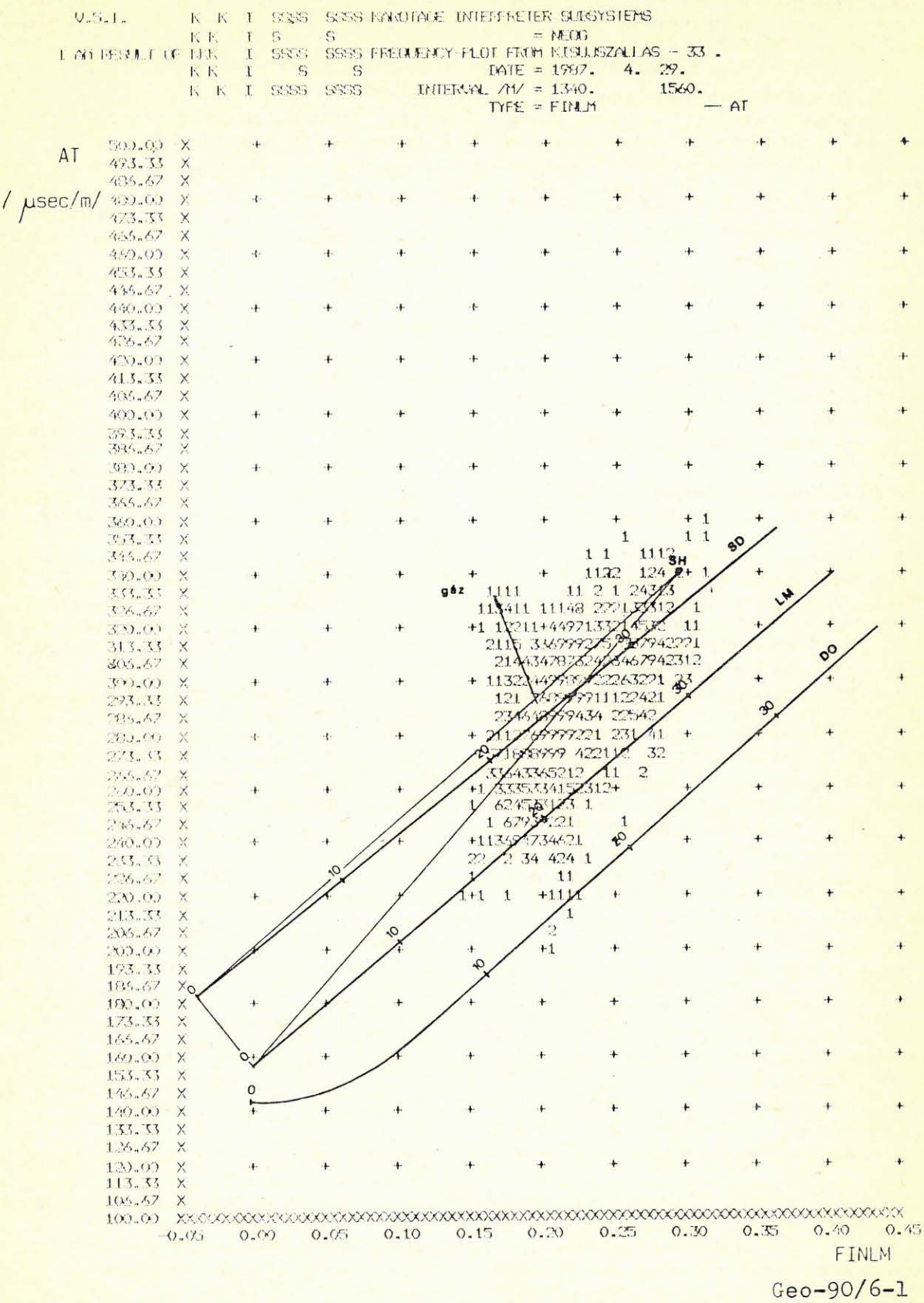
A beszerzendő rendszerrel szemben a következő követelményeket támasztottuk:

— világszínvonalú legyen;
— illeszkedjék a szelvényválasztékban időközben bekövetkezett fejlesztésekhez *(Gearhart, Dresser*, illetve *Western Atlas* szelvényező berendezések, lyukkompenzált három porotizáskövető szelvény, *DIPLOG, SPEKTRALOG* szelvények stb. . . .);
— tegye lehetővé a földtani igények kielégítését (geológiai információk, térképező rendszerek);
— hosszabb távú megoldást jelentsen, ne történjen meg (mint korábbi rendszerek esetében), hogy a felhasználók már a bevezetés időpontjában *kinőtték*,
— a hardware és a software lehetőleg egy helyről kerüljön beszerzésre, hogy a rendszer azonnal alkalmazható legyen;
— biztosítsa egy olyan — nem beszerezhető — földtani-geofizikai adatbázis kifejlesztését, amely támogatja a hazai szénhidrogén kutatást.

A fenti követelmények alapján kiválasztott — *Western Atlas* által szállított — *CC (Concurrent Corporation)* gép és a *WDS (Well Data System)* szelvényfeldolgozó programcsomag, illetve a *TERRASCIENCES* térképszerkesztő programcsomag *1989*-től üzemelnek a Kőolajkutató Vállalatnál. A számítógéprendszer blokkvázlatát a *4. ábra* mutatja.

A szelvényfeldolgozó programok a központi számítógépen, illetve a rendszer intelligens termináljaiként (és Workstation-ként is) üzemelő *IBM AT* számítógépeken is rendelkezésre állnak így:

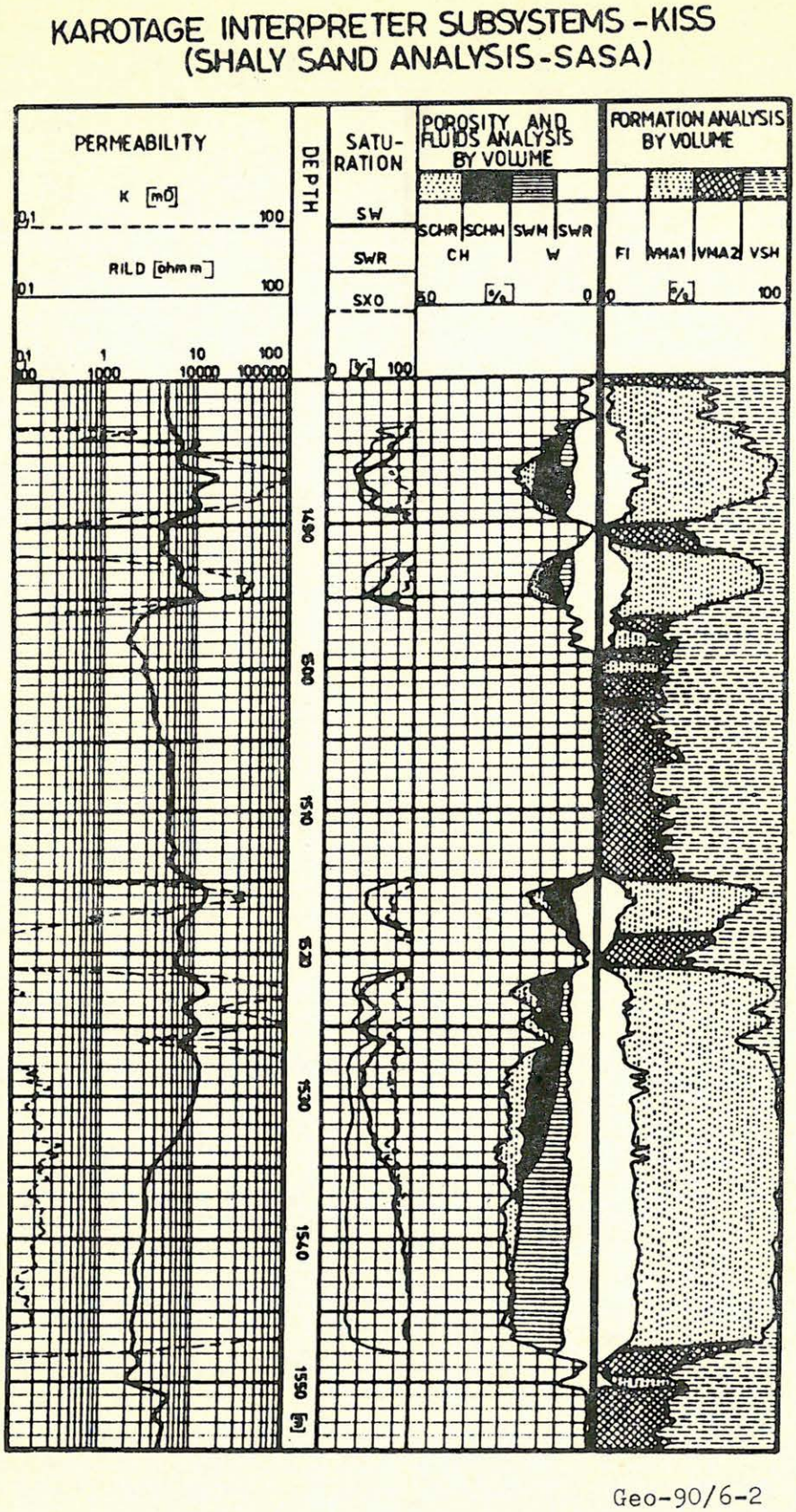
— a Complex Reservoir Analysis — *CRA*,
— a homokkő analízis — *SAND*,
— a Clay Analysis and Shaly Sand Evaluation — *CLASS*,
— egy modern statisztikus értelmező eljárás — *OPTIMA*,
— rétegdőlés feldolgozás — *DIPLOG*,
— és modernebb változata — *STRATADIP*,
— elemző programokkal — *SCAT* Analysis,
— magasszintű szolgáltatásokkal:
interaktív és automatikus mélységegyeztetéssel,
lyukhatás és rétegtartalom korrekciókkal,
ellenállás paraméterek *(RT, RXO, DI)* meghatározásával,



1. ábra. Neutronporozitás — akusztikus terjedési idő frekvencia plot

Рис. 1. Нейтроновая пористошть пот частоты времени окустического распроштранения

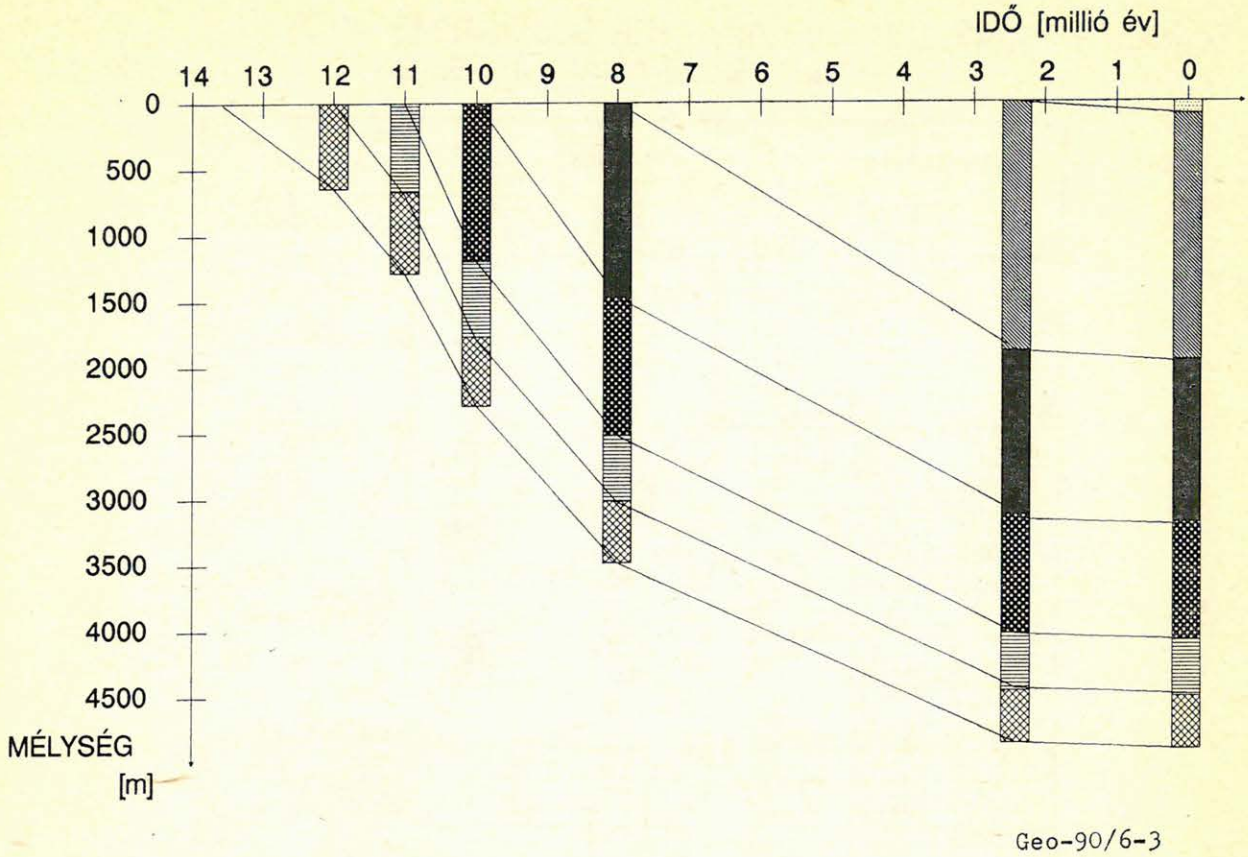
Fig. 1. Neutron porosity — acoustic travel time cross-plot



2. ábra. Kvantitatív karotázs interpretáció eredményrajza

Рис. 2. Изображение результата количественной каротажной интерпретации

Fig. 2. Presentation of quantitative well-log interpretation



3. ábra. A süllyedéstörténet megjelenítése

Рис. 3. Появление истории опускания

Fig. 3. Presentation of subsidence history

PLOT-ok, *LOG*-ok képi megjelenítésével,
agyagindikátorok, egyéb szelvények megválasztási lehetőségével, a fúrómagok adatok kezelésével,
az agyagon kívül mélységpontonként két, összességében *6*, illetve *8* kőzettípus választási lehetőségével,
az alapkőzetek (homokkő, mészkő, dolomit) automatikus beépítésével,
szabályozó (korlátozó) egyenletek ésszerű alkalmazásával,
a *DIPLOG* eredmények analizálási lehetőségeivel,
változatos színes grafikai lehetőségekkel (képernyő, különböző típusú plotterek).

A *TERRASCIENCES MAPPING* programjai módot adnak:

— a karotázs és geológiai paraméterek térképi és axonometrikus ábrázolására, ellenőrzésére,
— különböző markerek fúrásról-fúrásra történő követésére.

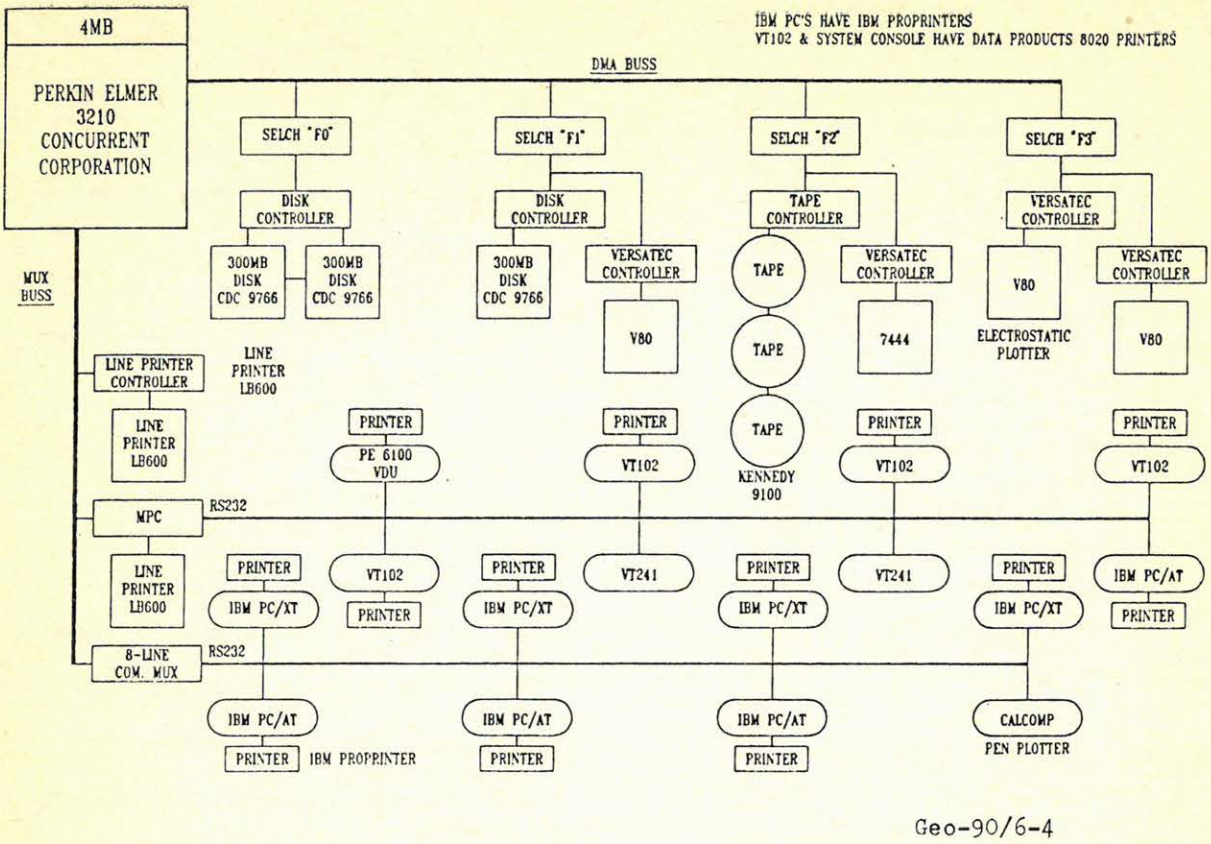
A *CC*-gépre *1989—1990*-ben kifejlesztésre került a *dabKV* földtani-geofizikai adatbázis kezelő program, a rendszer feltöltése folyamatban van, jelenleg *480* kulcsfúrás adatait tartalmazza.

Az egyedi kvantitatív karotázs értelmezésektől az integrált értelmezésig

A Kőolajkutató Vállalatnál nemcsak a hardware fejlesztés (*Concurrent* gép és perifériái) történt integrációs céllal, hanem a software fejlesztés is. Az egyedi kvantitatív karotázs értelmezésekkel kezdtük a mennyiségi adatszolgáltatásokat, majd a szeizmikus értelmezést segítendő akusztikus terjedési idő és impedancia, valamint litológiai oszlopok készítésével folytattuk az információszolgáltatást. Ezeket megtettük szintetikus szelvények előállításával is. Később a medenceanalízist és a szeizmikus értelmezést segítendő litológiai értelmezést, pórusnyomás, paleo-pórusnyomás és süllyedéstörténet meghatározást végeztünk *(5., 6. ábrák)*

Mindezek az egyedi, önálló kezdeményezések az integráció felé haladást célozták, de a valódi integrált feldolgozás más munkastílust, munkakapcsolatot és gondolkodást igényel, úgymint:

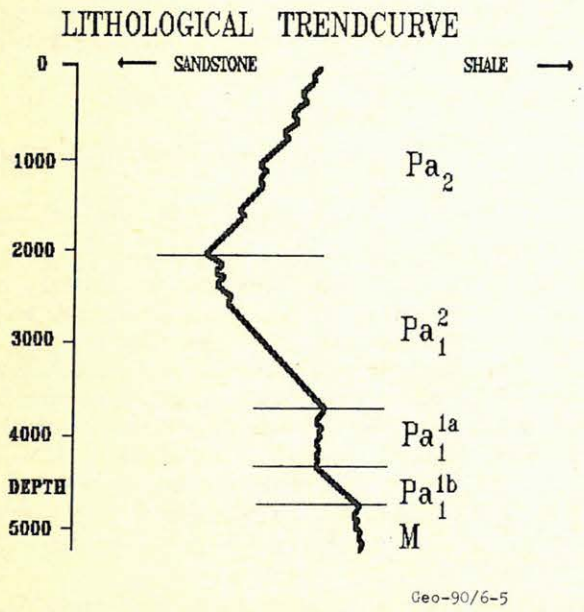
— az integrációban résztvevőknek átfogó ismeretekkel kell rendelkezniük az érintett részterületek mindegyikéről;
— nincs kitüntetett, uralkodó szakma, minden információ egyenértékű;



4. ábra. A Concurrent számítógéprendszer blokkvázlata

Рис. 4. Цхема блоков системы ЁВМ КонКуррент

Fig. 4. Block-scheme of Concurrent computer system



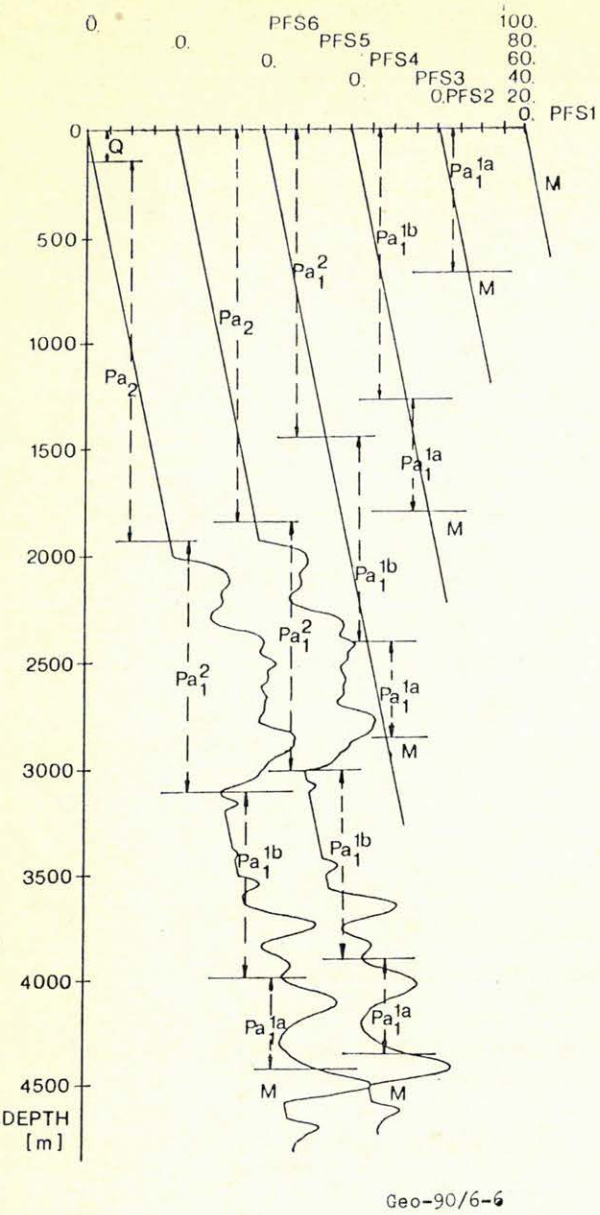
5. ábra. Litológiai trendgörbe

Рис. 5. Кривая литологического тренда

Fig. 5. Lithological trend curve

— irányítani kell az információszerzési, feldolgozási és értelmezési folyamatokat;
— a hatalmas adattömeg, a gazdaságosság, az időbelibeliség megköveteli a megfelelő kapacitású hardware, a jó minőségű software és a célszerűen felépítettadatbázis meglétét, vagy másképpen az információ, az idő és a gazdaságosság egységét teszi szükségessé;
— a célzatosságot (célszerűséget, célorientáltságot) petrofizikusok biztosítják, akiket pókhoz vagy karmesterhez lehet hasonlítani, aki érzékenyen reagál a pókháló, vagy a zenekar minden rezdülésére: a *7. ábrán* lévő „pókháló diagram" a különböző szakterületek szoros összekapcsolódását és a megismerés lépcsőzetességét érzékelteti;
— az integrált értelmezés hatékonyságát növeli, ha az technologizált, azaz a folyamatok egységesek.

Az integrált információszerzés, feldolgozás és értelmezés szükségességét a tapasztalatok igazolják, mert ez vezethet el a gazdaságos és eredményes kutatáshoz, és végső fokon a szénhidrogéntárolónak, mint földtani képződményhez kapcsolódó hidrodinamikai rendszernek a megismeréséhez. Ezt megerősíti még az a tény is, hogy a szénhidrogénkutatás geológiai körülményei egyre bonyolultabbak, lassan elfogynak a jól kutatható szerkezeti



6. ábra. Pórus- és paleopórus nyomás agyagrétegekben

Рис. 6. Поровое — и палеопоровое давление в пластах глин

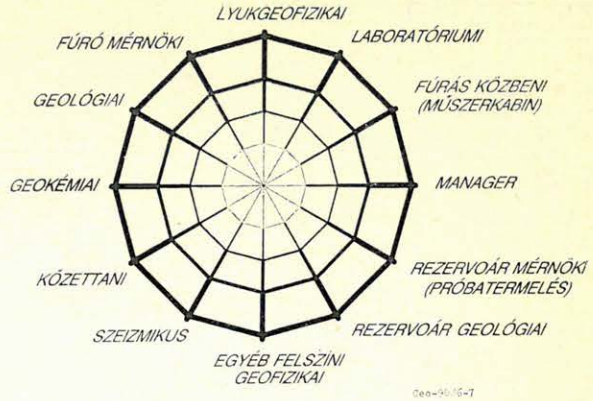
Fig. 6. Pore and paleo-pore pressure in clay layers

csapdák és előtérbe kerülnek az úgynevezett litológiai vagy rejtett csapdák.

Ki kell aknázni valamennyi módszerben rejlő információs tartalékokat, és ennek egyetlen lehetséges módja az integrált értelmezés, amelynek a főbb lépései a következők lehetnek:

1. Áttekintő kutatás

— környezettanulmány (felszíni képződmények, objektumok rögzítése. . .);



7. ábra. „Pókháló diagramm"

Рис. 7. „Диаграмма сетки паука"

Fig. 7. „Diagram of spider's-web

— légi-, felszíni geofizikai kutatás (terv, mérések, eredmények, integrálás);
— fúrásos kutatás (terv, mérések, eredmények, integrálás);
— rétegvizsgálatok, próbatermeltetés (terv, mérések, eredmények);
— felszíni, mélyfúrási és termelési adatok együttes értelmezése;
— kutatásgeológiai (elsődleges) modell megalkotása;

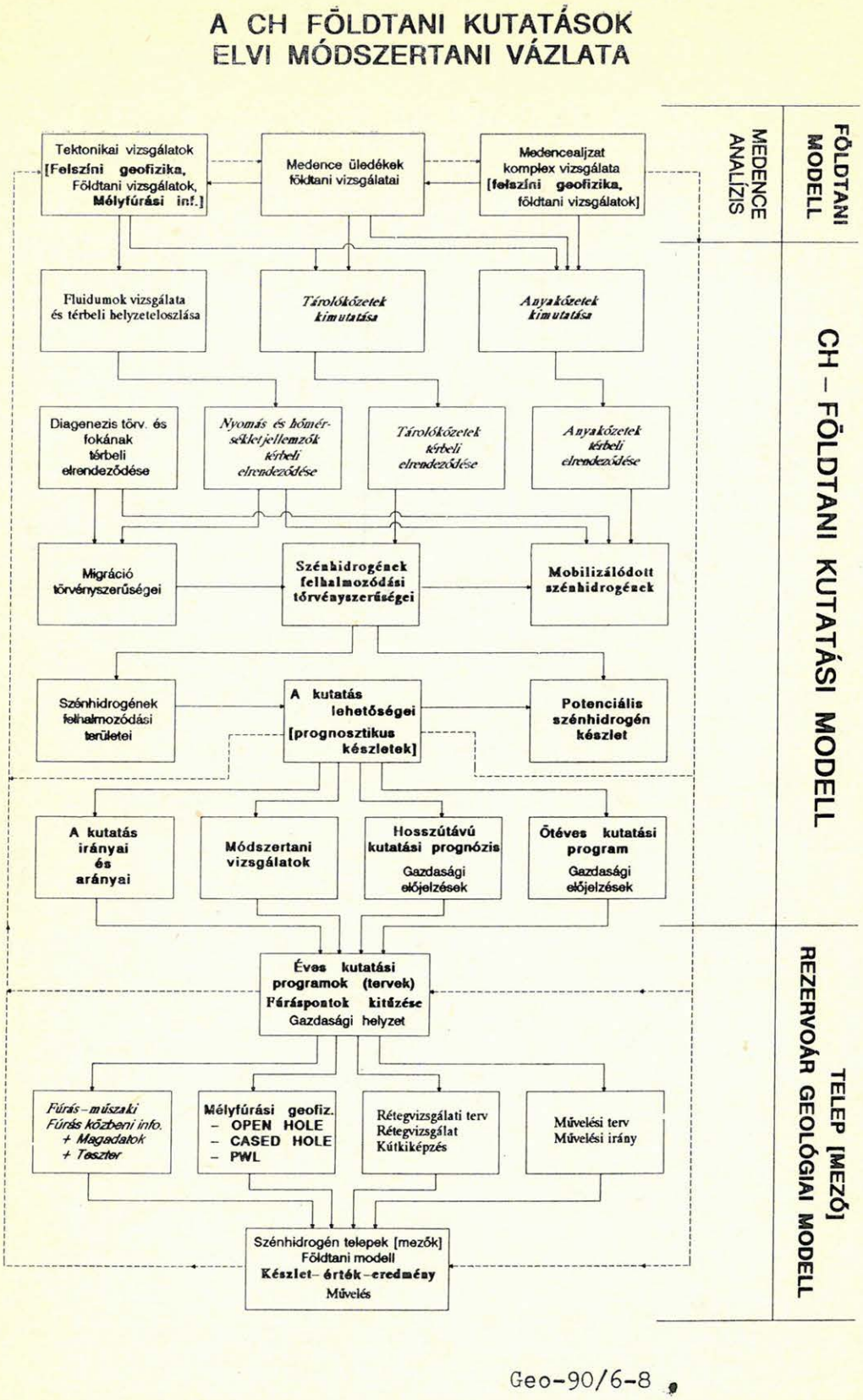
2. Részletező kutatás

— mezőn belüli részletező szeizmika (terv, mérések, eredmények), amely igényesebb, nagyobb felbontású mérés, feldolgozás és értelmezés);
— a fúrásos kutatás folytatásával egyre részletesebb és pontosabb földtani modellhez jutunk (terv, mérések, eredmények);
— termelési adatok, interferencia mérések (terv, mérések, eredmények);
— felszíni, mélyfúrási és termelési adatok részletes együttes értelmezése;
— a rezervoárgeológiai modell megalkotása.

A *CH* földtani kutatások elvi módszertani vázlatát mutatja a *8. ábra* egy másik aspektusból (*Dank Viktor* után). Az integrált értelmezés hatékony alkalmazásának jelenlegi lehetőségei;

1. Az integrált értelmezés alapvető feltétele az igen jól képzett, a társszakmák információit befogadni képes szakemberállomány. Ez korlátozott számban áll rendelkezésre. Emiatt vállalati, vállalatok közötti team-eket kell szervezni. A team-ekbe bevont szakemberek munkaidejük egy részét fordítják a napi feladatokra, a másik részét a team feladatokra:

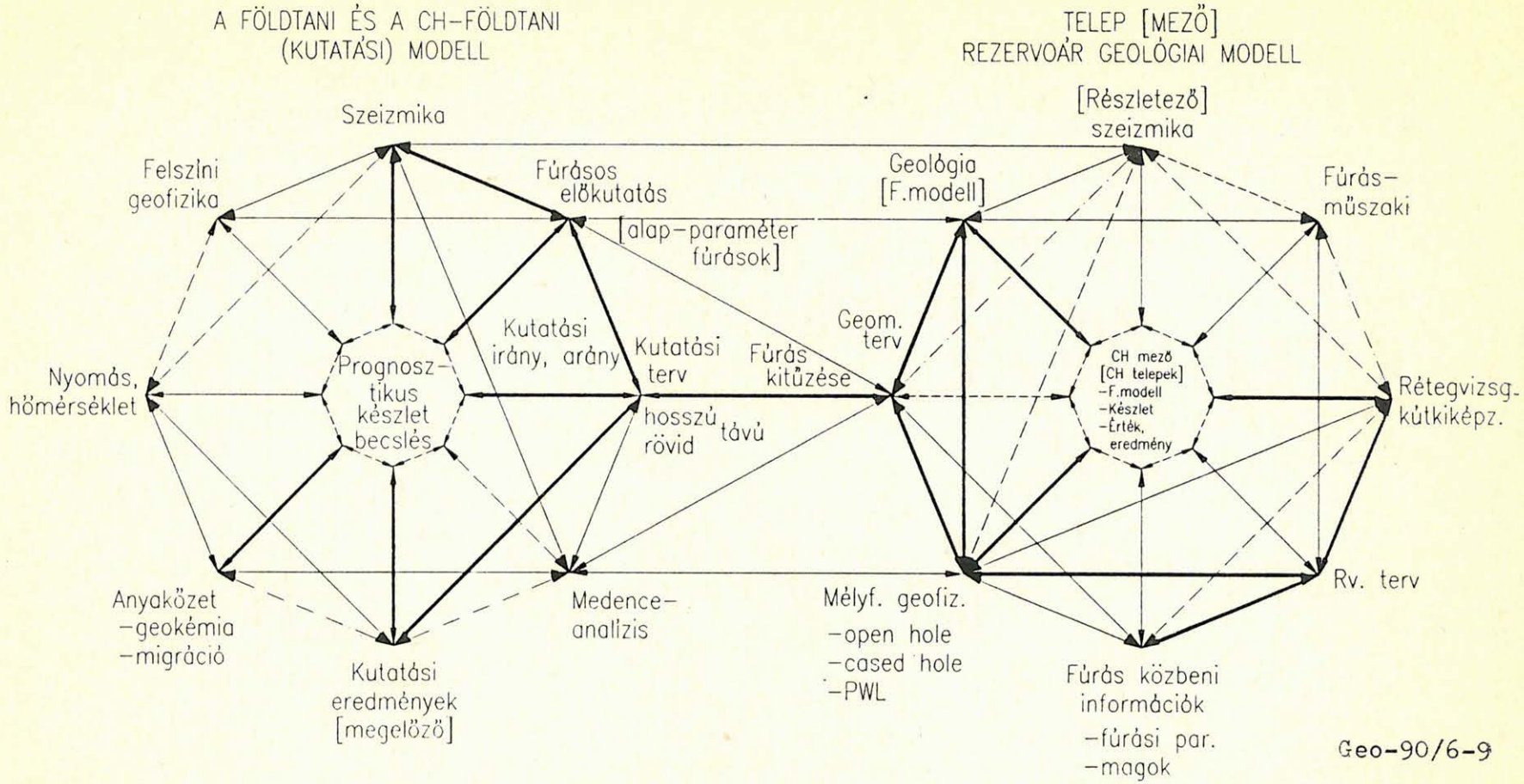
— a team-ek a számukra kijelölt területeken egy meghatározott technológia szerint dolgoznak;
— felügyeletüket (beszámoltatásukat) első fokon a vállalati kutatási tanács végzi félévenként;
— a team-ekbe bevont szakembereket érdekeltté kell tenni a munkában és a tudásuk gyarapításában.



8. ábra. A CH-földtani kutatások elvi módszertani vázlata

Рис. 8. Принципиальная методическая схема исследовании в области нефтегазовой геологии

Fig. 8. Theoretical system of geological exploration of hydrocarbons



9. ábra. **A felszíni- és mélyfúrási geofizikusi információk kapcsolatrendszere („Pápaszem-diagram")**

Рис. 9. **Система поверхностных и скважинных гео физических информаций („диаграмма — очки")**

Fig. 9. **Relation of seismic and well-log informations („spectacles diagram")**

2. A team-ekbe bevont szakmákat és az információs szinteket a *7. ábra* („pókháló diagram"), a felszíni, és mélyfúrási geofizikai információk kapcsolatrendszerét a *9. ábra* („pápaszem-diagram") mutatja.

3. A team munka szükséges feltétele a számítógépes adatbázis és a megfelelő számítógépes háttér:
— a dabKV megfelelő alap erre;
— bővítése és folyamatos feltöltése vállalati *(GKV)* feladat, amelyre megfelelő szervezeti és anyagi kereteket kell találni;
— a különböző telephelyek közötti információáramlás biztosításához zsükséges fejleszteni a hírközlési hálózatot.

4. A team munkák finanszírozása az *OKGT* kutatási alap terhére történhet:
— a kutatás elvileg háromlépcsős lenne, első a kutatási terv (program), a második a kutatási modell elkészítése, a harmadik pedig a rezervoárgeológiai (telep) modell megalkotása;
— így az OKGT-nek a kutatást irányító-ellenőrző tevékenysége és a vállalati érdek (folymatos kutatás) is érvényesülhetne;
— valamennyi lépcsőben elemzés tárgya lenne a gyűjtött információk mennyisége és minősége a ráfordítások és az idő tükrében.

5. A fentebb felsoroltak gyakorlati tapasztalatokra támaszkodnak:
— a szeghalmi és a kiskundorozsmai területek rezervoárgeológiai modelljeinek kidolgozása ennek megfelelően történt, a team-eket az *NKFV*, a *KV*, az *SZKFI* és a *MÁELGI* szakemberei alkották;
— a szeizmikus interpretációk és a medenceanalízisek segítésére rendszeresen szolgáltatunk adatokat;
— a *dabKV* fejlesztésében, feltöltésében aktívan részt vettünk;
— a fúrási információk integrálása, visszacsatolása rendszeresen megtörténik.

Összefoglalás

Az *1970*-es évek közepétől jelentős fejlődésen ment keresztül a mélyfúrási geofizikai szelvények feldolgozása és értelmezése, amely:
— a kézi feldolgozástól eljutott a világszínvonalú software-ekkel és számítógépekkel támogatott interpretációig;
— az egyedi kvantitatív karotázs interpretációk mellett szolgálja a medenceanalízist és a szeizmikus értelmezést.

A szénhidrogénkutatási adatok integrált értelmezése iránti igény megfogalmazása során:
— a vásárolt hardware-ek és software-ek, valamint fejlesztési munkáink ezen elveknek lettek alárendelve;
— már részt vettünk az elsőknek számító ilyen munkákban;
— az adatbázis létrehozása *(dabKV)* és feltöltésének előrehaladott volta az egyik szükséges feltétel biztosítéka.

Az eddig gyűjtött szakmai tapasztalatok, a számítógépes háttér és feldolgozó programok, valamint az adatbázis biztosítja, hogy az elkövetkezőkben nagyobb számban és magasabb színvonalon vegyünk részt az integrált értelmezési tevékenységben.

IRODALOM

[1] *Kiss B., Molnár G.:* Mélyfúrási geofizikai (karotázs) szelvények számítógépes feldolgozásának rendszere (Karotage Interpreter Subsystems — KISS) Magyar Geofizika XXIV. évf. 5—6. szám.

[2] *Kiss B., Kormos L.:* Agyagos homokkő-formációk kvantitatív mélyfúrási geofizikai (karotázs) interpretációja. Magyar Geofizika XXIV. évf. 5—6. szám

[3] *Kiss B., Kormos L.:* Statisztikus értelmezési eljárások homokkő formációkra. Magyar Geofizika XXIV. évf. 5—6. szám

[4] *Kiss B., Tóth J.:* Metamorf kőzetanyagú szénhidrogén-tárolók mélyfúrási geofizikai (karotázs) interpretációjának kérdései. Magyar Geofizika XXIV. évf. 5—6. szám.

[5] *Molnár G., Szerdahelyi G.:* A rétegdőlésmérés számítógépes bevezetése Magyarországon. Magyar Geofizika XXIV. évf. 5—6. szám

[6] *Kiss B.:* A plot-technikán alapuló kvantitatív karotázs interpretáció és logikája. I-II. rész. Magyar Geofizika XXVI. évf. 3—4. szám

[7] *Molnár G.:* Karotázs értelmezési rendszer (KISS) TPA—70/25 számítógépen. Magyar Geofizika XXIV. évf. 3—4. szám