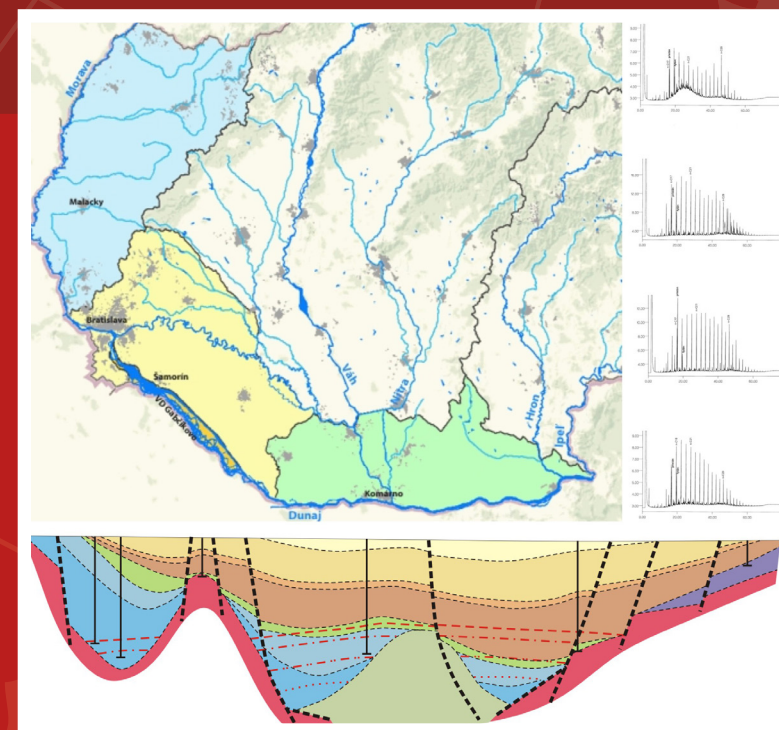


2017

Ján Milička

Uhľovodíkový potenciál Podunajskej panvy



ISBN 978-80-223-4255-1



Uhľovodíkový potenciál Podunajskej panvy

Univerzita Komenského
Bratislava
2017



JÁN MILIČKA

Uhľovodíkový potenciál Podunajskej panvy

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA**

2017

© Doc. RNDr. Ján Milička, CSc., 2017

Recenzenti: prof. RNDr. Ivan Kraus, DrSc.

RNDr. Pavel Müller, CSc.

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Rozsah 150 strán; 8,15 AH vrátane obrázkov, prvé vydanie, náklad 100 kusov. Tlač: IRIS – Vydavateľstvo a tlač, s.r.o.

ISBN: 978-80-223-4255-1

Predslov

Kolísanie súčasných cien fosílnych energetických surovín predstavuje veľmi komplexný problém odvíjajúci sa na jednej strane od globálnej aj regionálnej politickej situácie, na druhej strane súvisí so stále racionálnejším poznaním reálnych konvenčných aj nekonvenčných zásob ropy a plynu a ich ekonomickej dostupnosti. Z tohto dôvodu je v záujme každej krajiny prehodnotiť svoj vlastný uhľovodíkový potenciál a zvážiť reálne možnosti ďalšieho prieskumu.

Ťažba uhľovodíkov na Slovensku bola a stále je sústredená do klasických ropo-plynonosných oblastí, akými sú veľké neogénne sedimentárne panvy Západných Karpát a to najmä viedenská a východoslovenská neogénna panva. Ťažba ropy a plynu vo viedenskej panve prebieha kontinuálne už viac ako sto rokov a vo východoslovenskej, resp. podunajskej panve sa ťaží plyn viac ako päť desaťročí. Väčšina veľkých a relatívne ľahko dostupných ložísk s dobrými kolektorskými vlastnosťami je prakticky vyťažená a mnohé z nich boli konvertované na podzemné zásobníky zemného plynu (len vo viedenskej panve). Z tohto dôvodu sa zrejme budúci prieskum a ťažba uhľovodíkov v týchto oblastiach sústreďia do oblastí s výskytom hlbších, zložitých, prípadne vysokotlakých, vysokoteplotných a nízkopriepustných ložísk.

Podunajská panva poskytlá v porovnaní s viedenskou a východoslovenskou panvou doposiaľ najmenej ťažiteľných uhľovodíkov, konkrétne zemného plynu. Na druhej strane je dosiaľ vrtne najmenej preskúmanou oblasťou v rámci neogénnych paniev, čo poskytuje priestor pre jej detailné geochemické zhodnotenie najmä z pohľadu výskumu potenciálnych zdrojových hornín uhľovodíkov, ich plošnú a hĺbkovú distribúciu, kvantitu a kvalitu východiskovej organickej hmoty, mieru tepelnej premeny kerogénu na uhľovodíky ako aj analýzu existujúcich hlbinných i povrchových prejavov uhľovodíkov. K vytypovaniu potenciálnych ložiskových štruktúr môže prispieť tiež konštrukcia máp hydrogeologickej otvorenosti, resp. uzavretosti štruktúr na základe interpretácie chemického zloženia vôd a plynov z existujúcich hlbokých naftových, ako aj niektorých geotermálnych vrtov.

Cieľom predkladanej monografie je teda komplexné zhodnotenie stavu doterajších poznatkov slovenskej časti podunajskej panvy v kontexte jej rozšírenia aj na maďarskom území ako aj v kontexte neogénnych panví Západných Karpát na Slovensku. Toto hodnotenie sa opiera predovšetkým

o výsledky viac ako tridsaťročného výskumu sedimentárnej organickej hmoty z hľadiska jej kvantity aj kvality, z hľadiska teplotných pomerov a následnej konverzie kerogénu na uhľovodíky. Výsledkom je ocenenie uhľovodíkového potenciálu a náčrt najperspektívnejších oblastí z hľadiska ďalšieho prieskumu na výskyt ložísk ropy a plynu.

Autor

Summary

Hydrocarbon potential of the Danube Basin

Submitted monograph offers a complex organic-geochemical characteristic of sedimentary organic matter in terms of source rocks quality, quantity, thermal maturation and of molecular characteristics of oil impregnation traces in well cores and of the only one light oil occurring in the SW part of the basin.

The Danube Basin still belongs to the potentially most prospective hydrocarbon areas and, at same time it is the largest Neogene basin in Slovakia with highest volume of potential source rocks in active hydrocarbon generation zones. The Danube Basin forms one of the northern promontories of the Pannonian Basin System, and it is divided into two national parts by the River Danube. While the Slovakian part retains the Danube Basin name, the Hungarian part is known as Little Hungarian Plain (Kisálföld in hungarian). Hydrocarbon drilling exploration in the Slovak part of the Danube Basin was mostly performed between 1952 and 1972 and discovered small natural gas pools with prevailing methane but also other natural gas accumulations with small amount of methane and variable content of carbon dioxide and nitrogen. The exploration was renewed for a short period in the early 1990's of the last century. Most research in this area has focused on exploitable quantities of hydrocarbon gases in the Blatné Depression. The exploration works did not bring until now the expected discoveries of liquid hydrocarbons. Oil traces and impregnations have been recorded in several core samples in Blatné-, central- and Želiezovce depressions, while small methane deposits and accumulations are concentrated in the Blatné Depression. A weak inflow of light gasoline oil is documented from the geothermal FGČ1 Čilistov well at the south-eastern part of the Central depression.

Geochemical characteristics of potential source rocks, kerogen maturation and hydrocarbon generation zones in the Slovak part of the Danube Basin were investigated by standard organic-geochemical methods – elementary analysis, Rock Eval pyrolysis, Gas Chromatography, Gas

Chromatography-Mass Spectrometry, microphotometry, stable methane carbon isotopes analysis.

Sediments of the Central Western Carpathian units and Mesozoic rocks of Transdanubian Central Range in the basement of the Slovak part of the Danube Basin are very poor source rocks, where the total organic carbon (TOC) maximum ranges only up to 0.6 %. Similarly, the TOC content of carbonates outcropping at the northern margin of the basin in the Malé Karpaty, Považský Inovec and Tribeč mountains is generally poor, with negligible hydrocarbon (HC) potential that was exhausted probably yet before thrusting in the original sedimentary basin. Hydrocarbon generation stages of kerogen occurring in the Mesozoic basement sediments indicated by thermal maturity ($R_o = 0.8\text{--}3.5\%$) and modeling are passive, regarding the actual depth position. Palaeogene sediments were evaluated almost entirely from the Štúrovo Palaeogene area; referred to as the Buda or North Hungarian Palaeogene. Source rocks with increased dispersed organic matter concentrations up to approximately 2 % were detected only in the Mo2 and NV1 wells in the Želiezovce Depression. Elevated dispersed organic matter concentrations up to 8 % detected in samples from the FGKR1 and 30 % in cores from the FGO1 wells belong to coal positions. Kerogen in the evaluated Palaeogene sediments is mostly immature with values of vitrinite reflectance e.g. $R_o = 0.8\%$ at 3160 m; the early oil generation stage is slightly exceeded only in deepest parts of the NV1 well. Total organic carbon distribution and the hydrocarbon source rock potential were mainly studied in Neogene well cores in Eggenburgian to Pontian sediments. The Neogene sediments are generally poor source rocks with locally fair values up to 2 % in Lower Miocene and up to 1.5 % in Middle Badenian, in Sarmatian and in Early Pannonian sediments. Gas chromatography and Rock Eval methods indicate that the most convenient source rocks with highest hydrocarbon potential occur in the Early Pannonian- and, to a lesser extent, in the Middle Badenian sediments. The construction of HC generation zones was provided based on sediment burial reconstruction and kinetic HC generation modelling. The most extensive active hydrocarbon generation occurred in the Central Gabčíkovo Depression from Middle Badenian to Late Pannonian shale complexes during the end of Late Miocene to Pliocene. Oil generation window was reached at approximately 2800 m in the deepest part; below 4000 m only methane generation is expected according to the modeling. Active

hydrocarbon generation zones, considerably less in area and volume, were reached in the deepest Middle Badenian sediments in the Blatné Depression and also in the Rišňovce Depression in Middle and some Upper Badenian source rocks. However, only early oil and the beginning of main oil generation phase were reached below 3000 m in this colder part of the basin from the beginning of Late Miocene to Pliocene. The Neogene sediments are maximally 3600 m thick in the deepest part of Blatné Depression.

The molecular and isotopic compositions of the natural gas hydrocarbons confirmed methane with mixed thermogenic-bacterial origin. Higher HC gases (C₂+) suggest the origin of thermogenic portion associated with oil generation window. Several source rocks and one oil show were analyzed by GC and GC-MS and the molecular composition of gasoline hydrocarbon range was analyzed by whole oil gas chromatography. The gasoline and oil impregnation differ especially in biodegradation alteration and thermal maturity level. The almost non-biodegraded gasoline from FGČ1 Čilistov well in the Central Gabčíkovo Depression was generated at considerable temperature and depth. Such conditions are reached in the Slovak part of the Danube Basin in the Central Gabčíkovo Depression below 3500 m at temperatures of 150 °C or even higher. Based on the C₂₇-28-29 sterane triangle, the oil can be correlated with any examined Pannonian, Sarmatian and Middle Badenian source rocks entering the oil generation depth zone. The HC gas and oil traces presence in both Slovak and Hungarian basin areas proved the existence of quite poor but still effective source rocks that entered the active HC generation zones.

In Blatné- and Rišňovce depressions at the northern part of the Danube Basin only early oil and oil generation window were according to modeling reached below 2900 m during the Upper Miocene to Pliocene, due the lower temperature. In the southern Central Gabčíkovo Depression (CGD) that is explored by drilling only to 2700 m, all generation zones up to dry gas zone have been reached according to modeling. While the oil generation zone was reached at approximately 2800 m, dry gas is expected below 4000 m. The natural gas molecular composition and methane carbon isotopes indicate small local natural hydrocarbon gas accumulations associated mostly with oil generation that migrated to present reservoirs

and mixed with biogenic methane. The carbon dioxide and partly also nitrogen here are most likely related to volcanic activity. The gasoline hydrocarbon range indicates that non biodegraded gasoline oil from the FGČ1 Čilistov well in the CGD is thermally very mature, with its origin most likely in the deeper parts of the CGD below 3500 m. In contrast, the oil trace from Sered'5 (Se5) well is strongly biodegraded and according to the sterane correlations it could have originated in any examined Neogene source reaching the oil window.

The volume of potentially generated hydrocarbons in the Slovak part of the Danube Basin was appreciated using Waples' method based on organic-geochemical parameters and a release of 9.2 million ton of oil and 62.8 billion tons of gas was estimated. This volume was calculated together for all maturity zones in the area, and the calculation includes the secondary migration efficiency and the presence of buried stratovolcanoes of Badenian age in the CGD. The volcanic rocks reduce the volume of potential source rocks and contribute to carbon dioxide production. On the other hand the increased temperature may allow the hydrocarbon expulsion in active condensate- and gas generation zones in spite of relative poor source rocks.

Although huge volumes of Neogene sediments in the Slovak part of the Danube Basin are still to be explored, predictions of future liquid hydrocarbons discoveries remain uncertain. The known source rocks are mostly of poor quality and according to the calculation of HC expulsion for kerogen type III, the threshold value for expulsion in early- and oil generation stages was not reached.

The new generally small methane accumulations can be expected mainly in Blatné Depression; at the margins of the Central depression rather mixed gas type accumulations together with carbon dioxide and nitrogene will probably occur.

OBSAH

Úvod	11
História geologického výskumu, prieskumu a ťažby uhľovodíkov v podunajskej panve.....	13
1 Stručný prehľad geologických pomerov podunajskej panvy	19
1.1 Predterciérne podložie.....	21
1.2 Paleogén	23
1.3 Neogén	25
1.4 Tektonika	34
2 Metodika výsledky	37
2.1 Výber a lokalizácia vzorkového materiálu	37
2.2 Analýzy organickej hmoty hornín.....	37
2.2.1 Pyrolýza Rock-Eval	37
2.2.2 Kinetické merania.....	52
2.2.3 Mikroskopická fotometria.....	55
2.3 Analýzy extraktov hornín a ropných prejavov	56
2.3.1 Extrakcia bituménov a separácia jednotlivých zložiek.....	56
2.3.2 Analýzy horninových extraktov a ropných prejavov	57
2.4 Analýzy prírodných plynov a podzemných vôd	65
2.5 Kinetické modelovanie vzniku uhľovodíkov	66
3 Uhľovodíkový potenciál podunajskej panvy	71
3.1 Charakteristika potenciálnych zdrojových hornín	71
3.2 Zonalita tepelnej premeny kerogénu a tvorby uhľovodíkov v podunajskej panve	82
3.3 Geochemická charakteristika a pôvod metánu v prírodných plynoch podunajskej panvy	97
3.4 Geochemická charakteristika podzemných vôd a rozpustených prírodných plynov	101
3.5 Geochemická charakteristika horninových extraktov a ropných prejavov.....	110
3.6 Charakteristika oblastí vhodných pre vyhľadávací prieskum na uhľovodíky.....	119
3.7 Porovnanie zonality premeny organickej hmoty sedimentov podunajskej panvy, viedenskej a východoslovenskej neogénnej panvy	121
Závery	125
Slovník vybraných pojmov	127
Literatúra	133
Zoznam skratiek vrťov	148

Úvod

Slovensko je v súčasnosti prakticky úplne odkázané na dovoz ropy a plynu. Napriek tomu je história ťažby ropy na Slovensku, v danej dobe ako súčasť Rakúsko – Uhorska a neskôr Československa jednou z najstarších na svete a datuje sa zhruba od polovice 19. storočia. V prvom prípade však bola ťažba situovaná z geologického hľadiska do oblasti západnej a východnej časti flyšového pásma. Ťažba v týchto oblastiach však postupne upadala a v období medzi prvou a druhou svetovou vojnou prakticky úplne zanikla.

Na druhej strane počas prvej svetovej vojny začal intenzívny prieskum a ťažba vo viedenskej a v 60-tych rokoch aj vo východoslovenskej neogénnej panve a svoje maximum dosahovali v 60-tych až 80-tych rokoch 20. storočia. Tieto takzvané tradičné oblasti naftového prieskumu, teda viedenská, východoslovenská a postupne aj podunajská panva sú stále najperspektívnejšími prieskumnými oblasťami na našom území. Stupeň naftovej preskúmanosti uvedených paniev je značne nerovnomerný čo do kvality aj objemu vykonaných prieskumných prác.

Podunajská panva je našou najväčšou neogénnou panvou, ale s najnižšou hustotou vrtnej a seizmickej preskúmanosti najmä v oblastiach depresí, v ktorých hrúbka sedimentárnej a vulkanosedimentárnej výplne neogénneho veku dosahuje často viac ako 3000 m. Teoreticky má najväčší objem potenciálnych zdrojových hornín v aktívnych štádiách generovania uhľovodíkov. Overené zdrojové horniny z hlbokých vrtov však obsahujú v porovnaní s viedenskou a východoslovenskou panvou menej organického uhlíka a majú nižší uhľovodíkový potenciál.

Geochemické zhodnotenie sedimentárnej organickej hmoty sa opiera predovšetkým o rutinné, ale i najmodernejšie fyzikálno-chemické metódy analýz organickej hmoty. Na rekonštrukciu podmienok sedimentácie v geologickej histórii a simuláciu hĺbkových a časových podmienok tvorby uhľovodíkov bolo využité matematicko-geologické a kinetické modelovanie generovania uhľovodíkov. Analyzované výsledky sú

konfrontované a interpretované v súlade s publikovanými geologickými poznatkami. Napriek skutočnosti, že riešenie geologickej stavby podunajskej panvy nie je cieľom tejto práce, niektoré analytické výsledky poskytujú prinajmenšom zaujímavé impulzy a námety aj v tejto oblasti. V rámci štúdia premeny a zrenia kerogénu v zdrojových horninách na základe kinetického modelovania boli vyčlenené aktívne a pasívne zóny generovania ropy a plynu v jednotlivých hĺbkových úrovniach. V záverečnej časti sú vyčlenené a charakterizované perspektívne oblasti pre vyhľadávanie ložísk ropy a zemného plynu.

Predložená monografia predstavuje komplexný, dosiaľ nepublikovaný súhrn najmä vlastných výsledkov autora. Vzorkový materiál, ako aj väčšinu geologických podkladov a možnosť modelovania v programe Yukler PC autor získal vďaka spolupráci s geologickým oddelením podniku VVNP š.p. Bratislava. Vďaka patrí tiež brnenskej pobočke ČGS Praha, kde bolo autorovi umožnené vykonať v rámci početných pracovných pobytov všetky mikrofotometrické merania. Podstatnú časť analytických výsledkov, najmä analýzy TOC, pyrolýza Rock Eval, plynová chromatografia (GC), plynová chromatografia-hmotnostná spektrometria (GC-MS) a kinetické merania konverzie kerogénu získal autor počas pracovného pobytu v Institut Français du Pétrole v Rueil Malmaison, Paríž.

Hlavným cieľom monografie je teda posúdenie uhl'ovodíkového potenciálu podunajskej panvy na základe obsahu, typu a stupňa premeny organickej hmoty ako aj miery konverzie kerogénu na uhl'ovodíky. Dosiahnuté výsledky sú konfrontované s výskumami v maďarskej časti panvy. Súčasne je uhl'ovodíkový potenciál porovnaný so slovenskými časťami viedenskej, východoslovenskej a juhoslovenskej panvy, resp. uvedené sú príčiny spoločných, alebo rozdielnych javov. Publikácia zároveň ponúka námety pre komplexné hodnotenie podobných lokalít a je určená najmä špecialistom z oblasti geochemie, a naftovej geológie.

História geologického výskumu, prieskumu a ťažby uhľovodíkov v podunajskej panve

Doterajší geologický výskum na území podunajskej panvy možno rozdeliť do viacerých časových úsekov, ktoré sa líšia jednak svojim zameraním ako aj metódami. Prvé prístupné štúdie o území pochádzajú z rozhrania 19. a 20. storočia. Väčšina z nich rieši agrogeologické, geomorfologické, hydrografické problémy a popritom prinášajú mnoho údajov o geologickej stavbe, geologickom vývoji, stratigrafii, paleontológii a tektonike.

Geologickou stavbou podunajskej panvy a vyhodnotením geologických prác sa počas histórie prieskumu na uhľovodíky zaoberalo množstvo autorov - Dlabač a Mořkovská (1958); Dlabač a Adam (1959); Pagáč (1962, 1964, 1965, 1967), Gaža (1972, 1974, 1978); Gaža et al., (1985); Čech (1982); Fusán et al. (1987);

Z regionálno-geologického hľadiska ako aj z pohľadu geologického postavenia podunajskej panvy v rámci Západných Karpát a panónskeho panvového systému sa venovalo viacero autorov. Geologickú stavbu panvy komplexne zhodnotil Buday et al. (1967). Prvý ucelený litofaciálny vývoj podunajskej panvy podávajú Adam a Dlabač (1969); Tektonickým vývojom, subsidenciou a termálnou históriou podunajskej panvy sa zaoberali Royden et al. (1983a, b; 1988). Nový pohľad na podunajskú panvu z hľadiska geodynamiky, paleogeografického a štruktúrneho vývoja v rámci karpatsko-panónskeho regiónu v miocéne podáva Kováč (2000). Vývoj depozičných systémov a časových zmien sedimentárnych facií v období neskorého miocénu a pliocénu publikoval Kováč et al. (2011). Poznatky o litostratigrafii podunajskej panvy sumarizuje napr. práca Vass (2002). Zo strany maďarskej časti podunajskej panvy sú napr. práce Nagymarosy (1990), Mattick et al. (1996).

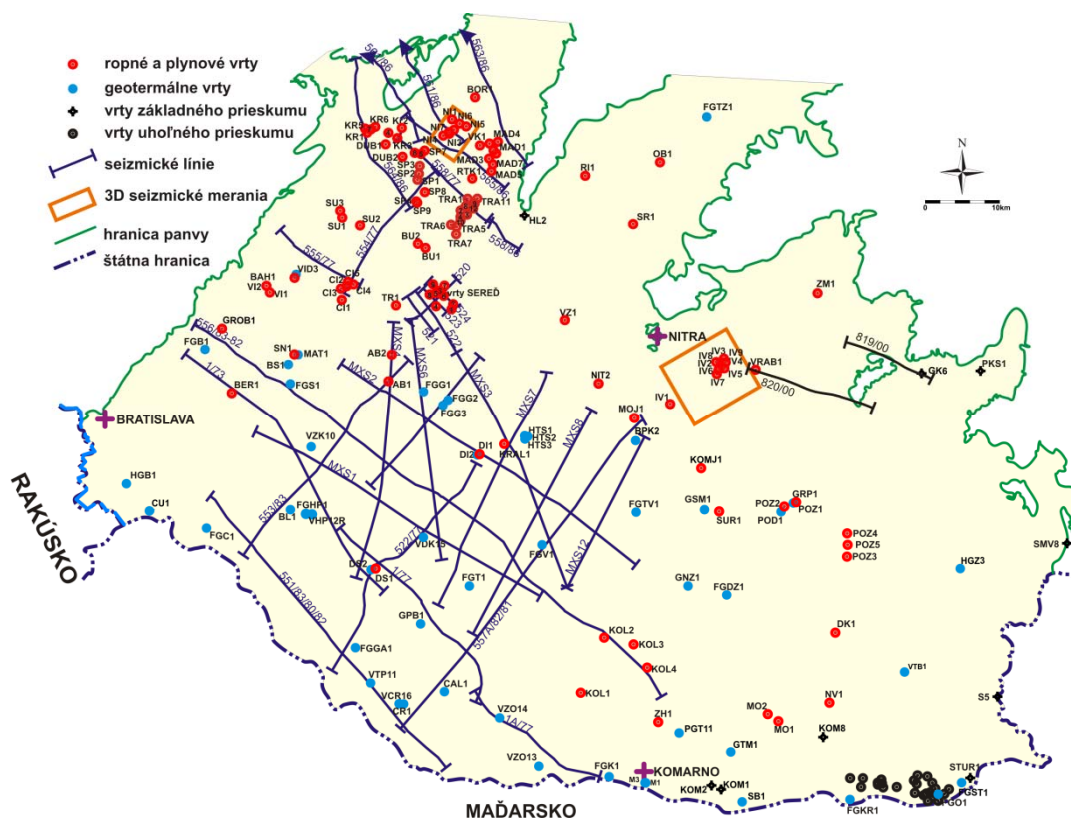
Z geofyzikálnych metód tu boli aplikované gravimetrické, seizmické, magnetometrické a geoelektrické metódy. Pre účely prognózovania ložísk sú výsledky súhrnne publikované v práci Šefara (1987). Na celom území panvy, na ploche ca. 9 tis. km² bolo vykonané detailné gravimetrické

meranie, na ploche asi 6 tis. km² bola meraná magnetometria a na ploche asi 3 tis. km² boli aplikované geoelektrické metódy.

Výsledky geotermálneho výskumu a prieskumu sú publikované v početných prácach a zhrnuté v atlase geotermálnej energie Slovenska (Franko, Remšík, Fendek, eds., 1995) a ďalších správach z nových geotermálnych vrtov, ktoré však väčšinou z hľadiska ich konštrukcie, pozície a účelu využitia, ako aj hĺbkového dosahu poskytujú len obmedzené poznatky pre naftový prieskum.

Začiatok prieskumu na uhľovodíky v podunajskej panve možno klásť do rokov 1942-1943, kedy bol hĺbený prvý hlboký vrt Trnava-1. Do dnešnej doby bolo v panve vyhlíbených 110 hlbinných vrtov na ropu a zemný plyn o celkovej metráži 213 tisíc m. Najväčšiu hĺbku *dosiahol vrt Suchá-2 a to 3 500 metrov. V období rokov 1950 až 1960 bola pri vyhľadávaní* štruktúr vhodných ku hlbinnému prieskumu používaná metodika plytkého a stredne hlbokého štruktúrneho prieskumu súpravami Counterflush. Takýchto vrtov bolo v panve celkom vyhlíbených 2 413 do hĺbky 300 m resp. 407 do 600 m (Gaža in Bednaříková a Thon, 1984). Okrem toho je v panve vyhlíbených asi 40 vrtov za účelom využívania geotermálnej energie, niekoľko vrtov regionálneho prieskumu a v juhovýchodnej časti panvy niekoľko desiatok vrtov uhoľného prieskumu.

Refrakčné a reflexné seizmické profily s tzv. jednonásobným prekrytom boli realizované v rokoch 1942 – 1972 v rozsahu viac ako 5 000 km. Prvé modernejšie 2D seizmické merania metódou spoločného reflexného bodu sa začali v roku 1973 a do súčasnosti bolo zmeraných ca 1 200 km profilov. V roku 2006 sa realizovali v severnej časti panvy na dvoch ložiskách plynu 3D seizmické merania v rozsahu cca 20 km² (ložisko Nižná - blatnianska priehlbina) a 54 km² (ložisko Golianovo - komjatická priehlbina). Pozícia seizmických rezov 819/00 a 812/00 v SV časti panvy je prevzatá z práce Šujan (2016). Rozsah realizovaných hlbokých vrtov a seizmických meraní je znázornený na obr. 1.



Obr. 1: Prehľad hlbokých vrtov a seizmických meraní v podunajskej panve.

Najväčší objem prieskumných prác bol sústredený do blatnianskej priehlbiny (trnavského zálivu), kde boli zistené ťažiteľné množstvá uhľovodíkových plynov. Tieto sú viazané na piesčité horizonty v strednom bádene a vyznačujú sa vysokým obsahom metánu. Plynonosné štruktúry tohoto typu sú Špačince, Krupá, Nižná, Madunice, Bučany-sever a Trakovice Celkové ťažiteľné zásoby zemného plynu overené na týchto štruktúrach predstavujú cca 800 mil. m³. Ich zapojenie do ťažby je však väčšinou ekonomicky problematické.

Plynové akumulácie, zistené mimo blatnianskej depresie sú charakteristické prítomnosťou neuhľovodíkových plynov - dusíka a oxidu uhličitého, často v množstve, prevládajúcom nad plynmi uhľovodíkovými. Takéhoto typu sú ložiská na štruktúre Cífer (77% dusíka v strednom bádene a sarmate), Križovany-Sereď (52,1-89,9% oxidu uhličitého a 2,3-28,8% dusíka v strednom bádene) a Ivánka (priemerne 41% metánu v

spodnom sarmate). Zásoby takéhoto zmiešaného plynu na štruktúre Križovany ďaleko prevyšujú zásoby ostatných ložísk v panve. Vyťažiteľné zásoby sú tu okolo 4,7 mld. m³ plynu (Gaža in Bednaříková a Thon, 1984), ale jeho priemyselné využitie nie je zatiaľ vyriešené.

Akumulácie ropy neboli zatiaľ v podunajskej panve prakticky zistené. Nepatrný prítok ropy bol zaznamenaný len z geotermálneho vrtu FGČ-1 Čilistov (Franko et al. 1992), a na niekoľkých vrtných jadách sa zistili ropné impregnácie (Šimánek 1966; Lunga 1967; Gaža et al. 1985). V maďarskej časti podunajskej panvy je dokumentovaných tiež niekoľko ropných impregnácií z vrtov v oblasti Mihály (Palcsu et al, 2014; Vetö et al., 2014).

Výskumom zdrojových hornín a migrácie uhľovodíkov sa v minulosti zaoberal Šimánek (1965, 1966); Šimánek a Šmeral (1960). Genézu a zloženie plynov a hydrogeochemické pomery vzhľadom k problematike uhľovodíkov hodnotili najmä Michalíček a Procházková (1966).

Prieskum na ložiská uhľovodíkov v podunajskej panve prebiehal pomerne intenzívne až do roku 1983, kedy bol predovšetkým z podnetu naftového prieskumu realizovaný značný počet hlbinných vrtných prác a reflexno-seizmický prieskum. Táto etapa výskumu predovšetkým hlbinnnej stavby panvy bola zavŕšená záverečnou správou (Gaża et al. 1985). Od tohto obdobia práce zamerané na poznanie hlbšej stavby stagnovali.

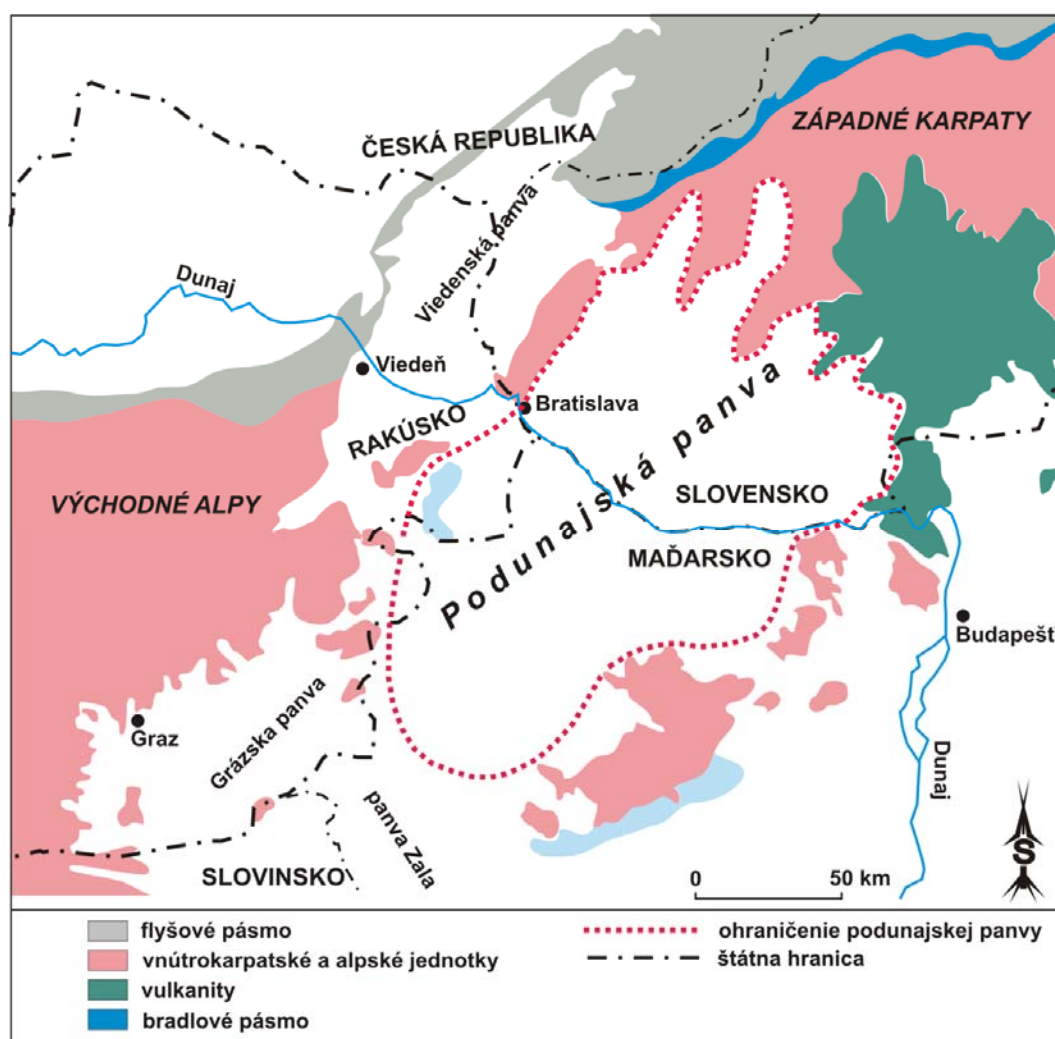
Oživenie priniesol záujem firmy MAXUS Dallas z USA o prieskum na uhľovodíky v tejto oblasti. Od roku 1989 sa tak začali realizovať výskumné práce študijného a reinterpretačného charakteru. V rámci systematického zhodnotenia, predovšetkým geologickej stavby a nádejnosti na existenciu ďalších resp. väčších ložísk uhľovodíkov v panve, bolo v poslednom období spracovaných niekoľko štúdií: Keith et al. (1989); Vass et al. (1990a,b; 1992); Hrušecký et al. (1990, 1993); Pereszlényi et al. (1991). V rámci spolupráce podnikov VVNP š.p. Bratislava, Geofyzika a.s. Brno a MAXUS Dallas bolo v podunajskej panve zrealizovaných 350 km nových seizmických profilov (obr. 1), ktoré priniesli v niektorých aspektoch nový pohľad na geologickú stavbu podunajskej panvy.

Výskum sedimentárnej organickej hmoty a extraktov potenciálnych zdrojových hornín z pohľadu kvality, kvantity a tepelnej zrelosti bol intenzívne realizovaný od 1990 a publikovaný v početných manuskriptochoch a článkoch, napr. Pereszlenyi et al. 1991, 1993a,b,c,d), Vass et al. 1992., Milička (1993), Milička a Pereszlenyi (1993), Milička et al. (1994, 1996, 2011). V tom istom čase bolo tiež študované chemické zloženie podzemných vôd a prírodných plynov najmä pre identifikáciu uzavretých, resp. otvorených štruktúr v súvislosti s predikciou potenciálne vhodných štruktúr akumulácie uhľovodíkov ako aj na konverziu na podzemné plynové zásobníky (Michalíček 1992, Lánčzos et al. 2004; Milička et al. 2005; Milička in Pereszlenyi et al., 1997). Korelácie potenciálnych zdrojových hornín ako aj drobných ropných prejavov boli študované metódami GC a GCMS (Milička 2012; Milička a Pereszlenyi 2013 a Milička et al. 2015).

Poslednými aktivitami súvisiacimi s uhľovodíkovým prieskumom bola realizácia 3D seizmických meraní v roku 2009 v severnej časti blatnianskej a komjatickej priehlbiny (obr.1), resp. povrchový geochemický prieskum na uhľovodíky v prieskumnom území Trnava, ktorý na ploche takmer 800 km² v roku 2015 realizoval podnik NAFTA a.s.

1 Stručný prehľad geologických pomerov podunajskej panvy

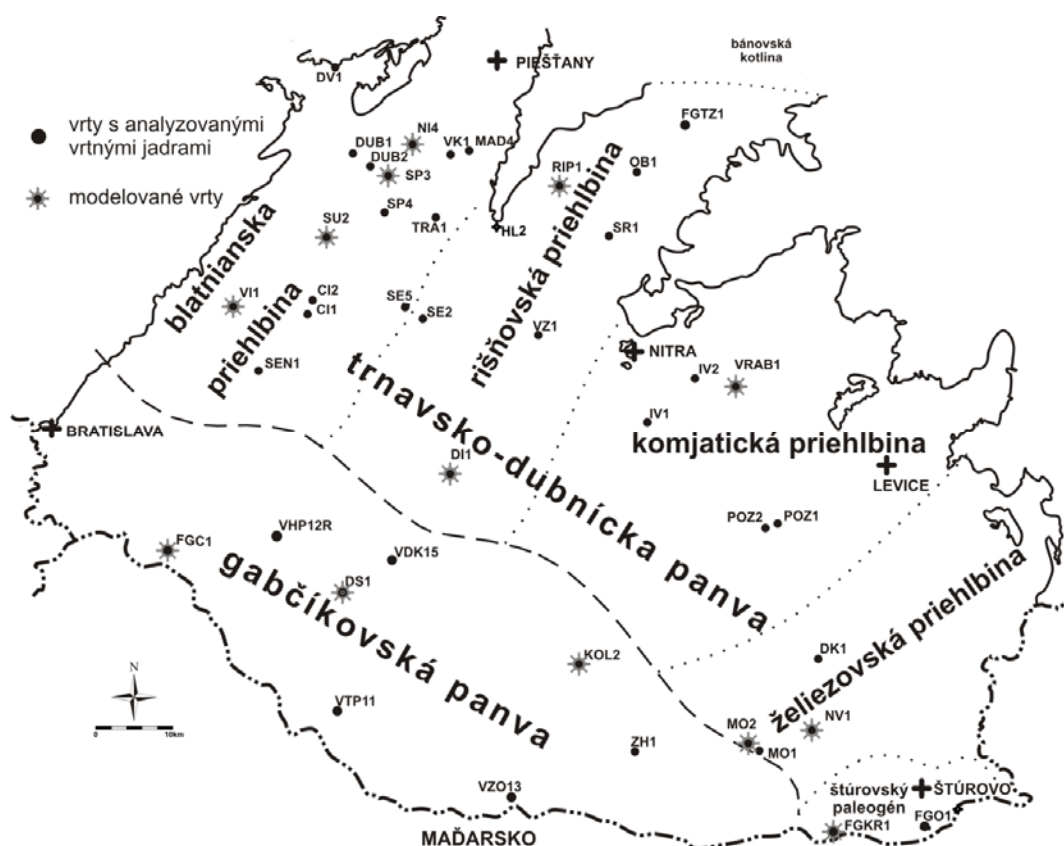
Slovenská časť Podunajskej panvy sa rozprestiera v juhozápadnej časti Slovenska, v priestore medzi Malými Karpatami na západe, Považským Inovcom, Trávnym, Vtáčnikom na severe a Kremnicko-štiavnickým pohorím na východe. Je severnou súčasťou neogénnej panvy, ktorej väčšia časť sa nachádza na území Maďarska - Malá maďarská nížina (obr. 2).



Obr. 2: Pozícia slovenskej a maďarskej časti podunajskej panvy v rámci alpsko-karpatského systému.

Predstavuje sústavu čiastkových panví, ktoré sú v miocéne charakterizované viac menej samostatným vývojom v jednotlivých etapách geologickej histórie. Súčasný tvar panvy je výsledkom mladých pliocénnych a kvartérnych pohybov, ktoré určujú geomorfologický vývoj nielen ústredných oblastí, ale aj výbežkov, ovplyvňujú tok riek a väčšinou zastierajú staršiu neogénnu geologickú stavbu.

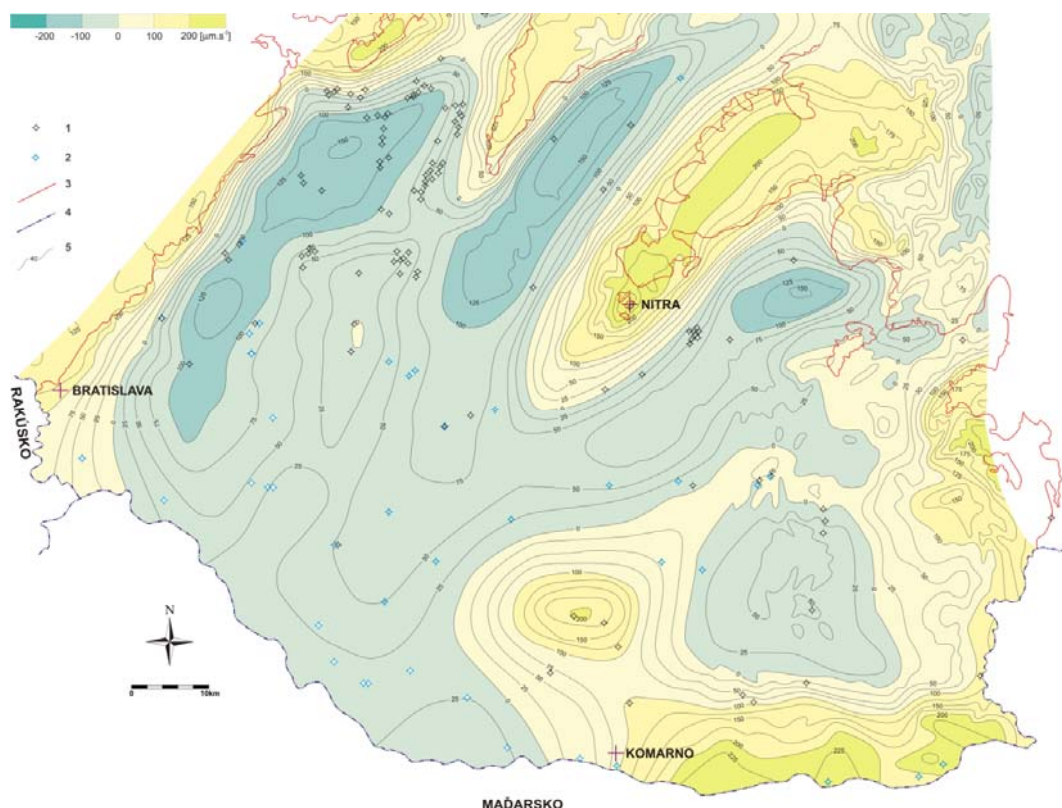
Podľa Vassa (in Vass et al., 1992) sa podunajská panva delí na dve čiastkové panvy - gabčíkovskú a trnavsko-dubníckú. Čiastkovú trnavsko-dubnícku panvu ďalej delí na blatniansku, rišovskú, komjatickú, železovskú priehlbínu a bánovskú kotlinu (obr.3).



Obr. 3: Regionálne-geologické členenie podunajskej panvy podľa Vass et al. (1988) s vyznačením analyzovaných a modelovaných vrtov

Uvedené regionálne členenie je opodstatnené, pretože panva nie je geneticky a štruktúrne jednotná. Dokumentuje to aj mapa úplných

Bougerových anomálii, ktorá zvýrazňuje jednotlivé štruktúrne prvky panvy (obr. 4).



Obr. 4: Mapa Bougerových anomálií v podunajskej panve podľa Šefara et al. (1987).

Legenda k obr. 4:

1-vrty uhlíkovodíkového prieskumu 2-geotermálne vrty, 3-hranica panvy, 4-štátna hranica, 5-izolínie gravitačných Bougerových anomálií v $\mu\text{m.s}^{-2}$.

Predpliocénne sedimentačné priestory boli súčasťou panví inej rozlohy a iných typov. Tieto panvy ležali sčasti pozdĺž, sčasti za jej súčasným severným a severovýchodným okrajom a boli súčasťou plytkých depresíí, spájajúcich priestor vnútorných a vonkajších Karpát (Buday et al., 1967).

1.1 Predterciérne podložie

Schématické rozšírenie geologicko-tektonických jednotiek v predterciérnom podloží podunajskej panvy je znázornené na obr. 5.



horninami), ktoré je zrovnateľné podľa mnohých autorov (in Biela, 1978) s kryštalinikom Malých Karpát, Považského Inovca a Trávnika. V severovýchodnej časti dielčej blatnianskej a rišňovskej priehlbiny, resp. v bánovskej kotline je predterciérne podložie budované mezozoickými sekvenciami obalovej jednotky tatrika, križňanského a chočského príkrovu (prípadne vyšších príkrovov). V severnej časti komjatickej a železovskej priehlbiny je predterciérne podložie budované mladopaleozoicko - mezozoickou obalovou jednotkou veporika a chočským príkrovom. V južnej časti komjatickej a železovskej priehlbiny predterciérne podložie panvy buduje paleozoické kryštalinikum veporika (vyvrelé a metamorfované horniny). V juhovýchodnej časti panvy (v širšej oblasti štúrovského paleogénu) je predterciérne podložie budované paleozoicko - mezozoickými sekvenciami maďarského stredohoria.

Paleozoické sekvencie vo všetkých oblastiach, s výnimkou maďarského stredohoria, sú budované vyvrelými a metamorfovanými horninami (granity, granodiority, ortoruly, pararuly, amfibolity, svory, fylity, kremité porfýry atď.). Paleozoikum maďarského stredohoria je budované prevažne karbonátmi a klastikami (devón, karbón, perm). Mezozoické sekvencie sú budované prevažne triasovými karbonátmi (dolomity, vápence) a kremencami. Vo zvyškoch býva zachovaný jursko-spodnokriedový karbonáticko-klastický vrstevný sled. Strednokriedový flyšoidný, resp. flyšový vrstevný sled s výnimkou maďarského stredohoria prakticky chýba. Mladopaleozoicko-mezozoická obalová jednotka veporika je postihnutá anchimetamorfózou.

1.2 Paleogén

Paleogénne sedimenty v panve sa zachovali v relatívne malých ostrovoch v najsevernejšej časti blatnianskej a rišňovskej priehlbiny, v bánovskej kotline a v juhovýchodnej časti panvy - tzv. štúrovský paleogén (obr. 6). Sedimenty paleogénu diskordantne nasadajú na predterciérne podložie. Medzi sedimentami paleogénu a neogénu je opäť diskordancia, ale menej výrazná ako medzi sedimentami paleogénu a predterciérneho podložia.

Paleogén v okolí Štúrova predstavuje výbežok budínskeho resp. maďarského paleogénu. Sedimentácia sa začína v eocéne (lutét) a končí v ranom miocéne (eger). Maximálna zachovaná hrúbka sedimentov je okolo

850 m. Prevládajú klastické sedimenty (brekcie, zlepenec, pieskovce a ílovce) s vložkami organogénnych vápencov. Sedimentácia prebiehala v bathyálnom až plytkom prostredí. Polohy morských komplexov sa striedajú s brakickými až sladkovodnými sedimentami, čo dokumentujú malé sloje uhlia a polohy sladkovodných vápencov (Vass et al., 1992).



Obr. 6: Schématická mapa rozšírenia paleogénu v podunajskej panve podľa Hrušický et al. (1990).

Legenda k obr. 6:

1-hranica rozšírenia paleogénu, 2-vybrané hlboké vrty, 3-paleogén v podloží neogénu, 4-paleogén na povrchu.

Paleogén v severnej časti (blatnianska, rišňovská priehlbina a bánovská kotlina) leží na rôznych členoch mezozoického podložia transgresívne, najčastejšie na karbonátoch chočského príkrovu. Vek bazálneho súvrstvia sa pohybuje od vrchného paleocénu až po stredný eocén. Je tvorené karbonátovými brekciami, zlepenkami, pieskovcami, organodetritickými, organogénnymi až biohermnými vápencami. Hrúbka súvrstvia je do 150 m a sedimentačné prostredie bolo plytkovodné. Sedimentácia pokračovala hlbokovodnejším, prevažne ílovčovým súvrstviem a najvyšším členom je flyšové súvrstvie až oligocénneho veku.

Paleogénne sedimenty predstavujú iba tektonické a denudačné torzo pôvodného sedimentačného priestoru, ktorý mal prepojenie s otvoreným morom (Vass et al., 1992).

1.3 Neogén

Egenburg

Do priestoru dnešnej severnej časti podunajskej panvy prenikla prvá miocénna transgresia v egenburgu. More vtedy preniklo z alpsko-karpatskej čelnej priehlbiny cez vonkajšie flyšové pásmo do severnej časti dnešnej viedenskej panvy a odtiaľ do severnej časti centrálnych Západných Karpát. Transgresívne klastiká - dobrovodske zlepenice sedimentovali v prostredí plytkého mora v dobrovodskej depresii, ktorá prepája podunajskú panvu s viedenskou panvou (Kováč et al., 1993a) a bánovskej kotline - klačianske zlepenice. Sú hrubé cca 50 m, tvorené balvanitými, zle opracovanými zlepenkami až brekciami, ktoré prechádzajú do pieskovcov s polohami zlepenčov. Materiál pochádza z bezprostredného okolia sedimentačného priestoru. V bánovskej kotline sa nad bazálnymi klastikami nachádza pelitický člen, čaušianske súvrstvie, ktorý v dobrovodskej depresii bol pravdepodobne odstránený eróziou.

Otnang

Súbor sedimentov otnangu - bánovské súvrstvie (Kováč et al., 1993b) sa koreluje s vrchnou časťou lužického súvrstvia viedenskej panvy. Je rozšírené v tom istom areáli ako sedimenty egenburgu. Reprezentujú ho hlavne siltovce a ílovce, miestami na báze sú aj zlepenice. Sedimentácia prebiehala pravdepodobne v anoxickom prostredí (tmavé zafarbenie, prítomnosť pyritu).

Karpat

Spodnokarpatské sedimenty predstavujú vrchnú časť bánovského súvrstvia, ktoré možno korelovať s lakšárskym súvrstvím viedenskej panvy. Lokálne transgredujú hrubými klastikami na predneogénne podložie a v panvovom prostredí sedimentácia pokračovala plynule z otnangu do karpátu. Množstvo opakujúcich sa gradačných cyklov zlepenice (brekcie) - siltovce - ílovce v okrajovom vývoji odráža dynamiku pobrežia (Vass et al., 1992). V panvovom prostredí sedimentovali siltovce s vrstvičkami pieskovca a ílovca. Podľa Kováča et al. (1991) je vrchná časť spodnokarpatského súvrstvia reprezentovaná hrubými klastikami, zlepenicami a pieskovicami, ktoré stotožňuje s jablonickými zlepenicami, ktoré boli opísané zo severovýchodného okraja viedenskej panvy ako okrajová fácia karpátu, čiže môžu zasahovať i do vrchného karpátu, prípadne až spodného bádenu (Vass et al., 1992). Maximálna hrúbka karpatského súvrstvia je cca 700 m.

Báden

Báden je obdobím, kedy sa formovala vlastná podunajská panva, v každom prípade väčšia časť dielčej trnavsko - dubníckej panvy.

Spodnobádenské bajtavské súvrstvie leží transgresívne na štúrovskom paleogéne, resp. na predterciérnych sedimentoch a metamorfitoch v širšej oblasti železovskej priehlbiny. Na východnom a severnom okraji priehlbiny sú bazálne klastiká reprezentované polymiktnými zlepenicami, nad ktorými ležia vulkanosedimentárne horniny - tufitické pieskovce, brekcie andezitov, andezitové tufy, tufity atď. Smerom do centra železovskej priehlbiny laterálne prechádzajú do riasových vápencov, pieskovcov, piesčitých vápnitých ílovcov a prachovcov.

Spodnobádenské sedimenty sú pravdepodobne prítomné aj v blatnianskej priehlbine v okolí Trakovíc. Ide o trakovické súvrstvie, ktoré leží diskordantne na predterciérnych horninách. Pozostáva z bazálnych zlepenčov, nad ktorými ležia pelitické sedimenty, resp. piesčité ílovce a prachovce s polohami pieskovcov. V pieskovcoch a pelitoch sú polohy s vulkanickým materiálom (tufitické ílovce a pieskovce).

Maximálne hrúbky spodnobádenského súvrstvia sú okolo 600 m a sedimentácia prebiehala v plytkovodnom prostredí s lokálnymi prehĺbeniami

v centrách depresíí.

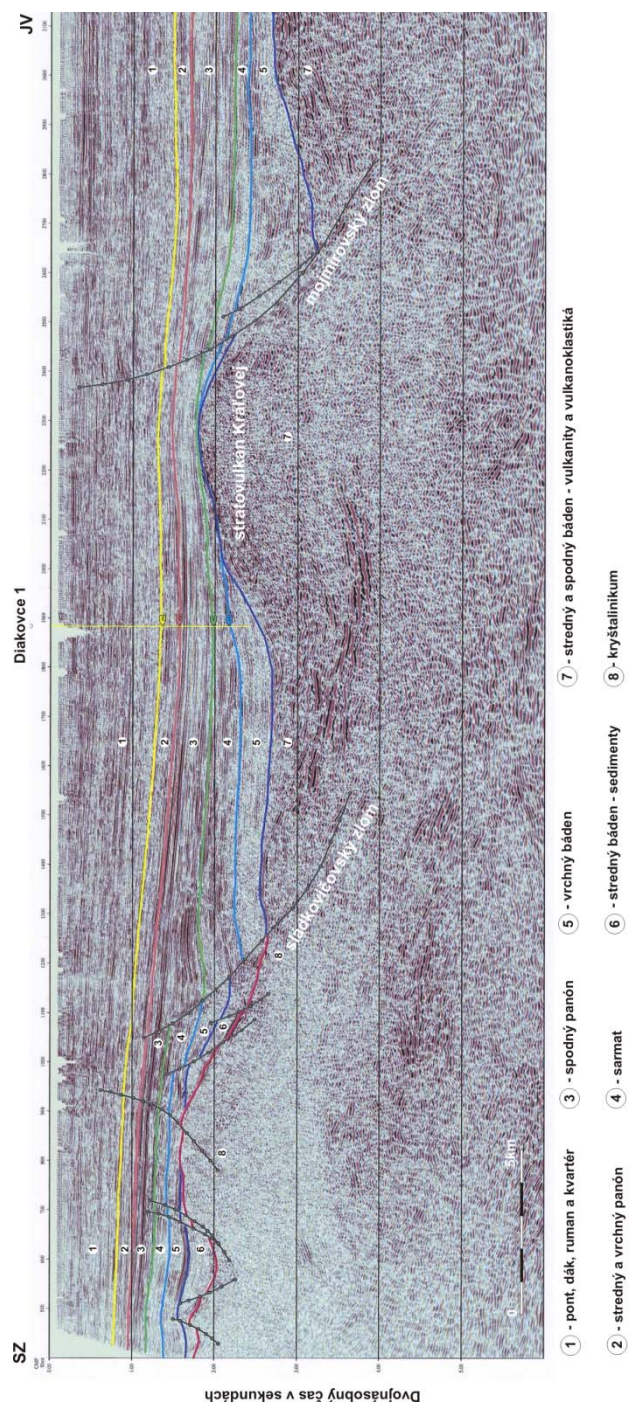
V panve sú pochované prevažne andezitové vulkanity spodno- až strednebadenského veku prináležiace tzv. „dunajskej vulkanickej zóny“ (Slávik, 1974), ktorých vznik geneticky súvisí s heterogénnym rozťahovaním litosféry (Vass a Pereszlényi, 1988). Vyvinuté sú najmä v centrálnej časti panvy (gabčíkovskej priehlbine) a južnej časti komjatickej priehlbiny, kde väčšinou ležia priamo na predneogénnom podloží (obr. 7). Ich rozšírenie veľmi dobre dokumentuje mapa magnetických anomálií (obr. 8).

Od stredného bádenu sa začala roztvárať asymetrická termálna panva, ktorej sedimenty čiastočne prekryli spodnomiocénne súvrstvia v severozápadnej časti blatnianskej priehlbiny. Táto panva vznikla ako následok heterogénneho rozťahovania litosféry a v dôsledku toho sedimenty tektonickej synriftovej fázy vývoja (stredný miocén – bádén, sarmat) sú vyvinuté najmä v severnej a severovýchodnej časti panvy (priehlbiny – blatnianska, rišňovská, komjatická a železovská), zatiaľ čo sedimenty postriftovej termálnej fázy vývoja (panón – pliocén až kvartér) sú vyvinuté najmä v centrálnej – gabčíkovskej priehlbine (Vass a Pereszlényi, 1998).

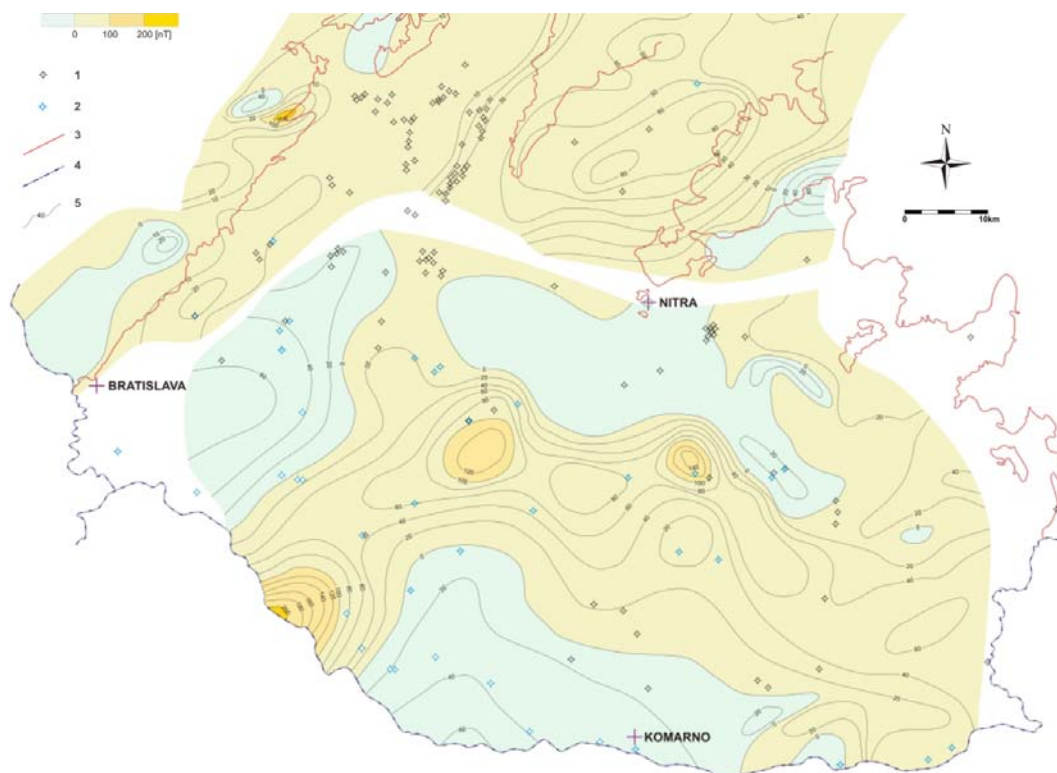
Počas stredného a vrchného bádenu sa začali roztvárať sedimentačné priestory medzi hrástami Malých Karpát, Považského Inovca, Trúbča a levickou hrástou. Najintenzívnejšie sa roztvárala a najviac subsidovala blatnianska priehlbina, kde mocnosť stredného a vrchného bádenu dosahuje okolo 2 700 metrov, v rišňovskej a komjatickej priehlbine je maximálna mocnosť okolo 1 000 metrov a v železovskej priehlbine menej než 1 000 metrov.

Strednobádenské sedimenty - špačinské súvrstvie ležia buď konkordantne alebo skryto diskordantne na spodnobádenských horninách alebo ležia transgresívne a diskordantne na predterciérnych prípadne paleogénnych horninách podložia panvy. Na juhu blatnianskej priehlbiny (pri Rusovciach) sú bazálnym členom špačinského súvrstvia organogénne sedimenty - riasové vápence ležiace na spodnobádenských vulkanitoch. Obdobná situácia je aj v železovskej priehlbine (Vass et al., 1992). Tam, kde leží súvrstvie transgresívne na predneogénnom podloží, jeho bazálnym členom sú zlepenice. Smerom do centra panvy sa hrúbka bazálnych vrstiev

zmenšuje. Nad bazálnymi klastikami ležia piesčité vápnité prachovce a ílovce, ktoré prechádzajú do monotónnych vápnitých ílov. Smerom do terminálnej časti sa objavujú piesky, ktoré v okolí Maduníc sú hrubé až 400 m. V komjatickej priehlbine do strednobádenského súvrstvia vstupujú andezitové a kyslé vulkanoklastiká.



Obr. 7: Geologická interpretácia seizmického profilu MXS 2/92 podľa Pereszlényi et al.,(1997) .



Obr. 8: Mapa magnetických anomálií v podunajskej panve podľa Šefara et al. (1987).

Legenda k obr. 8:

1-vrty uhľovodíkového prieskumu 2-geotermálne vrty, 3-izolínie magnetických anomálií v nT, 4- hranica panvy, 5-štátna hranica.

Od stredného bádenu sa začala roztvárať asymetrická termálna panva, ktorej sedimenty čiastočne prekryli spodnomiocénne súvrstvia v severozápadnej časti blatnianskej priehlbiny. Táto panva vznikla ako následok heterogénneho rozťahovania litosféry a v dôsledku toho sedimenty tektonickej synriftovej fázy vývoja (stredný miocén – bádén, sarmat) sú vyvinuté najmä v severnej a severovýchodnej časti panvy (priehlbiny – blatnianska, rišovská, komjatická a železovská), zatiaľ čo sedimenty postriftovej termálnej fázy vývoja (panón – pliocén až kvartér) sú vyvinuté najmä v centrálnej – gabčíkovej priehlbine (Vass a Pereszlenyi, 1998).

Počas stredného a vrchného bádenu sa začali roztvárať sedimentačné priestory medzi hrástami Malých Karpát, Považského Inovca, Trávnice a

levickou hrástou. Najintenzívnejšie sa roztvárala a najviac subsidovala blatnianska priehlbina, kde mocnosť stredného a vrchného bádenu dosahuje okolo 2 700 metrov, v rišňovskej a komjatickej priehlbine je maximálna mocnosť okolo 1 000 metrov a v železovskej priehlbine menej než 1 000 metrov.

Strednobádenské sedimenty - špačinské súvrstvie ležia buď konkordantne alebo skryto diskordantne na spodnobádenských horninách alebo ležia transgresívne a diskordantne na predterciérnych prípadne paleogénnych horninách podložia panvy. Na juhu blatnianskej priehlbiny (pri Rusovciach) sú bazálnym členom špačinského súvrstvia organogénne sedimenty - riasové vápence ležiace na spodnobádenských vulkanitoch. Obdobná situácia je aj v železovskej priehlbine (Vass et al., 1992). Tam, kde leží súvrstvie transgresívne na predneogénnom podloží, jeho bazálnym členom sú zlepenice. Smerom do centra panvy sa hrúbka bazálnych vrstiev zmenšuje. Nad bazálnymi klastikami ležia piesčité vápnité prachovce a ílovce, ktoré prechádzajú do monotónnych vápnitých ílov. Smerom do terminálnej časti sa objavujú piesky, ktoré v okolí Maduníc sú hrubé až 400 m. V komjatickej priehlbine do strednobádenského súvrstvia vstupujú andezitové a kyslé vulkanoklastiká.

Na špačinskom súvrství leží miestami konkordantne, na okraji panvy aj diskordantne, madunické resp. pozbianske súvrstvie vrchnobádenského veku. Toto súvrstvie v miestach, kde transgreduje na predneogénne podložie, má na báze zlepenice a pieskovce. Vyššie ležia vápnité íly, ílovce, prachovce a piesky-pieskovce. V komjatickej a železovskej priehlbine pristupujú riasové vápence a vulkanoklastiká.

Sedimentácia prebiehala v plytkovodnom prostredí s lokálnym prehĺbením v centrách depresií.

Sarmat

Najintenzívnejšia subsidencia bola v rišňovskej priehlbine, kde hrúbka sarmatských sedimentov dosahuje viac ako 1 600 metrov. Subsidencia v blatnianskej a komjatickej priehlbine bola menej intenzívna - hrúbky sarmatských sedimentov dosahujú 300 až 600 metrov (Adam a Dlabač, 1969). Najmenšia hrúbka sarmatu je v železovskej priehlbine - do 300 metrov. Sarmat v podunajskej panve predstavuje vrábeľské súvrstvie, ktoré leží transgresívne a lokálne i diskordantne na rôznych súvrstviach bádenu,

miestami na okrajoch panvy na predneogénnom podloží.

Na východnom a juhovýchodnom okraji panvy vývoj sedimentácie počas sarmatu ovplyvňoval vulkanizmus (polymiktné zlepence, piesčité a oolitické vápence, pieskovce, kyslé tufity, andezitové piesky, lávové prúdy, vápnité íly atď.). V blatnianskej a rišňovskej priehlbine vrábeľské súvrstvie tvoria prevažne vápnité íly s polohami pieskov a štrkov. Vo vrchnej časti súvrstvia sú miestami slojky lignitu.

Sedimentácia prebiehala prevažne v plytkovodnom morskom prostredí. Koncom sarmatu však dochádza k degradácii morského prostredia.

Panón

V panóne nastala významná prestavba podunajskej panvy. Stalo sa tak predovšetkým v súvisi s prechodom režimu tektonickej fázy subsidencie na režim termálnej subsidencie, pri ktorom dominuje prehýbanie panvy nad poklesmi kontrolovanými zlomami (Vass et al., 1992). Ťažisko subsidencie sa definitívne prenáša z priehlbín na severe panvy do jej centra. Náznaky tohoto zvratu možno pozorovať už počas sarmatu (Hrušecký et al., 1990). Degradácia morského prostredia v panve začatá v sarmate pokračuje aj počas panónu a more sa postupne mení na jazero.

Panón v panve predstavuje ivánske súvrstvie. Je vyvinuté v celej podunajskej panve s výnimkou najsevernejších okrajov. Na báze obyčajne ležia na okrajoch panvy pieskovce s polohami zlepencov, ktoré do centra panvy prechádzajú do vápnatých ílov. V centre panvy leží v nadloží ílov obzor tzv. "veľkého panónskeho piesku", ktorý smerom na východ vykliňuje a je nahradený pelitickým vývojom. Nad obzorom "veľkého piesku" sú opäť vápnité íly, ktoré sa smerom do nadložia striedajú s polohami pieskov. V najvrchnejšej časti súvrstvia pristupujú uhľoné íly a sloje lignitu. Ivánske súvrstvie má v centre gabčíkovej dielčej panvy hrúbku cez 2 000 metrov. Sedimentácia ivánskeho súvrstvia prebiehala v jazernom alebo veľmi vysladenom, brakickom prostredí. V severných okrajových častiach panvy sa vytvárali pri vtoku riek deltové kužele. Na nadvodných častiach delt boli močiare, v ktorých vznikali uhoľné sloje (Vass et al., 1992).

Pont

Počas pontu pokračovala v panve termálna subsidencia i degradácia prostredia na plytké sladkovodné jazero. Pont v panve predstavuje

beladické súvrstvie , ktoré má približne rovnaké rozšírenie ako ivánske súvrstvie a leží na ňom konkordantne. Prevládajú vápnité íly s polohami piesku, uhoľné íly s polohami lignitu. Na okrajoch panvy sú vyvinuté aj bazálne zlepenice resp. pieskovce. Maximálna hrúbka sedimentov pontu je niekoľko 100 metrov.

Dák

Počas dáku pokračovala v panve termálna subsidencia a sedimentácia v jazernom-riečnom prostredí. Dák reprezentuje volkovské súvrstvie . Dnešné rozšírenie súvrstvia vo východnej a západnej časti panvy je voči vrchnomiocénnym súvrstviám redukované, naopak na severe panvy miestami presahuje rozšírenie vrchnomiocénnych sedimentov. V jazernej - panvovej fácií prevládajú pestrofarebné íly, ktoré sa striedajú s polohami pieskov. Na severných okrajoch panvy sú tu štrky a piesky, sedimenty riečnych delť a výnosových kuželov riek (Vass et al., 1992). V okrajových vývojoch sa lokálne vyskytujú sladkovodné vápence a uhoľné íly so slojkami lignitu. Maximálna hrúbka súvrstvia v gabčíkovej dielči panvy presahuje 1 000 metrov.

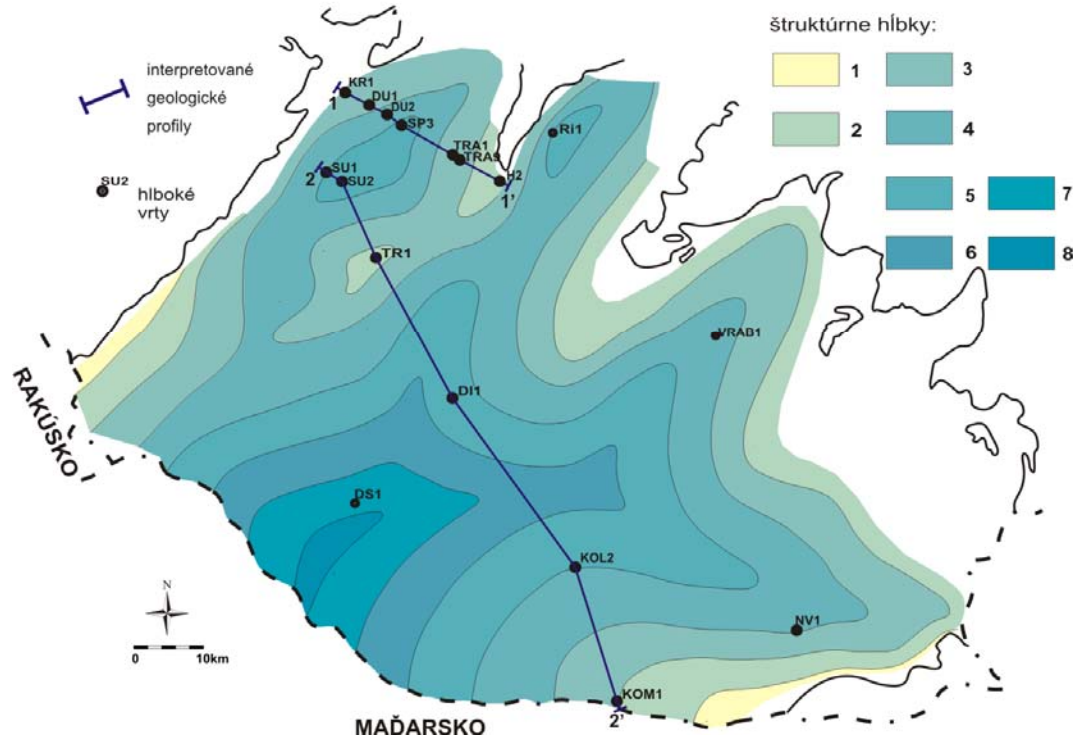
Ruman

Pliocénna sedimentácia v panve končí rumanom. Pretrváva charakter termálnej subsidencie, ktorá v centrálnej časti panvy doznieva už počas kvartéru. Sedimenty rumanu sú reprezentované kolárovske súvrstviom. Je rozšírené iba v západnej a strednej časti panvy. Prevažujú piesky a drobný polymiktný štrk s polohami piesčitých, zelených, sivých a hrdzavých ílov (Vass et al., 1992). Maximálne hrúbky sú okolo 200 metrov a sú výrazne sladkovodné.

Kvartér

Kvartérne sedimenty sú rozšírené najmä v centre gabčíkovej dielči panvy. Reprezentujú ich najmä štrky, ktoré dosahujú hrúbku až 300 metrov.

Celková hrúbka neogénnych sedimentov (obr. 9) je viac ako 6 až 7 tisíc metrov (Kilényi a Šefara, 1989). Interpretované geologické rezy 1-1' a 2-2' sú na obr. 41 a 42 (kap. 3.2).



Obr. 9: Schématická atektonická mapa bázy neogénu (podľa Hrušecký, 1990) s vyznačením priebehu geologicko-geochemických profilov.

Legenda k obr. 9:

Štruktúrne hĺbky: 1: <0, 2: 0 až -1000m, 3: -1000 až -2000m, 4: -2000 až -3000, 5: -3000 až -4000, 6: -4000 až -5000, 7: -5000 až -6000, 8: -6000 až -7000.

1.4 Tektonika

Tektonická stavba podunajskej panavy je viacetapovitá a pomerne zložitá. Tatrické a veporické podložie je zvrásnené, zošupinovatelé, silne denudované a vyznačuje sa typickou alpinotypnou tektonikou. Paleozoikum a mezozoikum maďarského stredohoria má skôr platforemný charakter a znaky príkrovovej stavby nevykazuje. Jednotlivé bloky predterciérneho podložia sa stýkajú na výrazných tektonických líniah, ktoré výrazne ovplyvňovali sedimentáciu, geologický vývoj terciéru a pravdepodobne predisponovali vulkanizmus. Takouto líniou je napríklad tzv. hurbanovský zlom na styku maďarského stredohoria a veporika resp. tzv. šurianský zlom

na styku veporika a tatrika. Šuriansky zlom sa stotožňuje s čertovickou líniou a spolu s hurbanovským zlomom sa napájajú v maďarskej časti na tzv. rábsku líniu. Výraznou tektonickou líniou sa javí aj tzv. ľudinská línia, od ktorej smerom na sever sa zachovali mezozoické jednotky v podloží panvy a smerom na juh bolo v podloží zistené len kryštalinikum.

Paleogénna tektonika vzhľadom k pomerne malému plošnému rozsahu paleogénnych sedimentov je menej známa. Na základe zistení z oblasti štúrovského paleogénu vykazuje znaky horizontálnych posunov kombinovaných s poklesmi.

Neogénna tektoniku môžeme rozdeliť do dvoch hlavných štádií. Staršie, predspodnopanónske, keď hlavnú úlohu zohrávali horizontálne posuny rôzneho typu, kombinované so synsedimentárnou poklesovou tektonikou. V tomto období sa formovali sedimentačné bazény spodného miocénu a bádenu. Mladšie, posarmatské štádium, keď nastala prestavba podunajskej panvy a ťažisko subsidencie sa definitívne prenieslo z priehlbín na severe panvy do jej centra, čo súviselo s prechodom režimu tektonickej fázy subsidencie na režim termálnej subsidencie (Vass et al., 1992). Začalo dominovať prehýbanie panvy a horizontálne posuny v centre panvy, resp. poklesy na okrajoch panvy mali druhoradý význam. Najnovší pohľad na tektoniku podunajskej panvy podáva Hók et al., (2016).

2 Metodika výsledky

2.1 Výber a lokalizácia vzorkového materiálu

Analyzované boli predovšetkým jadrá z hlbokých vrtov naftového prieskumu realizovaného v 50. a 60. rokoch podnikom MND Hodonín, z niektorých vrtov hydrogeologického, geotermálneho a základného geologického prieskumu realizovaných GÚDŠ Bratislava, IGHP Bratislava a GÚ SAV Bratislava. Použité boli tiež vzorky z archívnych materiálov ČGS Brno.

Z litologického hľadiska ide predovšetkým o pelitické horniny s variabilným zastúpením piesčitej zložky a karbonáty. Menšia časť analyzovaných vzoriek mala charakter kolektorov.

Základné geologicko-technické údaje o všetkých vzorkách (číslo jadra, hĺbka odberu, stratigrafia, tektonická jednotka, regionálne členenie) sú uvedené v tab. 1. Situačná mapa hlbokých prieskumných vrtov, z ktorých boli vzorky odobraté je na obr. 3.

2.2 Analýzy organickej hmoty hornín

Väčšinu analýz organickej hmoty hornín (obsah celkového organického uhlíka, pyrolýza Rock-Eval, kinetické merania, plynová chromatografia, analýza steránov a triterpánov a ich počítačové spracovanie) ako aj kinetické modelovanie pomocou softveru Matoil vykonal autor počas pracovného pobytu na geologicko-geochemickom oddelení IFP Paríž. Mikrofotometrické merania autor vykonal v pobočke ČGÚ Brno. Izotopické analýzy plynov boli vykonané na pracovisku ČGS Praha metodikou podľa Buzek a Michalíček (1989). Podstatná časť matematicko-geologického modelovania bola vykonaná v bývalom podniku VVNP Bratislava, š.p., softverom Yukler 1PC.

Výsledky analýz sú dokumentované tabuľkovou prípadne grafickou formou podľa jednotlivých metodík v príslušných kapitolách.

2.2.1 Pyrolýza Rock-Eval

Pyrolýza typu Rock-Eval predstavuje v súčasnosti štandardne používanú techniku pre rýchle posúdenie ropného potenciálu, typu kerogénu a stupňa zrelosti skúmanej horninovej vzorky.

Princíp metódy, aparatúru, interpretáciu jednotlivých parametrov ako aj geochemicko-geologické aplikácie sú popísané v prácach Espitalié et al. (1977, 1980, 1985, 1986 a,b); Peters (1986); v našej literatúre Strnad et al. (1981).

Táto metóda bola použitá pre všetky vzorky vrtných jadier z podunajskej panvy, ktoré boli k dispozícii a jej výsledky predstavujú východiskové poznatky pre výber jednotlivých vzoriek pre ďalšie typy analýz.

Merania boli vykonané na prístroji Rock-Eval III (Oil Show Analyzer). Analyzovaných bolo približne 50-100 mg podrveneí horniny bez ďalších úprav v režime "cyklus 1" (Espitalié et al., 1985) za nasledovných podmienok:

- zahriatie vzorky na 90°C (degazácia) počas 2 minút
- zahriatie vzorky (fáza odparenia voľných uhľovodíkov) na 300°C počas 3 minút
- programované zahrievanie vzorky do 600°C pri rýchlosti ohrevu 25°C/min

Táto časť pyrolýzy (po skončení degazácie) prebieha v prúde hélia a uvoľnené uhľovodíky sú detekované plameňovo-ionizačným detektorom (FID). Po tomto procese je tá istá vzorka automatickým podávačom premiestnená do ďalšej piecky, kde prebieha fáza oxidácie t.j. zahrievanie vzorky pri 600°C počas 7 minút za prístupu vzdušného kyslíka. Uvoľnený oxid uhličitý, detekovaný tepelne vodivostným detektorom (TCD) predstavuje príspevok pre výpočet celkového organického uhlíka.

Na kalibráciu bol použitý štandard IFP "55000" nasledujúcich parametrov: TOC=2.86 hm.%; S1 = 0.30 mg HC/ g hor. ; S2 = 8.62 mg HC/g hor.; Tmax = 419°C.

Priamym meraním boli získané nasledujúce parametre:

- S1: obsah voľných uhľovodíkov (HC - hydrocarbons) na gram horniny
- S2: obsah viazaných uhľovodíkov v kerogéne (mg HC/g hor.)
- S4: obsah voľného CO₂
- Tmax: teplota maxima pyrolytického efektu (°C)

Z týchto parametrov boli pre ďalšiu interpretáciu vypočítavané

nasledovné:

- HI - vodíkový index (hydrogene index): $HI = (TOC/S2) \cdot 100 \text{ mg HC/gTOC}$
- PI - index produkcie (production index): $PI = (S1+S2)/S2$
- GP - genetický potenciál (genetic potential): $GP = S1 + S2$
- TR - index transformácie (transformation ratio): $TR = (IHo-IHp)/IHo$, kde: IHo je priemerný vodíkový index v počiatočnom štádiu tvorby ropy a IHp je priemerný vodíkový index v hĺbke p

Výsledky pyrolýzy Rock Eval a mikrofotometrických meraní sú číselne zhrnuté v Tab.1, graficky sú geochemické profily vybraných vrtnov dokumentované na obr. 10 až 14.

Tab. 1 Základné geologicko-geochemické charakteristiky skúmaných vrtných jadier.

Vrt	Kód vrtu	Hĺbka (m)	Geol. jedn.	Strati-grafia	TOC	S1 mg/g	S2 mg/g	GP	HI mg/g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Cífer 1	CI1	1490	NSV	str. báden	0,66	0,30	0,70	1,00	106	0,30	424	-	-	0	31
Cífer 1	CI1	1841	NSV	karpát	0,50	0,02	0,11	0,13	22	0,15	411	-	-	0	30
Cífer 2	CI2	1406	NSV	str. báden	0,50	0,07	0,44	0,51	88	0,14	437				
Cífer 2	CI2	1675	NSV	karpát	0,52	0,07	0,49	0,56	94	0,12	433	-	-	0	30
Cífer 2	CI2	1860	NSV	karpát	0,86	0,08	0,46	0,54	53	0,15	430				
Diakovce 1	DIA1	996	NSV	pont	0,06	0,01	0,02	0,03	33	0,33	417				
Diakovce 1	DIA1	1357	NSV	pont	0,24	0,02	0,14	0,16	58	0,12	433				
Diakovce 1	DIA1	1896	NSV	panón	0,57	0,04	0,44	0,48	77	0,08	435	0,35	0,04	27	1
Diakovce 1	DIA1	2001	NSV	panón	0,81	0,06	0,56	0,62	69	0,10	435	-	-	0	31
Diakovce 1	DIA1	2481	NSV	sarmat	0,73	0,05	0,65	0,70	89	0,07	437	0,46	0,03	28	2
Diakovce 1	DIA1	2568	NSV	sarmat	0,61	0,03	0,50	0,53	81	0,06	438	0,49	0,05	20	1
Diakovce 1	DIA1	2688	NSV	sarmat	0,55	0,05	0,50	0,55	90	0,09	440	0,58	0,09	29	2
Diakovce 1	DIA1	2782	NSV	vrch. báden	0,56	0,04	0,43	0,47	76	0,09	441	0,66	0,06	14	1
Diakovce 1	DIA1	2999	NSV	vrch. báden	0,70	0,10	0,70	0,80	100	0,13	442	0,71	0,06	31	2
Diakovce 1	DIA1	3280	NSV	vrch. báden	0,60	0,11	0,55	0,66	91	0,17	446	0,82	0,09	21	2
Dobrá Voda 1	DV1	68	CHP	vrch. trias	0,86	0,14	0,22	0,36	26	0,39	434	0,98	0,1	56	1
Dobrá Voda 1	DV1	112	CHP	str. trias	0,46	0,50	0,00	0,50	0	1,00	-				
Dobrá Voda 1	DV1	128	CHP	str. trias	0,48	0,50	0,00	0,50	0	1,00	-				
Dobrá Voda 1	DV1	171	CHP	vrch. trias	0,39	0,06	0,04	0,10	10	0,60	442	1,44	0,18	16	2
Dobrá Voda 1	DV1	250	CHP	vrch. trias	0,49	0,04	0,07	0,11	14	0,36	438	1,37	0,15	33	1
Dobrá Voda 1	DV1	293	CHP	vrch. trias	0,89	0,03	0,76	0,79	85	0,04	446	1,27	0,21	44	1
Dobrá Voda 1	DV1	360	CHP	vrch. trias	0,61	0,02	0,24	0,26	39	0,08	445	1,24	0,19	31	1
Dobrá Voda 1	DV1	436	CHP	vrch. trias	1,31	0,02	1,02	1,04	78	0,02	439	1,30	0,16	28	2

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Dobrá Voda 1	DV1	473	CHP	vrch. trias	1,22	0,14	0,51	0,65	42	0,22	433	1,37	0,19	39	2
Dobrá Voda 1	DV1	486	CHP	vrch. trias	0,50	0,02	0,28	0,30	56	0,07	445				
Dobrá Voda 1	DV1	496	CHP	vrch. trias	0,12	0,00	0,04	0,04	33	0,00	470				
Dobrá Voda 1	DV1	505	CHP	vrch. trias	1,39	0,03	0,90	0,93	64	0,03	448				
Dobrá Voda 1	DV1	534	CHP	vrch. trias	0,83	0,07	0,37	0,44	45	0,16	444	1,15	0,20	36	2
Dobrá Voda 1	DV1	560	CHP	str. trias	0,50	0,12	1,27	1,39	254	0,09	425				
Dobrá Voda 1	DV1	589	CHP	str. trias	0,40	0,23	0,38	0,61	95	0,38	425	1,21	0,12	13	2
Dobrá Voda 1	DV1	660	CHP	str. trias	0,47	0,02	0,21	0,23	45	0,09	431	1,39	0,21	22	2
Dobrá Voda 1	DV1	689	CHP	str. trias	1,35	0,34	1,44	1,78	106	0,19	446				
Dobrá Voda 1	DV1	689	CHP	str. trias	2,82	0,65	4,61	5,26	163	0,12	437	1,14	0,11	7	3
Dobrá Voda 1	DV1	730	CHP	str. trias	0,05	0,01	0,01	0,02	20	0,50	451	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	857	CHP	str. trias	1,80	0,08	1,05	1,13	208	0,15	425	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	860	CHP	str. trias	0,13	0,14	0,15	0,29	115	0,50	451	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	863	CHP	str. trias	1,74	0,73	1,06	1,79	176	0,19	419	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	868	CHP	str. trias	1,56	0,53	1,93	2,46	252	0,12	425	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	931	CHP	str. trias	0,29	0,03	0,00	0,03	0	1,00	-	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	961	CHP	str. trias	1,47	0,18	1,08	1,26	73	0,14	425	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	972	CHP	str. trias	0,01	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	1031	CHP	str. trias	0,48	0,07	0,00	0,07	0	1,00	-	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	1081	CHP	str. trias	0,21	0,03	0,06	0,09	29	0,33	430	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	1097	CHP	str. trias	0,22	0,05	0,03	0,08	14	0,63	442	-	-	0	30
Dobrá Voda 1	DV1	1135	CHP	str. trias	0,16	0,03	0,00	0,03	0	1,00	-	-	-	0	30
Dobrá Voda 2	DV2	82	NSV	karpát	0,46	-	-	-	-	-		0,28	0,06	34	2
Dobrá Voda 2	DV2	110	NSV	karpát	0,40	0,04	0,33	0,37	83	0,10	408				
Dobrá Voda 2	DV2	120	NSV	karpát	0,28	0,05	0,20	0,25	73	0,21	419				
Dobrá Voda 2	DV2	151	NSV	karpát	0,59	0,05	0,46	0,51	78	0,10	416	-	-	0	31
Dobrá Voda 2	DV2	178	NSV	karpát	0,35	0,03	0,35	0,38	100	0,09	418	0,36	0,08	29	2
Dobrá Voda 2	DV2	198	NSV	egenb.-otn.	0,94	0,01	0,94	0,95	206	0,01	424	0,43	0,07	25	2
Dobrá Voda 3	DV3	71	NSV	karpát	7,51	0,01	8,65	8,66	115	0,00	403	0,32	0,05	61	1
Dobrá Voda 3	DV3	77	NSV	karpát	5,39	0,30	7,68	7,98	142	0,04	409	0,39	0,07	52	1
Dobrá Voda 3	DV3	103	NSV	karpát	10,49	0,01	8,47	8,48	81	0,00	387				
Dobrá Voda 3	DV3	137	NSV	karpát	25,80	0,13	10,36	10,49	40	0,01	417	0,41	0,05	55	1
Dobrá Voda 3	DV3	173	NSV	karpát	8,50	0,61	15,09	15,70	178	0,04	420				
Dobrá Voda 4	DV4	20	NSV	egenb.-otn.	1,21	0,01	1,97	1,98	163	0,01	415	0,30	0,03	23	1
Dobrá Voda 4	DV4	29	NSV	egenb.-otn.	1,94	0,07	1,57	1,64	81	0,04	418				
Dobrá Voda 4	DV4	42	NSV	egenb.-otn.	0,32	0,05	0,06	0,11	17	0,50	425	0,31	0,03	12	1
Dubník 1	DK1	1955	NSV	sp. báden	0,56	0,13	1,10	1,23	197	0,11	434				
Dubník 1	DK1	2500	NSV	sp. báden	0,04	0,10	0,03	0,13	75	0,83	423	-	-	0	30
Dubové 1	DUB1	1032	NSV	egenb.-otn.	0,14	0,01	0,04	0,05	28	0,20	411	0,27	0,04	9	3
Dubové 1	DUB1	1271	VP	str. trias	0,02	0,00	0,00	0,00	0	-	-	1,66	0,07	18	2

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Dubové 1	DUB1	1421	VP	sp. trias	0,01	0,01	0,00	0,01	0	1,00	-	2,65	-	1	20
Dubové 1	DUB1	1451	VP	sp. trias	0,02	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	0	30
Dubové 1	DUB1	1480	VP	sp. trias	0,00	0,01	0,00	0,01	0	1,00	-	0,98	0,09	21	3
Dubové 1	DUB1	1542	VP	sp. trias	0,26	0,10	0,04	0,14	15	0,71	374	1,10	-	-	10
Dubové 1	DUB1	1753	VP	str. trias	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Dubové 1	DUB1	1901	CHP	sp. trias	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	0	20
Dubové 1	DUB1	1988	CHP	sp. trias	0,09	0,01	0,00	0,01	0	-	-	-	-	0	30
Dubové 1	DUB1	2021	KP	krieda	0,46	0,06	0,25	0,31	54	0,19	458	1,00	0,06	16	10
Dubové 1	DUB1	2108	KP	krieda	0,05	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	-	-
Dubové 1	DUB1	2158	KP	jura	0,23	0,04	0,00	0,04	0	1,00	-	1,66	-	1	10
Dubové 1	DUB1	2189	KP	jura	0,29	0,11	0,00	0,11	0	1,00	-	1,77	0,09	40	1
Dubové 1	DUB1	2289	KP	jura	0,39	0,25	0,00	0,25	0	1,00	-	-	-	-	-
Dubové 1	DUB1	2383	KP	jura	0,56	0,42	0,03	0,45	5	0,93	393	1,79	0,1	25	2
Dubové 1	DUB1	2495	KP	vrch. trias	0,09	0,29	0,00	0,29	0	1,00	-	1,76	0,1	27	1
Dubové 1	DUB1	2559	KP	vrch. trias	0,02	0,36	0,00	0,36	0	1,00	-	-	-	0	30
Dubové 1	DUB1	2694	KP	vrch. trias	0,75	0,33	0,05	0,38	6	0,87	530	1,46	0,07	30	1
Dubové 1	DUB1	2768	KP	str. trias	0,39	0,30	0,03	0,33	7	0,94	452	1,47	0,15	38	1
Dubové 1	DUB1	2830	KP	str. trias	0,04	0,35	0,00	0,35	0	1,00	-	-	-	0	30
Dubové 1	DUB1	2847	KP	str. trias	0,00	0,05	0,00	0,05	-	1,00	-	-	-	0	30
Dubové 2	DUB2	2212	NSV	karpat	0,79	0,12	1,52	1,64	192	0,07	434	0,41	-	-	-
Dubové 2	DUB2	2601	NSV	karpat	0,58	0,02	0,00	0,02	0	1,00	-	0,58	0,06	15	1
Dubové 2	DUB2	2750	NSV	karpat	0,05	0,01	0,00	0,01	0	-	-	-	-	-	-
D. Streda 1	DS1	2017	NSV	panón	0,21	0,01	0,13	0,14	61	0,07	438	-	-	0	31
D. Streda 1	DS1	2499	NSV	panón	0,74	0,05	0,67	0,72	90	0,07	439	0,6	0,1	44	3
D. Klátov 15	VDK15	1209	NSV	pont	0,17	0,03	0,11	0,14	64	0,21	426	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2107	NSV	panón	0,46	0,04	0,27	0,31	58	0,13	434	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2186	NSV	panón	0,74	0,09	0,49	0,58	66	0,16	432	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2192	NSV	panón	0,30	0,05	0,17	0,22	56	0,23	428	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2320	NSV	panón	0,41	0,08	0,33	0,41	80	0,20	435	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2411	NSV	panón	0,16	0,04	0,12	0,16	75	0,25	433	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2420	NSV	panón	0,31	0,14	0,29	0,43	93	0,33	435	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2495	NSV	panón	0,42	0,17	0,4	0,57	95	0,3	435	-	-	-	-
D. Klátov 15	VDK15	2500	NSV	panón	0,38	0,14	0,35	0,49	92	0,29	438	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1103	NSV	pont	0,32	0,04	0,18	0,22	56	0,18	424	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1197	NSV	pont	0,08	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1199	NSV	pont	0,34	0,00	0,01	0,01	2	-	345	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1404	NSV	pont	0,11	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1808	NSV	panón	0,19	0,00	0,07	0,07	36	0,00	435	-	-	-	-
Hor. Potôň 12	VHP12 R	1890	NSV	panón	0,33	0,01	0,16	0,17	48	0,06	433	-	-	-	-

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Hor. Potôň 12	VHP12 R	2003	NSV	panón	0,01	0,02	0,20	0,22	-	0,09	436				
Hor. Potôň 12	VHP12 R	2096	NSV	panón	0,64	0,00	0,00	0,00	0	-	-				
Ivanka 1	IV1	1507	NSV	panón	0,75	0,10	0,59	0,69	212	0,06	434	0,57	0,08	37	1
Kolárovo 2	KOL2	2011	NSV	panón	0,40	0,02	0,24	0,26	60	0,08	436				
Kolárovo 2	KOL2	2102	NSV	panón	0,32	0,00	0,17	0,17	53	0,00	435				
Kolárovo 2	KOL2	2303	NSV	panón	0,93	0,18	0,95	1,13	102	0,16	436	0,39	0,06	44	2
Kolárovo 2	KOL2	2450	NSV	panón	0,40	0,03	0,26	0,29	65	0,10	433	0,48	0,04	16	1
Kolárovo 2	KOL2	2605	NSV	panón	0,55	0,11	1,12	1,23	203	0,09	441	0,52	0,07	16	1
Kolárovo 2	KOL2	2701	NSV	panón	1,18	0,53	4,83	5,36	409	0,10	443	0,54	0,05	15	2
Kolárovo 2	KOL2	2799	NSV	panón	0,71	0,17	1,42	1,59	200	0,11	445	0,64	0,03	22	1
Kolárovo 2	KOL2	2857	NSV	panón	0,67	0,16	0,79	0,95	117	0,17	441	0,64	0,05	12	2
Kolárovo 2	KOL2	2903	NSV	panón	0,82	0,15	1,11	1,26	135	0,12	447	0,69	0,06	16	1
Kolárovo 2	KOL2	3004	NSV	sarmat	0,61	0,31	0,87	1,18	142	0,26	445	0,76	0,09	22	1
Kravany n/D. 1	FGKR1	60	BP	eocén	0,37	0,09	0,26	0,35	70	0,26	427	0,44	0,09	20	2
Kravany n/D. 1	FGKR1	98	BP	eocén	4,51	0,52	2,00	2,52	44	0,21	394	0,4	0,05	53	1
Kravany n/D. 1	FGKR1	205	BP	eocén	7,52	0,66	16,9 9	17,6 5	225	0,04	429	0,27	0,03	17	3
Kravany n/D. 1	FGKR1	216	BP	eocén	1,64	0,13	1,28	1,41	78	0,09	428	0,43	0,05	22	1
Kravany n/D. 1	FGKR1	268	BP	eocén	0,72	0,09	0,38	0,47	52	0,19	440	0,51	0,11	28	1
Kravany n/D. 1	FGKR1	352	MS	stredná krieda	0,14	0,00	0,00	0,00	0	-	-	0,78	0,07	53	10
Kravany n/D. 1	FGKR1	373	MS	stredná krieda	0,35	0,01	0,08	0,09	22	0,11	489	0,79	0,06	29	10
Kravany n/D. 1	FGKR1	443	MS	stredná krieda	0,62	0,03	0,07	0,10	11	0,30	548	0,87	0,06	29	10
Kravany n/D. 1	FGKR1	500	MS	stredná krieda	0,10	0,00	0,00	0,00	0	-	-	1,00	0,06	34	10
Kravany n/D. 1	FGKR1	550	MS	stredná krieda	0,10	0,02	0,16	0,18	160	0,11	425	1,03	0,06	33	10
Kravany n/D. 1	FGKR1	577	MS	jura	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	0	30
Kravany n/D. 1	FGKR1	736	MS	vrch. trias	0,01	0,00	0,00	0,00	0	-	-	0,9	-	1	30
Kravany n/D. 1	FGKR1	884	MS	vrch. trias	0,01	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	0	30
Kravany n/D. 1	FGKR1	977	MS	vrch. trias	0,01	0,00	0,00	0,00	0	-	-	-	-	0	30
Madunice 4	MAD4	1206	NGS	str. báden	0,54	0,14	0,39	0,53	72	0,26	433	-	-	0	31
Madunice 4	MAD4	1392	NSV	karpat	0,93	0,16	1,56	1,72	167	0,09	431	0,44	0,03	13	3
Madunice 4	MAD4	1823	NSV	karpat	1,05	0,07	1,88	1,95	179	0,04	437	-	-	0	31
Madunice 4	MAD4	1893	CHP	str. trias	0,15	0,01	0,00	0,01	0	1,00	-	1,29	0,1	11	20
Madunice 4	MAD4	1936	CHP	str. trias	0,01	0,01	0,00	0,01	0	-	-	-	-	0	30
Modrany 1	MO1	1100	NSV	str. báden	0,52	0,06	0,32	0,38	61	0,16	427	-	-	0	30
Modrany 1	MO1	1301	NSV	sp. báden	0,67	0,06	0,60	0,66	89	0,09	434	-	-	0	30
Modrany 1	MO1	1756	BP	oligocén	0,19	0,03	0,12	0,15	63	0,20	430	0,41	0,04	11	2
Modrany 2	MO2	2306	BP	eocén	1,23	0,13	4,00	4,13	325	0,03	436	0,33	0,05	25	1
Modrany 2	MO2	2627	MS	perm	0,00	0,01	0,00	0,01	-	1,00	-	1,80	-	1	20
Nižná 4	NI4	2103	NGS	str. báden	0,52	0,03	0,41	0,44	78	0,07	432	-	-	0	31
Nižná 4	NI4	2255	NSV	karpat	0,49	0,04	0,39	0,43	79	0,09	434	0,34	0,05	17	1

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Nižná 4	Ni4	2398	CKP	paleogén	0,61	0,02	0,38	0,40	62	0,05	435	0,40	0,04	21	1
Nová vieska 1	NV1	203	NSV	pont	0,90	0,13	0,53	0,66	58	0,20	429				
Nová vieska 1	NV1	401	NSV	panón	0,50	0,03	0,13	0,16	26	0,19	420				
Nová vieska 1	NV1	504	NSV	panón	0,37	0,03	0,26	0,29	70	0,10	428				
Nová vieska 1	NV1	540	NSV	panón	0,50	0,13	0,46	0,59	92	0,22	463				
Nová vieska 1	NV1	620	NSV	panón	0,39	0,04	0,24	0,28	61	0,14	441				
Nová vieska 1	NV1	657	NSV	panón	0,63	0,06	0,43	0,49	68	0,12	438				
Nová vieska 1	NV1	702	NSV	panón	0,49	0,21	0,54	0,75	110	0,28	442				
Nová vieska 1	NV1	775	NSV	panón	0,82	0,11	1,60	1,71	195	0,06	434				
Nová vieska 1	NV1	783	NSV	panón	0,30	0,15	0,34	0,49	113	0,31	427				
Nová vieska 1	NV1	858	NSV	panón	1,26	2,94	2,89	5,83	229	0,50	426				
Nová vieska 1	NV1	902	NSV	sarmat	0,99	0,16	1,53	1,69	154	0,09	431				
Nová vieska 1	NV1	958	NSV	sarmat	1,00	0,15	1,58	1,73	158	0,09	428				
Nová vieska 1	NV1	983	NSV	str. báden	0,71	0,10	0,99	1,09	139	0,09	426				
Nová vieska 1	NV1	1021	NSV	str. báden	1,02	0,12	1,40	1,52	137	0,08	427	-	-	0	31
Nová vieska 1	NV1	1057	NSV	str. báden	0,80	0,09	0,56	0,65	70	0,14	431				
Nová vieska 1	NV1	1139	NSV	str. báden	0,80	0,17	0,40	0,57	50	0,30	432				
Nová vieska 1	NV1	1180	NSV	str. báden	0,38	0,12	0,26	0,38	68	0,32	434				
Nová vieska 1	NV1	1253	NSV	str. báden	1,00	0,15	0,58	0,73	58	0,21	432				
Nová vieska 1	NV1	1288	NSV	str. báden	0,43	0,16	0,35	0,51	81	0,31	443				
Nová vieska 1	NV1	1348	NSV	str. báden	0,52	0,13	0,44	0,57	84	0,23	433				
Nová vieska 1	NV1	1404	NSV	str. báden	0,35	0,05	0,21	0,26	60	0,19	433				
Nová vieska 1	NV1	1426	NSV	sp. báden	0,30	0,12	1,28	1,40	427	0,09	433				
Nová vieska 1	NV1	1441	NSV	sp. báden	0,55	0,14	0,62	0,76	112	0,18	434				
Nová vieska 1	NV1	1524	NSV	sp. báden	0,74	0,15	0,92	1,07	124	0,14	435				
Nová vieska 1	NV1	1548	NSV	sp. báden	0,10	0,15	0,17	0,32	170	0,47	455				
Nová vieska 1	NV1	1604	NSV	sp. báden	0,10	0,21	0,23	0,44	230	0,48	441				
Nová vieska 1	NV1	1653	NSV	sp. báden	0,10	0,19	0,14	0,33	140	0,58	455				
Nová vieska 1	NV1	1675	NSV	sp. báden	0,60	0,23	1,14	1,37	190	0,17	434				
Nová vieska 1	NV1	1722	NSV	sp. báden	0,50	0,21	0,98	1,19	196	0,18	431				
Nová vieska 1	NV1	1798	NSV	sp. báden	0,74	0,18	0,69	0,87	93	0,21	433				
Nová vieska 1	NV1	1824	NSV	sp. báden	0,60	0,20	1,47	1,67	245	0,12	436				
Nová vieska 1	NV1	1851	NSV	sp. báden	0,30	0,18	0,18	0,36	60	0,50	442				
Nová vieska 1	NV1	1921	NSV	sp. báden	0,45	0,11	0,42	0,53	93	0,21	431	0,33	0,04	21	1
Nová vieska 1	NV1	1960	NSV	sp. báden	0,45	0,08	0,39	0,47	86	0,17	434				
Nová vieska 1	NV1	1986	NSV	sp. báden	0,33	0,03	0,21	0,24	63	0,13	431	0,39	0,06	25	1
Nová vieska 1	NV1	2050	NSV	sp. báden	0,24	0,02	0,15	0,17	62	0,12	434				
Nová vieska 1	NV1	2091	NSV	sp. báden	0,81	0,06	1,03	1,09	127	0,06	433				
Nová vieska 1	NV1	2178	NSV	sp. báden	0,65	0,05	0,99	1,04	152	0,05	434	0,46	0,04	25	
Nová vieska 1	NV1	2201	NSV	sp. báden	0,65	0,05	0,65	0,70	100	0,07	436	-	-	0	31
Nová vieska 1	NV1	2221	NSV	sp. báden	0,66	0,04	0,65	0,69	98	0,06	436	0,50	0,04	12	2

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Nová veska 1	NV1	2274	NSV	sp. bádén	0,73	0,05	0,89	0,94	121	0,05	435				
Nová veska 1	NV1	2321	NSV	sp. bádén	0,49	0,02	0,35	0,37	71	0,05	432				
Nová veska 1	NV1	2379	NSV	sp. bádén	0,77	0,04	1,18	1,22	153	0,03	434	0,51	0,03	8	3
Nová veska 1	NV1	2440	NSV	sp. bádén	0,58	0,05	0,88	0,93	151	0,05	434				
Nová veska 1	NV1	2508	NSV	sp. bádén	0,22	0,03	0,28	0,31	127	0,10	435				
Nová veska 1	NV1	2560	BP	oligocén	0,23	0,03	0,34	0,37	147	0,08	434	0,33	0,04	13	22
Nová veska 1	NV1	2631	BP	oligocén	0,41	0,02	0,37	0,39	90	0,05	434	0,64	0,05	27	2
Nová veska 1	NV1	2655	BP	oligocén	0,00	0,01	0,00	0,01	-	1,00	-				
Nová veska 1	NV1	2679	BP	oligocén	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-				
Nová veska 1	NV1	2748	BP	oligocén	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-				
Nová veska 1	NV1	2801	BP	oligocén	0,41	0,02	0,25	0,27	60	0,07	438	0,68	0,04	18	1
Nová veska 1	NV1	2900	BP	oligocén	1,45	0,23	5,86	6,09	404	0,04	425	-	-	0	30
Nová veska 1	NV1	2925	BP	eocén	0,27	0,03	0,24	0,27	88	0,11	435	-	-	0	30
Nová veska 1	NV1	2945	BP	eocén	0,50	0,00	0,01	0,01	20	0,0	433				
Nová veska 1	NV1	2971	BP	eocén	0,28	0,02	0,26	0,28	92	0,07	436	0,73	0,05	16	1
Nová veska 1	NV1	3025	BP	eocén	0,10	0,00	0,03	0,03	30	0,00	432	-	-	0	30
Nová veska 1	NV1	3047	BP	eocén	0,18	0,00	0,13	0,13	72	0,00	434				
Nová veska 1	NV1	3062	BP	eocén	0,21	0,03	0,29	0,32	130	0,09	435				
Nová veska 1	NV1	3082	BP	eocén	0,17	0,02	0,12	0,14	70	0,14	433				
Nová veska 1	NV1	3089	BP	eocén	0,07	0,00	0,03	0,03	42	0	430				
Nová veska 1	NV1	3099	BP	eocén	0,10	0,01	0,03	0,04	30	0,25	430	0,8	0	1	10
Nová veska 1	NV1	3160	BP	eocén	0,60	-	-	-	-	-	0,79	0,11	15	2	
Nová veska 1	NV1	3165	BP	eocén	0,13	0,03	0,10	0,13	76	0,23	433				
Obdokovce 1	OBD1	701	NSV	panón	0,13	0,03	0,07	0,10	53	0,30	443				
Obdokovce 1	OBD1	799	NSV	panón	0,47	0,09	0,32	0,41	68	0,22	431				
Obdokovce 1	OBD1	1854	NSV	vrch. bádén	0,60	0,06	0,83	0,89	138	0,07	423	-	-	0	30
Obdokovce 1	OBD1	2155	NSV	vrch. bádén	0,46	0,07	0,13	0,20	28	0,35	431	0,47	0,06	26	2
Obdokovce 1	OBD1	2195	NSV	vrch. bádén	0,43	0,08	0,41	0,49	95	0,16	433				
Obdokovce 1	OBD1	2245	NSV	str. bádén	0,49	0,08	0,43	0,51	87	0,16	434	0,55	0,07	25	1
Obdokovce 1	OBD1	2388	OJ	str. trias	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	0	30
Obdokovce 1	OBD1	2430	OJ	str. trias	0,01	0,02	0,00	0,02	0	1,00	-	-	-	0	30
Obdokovce 1	OBD1	2499	OJ	str. trias	0,01	0,04	0,00	0,04	0	1,00	-	-	-	0	30
Obid 1	FGO1	604	BP	P	0,65	0,06	1,56	1,62	240	0,04	435				
Obid 1	FGO1	651	BP	P	16,0 7	1,29	61,5 3	62,8 2	382	0,02	415				
Obid 1	FGO1	691	BP	P	30,0 3	1,8	67,0 0	68,8 0	223	0,03	414				
Obid 1	FGO1	890	MS	vrch. trias	0,19	0,00	0,13	0,13	68	0,00	429				
Obid 1	FGO1	1000	MS	vrch. trias	0,10	0,00	0,07	0,07	70	0,00	430				
Pozba 1	PO1	1056	NSV	sarmat	0,63	0,13	1,40	1,53	222	0,09	428	0,37	0,09	9	2
Pozba 2	PO2	958	NSV	sarmat	0,31	0,05	0,39	0,44	125	0,11	425	0,29	0,02	4	3
Ripňany 1	RIP1	501	NSV	pont	0,43	0,04	0,21	0,25	48	0,17	430				

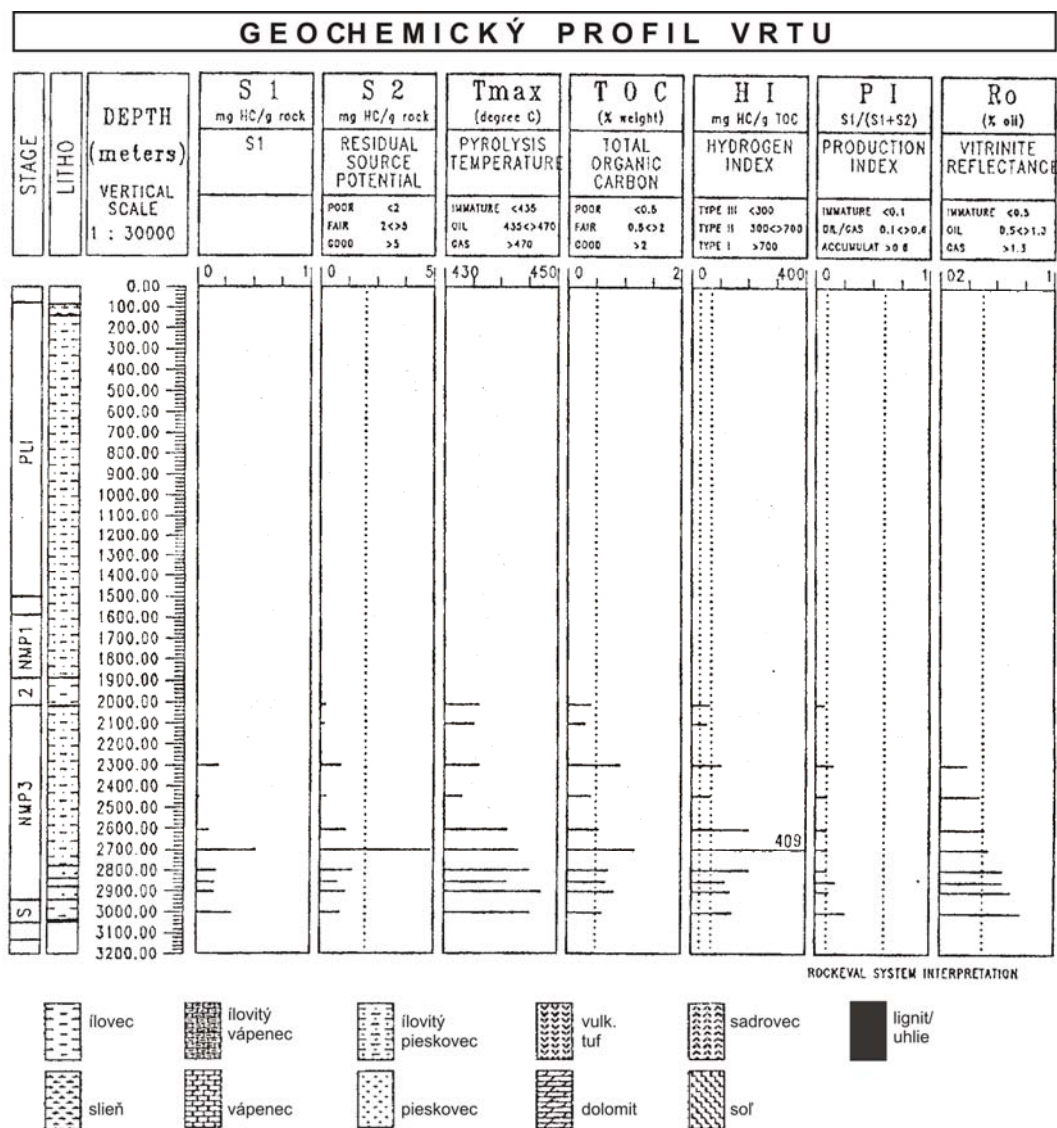
Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati-grafia	TOC	S1 mg/g	S2 mg/g	GP	HI mg/g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Ripňany 1	RIP1	602	NSV	panón	46,47	10,16	49,59	59,75	106	0,17	388	0,24	0,04	51	1
Ripňany 1	RIP1	701	NSV	panón	16,33	2,44	14,14	16,58	86	0,15	408	0,24	0,05	43	
Ripňany 1	RIP1	705	NSV	panón	4,60	0,72	7,91	8,63	172	0,08	417				
Ripňany 1	RIP1	754	NSV	panón	0,87	0,06	0,44	0,50	50	0,12	431				
Ripňany 1	RIP1	1054	NSV	panón	0,95	0,06	0,70	0,76	73	0,08	433				
Ripňany 1	RIP1	1606	NSV	sarmat	0,97	0,03	0,61	0,64	62	0,05	437				
Ripňany 1	RIP1	1961	NSV	sarmat	0,22	0,01	0,13	0,14	59	0,07	437				
Ripňany 1	RIP1	2201	NSV	sarmat	0,13	0,01	0,05	0,06	38	0,17	436	0,31	0,04	17	2
Ripňany 1	RIP1	2301	NSV	sarmat	0,11	0,01	0,03	0,04	27	0,25	437				
Ripňany 1	RIP1	2470	NSV	vrch. báden	0,55	0,04	0,38	0,42	69	0,10	434				
Ripňany 1	RIP1	2630	NSV	vrch. báden	0,10	0,02	0,04	0,06	40	0,33	438	0,36	0,06	29	2
Ripňany 1	RIP1	2802	NSV	vrch. báden	0,16	0,04	0,17	0,21	106	0,19	436	0,41	0,07	22	2
Ripňany 1	RIP1	3000	NSV	vrch. báden	0,43	0,02	0,34	0,36	79	0,06	438	0,44	0,06	24	2
Ripňany 1	RIP1	3102	NSV	vrch. báden	0,48	0,04	0,42	0,46	87	0,09	437	0,52	0,06	37	1
Ripňany 1	RIP1	3203	NSV	vrch. báden	0,45	0,03	0,35	0,38	77	0,08	442	0,57	0,07	27	1
Ripňany 1	RIP1	3298	NSV	vrch. báden	0,44	0,03	0,34	0,37	77	0,08	442	0,59	0,07	32	1
Ripňany 1	RIP1	3417	NSV	str. báden	0,67	0,06	0,54	0,60	80	0,10	444	0,70	0,09	47	2
Senec 1	SEN1	1100	NSV	panón	0,68	0,04	0,47	0,51	69	0,08	434	0,37	0,08	19	1
Senec 1	SEN1	1452	NSV	sarmat	0,03	0,05	0,00	0,05	0	1,00	-				
Senec 1	SEN1	2336	NSV	vrch. báden	0,64	0,04	0,58	0,62	90	0,06	437	0,41	0,08	26	1
Sereď 2	SE2	1451	NGS	vrch. báden	0,19	0,04	0,11	0,15	57	0,29	432	0,72	0,27	10	10
Sereď 2	SE2	1748	NSV	vrch. báden	0,44	0,03	0,36	0,39	81	0,08	434				
Sereď 2	SE2	1795	NSV	str. báden	0,46	0,03	0,39	0,42	84	0,07	433				
Sereď 5	SE5	1320	báza NSV	st. paleoz. ?	0,06	0,23	0,24	0,47	400	0,50	379				
Suchá 2	SU2	950	NSV	sarmat	0,01	0,00	0,00	0,00	0	-	-				
Suchá 2	SU2	1405	NSV	vrch. báden	0,88	0,12	0,89	1,01	101	0,12	440				
Suchá 2	SU2	1801	NSV	vrch. báden	0,05	0,01	0,01	0,02	20	0,50	404	0,28	0,04	11	2
Suchá 2	SU2	2106	NSV	str. báden	0,55	0,22	0,59	0,81	107	0,27	432	0,31	0,11	26	2
Suchá 2	SU2	2310	NSV	str. báden	0,51	0,04	0,46	0,50	90	0,08	438				
Suchá 2	SU2	2500	NSV	str. báden	0,52	0,04	0,46	0,50	88	0,08	438	0,36	0,05	29	2
Suchá 2	SU2	2696	NSV	str. báden	0,58	0,12	0,55	0,67	94	0,18	442	0,47	0,04	21	1
Suchá 2	SU2	2804	NSV	str. báden	0,24	0,03	0,21	0,24	87	0,13	437	0,45	0,05	17	1
Suchá 2	SU2	2998	NSV	str. báden	0,78	0,18	0,87	1,05	111	0,17	440	0,55	0,07	24	3
Suchá 2	SU2	3133	NSV	str. báden	0,46	0,06	0,37	0,43	80	0,14	441	0,57	0,04	15	2
Suchá 2	SU2	3300	NSV	str. báden	0,58	0,08	0,52	0,60	89	0,13	444	0,76	0,11	18	10
Suchá 2	SU2	3374	NSV	str. báden	0,50	0,07	0,42	0,49	84	0,14	443	0,65	0,05	18	1
Suchá 2	SU2	3462	NSV	str. báden	0,64	0,11	0,60	0,71	93	0,15	444	0,72	0,06	16	2
Suchá 2	SU2	3500	NSV	str. báden	0,48	0,07	0,41	0,48	85	0,15	445	0,78	0,04	13	2
Špačince 3	SPA3	3055	NGS	karpat	0,91	0,07	0,96	1,03	105	0,07	439				
Špačince 3	SPA3	3455	NSV	karpat	0,43	0,08	0,44	0,52	102	0,15	440	0,61	0,06	30	1

Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati- grafia	TOC	S1 mg/ g	S2 mg/ g	GP	HI mg /g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Špačince 3	SPA4	3301	NSV	karpat	0,30	0,04	0,40	0,44	133	0,09	444	0,51	0,06	26	1
Šurianky 1	SUR1	852	NSV	panón	0,07	0,06	0,02	0,08	28	0,75	423	-	-	0	31
Šurianky 1	SUR1	1455	NSV	sarmat	0,52	0,03	0,39	0,42	75	0,07	434	0,37	0,05	42	1
Šurianky 1	SUR1	1556	NSV	vrch. báden	0,42	0,09	0,37	0,46	88	0,20	432	0,41	0,02	4	3
Topoľčany 1	FGTZ1	98	NSV	dák	0,00	0,10	0,00	0,10	-	1,00	-				
Topoľčany 1	FGTZ1	397	NSV	pont	0,76	0,21	0,05	0,26	6	0,81	388				
Topoľčany 1	FGTZ1	675	NSV	panón	0,12	0,30	0,05	0,35	41	0,88	420				
Topoľčany 1	FGTZ1	804	NSV	panón	0,51	0,25	0,35	0,60	68	0,42	429				
Topoľčany 1	FGTZ1	1510	NSV	vrch. báden	0,07	0,05	0,06	0,11	86	0,45	424				
Topoľčany 1	FGTZ1	1711	OJ	str. trias	0,00	0,02	0,00	0,02	-	1,00	-				
Topoľovec 11	VTP11	1886	NGS	pont	0,10	0,02	0,02	0,04	20	0,50	461				
Topoľovec 11	VTP11	2016	NSV	pont	0,09	0,04	0,07	0,11	77	0,40	441				
Topoľovec 11	VTP11	2105	NSV	pont	0,09	0,02	0,03	0,05	33	0,50	396				
Topoľovec 11	VTP11	2500	NSV	pont	0,13	0,03	0,07	0,10	53	0,30	433				
Trakovice 1	TRA1	600	NSV	vrch. báden	0,54	0,16	0,38	0,54	70	0,30	434				
Trakovice 1	TRA1	706	NSV	str. báden	0,48	0,16	0,29	0,45	60	0,36	430				
Trakovice 1	TRA1	802	NSV	str. báden	0,48	0,17	0,32	0,49	66	0,35	432				
Trakovice 1	TRA1	906	NSV	str. báden	0,54	0,10	0,32	0,42	59	0,24	435				
Trakovice 1	TRA1	1003	NSV	str. báden	0,42	0,11	0,20	0,31	47	0,37	432				
Trakovice 1	TRA1	1005	NSV	str. báden	0,49	0,03	0,74	0,77	151	0,04	426				
Trakovice 1	TRA1	1105	NSV	str. báden	0,52	0,11	0,37	0,48	71	0,23	435				
Trakovice 1	TRA1	1257	NSV	str. báden	0,54	0,05	0,43	0,48	79	0,10	429	-	-	0	30
Trakovice 1	TRA1	1452	NSV	sp. báden	0,50	0,04	0,37	0,41	74	0,10	434	-	-	0	31
Trakovice 1	TRA1	1690	CHP	sp. trias	0,08	0,08	0,02	0,10	25	0,80	422	-	-	0	31
Trakovice 1	TRA1	1821	KP	str. trias	0,02	0,06	0,00	0,06	0	1,00	-				
Trakovice 1	TRA1	1878	KP	str. trias	0,11	0,00	0,00	0,00	0	-	-	3,50	-	1	20
Trakovice 1	TRA1	1955	KP	str. trias	0,18	0,16	0,00	0,16	0	1,00	-	3,20	-	1	20
Trakovice 1	TRA1	2134	OJ	jura	0,73	0,10	0,05	0,15	6	0,67	383				
Trakovice 1	TRA1	2199	OJ	jura	0,19	0,00	0,00	0,00	0	-	-	3,50	-	2	20
V. Kostofany 1	VK1	1095	NSV	karpat	0,98	0,06	2,23	2,29	227	0,03	440	0,38	0,04	17	1
V. Kostofany 1	VK1	2218	KP	spodná jura	0,71	0,04	0,00	0,04	0	1,00	-	1,24	0,06	13	1
Vištuk 1	VI1	2004	NGS	str. báden	1,12	0,13	2,62	2,75	233	0,05	431				
Vištuk 1	VI1	2105	NSV	str. báden	0,59	0,12	2,52	2,64	88	0,19	428				
Vištuk 1	VI1	2203	NSV	str. báden	0,78	0,08	1,16	1,24	148	0,06	434				
Vištuk 1	VI1	2252	NSV	str. báden	0,69	0,07	0,53	0,60	76	0,12	433	0,30	0,07	30	3
Vištuk 1	VI1	2447	NSV	str. báden	0,33	0,04	0,31	0,35	93	0,11	433	0,42	0,09	54	3
Vištuk 1	VI1	2551	NSV	str. báden	0,05	0,01	0,02	0,03	40	0,33	435				
Vráble 1	VRAB1	502	NSV	panón	0,36	0,08	0,18	0,26	50	0,31	423	0,41	0,07	29	2
Vráble 1	VRAB1	651	NSV	panón	0,44	0,12	0,22	0,34	50	0,35	429				
Vráble 1	VRAB1	751	NSV	panón	0,67	0,06	0,31	0,37	46	0,17	427	0,43	0,07	43	2

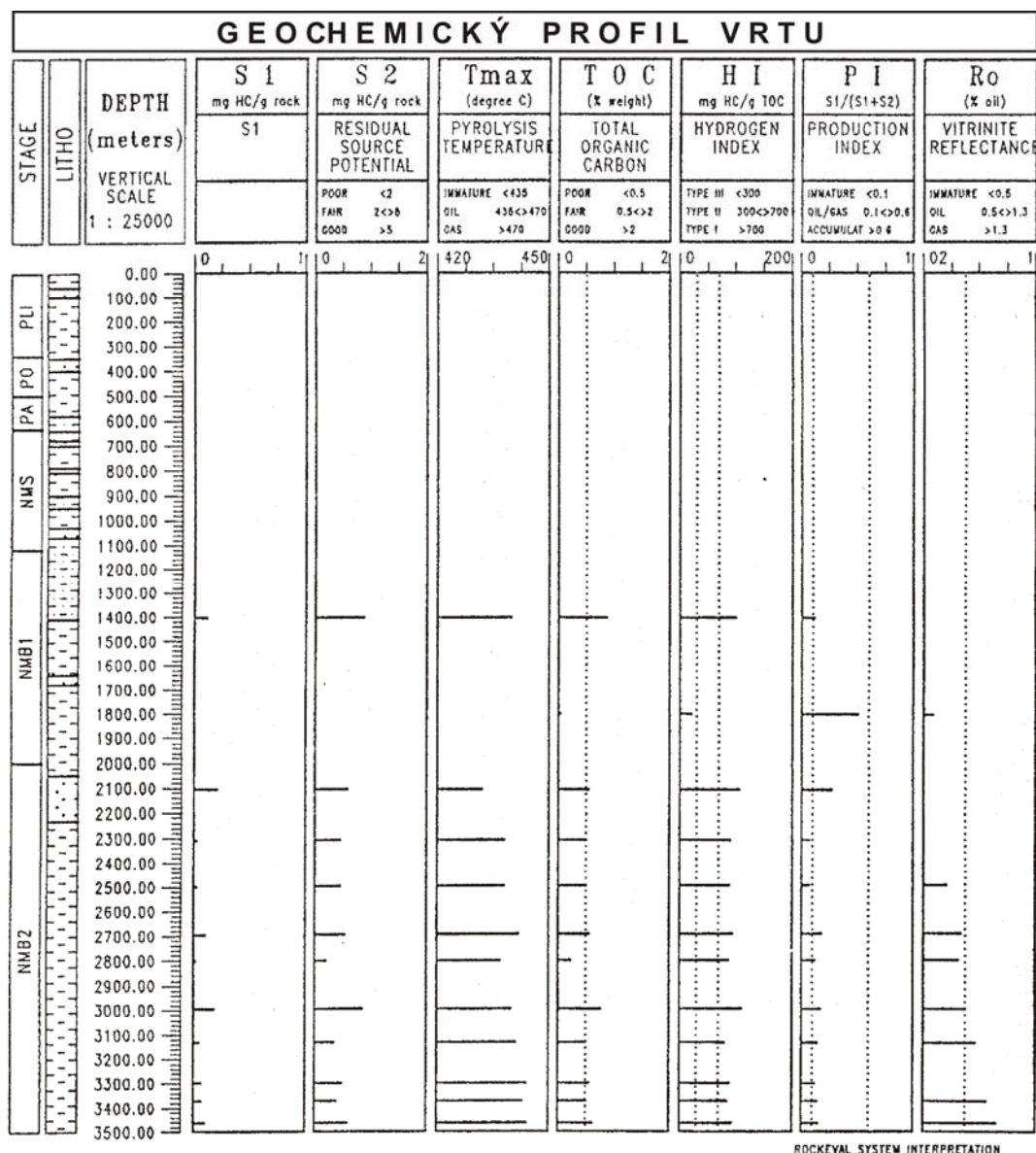
Vrt	Kód vrtu	Hĺbk a (m)	Geol. jedn.	Strati-grafia	TOC	S1 mg/g	S2 mg/g	GP	HI mg/g	PI	T max (oC)	Ro (%)	s (%)	n	poz. (Ro)
Vráble 1	VRAB1	901	NSV	panón	0,56	0,05	0,34	0,39	60	0,13	431				
Vráble 1	VRAB1	1104	NSV	panón	0,94	0,12	1,85	1,97	196	0,06	435	0,42			
Vráble 1	VRAB1	1150	NSV	panón	0,62	0,07	1,19	1,26	191	0,06	436				
Vráble 1	VRAB1	1352	NSV	sarmat	0,35	0,02	0,17	0,19	48	0,11	433	0,49	0,07	32	1
Vráble 1	VRAB1	1406	NSV	sarmat	2,39	0,12	2,31	2,43	96	0,05	441	0,48	0,04	35	1
Vráble 1	VRAB1	1506	NSV	sarmat	0,65	0,08	0,53	0,61	81	0,13	437	0,42	0,06	23	1
Vráble 1	VRAB1	1652	NSV	sarmat	1,02	0,12	2,07	2,19	202	0,05	431	0,54			
Vráble 1	VRAB1	1745	NSV	sarmat	0,95	0,13	2,30	2,43	242	0,05	433	0,56	0,05	32	2
Vráble 1	VRAB1	1943	NSV	vrch. báden	3,44	0,16	1,01	1,17	29	0,14	431	0,60	0,08	57	2
Vráble 1	VRAB1	2202	NSV	vrch. báden	0,92	0,14	0,79	0,93	85	0,15	439	0,66	0,05	49	2
Vráble 1	VRAB1	2570	KP	vrch. trias	0,21	0,03	0,03	0,06	14	0,50	451	-	-	0	30
Zelený Háj 1	ZH1	1705	MS	devón	0,16	0,02	0,00	0,02	0	1,00	-	1,43	0,09	15	10
Zlatná na O. 13	VZO13	805	NSV	dák	0,46	0,06	0,21	0,27	45	0,23	429				
Zlatná na O. 13	VZO13	905	NSV	pont	5,32	0,14	1,30	1,44	24	0,1	425				
Zlatná na O. 13	VZO13	1104	NSV	pont	0,15	0,00	0,03	0,03	20	0,00	430				
Zlatná na O. 13	VZO13	1303	NSV	pont	0,21	0,00	0,07	0,07	33	0,00	426				
Zlatná na O. 13	VZO13	1700	NSV	panón	0,56	0,02	0,50	0,52	89	0,04	429				

Vysvetlivky k tabuľke 1: Geologicko-tektonické jednotky: OJ-obalová jednotka; MS-maďarské stredohorie; KP-križňanský príkrov; CHP-chočský príkrov; VP-vyššie príkrovy; BP-budínsky paleogén; CKP-centrálna karpatský paleogén; NSG-neogénna sedimentárna výplň.

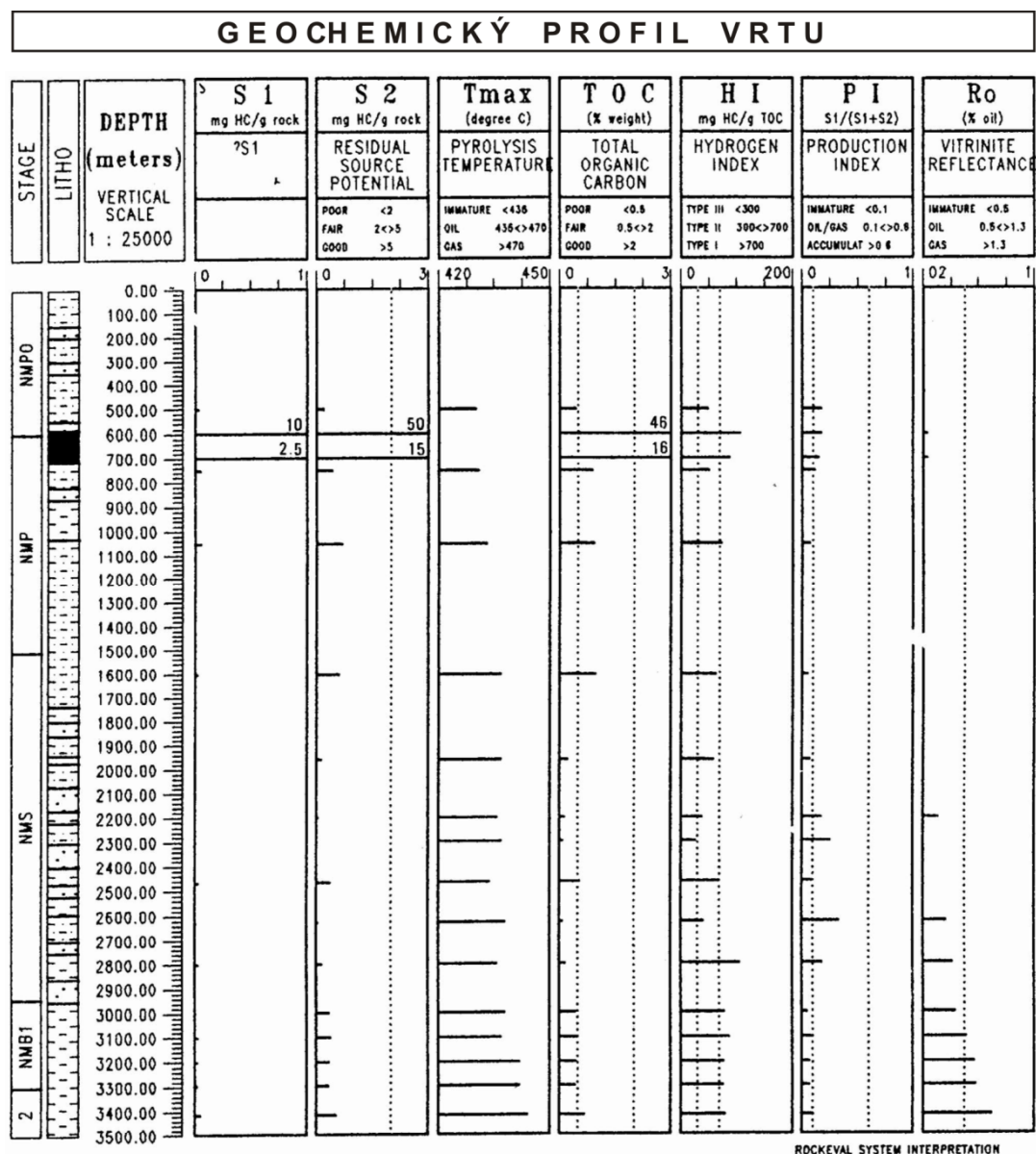
TOC: (z angl. total organic carbon) - obsah celkového organického uhlíka v hmotnostných %; S1, S2, HI, PI, GP, Tmax: parametre pyrolýzy Rock-Eval (bližšie pozri kap. 2.2.1); Ro - stredná odraznosť vitrinitu v olejovej imerzii (%) ; s - smerodajná odchýlka; n - počet meraní; Pozn. Ro: Poznámka ku kvalite udávaných hodnôt Ro na základe petrografického hodnotenia organickej hmoty a kvality lešteného nábrusu: 1 - dobrá spoľahlivosť; 2 - akceptovateľná (menej vitrinitových súčiastok); 3 - slabá (nejasná hranica medzi vitrinitickými a nevitrinitickými súčiastkami); 10 - údaj reprezentuje všetky macerály (vitrinit aj inertinit); 20 - prítomný len inertinit, resp. resedimentovaný vitrinit; 22 - pravdepodobne bituminit; 30 - absencia organickej hmoty viditeľná v odrazenom svetle; 31 - nemerateľná organická hmotá v dôsledku nerovného povrchu nábrusu.



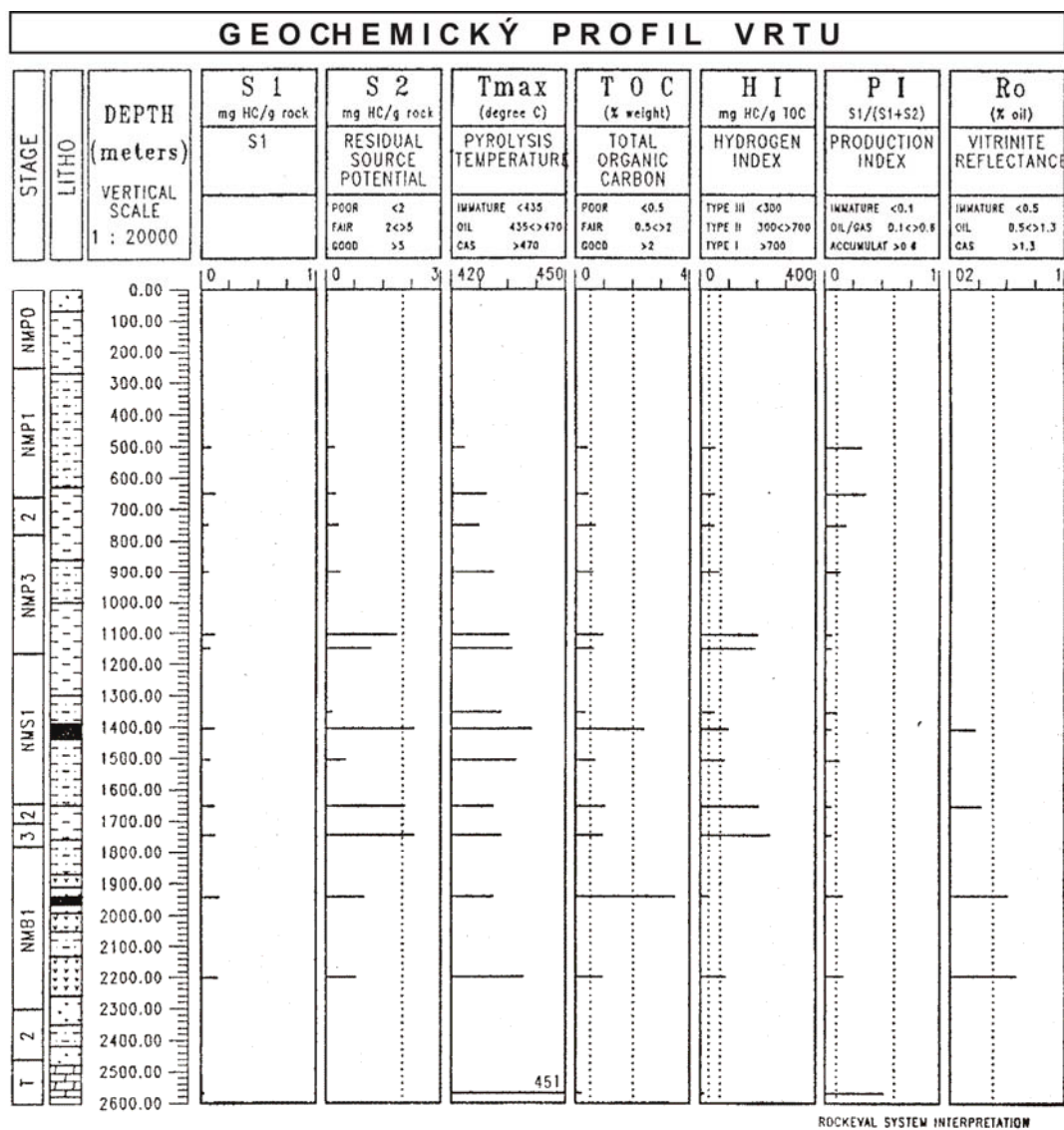
Obr. 10: Geochemický profil vrtu Kolárovo 2



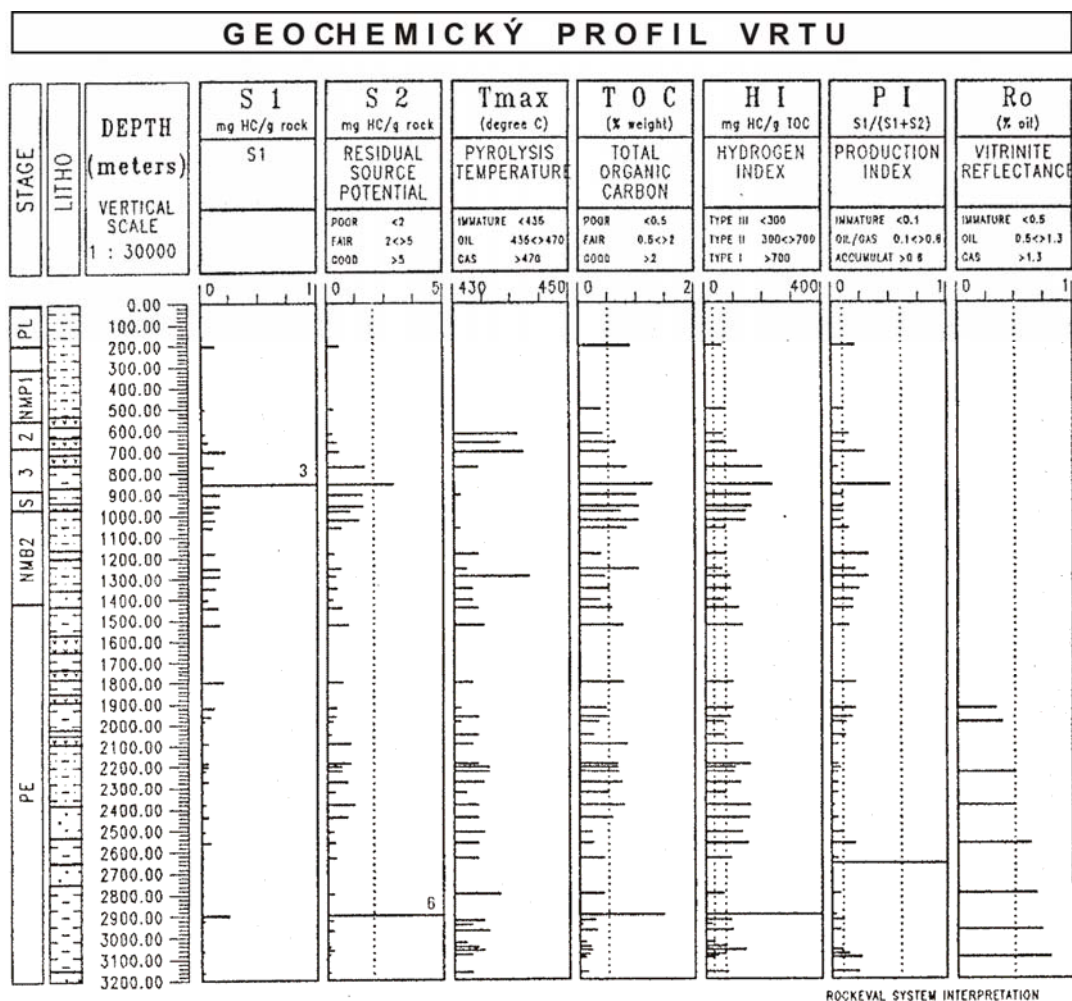
Obr. 11: Geochemický profil vrtu Suchá2



Obr. 12: Geochemický profil vrtu Ripňany1



Obr. 13: Geochemický profil vrtu Vráble1



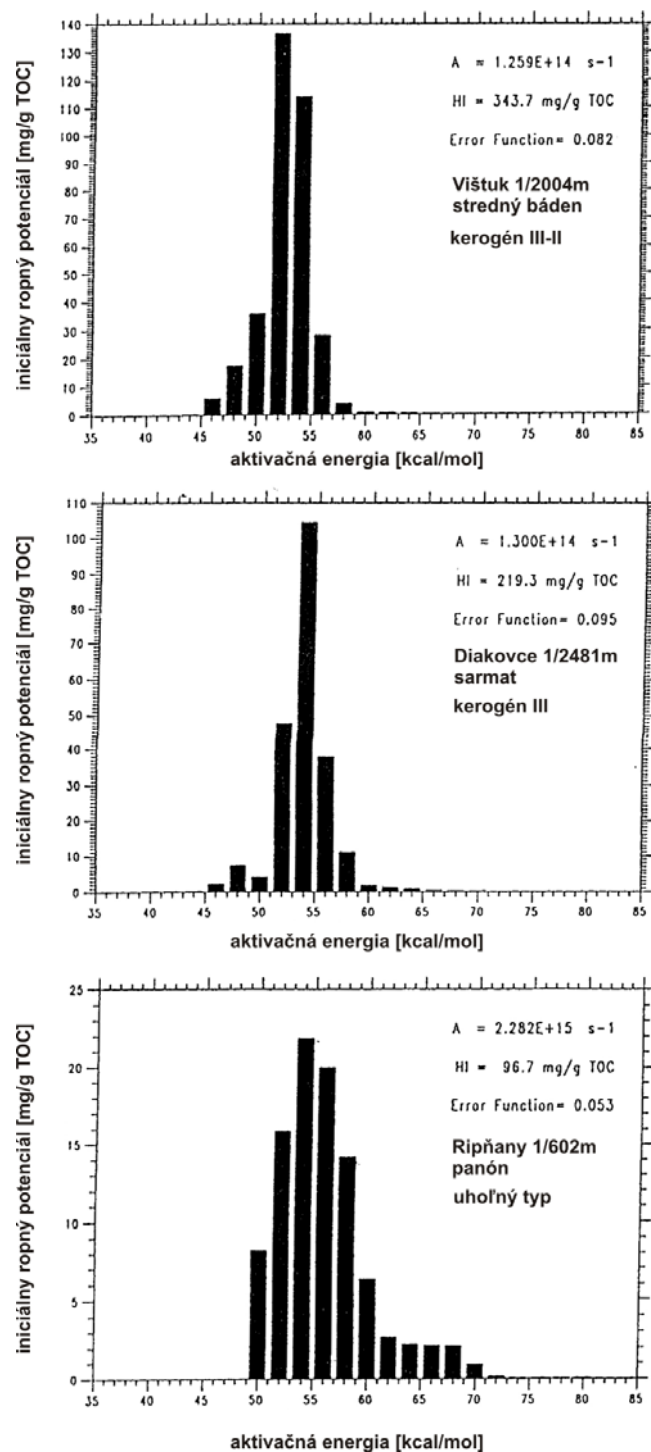
Obr. 14: Geochemický profil vrtu Nová Vieska1

2.2.2 Kinetické merania

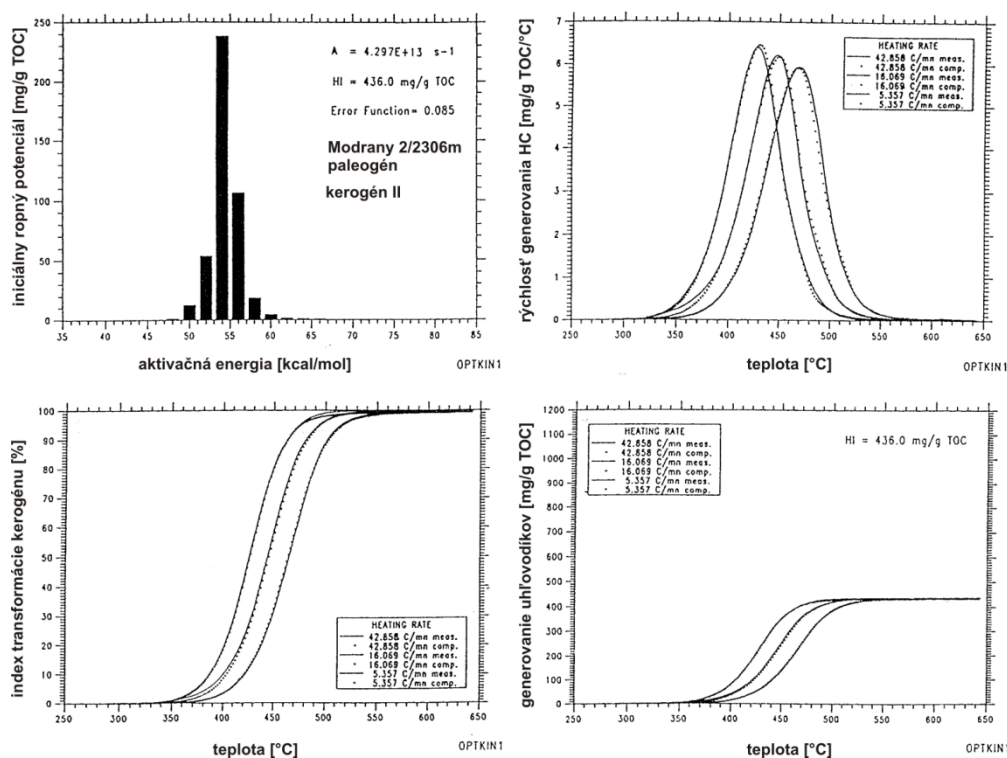
Kinetické merania boli vykonané na vybraných vzorkách s nízkou zrelosťou organickej hmoty a relatívne bohatým uhlíkovým potenciálom. Vzorky obsahujúce rozptýlenú organickú hmotu boli najprv demineralizované na aparátúre Kerogenatron podľa štandardnej metodiky IFP (Durand, 1980). Uhoľné vzorky boli analyzované bez ďalších úprav. Meranie bolo vykonané na prístroji Rock-Eval III v režime "cyklus 3" (Espitalié et al., 1985) pri podmienkach: každá vzorka v množstve asi 5 až 10mg bola pyrolyzovaná pri troch rôznych rýchlostiach ohrevu, teda pri 5, 15 a 40°C/min. Spracovaním analytických údajov podľa programu Optkin sa získali nasledovné výsledky:

- kinetické parametre - distribúcia aktivačných energií a Arrheniova konštanta
- merané a vypočítané krivky generácie uhľovodíkov a indexu transformácie kerogénu na uhľovodíky

Takýmto spôsobom bola spracovaná séria 15 vzoriek, z ktorých sú na obr.15 a 16 dokumentované vzorky reprezentujúce charakteristické kinetické parametre kerogénu typu II, II - III, III, a uhlia pre neogénne sedimenty podunajskej panvy. Namiesto štandardne používaných boli tieto konkrétne parametre v ďalšom použité pri kinetickom modeli Matoil.



Obr. 15: Kinetické parametre kerogénu typu a) II-III, b) III a c) uhoľného typu.
A: Arrheniova konštanta; HI: vodíkový index



Obr. 16: Kinetické parametre kerogénu typu II, merané a vypočítané krivky generácie uhľovodíkov a indexu transformácie. A: Arrheniova konštanta; HI: vodíkový index

2.2.3 Mikroskopická fotometria

Mikrofotometrické merania boli vykonané v laboratóriách ČGÚ pobočka Brno na prístroji Leitz Wetzlar MPV-II podľa štandardne používanej metodiky (Stach et al., 1985): monochromatické svetlo ($\lambda = 546 \text{ nm}$), kruhové fotometrické pole ($r = 1 \text{ mm}$), kalibračný štandard - sklená prizma ($R_o = 1.24\%$). Merania boli vykonané v olejovej imerzii na leštených nábrusoch hornín s rezom kolmým na vrstevnatosť.

V prvej fáze bolo v nábrusoch orientačne študované kvalitatívne zastúpenie jednotlivých uhoľných macerálov (pričom pozornosť bola venovaná i hlavným zložkám minerálnej matrix - karbonáty, kremeň, sulfidy). Ďalej bola meraná svetelná odraznosť predovšetkým synsedimentárneho vitrinitu, v niektorých prípadoch i bituminitu, inertinitu a resedimentovaného vitrinitu. Výsledkom je priemerná svetelná odraznosť súboru meraní vyjadrená v % a smerodajná odchýlka (Tab. 1). Jednotlivé namerané hodnoty boli vyhodnotené formou histogramov a sú kompletne

dokumentované v práci Vass et al. (1992). Interpretácie nameraných hodnôt sú graficky znázornené v kap. 3.2.

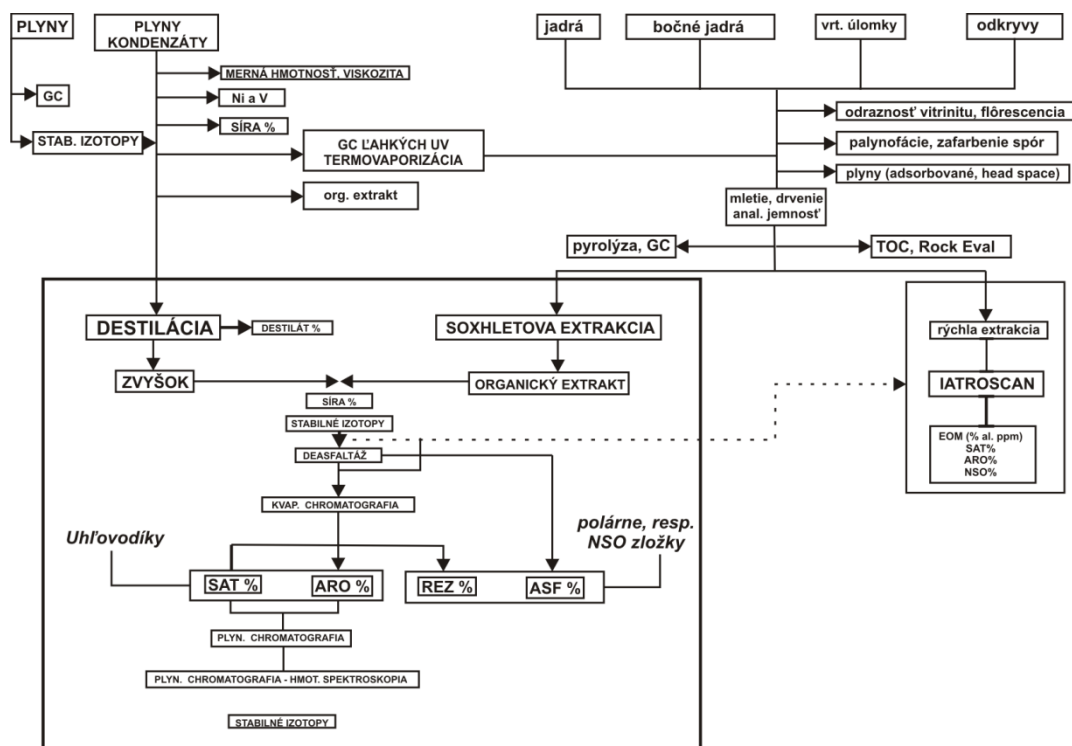
Takýmto spôsobom autor odmeral a vyhodnotil celkom 157 vzoriek, 13 meraní (vrty Dobrá Voda 1 a 3) je prebratých z práce Michalík et al. (1992).

2.3 Analýzy extraktov hornín a ropných prejavov

2.3.1 Extrakcia bituménov a separácia jednotlivých zložiek

Za účelom analýzy horninových extraktov je najprv potrebné získať rozpustný alebo extrahovateľný organický materiál z horniny. Na extrakciu sa využívajú organické rozpúšťadlá, bežne sa používa dichlórmetán alebo jeho zmes s metanolom, v závislosti od laboratória. Extrakcia vo všeobecnosti prebieha v Soxhletovom extraktore, prípadne inom komerčnom prístroji. Týmto spôsobom sa získa dostatočné množstvo extraktu, ktorý sa následne rozdelí na alifatickú a aromatickú frakciu a frakciu rezínov a asfalténov, alebo tiež N, S, O (neuhlíkovodíkové) zložky. Diagram znázorňujúci jednotlivé kroky analytických postupov používaných v naftovej geochémii (Bordenave, 1993) za účelom charakterizácie horninových extraktov je na obr. 17.

Vzorky pre extrakciu boli vybrané na základe obsahu voľných uhlíkovodíkov (parameter S1 pyrolýzy Rock-Eval). Extrahovaných bolo asi 20 - 50 g podrvenej horniny metodikou štandardne používanou v geochemických laboratóriách IFP: extrakcia v Soxhletovej aparatúre v dichlormetáne po dobu 60 min pri teplote 60°C za stáleho miešania. Získaný extrakt je po odsírení a vyzrážaní asfalténov pomocou n-pentánu rozdelený metódou stĺpcovej kvapalinovej chromatografie na nasýtenú a aromatickú frakciu a frakciu rezínov, ktoré spolu s asfalténmi predstavujú polárnu frakciu tiež označovanú ako N, S, O zložky.



Obr. 17: Diagram znázorňujúci extrakčné postupy a jednotlivé typy analýz hornín, horninových extraktov a prírodných rôp (podľa Bordenave, 1993)

2.3.2 Analýzy horninových extraktov a ropných prejavov

Plynová chromatografia (GC)

Plynová chromatografia sa bežne používa na detailnú geochemickú charakteristiku uhľovodíkov vo vzorkách hornín, surovej rope a sprievodných kvapalinách.

Metódou plynovej chromatografie bola analyzovaná alifatická frakcia extraktov hornín na prístroji Varian 3500 GC pri nasledovných podmienkach: kapilárna kolóna 30m potiahnutá filmom DB-1 hrúbky 0.1mm, vnútorný priemer 0.32mm; nosný plyn He; plameňovo ionizačný detektor (FID). Teplotný režim: zahrievanie od 50 do 100°C pri rýchlosti ohrevu 10°C/min a ďalej do 300°C pri rýchlosti ohrevu 3°C/min. Vybrané parametre tejto analýzy sú uvedené v Tab. 2. Chromatogramy frakcie nasýtených uhľovodíkov v profile vrtu Kolárovo2 sú uvedené na obr. 18.

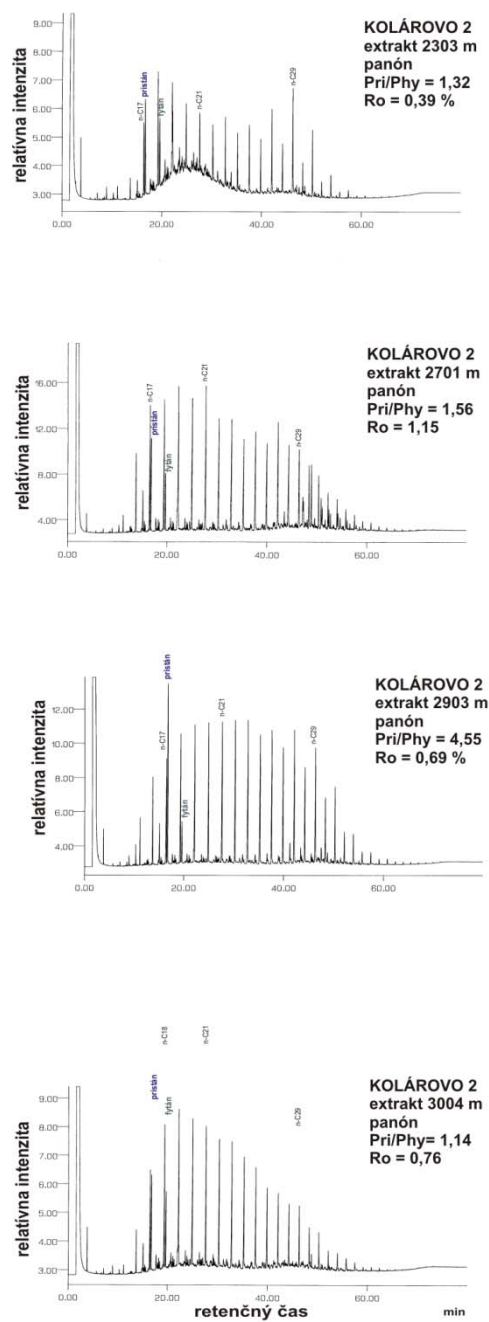
Pomocou plynovej chromatografie bola bez predchádzajúceho

rozdelenia na jednotlivé frakcie (celoropná analýza) analyzovaná jediná vzorka ľahkej ropy – kondenzátu z vrtu FGČ1 Čilistov. Účelom celoropnej analýzy je získanie informácie o chemickom zložení jednotlivých zložiek gazolinickej frakcie uhľovodíkov za účelom jeho celkovej geochemickej charakteristiky ako aj možnosti korelácie rôznych vzoriek prírodných gazolínov (kondenzátov).

Tab. 2: Základné chromatografické charakteristiky nasýtenej frakcie uhľovodíkov.

Vrt	kod vrtu	Hĺbka m	Stratigrafia	Ext/TOC	ALI %	ARO %	NSO %	Pri/Fy	Pri/nC17	Fy/nC18	CPI24-34	Typ kerogénu	Zrelosť
Diakovce 1	D11	2999	vrch. bádén	3,12	27,40	20,30	52,30	4,62	3,32	0,64	1,39	K	ranno zrelý
Dobrá Voda 1	DV1	689	str. trias	6,31	18,10	24,10	57,80	0,98	0,49	0,40	1,02	M	zrelý
Dubové 1	DUB1	2383	jura	0,77	50,00	12,30	37,70	0,57	0,35	0,51	1,03	M	zrelý
Dubové 1	DUB1	2694	vrch. trias	1,46	64,90	26,20	8,90	0,18	0,22	0,52	kont.?	?	biodegradované
Dubové 2	DUB2	2212	karpat	3,75	29,80	18,40	51,80	0,87	0,98	1,22	1,40	M	ranno zrelý
Dunajská Streda 1	DS1	2499	panón	4,66	42,00	7,20	50,80	1,68	2,30	1,26	2,02	K	ranno zrelý
Ivanka 1	IV1	1507	panón	2,71	23,90	10,36	65,74	0,35	0,79	0,79	2,72		
Kolárovo 2	KOL2	2303	panón	4,97	24,80	13,30	61,90	1,32	1,57	0,79	2,26	K	ranno zrelý
Kolárovo 2	KOL2	2701	panón	9,14	47,90	10,90	41,20	1,56	0,90	0,50	1,15	K (+M)	zrelý
Kolárovo 2	KOL2	2903	panón	5,76	28,00	10,90	61,10	4,54	2,07	0,40	1,37	K	zrelý
Kolárovo 2	KOL2	3004	sarmat	15,07	40,90	11,50	47,60	1,14	1,20	0,76	1,05	K	zrelý
Kravany n/Dunajom 1	FGKR1	205	eoecén	0,01	18,35	12,66	68,99	0,49	4,90	2,56	4,33		
Kravany n/Dunajom 1	FGKR1	268	eoecén	0,03	11,24	10,31	78,45	0,78	1,54	0,73	1,37		
Madunice 4	MAD4	1823	karpat	1,78	23,30	11,40	65,30	0,73	0,02	1,74	1,88	K+M	nezrelý
Modrany 2	MO2	2306	eoecén	2,43	20,90	15,90	63,20	2,79	3,67	1,25	-	K (+M)	ranno zrelý
Nížná 4	NI4	2398	paleogén	0,81	29,60	10,20	60,20	0,45	1,05	0,91	3,47	K	nezrelý
Nová Vieska 1	NV1	775	panón	3,27	1,10	0,40	98,50	0,40	1,03	0,82	2,94	M+K	nezrelý
Nová Vieska 1	NV1	858	panón	46,53	67,59	4,22	28,19	0,62	0,63	0,32	1,08		
Nová Vieska 1	NV1	1021	str. bádén	5,95	11,14	3,62	85,24	0,22	1,50	1,68	1,07		
Nová Vieska 1	NV1	2091	sp. bádén	0,89	9,80	1,90	88,30	0,23	1,33	1,22	2,83	K+M	nezrelý
Nová Vieska 1	NV1	2379	sp. bádén	2,77	15,40	11,60	73,00	0,33	5,06	5,15	2,83	K (+M)	nezrelý
Nová Vieska 1	NV1	2900	oligocén	4,39	16,90	16,10	67,00	1,29	6,25	2,69	1,76	M+K	zrelý
Obid 1	FGO1	651	paleogén	3,96	34,70	13,40	51,90	1,22	3,09	2,83	2,37	K	nezrelý
Obid 1	FGO1	691	paleogén	2,36	7,90	12,90	79,20	2,61	26,82	3,37	4,09	K	nezrelý
Sereď 5	SE5	1320	paleozoikum	126,64	49,10	18,10	32,80	0,87	1,08	1,27	1,64	?	biodegradované
Suchá 2	SU2	2106	str. bádén	7,99	43,50	14,80	41,70	0,64	1,60	2,59	1,51	K (+M)	nezrelý
Suchá 2	SU2	2998	str. bádén	4,17	26,50	16,50	57,00	2,94	3,13	1,01	1,55	K	zrelý
Suchá 2	SU2	3462	str. bádén	4,15	29,40	18,70	51,90	4,38	2,31	0,49	0,49	K	zrelý
Spačince 3	SP3	3455	karpat	4,49	18,90	17,90	63,20	3,02	0,32	0,90	1,51	K	ranno zrelý
Trakovice 1	TRA1	1452	sp. bádén	12,61	35,22	12,22	52,55	0,68	0,36	0,53	1,04		
Veľké Kosťolany 1	VK1	1095	karpat	1,11	22,00	14,90	63,10	1,67	1,63	0,90	3,27	K	nezrelý
Višňuk 1	VI1	2203	str. bádén	3,68	23,40	14,50	62,10	1,90	2,50	1,30	2,94	K	nezr. (ranno zr.?)
Vráble 1	VRAB1	1104	panón	2,36	14,19	8,02	77,79	0,91	0,77	0,79	3,80		
Vráble 1	VRAB1	1406	sarmat	1,87	21,50	32,30	46,20	1,22	1,26	0,92	2,44	K	nezrelý
Vráble 1	VRAB1	1652	sarmat	4,68	31,20	15,60	53,20	0,46	2,17	4,12	3,15	K	nezrelý
Vráble 1	VRAB1	1943	vrch. bádén	2,24	20,10	38,60	41,30	0,96	1,35	0,93	1,48	K?	nezrelý

EOM: extrahovateľná organická hmota; TOC: celkový organický uhlík; ALI - alifatická, ARO - aromatická frakcia, NSO - rezíny a asfaltény; Pri-pristán; Fy-fytán; nC17: n alkán s príslušným počtom uhlíkov; CPI: carbon preference index podľa Bray Evans (1961).



Obr. 18: Chromatogramy nasýtenej frakcie uhľovodíkov v profile vrtu Kolárovo2; pri/phy: pomer pristánu a fytánu; Ro: odraznosť vitritu

Plynový chromatografia – hmotnostná spektrometria (GC – MS)

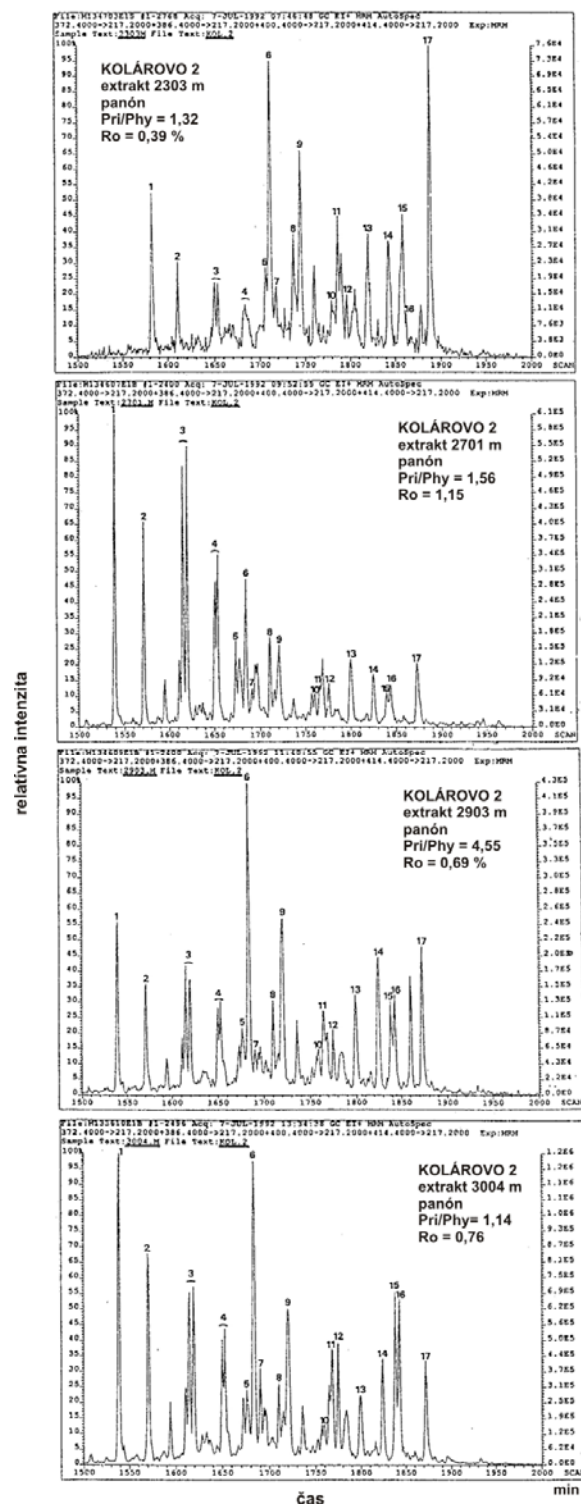
Poslednou etapou analýz alifatickej frakcie horninových extraktov bola analýza GC - MS (z angl. Gas Chromatography - Mass Spektrometry). Analýzy boli vykonané na prístroji VG Autospec pracujúcom pri 70 eV, ktorý je napojený na plynový chromatograf HP vybavený 60m kapilárnou kolonou potiahnutou filmom DB-1 hrúbky 0.25mm, vnútorný priemer 0.25 mm. Teplotný režim: 50 - 110°C (10°C/min) a 110 - 320°C (2°C/min). Pred vlastnou analýzou boli z nasýtenej frakcie uhľovodíkov izolované na molekulovom site izo+cykloalkány.

Časť vzoriek alifatickej frakcie horninových extraktov bola analyzovaná v režime full scan (Se 5/1320m; Su 2/2106m a 2998m; Ma 4/1823m; Vrab 1/1406m) a niekoľko vybraných vzoriek v režime MRM (Kol 2/2303, 2701, 2907 a 3004m; Vrab 1/1406, 1652, 1943 a 2202m). Vybrané parametre GC-MS analýz sú uvedené v Tab. 3, príklad fragmentogramov steránu a triterpánov v profile vrtu Kolárovo2 sú na obr. 19 a 20.

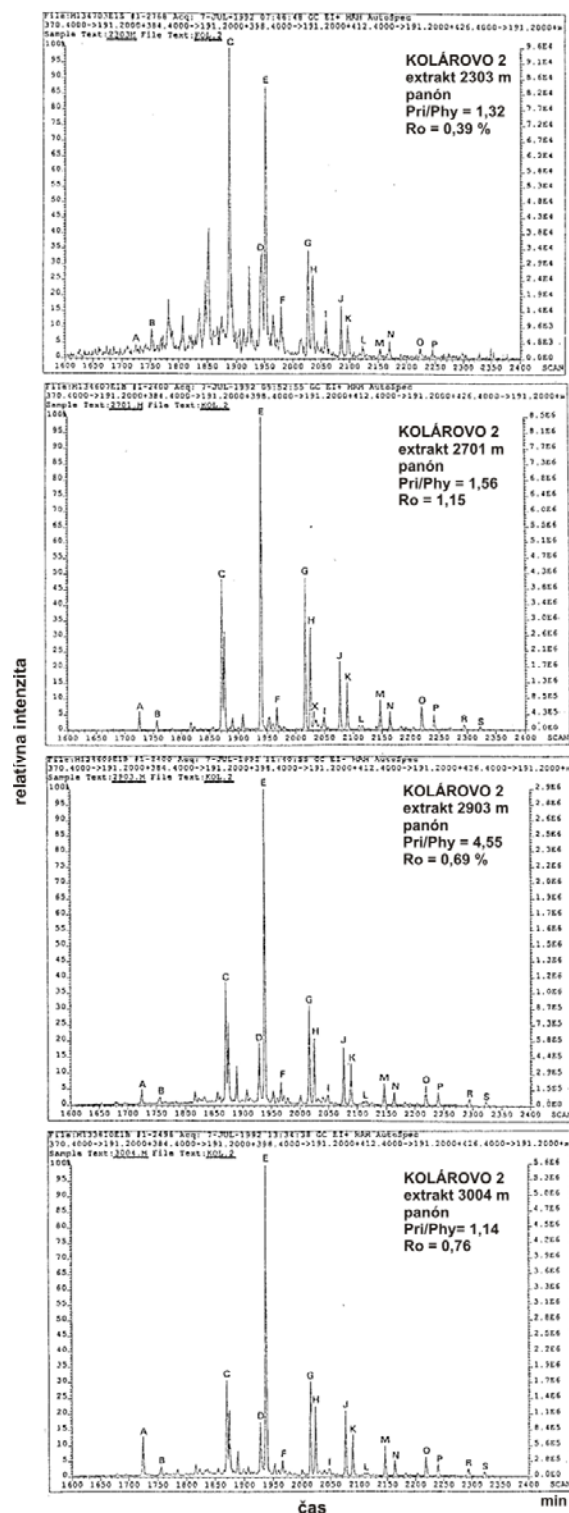
Tab. 3: Vybrané parametre GC-MS analýzy horninových extraktov a prejavov rôp

Vrt/Hĺbka	Vzorka	sterány $\alpha\alpha\alpha$ 20R (%)			Ts/(Ts+Tm)	Oleanán	OI/C30H
		27	28	29			
KOL 2/2306	extrakt	22	22	56	0,17	+	0,37
KOL 2/2701	extrakt	41	31	28	0,65	-	-
KOL 2/2903	extrakt	28	29	43	0,71	+	0,18
KOL 2/3004	extrakt	32	27	41	0,81	+	0,17
VRAB 1/1406	extrakt	15	22	63	-	-	-
VRAB 1/1652	extrakt	27	34	39	0,49	+	0,27
VRAB 1/1993	extrakt	20	19	61	0,26	+	0,06
VRAB 1/2202	extrakt	-	-	-	0,10	+	0,05
MAD 4/1823	extrakt	24	44	32	0,31	+	0,09
SU 2/2106	extrakt	25	25	51	0,34	+	0,06
SU 2/2998	extrakt	26	26	48	0,41	+	0,22
SE 5/1320	ropa	32	31	37	0,45	+	0,10
FGČ1/	ropa	22	16	62	na	na	na

OI/C30H = oleanán/ C30 hopán; na neanalyzované



Obr. 19: Distribúcia steránov m/z 217 vo vrte Kolárovo2



Obr. 20: Distribúcia triterpánov m/z 191 vo vrte Kolárovo2

Označenie steránových pík (k obr. 19)

pík	symbol	
1	C27	13 β (H), 17 α (H) diacholestán (20S)
2	C27	13 β (H), 17 α (H) diacholestán (20R)
3	C28	4-metyl-13 β (H), 17 α (H) diacholestán (20S)
4	C28	4-metyl-13 β (H), 17 α (H) diacholestán (20R)
5	C27	5 α (H), 14 α (H), 17 α (H) cholestán (20S)
6	C27	5 α (H), 14 β (H), 17 β (H) cholestán (20R) +
	C29	4-metyl-13 β (H), 17 α (H) diacholestán
7	C27	5 α (H), 14 β (H), 17 β (H) cholestán (20S)
8	C27	5 α (H), 14 α (H), 17 α (H) cholestán (20R)
9	C29	4-metyl-13 β (H), 17 α (H) diacholestán (20R)
10	C28	24-metyl-5 α (H), 14 α (H), 17 α (H) cholestán (20S)
11	C28	24-metyl-5 α (H), 14 β (H), 17 β (H) cholestán (20R)
12	C28	24-metyl-5 α (H), 14 β (H), 17 β (H) cholestán (20S)
13	C28	24-metyl-5 α (H), 13 α (H), 17 α (H) diacholestán (20R)
14	C29	24-metyl-5 α (H), 13 α (H), 17 α (H) diacholestán (20S)
15	C29	44-metyl-5 α (H), 13 β (H), 17 β (H) diacholestán (20R)
16	C29	24-metyl-5 α (H), 13 β (H), 17 β (H) diacholestán (20S)
17	C29	24-metyl-5 α (H), 13 α (H), 17 α (H) diacholestán (20R)

Označenie triterpánových pík (k obr. 20)

pík	symbol	
A	Ts	18 α (H)-22,29,30 trisnorhopán
B	Tm	17 α (H)-22,29,30 trisnorhopán
C	C29	17 α (H), 21 β (H) norhopán
D		18 α (H) oleanán
E	C30	17 α (H), 21 β (H) hopán
F	C30	17 α (H), 21 α (H) hopán
G	C31	17 α (H), 21 β (H) hopán (22S)
H	C31	17 α (H), 21 β (H) hopán (22R)
X		gamacerán
I	C31	17 β (H), 21 α (H) hopán
J	C32	17 α (H), 21 β (H) hopán (22S)

K	C32	17 α (H), 21 β (H) hopán (22R)
L	C32	17 β (H), 21 α (H) hopán
M	C33	17 α (H), 21 β (H) hopán (22S)
N	C33	17 α (H), 21 β (H) hopán (22R)
O	C34	17 α (H), 21 β (H) hopán (22S)
P	C34	17 α (H), 21 β (H) hopán (22R)
R	C35	17 α (H), 21 β (H) hopán (22S)
S	C35	17 α (H), 21 β (H) - hopán (22R)

2.4 Analýzy prírodných plynov a podzemných vôd

Analýzy chemického zloženia plynov boli vykonané metodikou popísanou v práci Brnenskej pobočky ČGS. Hélium, argón, kyslík, dusík, oxid uhličitý a plynné uhľovodíky v rozsahu metán až pentán (C1 až C5) boli analyzované metódou plynovej chromatografie GC-TCD, FID, jednotlivé uhľovodíky od C5 po C7 (heptány) boli analyzované kapilárnou plynovou chromatografiou. Analýzy izotopového zloženia voľných a rozpustených uhľovodíkových plynov boli vykonané v laboratóriách ČGÚ Praha metodikou podľa Buzek a Michalíček (1989). Výsledky chemického zloženia uhľovodíkových plynov a izotopického zloženia uhlíka metánu sú uvedené v Tab. 4. Graficky je chemické a izotopické zloženie metánových plynov znázornené v kap. 3.3.

Chemické zloženie podzemných vôd najmä z vrtov naftového prieskumu a čiastočne geotermálneho prieskumu pochádza z databázy (Milička in Pereszlenyi et al. 1997), spracovanej podľa pôvodných protokolov uvedených v správe Michalíček, 1992). Po spracovaní uvedenej databázy bol k dispozícii súbor 338 analýz podzemných vôd a 365 hlbinných plynov. Výsledky hodnotenia chemického zloženia podzemných vôd je graficky uvedené v kap. 3.4.

Tab. 4: Chemické a izotopické charakteristiky uhľovodíkových plynov podunajskej panvy.

kód vrtu	hĺb. int. [m]	strat. kolektora	Teplota (°C)	CH ₄ (obj. %)	C ₂ H ₆ (obj. %)	C ₃ H ₈ (obj. %)	C ₂ + (obj. %)	C ₁ /C ₂ +C ₃	δ 13C _{CH₄} [‰]	pozn.
NI3	849 - 853	vrch. báden	35	73,68	0,16	0,00	0,16	456	-61,8	SP
MAD 1	1177 -1179	vrch. báden	56	85,01	0,28	0,02	0,34	276	-53,7	SP
TRA 4	932 - 934	str. báden	45	89,08	0,34	0,05	0,43	229	-63,7	SP
SE 7	1013 -1029	vrch. báden	46	17,28	0,42	0,07	0,56	35	-44,5	SP
IV 3	1800 -1823	sarmat	75	29,25	0,35	0,20	0,72	53	-44,4	SP
DS 1	2183 -2432	panón	94 -104	67,40	0,39	0,08	0,52	144	-56,8	RP
VTB 1	1600 -1905	str. báden	68 - 75	90,15	0,37	0,03	0,41	228	-59,7	SP
VZK10	1331 -1475	pont	63 - 67	75,00	0,92	0,36	1,10	59	-45,2	SP
KOM 1	1450 -1780	panón	75 - 90	90,37	0,55	0,13	0,72	132	-58,8	SP
Z 408	150 - 216	vrch. báden	17 - 21	95,33	0,21	0,01	0,21	450	-72,2	SP
GRP 1	1155 -1740	str. báden	73 - 90	2,46	0,03	0,00	0,04	65	-55,7	RP
FGT 1	2394 - 2487	pont	112 -117	47,38	0,22	0,05	0,30	177	-56,6	RP
FGTV 1	1362 -1637	pont	65 - 77	66,07	0,11	0,02	0,14	487	-57,3	RP

Teploty a odraznosť vitrinitu sú pre daný interval perforácie extrapolované z okolitých vrtov v danej oblasti. C₁ - metán, C₂ - etán, C₃ - propán, C₂+ - suma uhľovodíkov C₂ - C₆. SP – spontánny plyn, RP – rozpustený plyn. Hodnoty δ¹³C sú vzťahnuté k štandardu PDB. Chemické a izotopické údaje sú prebraté z práce Buzek et al., 1992.

2.5 Kinetické modelovanie vzniku uhľovodíkov

Kinetické modelovanie vzniku uhľovodíkov v sedimentoch podunajskej panvy bolo vykonané najmä na pracovisku VVNP Bratislava, š.p. podľa programu Yüklér 1D, čiastočnš tiež v Institut Français du Pétrole, Paríž podľa programu Matoil. Použité geologické vstupné údaje týkajúce sa sedimentov (stratigrafické rozhrania, vek, typ udalosti, mocnosť, litológia, porozita, hĺbky mora a tepelný tok) použité v obidvoch spomínaných programoch sú dokumentované v práci Pereszlényi, Hrušecký a Trgiňa (in Vass et al., 1992). Pri modelovaní podľa programu Yüklér 1D bol pre charakteristiku kerogénu použitý štandardne zvolený typ (III, II ; Yüklér, 1991), v prípade programu Matoil boli namiesto štandardných typov kerogénu použité kinetické parametre konkrétnych horninových vzoriek z podunajskej panvy. Správnosť modelu bola overovaná konfrontáciou vypočítaných a nameraných indikátorov premeny organickej hmoty - odraznosti vitrinitu (Ro), teploty maxima pyrolytického efektu (T_{max}), distribúcie steránov a ustálených teplôt. Číselnou formou sú výsledky modelovania podľa programu Matoil, resp. Yüklér 1D porovnané v Tab. 5.

Tab. 5: Porovnanie generačných zón uhľovodíkov v niektorých vrtoch modelovaných podľa programu Matoil resp. Yüklér 1D.

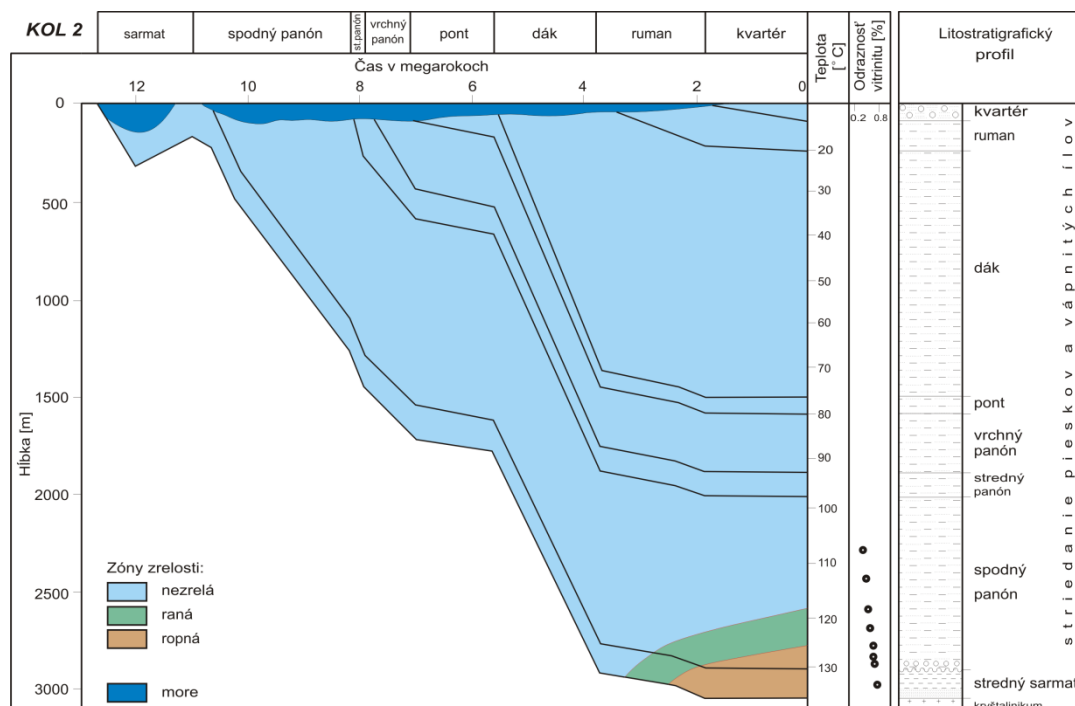
Vrt	MATOIL			YUKLER 1D			
	ropa	prech. zóna	plyn	raná ropa	ropa	gazolín	plyn
NI4	-	-	-	2650-2900*	-	-	-
SPA3	2635-3500*	-	-	2650-3050	3050-3500*	-	-
SU2	2830-3700*	-	-	2900-3200	3200-3700*	-	-
RI1	3000-3530*	-	-	2950-3200	3200-3530	-	-
DI1	2450-2700	2700-3500*	-	2300-2550	2550-2950	2950-3500*	-
KOL2	2370-3135*	-	-	2550-2750	2750-3135*	-	-
DS1	2380-3760	3760-4470	4470-5300*				
FGC1	2600-3560*	-	-	2300-2450	2450-2800	2800-3200	3200-3560*
MO2	-	-	-	2300-2485*	-	-	-
NV1	2390-3200*	-	-	2400-2600	2600-3100	3100-3200*	-
FGKR1	250- 550**	550-1170**	1170-1800**		350-750**	750-1400**	1400-1800**

(*) – hĺbka, od ktorej bol model uvažovaný, (**) - pasívne štádium tvorby uhľovodíkov

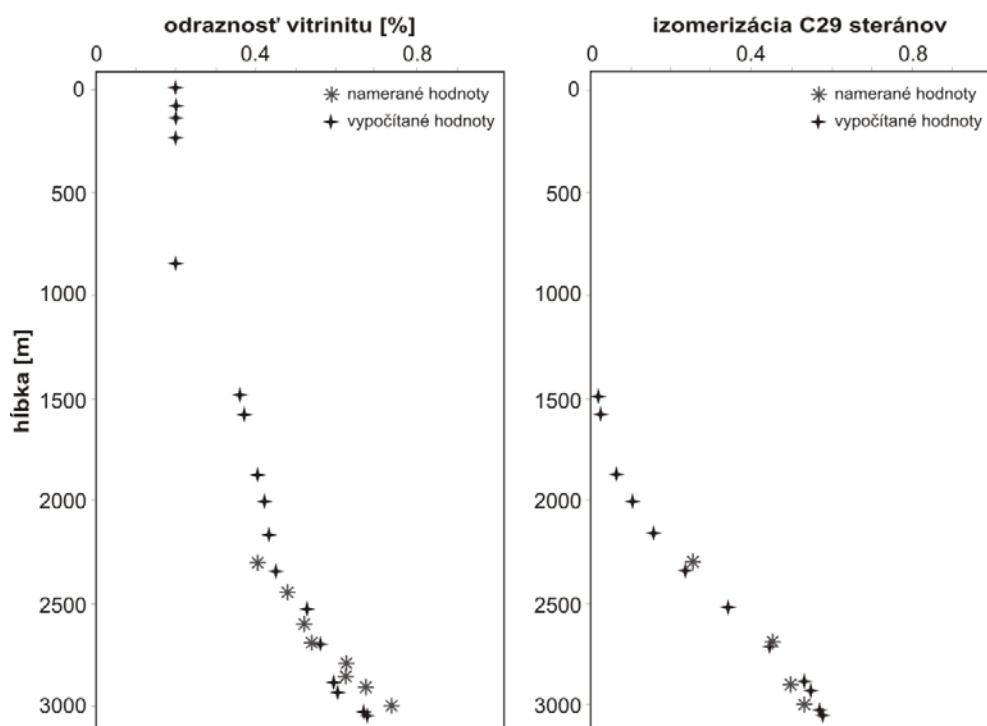
Spomínaným typom modelovania sa získali nasledovné hlavné výstupy krivky pochovávaní sedimentov a ich vývoj v geologickej histórii až po súčasnosť

- hĺbková zonalita tvorby jednotlivých typov uhľovodíkov (nezrelá zóna (immature); ranné štádium tvorby ropy (early oil), tvorba ropy (oil), tvorba kondenzátu (condensate, v programe Matoil označené ako "transition zone") a tvorba plynu (gas)
- mocnosti generačných okien jednotlivých typov uhľovodíkov

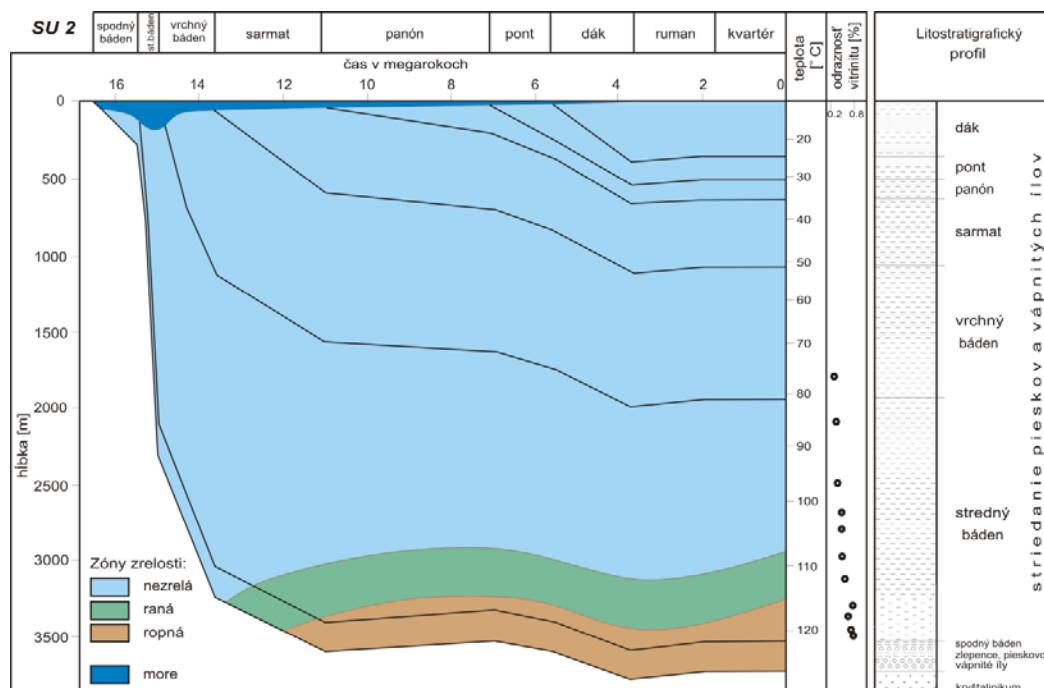
Grafickou formou je histórie subsidencie a jednotlivé generačné okná uhľovodíkov pre vybrané vrty prezentované na obr. 21 až 25.



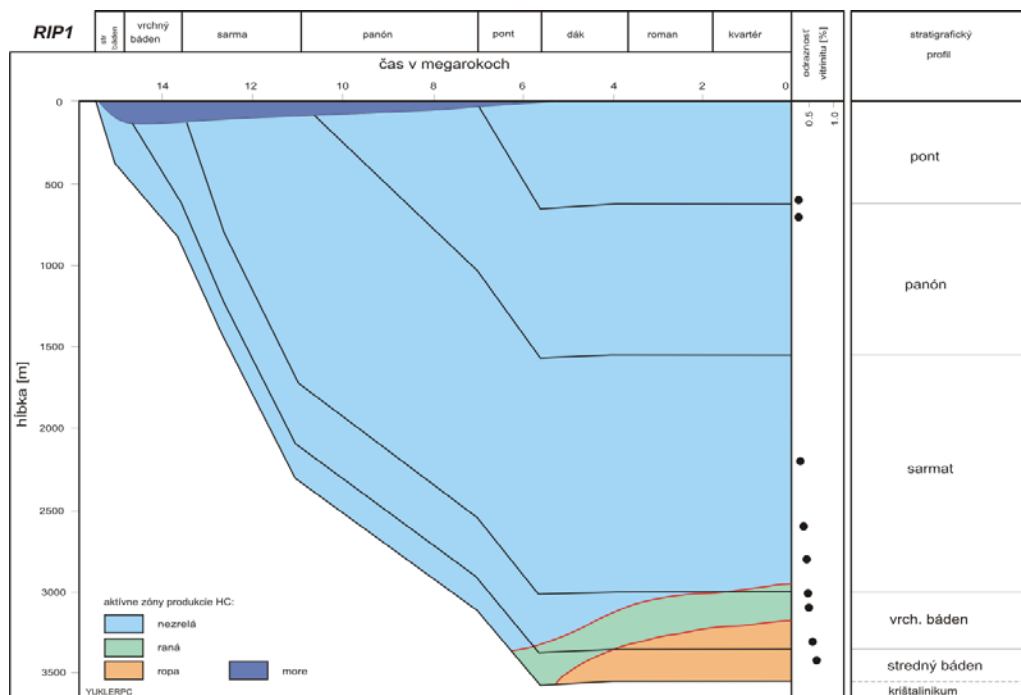
Obr. 21: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhlíkovodíkov vo vrte Kolárovo2



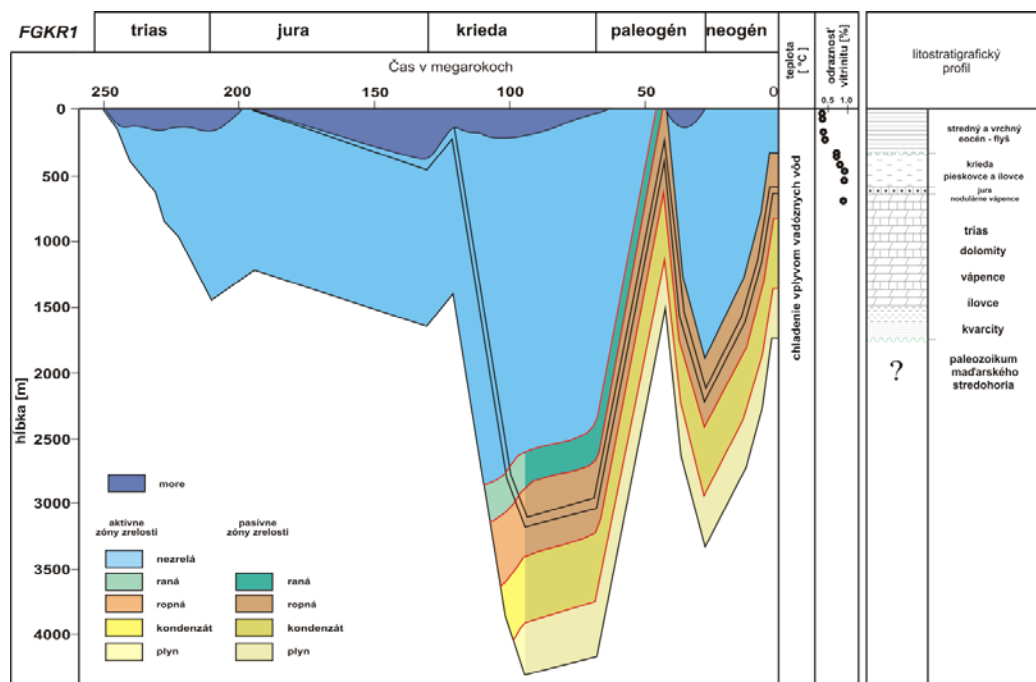
Obr. 22: Porovnanie vypočítaných a nameraných hodnôt vo vrte Kolárovo2



Obr. 23: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte Suchá 2



Obr. 24: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte Ripňany1



Obr. 25: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte FGKR1 (Kravany n/Dunajom)

3 Uhl'ovodíkový potenciál podunajskej panvy

Celkové zhodnotenie uhl'ovodíkového potenciálu podunajskej panvy sa odvíja od výsledkov rutinných aj špeciálnych analýz vrtných jadier z hlbokých vrtov, interpretovaných v rámci daných geologických podmienok. V prvom rade je hodnotená kvantita a kvalita potenciálnych zdrojových hornín ako jeden zo základných predpokladov vzniku uhl'ovodíkov. V ďalšom kroku bola posúdená termálna zrelosť zdrojových hornín, ich hĺbková zonalita v rámci rozloženia tepelného toku v jednotlivých častiach podunajskej panvy a vyčlenenie aktívnych, resp. pasívnych (reliktných) zón generovania uhl'ovodíkov. Samostatne boli geochemicky charakterizované vyprodukované uhl'ovodíky, najmä metánové plyny ako aj zatiaľ jediná fluidná ropa z vrtu Čilistov, resp. stopy ropných prejavov na jadrách. Záverom boli posúdené možnosti akumulácie potenciálne vyprodukovaných uhl'ovodíkov s ohľadom na distribúciu aktívnych zón ich generovania a kolektorské podmienky v podunajskej panve.

3.1 Charakteristika potenciálnych zdrojových hornín

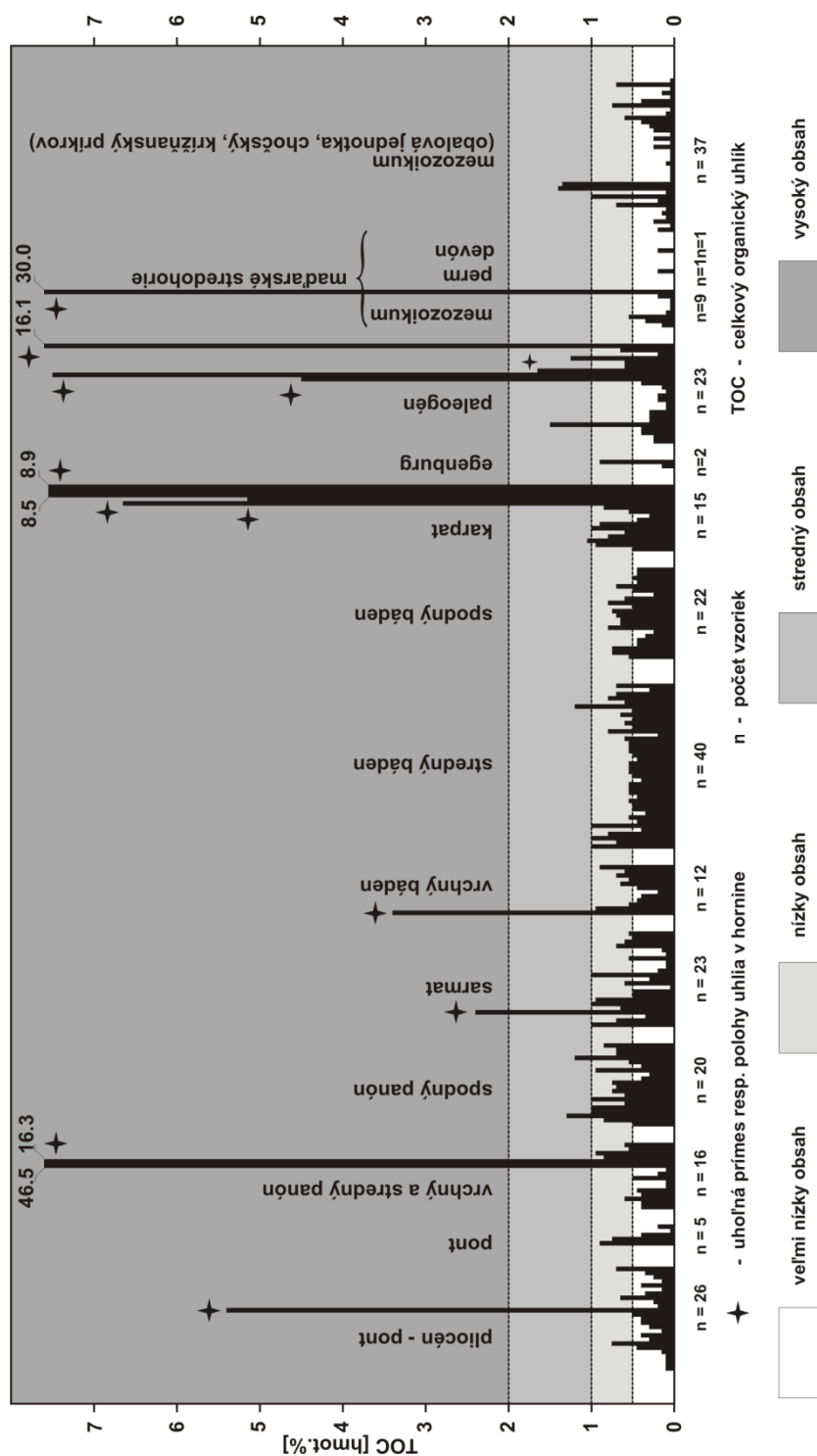
Základným parametrom pri výskume organickej hmoty sedimentov podunajskej panvy, od ktorého sa odvíjali ďalšie úvahy i výber vzoriek pre ďalšie analýzy bol obsah celkového organického uhlíka (TOC) vyjadrený v hmotnostných %. Prehľadne je situácia naznačená na obr. 22, vstupné údaje sú uvedené v tab.1. Väčšina analyzovaných vzoriek obsahuje tzv. rozptýlenú organickú hmotu, časť vzoriek predstavuje uhoľné polohy, uhoľné íly prípadne pieskovce s polohami uhoľnej hmoty. Prevažná väčšina vzoriek pochádza zo sedimentov neogénnej výplne, časť z predneogénneho podložia zachyteného hlbokými vrtmi. Zohľadnený bol tiež súbor vôbec prvých výsledkov distribúcie celkového organického uhlíka z tejto oblasti prezentovaný Šimánkom (1966) ako aj výsledky analýz vzoriek predneogénneho podložia vystupujúcich na povrch na severnom okraji podunajskej panvy uvedené v práci Vass et al. (1992).

Ďalším veľmi dôležitým parametrom organickej hmoty je pôvod a typ kerogénu, od ktorého priamo závisí množstvo uhl'ovodíkov, ktoré je

potenciálne schopný vygenerovať. "Kvalita" organickej hmoty bola posudzovaná na základe pyrolýzy Rock-Eval, kapilárnej plynovej chromatografie extraktov hornín ako i prítomnosti (resp. neprítomnosti) špecifických biomarkerov a distribúcie steránov a triterpánov.

Predneogénne podložie

Mezozoické horniny ako maďarského stredohoria tak aj obalovej jednotky, križňanského a chočského príkrovu možno z pohľadu súčasnosti hodnotiť ako veľmi chudobné zdrojové horniny s obsahom TOC do 0,6 % s výnimkou niekoľkých vzoriek zo sekvencií chočského príkrovu vo vrte Dobrá Voda 1 s hodnotami do 1,5 % TOC (obr. 26). Zvýšené hodnoty však prislúchajú len vložkám ílovcov v karbonátoch, ktoré sú z hľadiska obsahu TOC prakticky sterilné (Milička 1994). Podobne vzorky mezozoických hornín z povrchových odkryvov (Malé Karpaty, Považský Inovec, Tríbeč; in Vass et al., 1992) majú takmer nulový obsah TOC, čo možno sčasti pripísať i zvetrávaciemu efektu. S ohľadom na stupeň zrelosti (kerogén III - II) tudo úvahy skutočnosť, že časť organického uhlíka v priebehu geologickej histórie už bola "spotrebovaná". Inými slovami, nejedná sa o tzv. inícálny organický uhlík, ktorého obsahy mohli byť pôvodne podstatne vyššie. Obsahy organického uhlíka z jadier jednotlivých vrtov sú uvedené v tab. 1, graficky sú spracované na obr. 26.



Obr. 26: Distribúcia celkového organického uhlíka v neogénnej výplni a podloží podunajskej panvy

Uhl'ovodíkový potenciál hornín predneogénneho podložia vyjadrený parametrom S₂ pyrolýzy Rock-Eval (kap. 2.2.1, tab. 1 a 6) pre vrtné jadrá obsahujúce rozptýlenú organickú hmotu je zanedbateľný (S₂ = 0,0X mg/g) a bol pravdepodobne takmer úplne vyčerpaný v pôvodnom sedimentačnom priestore ešte pred presunom príkrovov o čom svedčí aj vysoký stupeň tepelnej premeny (R_o do 1,80 %). Niekoľko vzoriek so zvýšenými hodnotami TOC (max. do 2,82 %) aj S₂ (max. do 4,61 mg/g) pochádza výlučne z jadier s podielom uhoľnej hmoty v rámci lunzských vrstiev v chočskom príkrove na vrte Dobrá voda1.

Tab. 6: Sumarizácia základných organicko-geochemických údajov pre podložie a terciérnu výplň podunajskej panvy

Stratigrafia	TOC [%]	S ₁ [mg/g]	S ₂ [mg/g]	HI [mg/g]	T _{max} [°C]	R _o [%]	Typ kerogénu
pliocén-pont	0,0X-0,70	0,0X-0,20	0,0X-0,50	30-95	425-435	0,24-0,35	III
v.+str. panón	0,12-0,81	0,0X-0,30	0,13-0,70	26-100	427-440	0,35-0,60	III
sp. panón	0,32-1,20	0,0X-0,55	0,34-4,80	50-409	435-445	0,35-0,69	III-II
sarmat	0,11-1,00	0,0X-0,16	0,0X-1,58	30-222	425-445	0,30-0,76	III
v. bádén	0,0X-0,88	0,0X-0,16	0,11-0,89	28-100	430-446	0,35-0,82	III
str. bádén	0,35-1,12	0,0X-0,18	0,21-1,40	40-233	427-444	0,30-0,78	III
sp. bádén	0,10-0,81	0,0X-0,23	0,15-1,28	60-250	430-435	0,30-0,51	III
sp. miocén	0,28-1,94	0,0X-0,12	0,20-2,23	20-227	425-444	0,28-0,61	III
paleogén	0,0X-1,45	0,0X-0,23	0,12-5,86	62-404	427-444	0,33-0,80	III-II
predterc. podl.	0,0X-1,40	0,0X-0,42	0,0X-1,78	10-110	440-530	0,78-1,80	?

TOC – celkový organický uhlík; S₁, S₂, HI, T_{max} – parametre pyrolýzy Rock-Eval; R_o – odraznosť vitrinitu

Sedimenty centrálne karpatského palogénu sa zachovali len v malých úsekoch na severe Blatnianskej a Rišňovskej depresie v podloží neogénu. Napriek tomu, že sedimenty centrálne karpatského paleogénu obsahujú lokálne veľmi dobré zdrojové horniny najmä v rámci hutianskeho súvrstvia, ako ho vyčlenil Gross et al. (1984) s uhl'ovodíkovým potenciálom do 30 mg uhl'ovodíkov/g horniny a vodíkovým indexom do 690 mg HC/gTOC (Milička 1998), je príspevok sedimentov CKP k produkcii uhl'ovodíkov v podunajskej panve zanedbateľný.

V rámci sedimentov paleogénu boli hodnotené najmä jadrá vrtov z oblasti Štúrovského paleogénu (obr. 3), resp. najsevernejšej časti

rozšírenia budínskeho paleogénu. Lokálne zaujímavé hodnoty boli zistené v južnej časti železovskej priehlbiny vo vrtoch Nová Viesky (NV1/2900m; GP = 6.1, HI = 404; Ro = 0.6) a Modrany (Mo2/2306m; GP = 4.1 and HI = 325, Ro = 0.33). Tieto hodnoty sú však ojedinelé a celkove možno sedimenty štúrovského paleogénu z hľadiska obsahu TOC zaradiť medzi chudobné zdrojové horniny, s výnimkou uhoľných polôh. Oproti tomu Kókai (1994) a Milota et al. (1995) prezentujú euxinické fácie paleogénnych sedimentov na severe Maďarska (Tard- a Kiscel clay) ako výborné zdrojové horniny obsahujúce kerogén typu I a II, resp. typu III vo vrchných častiach súvrstvia. Milota et al. (1995) uvádza, že oligocénne sekvencie v severnej časti Maďarska sa v súčasnosti nachádzajú v generačnej zóne ropy.

Neogénna výplň

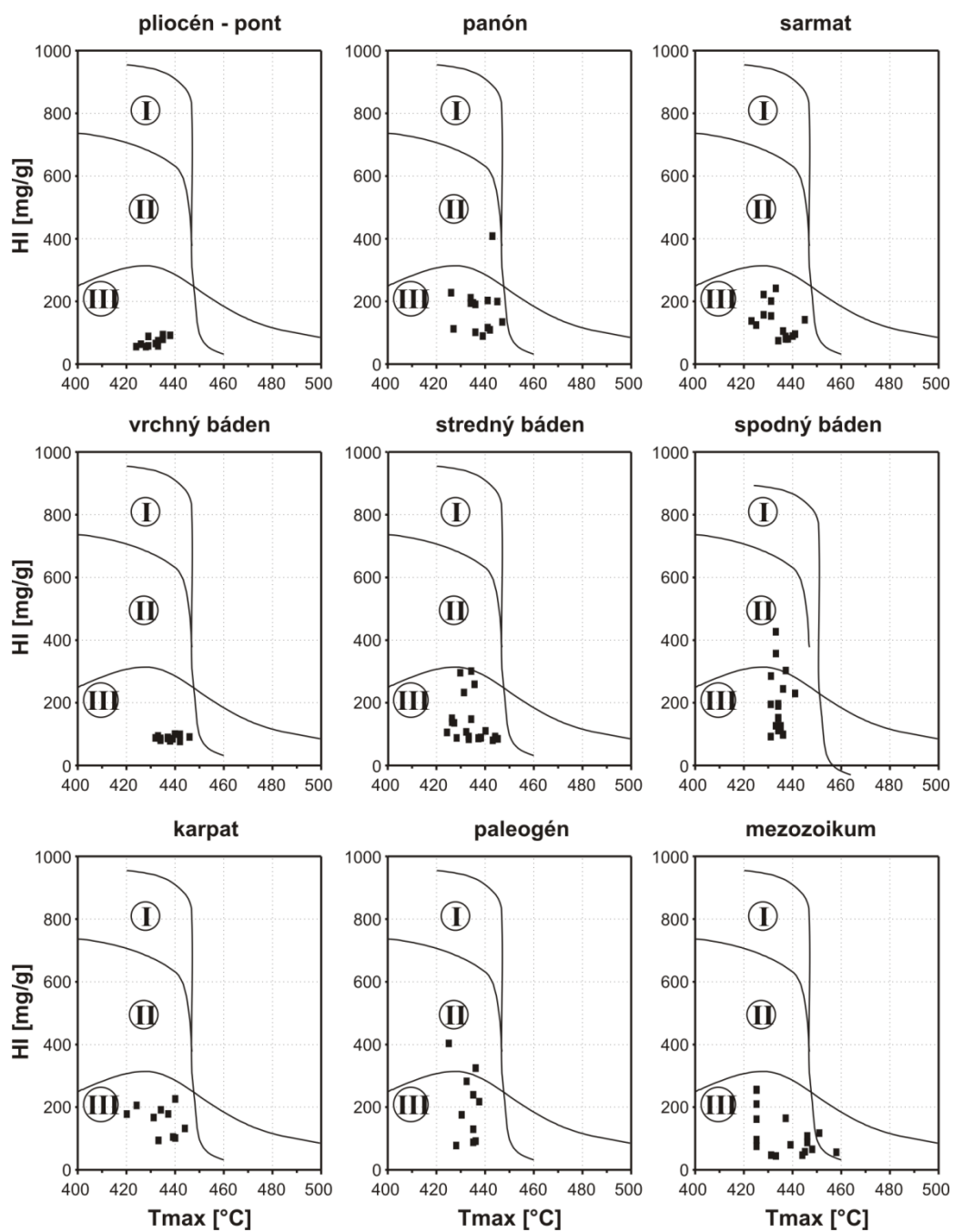
Distribúcia celkového organického uhlíka v neogénnej výplni je postihnutá relatívne rovnomerne od sedimentov pontu až pliocénu (ide o ca. 2000 - 2500m hlboké hydrogeologické vrty v centrálnej časti gabčíkovskej depresie) až po karpát, resp jednu vzorku egenburgu vo vrte Dubové 1. Z obr. 26 je zrejmé, že z celkového súboru neogénnych vzoriek nespĺňa v súčasnosti všeobecne prijímané kritérium obsahu celkového organického uhlíka (0,5 hm. %) pre materské horniny takmer 1/3 vzoriek, napriek tomu, že snahou bolo analyzovať prakticky výlučne pelitické horniny. Na druhej strane opačný extrém, teda najvyššie hodnoty (označené hviezdíčkou) zodpovedajú čistým uhoľným polohám resp. polohám s prímiesou uhoľnej hmoty. Zvyšné hodnoty (v rozsahu 0.5 - 2 hm.%) možno hodnotiť ako nízke až stredné. V rámci nich sa z hľadiska jednotlivých stratigrafických stupňov relatívne najnádejnejšie javia sedimenty karpátu, stredného bádenu, a spodného panónu, o niečo menej bohaté sú sedimenty spodného a vrchného bádenu a sarmatu. Tieto závery sú čiastočne v súlade so závermi Šimánka (1966), ktorý zo súboru vzoriek (z ktorých je však viac ako 1/2 z blatnianskej priehlbiny) ako najnádejnejšie materské horniny vyčleňuje sedimenty karpátu, vrchného bádenu a vrchného sarmatu. V každom prípade pre správnu interpretáciu je nutné hodnotiť obsah celkového organického uhlíka v jednotlivých stratigrafických formáciách s ohľadom na ich plošné rozšírenie, mocnosť ako aj litologickú

náplň. V tomto kontexte možno za najnádejnejšie zdrojové horniny považovať sedimenty bádenu a spodného panónu. Celkove možno sedimenty neogénnej výplne podunajskej panvy, z hľadiska obsahu TOC hodnotiť ako relatívne chudobné až priemerné zdrojové horniny.

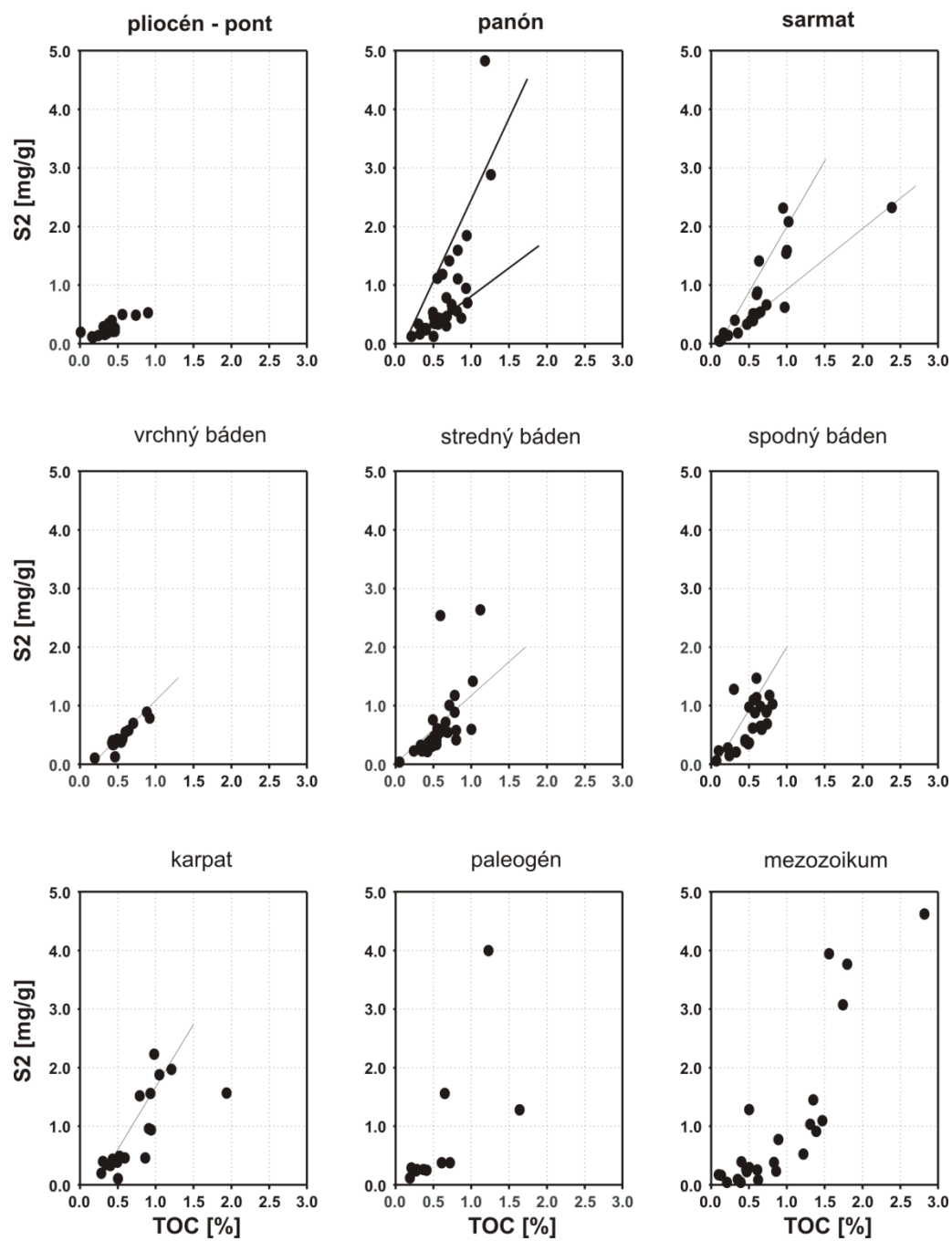
Na základe výsledkov pyrolýzy Rock-Eval najpriaznivejšie typy kerogénu (III - II a II; HI = 300-400 mgHC/gTOC) sú lokálne prítomné v sedimentoch paleogénu a spodného panónu obr. 27). Sedimenty karpátu, stredného a spodného bádenu a sarmatu lokálne tiež obsahujú pomerne veľmi dobrý typ III kerogénu (HI = 200-300 mgHC/gTOC). Sedimenty ostatných jednotiek (mezozoikum, vrchný bádén, pont až pliocén) obsahujú prakticky výlučne len priemerný typ kerogénu III (HI ~ 150 mgHC/gTOC). V prípade mezozoických vzoriek - s ohľadom na stupeň premeny a spoľahlivosť hodnôt Tmax, treba konštatovať, že prezentovaný diagram (HI vs. Tmax) necharakterizuje spoľahlivo východiskový typ kerogénu.

Závislosť množstva produkovaných uhľovodíkov (S2) od obsahu TOC (obr. 28) v zásade potvrdzuje lokálne výskyty "lepšieho" typu kerogénu najmä v prípade vzoriek paleogénu, spodného bádenu, sarmatu a spodného panónu, t.j. niektoré vzorky týchto jednotiek sú schopné z rovnakého obsahu TOC vyprodukovať podstatne väčšie množstvo uhľovodíkov (S2), ako naznačuje generálny trend.

Analytické a vypočítané údaje jednotlivých parametrov pyrolýzy Rock-Eval a ich grafické znázornenie pre vybrané vrty sú v tab. 1 resp. na obr. 10 až 14. Charakteristika zdrojových hornín na základe týchto parametrov je znázornená na obr. 27 a 28.



Obr. 27: Charakteristika zdrojových hornín (HI vs. Tmax)



Obr. 28: Charakteristika zdrojových hornín (S2 vs. TOC)

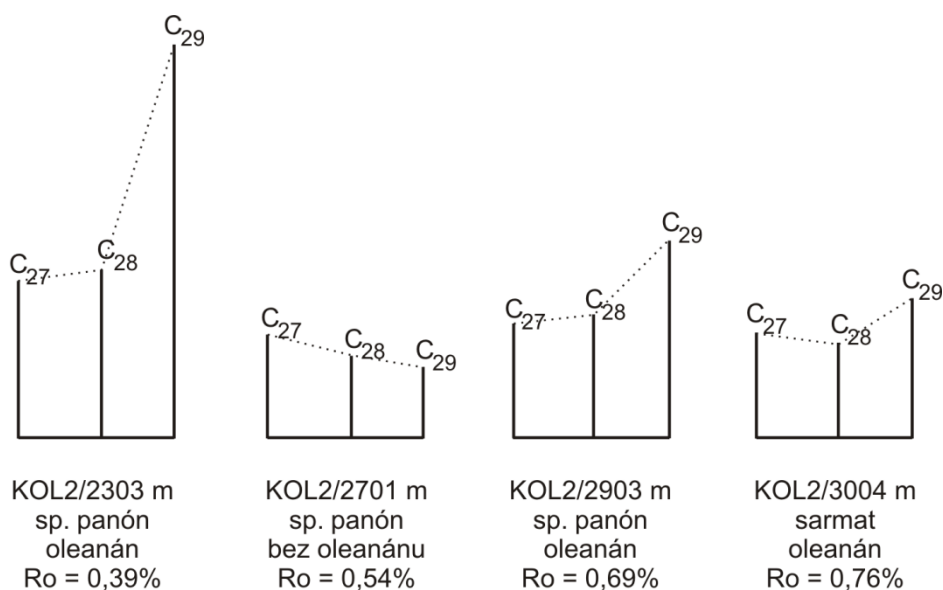
Uvedené charakteristiky boli porovnávané tiež s výsledkami plynovej chromatografie nasýtených uhľovodíkov horninových extraktov (tab. 2). Jedná sa o výsledky dvoch rozdielnych nezávislých inštrumentálnych techník s rozdielnym spôsobom interpretácie jednotlivých parametrov. Napriek tejto skutočnosti sa výsledky do značnej miery navzájom potvrdzujú. Istá miera nezhody u niektorých vzoriek je pravdepodobne o.i. spôsobená všeobecne nižšou citlivosťou pyrolýzy Rock-Eval ako i skutočnosťou, že pyrolýzne parametre sú ovplyvňované prítomnosťou minerálnej matrix (Espitalié et al., 1980, 1985). Pre ilustráciu je v tab. 7 uvedené porovnanie parametrov pyrolýzy Rock-Eval celohorninových vzoriek a demineralizovaného kerogénu z rovnakých polôh.

Tab. 7: Porovnanie vybraných parametrov pyrolýzy RockEval celohorninových vzoriek a demineralizovaného kerogénu

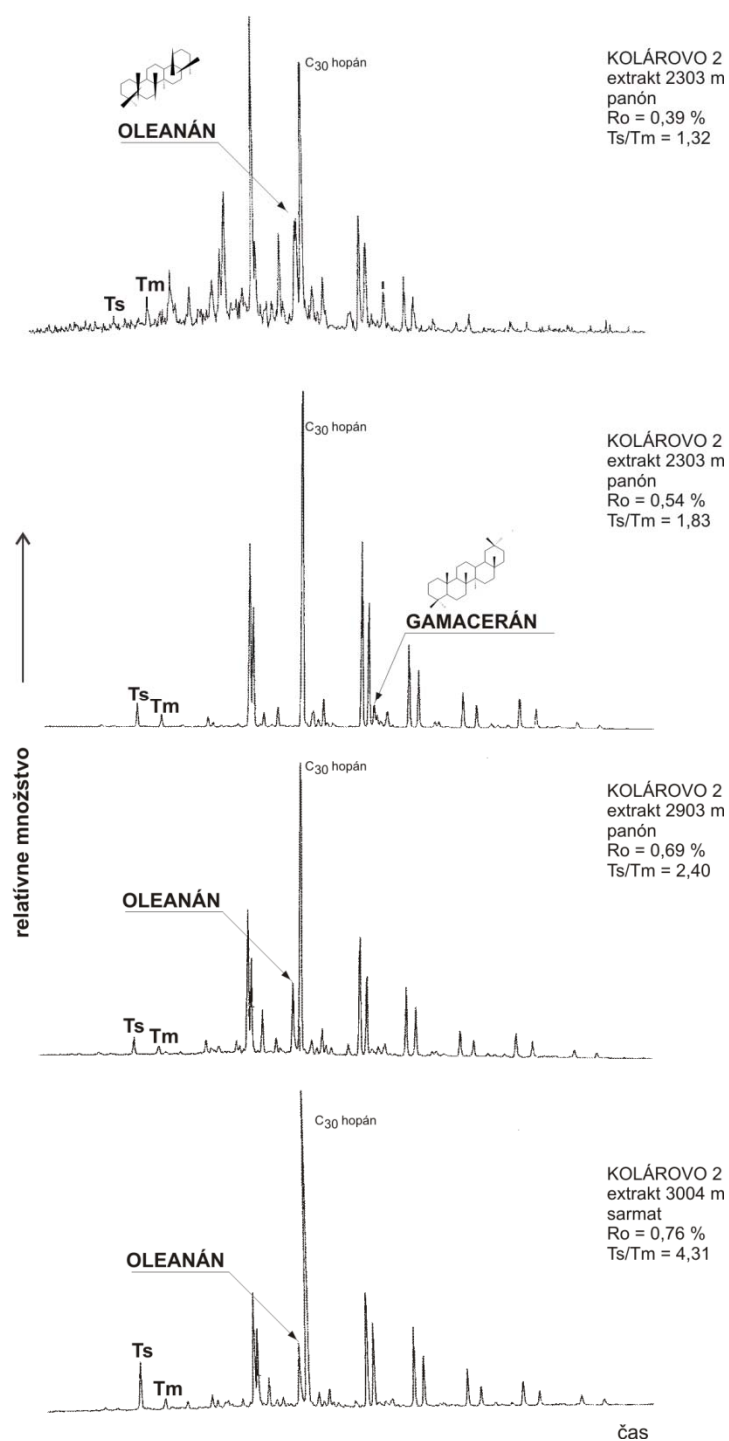
Vrt	Hĺbka [m]	Stratigrafia	TOC [hm.%]	S2 [mgHC/ghor.]	HI [mg HC/gTOC]
N. Vieska 1	858,00	sp panón	1,26	2,89	229,00
N. Vieska 1*	858,00	sp. báden	19,30	57,80	299,00
Pozba1	1056,00	sarmat	1,12	2,62	233,00
Pozba1*	1056,00	sarmat	29,10	100,20	344,00
Vištuk 1	2004,00	str. báden	0,12	1,52	192,00
Vištuk 1*	2004,00	str. báden	5,50	86,80	332,00
Dubové 2	2212,00	karpát	0,56	1,40	222,00
Dubové 2*	2212,00	karpát	16,60	63,50	382,00

Pre posúdenie zdroja organickej hmoty na základe distribúcie triterpánov bola využitá o.i. aj prítomnosť $18\alpha\text{H}$ oleanánu, ktorý je charakteristický pre kontinentálnu organickú hmotu, odvodenú od angiosperm. Z hľadiska geologického veku je prítomnosť oleanánu charakteristická pre horniny vrchnej kriedy a terciéru (Ekweozor et al., 1979 a,b; Ekweozor a Udo, 1988). Hodnotené vzorky pochádzajú z neogénnej výplne a oleanán bol spoľahlivo identifikovaný vo všetkých okrem vzorky z vrtu Kolárovo 2/2701m (spodný panón), kde nie je prítomný vôbec (obr. 29). Na druhej strane bola zistená prítomnosť gamaceránu, ktorý je podľa ten Havena et al. (1985) charakteristický pre salinnejšie prostredie sedimentácie. Možno teda predpokladať, že v istej etape sedimentácie spodného panónu podiel organickej hmoty morského voči organickej hmote

kontinentálnemu pôvodu bol dominantný. Na základe výsledkov plynovej chromatografie ale i prítomnosti vitrinitu v spomínanej vzorke je však nutné - aj napriek neprítomnosti oleanánu - predpokladať aj určitý podiel kontinentálnej organickej hmoty. Inými slovami, v tejto polohe zrejme došlo k výraznému "zriedeniu" kontinentálneho materiálu organickou hmotou morského pôvodu, čo dokumentujú viaceré nezávislé metódy (Rock-Eval, plynová chromatografia, GC-MS). Odlišnosť spomínanej vzorky od ostatných potvrdzuje aj celkový obraz rozloženia steránov C27, C28 a C29 $\alpha\alpha$ 20R (obr. 30).



Obr. 29: Posúdenie zdroja organickej hmoty na základe distribúcie steránov vo vrte Kolárovo2; Ts=18 α (H)-22,29,30-trisnorneohopán; Tm=17 α (H)-22,29,30-trisnorhopán

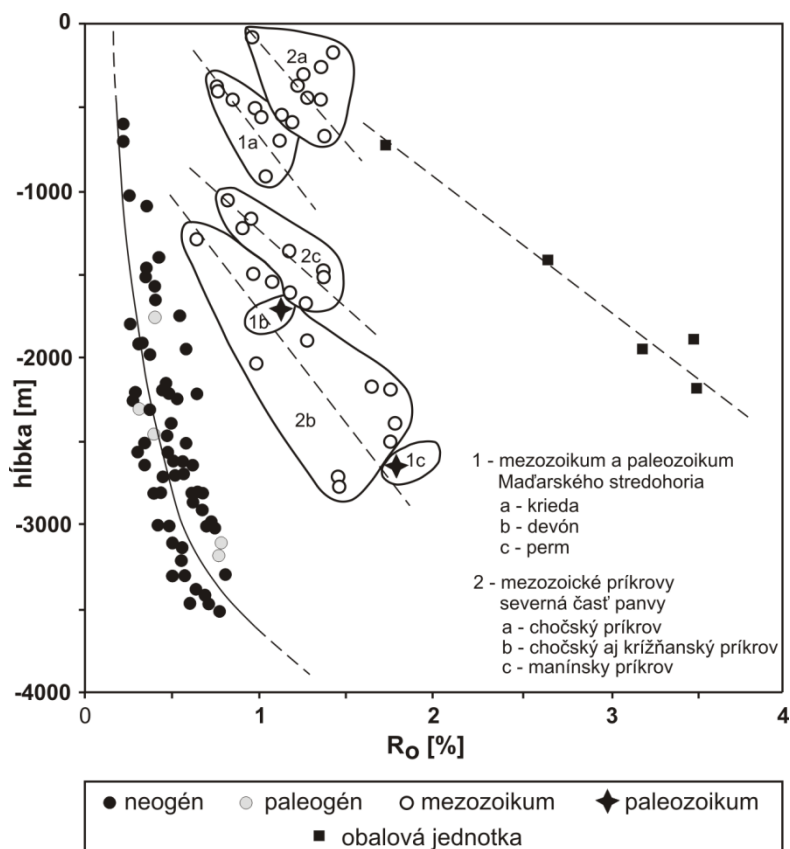


Obr. 30: Charakteristické rozloženie steránov C27, C28 a C29 ($\square\square\square$ 20R) v profile vrtu Kolárovo 2

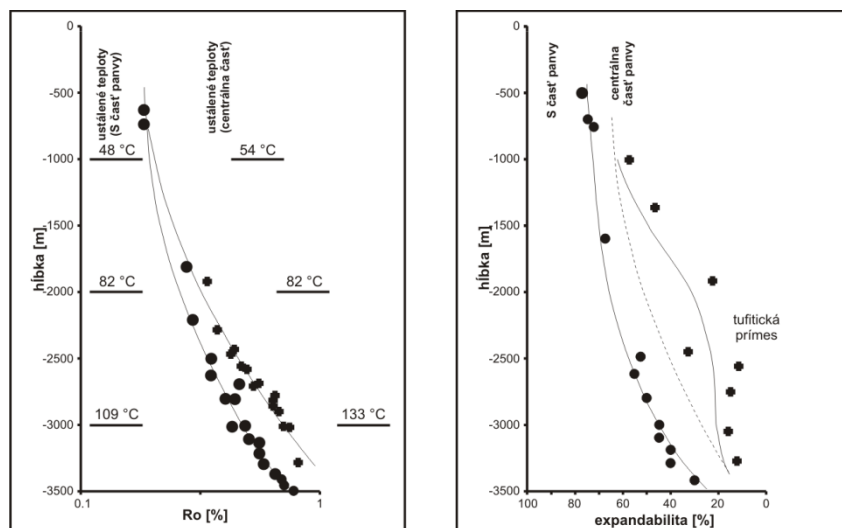
3.2 Zonalita tepelnej premeny kerogénu a tvorby uhľovodíkov v podunajskej panve

Stupeň premeny organickej hmoty odráža mieru realizácie chemických a štruktúrnych zmien, ktorým organická hmota danej sedimentárnej formácie podľahla v určitom časovom úseku pri dostatočnej teplote.

Stupeň premeny je posudzovaný predovšetkým na základe dvoch parametrov: odraznosti vitrinitu (R_o) a sčasti aj teploty maxima pyrolytického efektu (T_{max}). Pri nízkych hodnotách viazaných uhľovodíkov (parameter S_2) je spoľahlivosť odčítania T_{max} veľmi slabá; zo súboru hodnôt prezentovaných v tab. 1 sa to o.i. týka predovšetkým vzoriek mezozoika. Odraznosť vitrinitu, napriek existencii viacerých limitujúcich faktorov kriticky diskutovaných napr. v práci Durand et al., (1990), bola tiež použitá ako kontrola prijateľnosti namodelovanej zonality tvorby uhľovodíkov a v jednom prípade bol použitý aj pomer izomerizácie steránov (obr. 22). Súborne je trend premeny terciérnych a predterciérnych hornín znázornený na obr. 31. Hĺbkový priebeh odraznosti vitrinitu R_o poskytuje na jednej strane základné informácie o charaktere hĺbkovej premeny kerogénu najmä neogénnych sedimentov, na druhej strane poskytuje určitý obraz o geodynamickom vývoji a vzťahoch jednotlivých geotektonických celkov napriek tomu, že sa jedná o charakteristiku celej panvy, hoci teplotne nie je homogénna. Rozdiel v distribúcii tepelného toku medzi severnou a centrálnou časťou panvy (obr. 32) je zrejmý nie len z pohľadu mikrofotometrických meraní, ale dokumentuje ho aj rtg. analýza ílovej frakcie. Premena ílových minerálov je veľmi citlivý nezávislý indikátor tepelnej premeny sedimentov často využívaný aj pri analýze panví ako aj rekonštrukcie generovania uhľovodíkov (Pollastro, 1990; Šucha 2001).

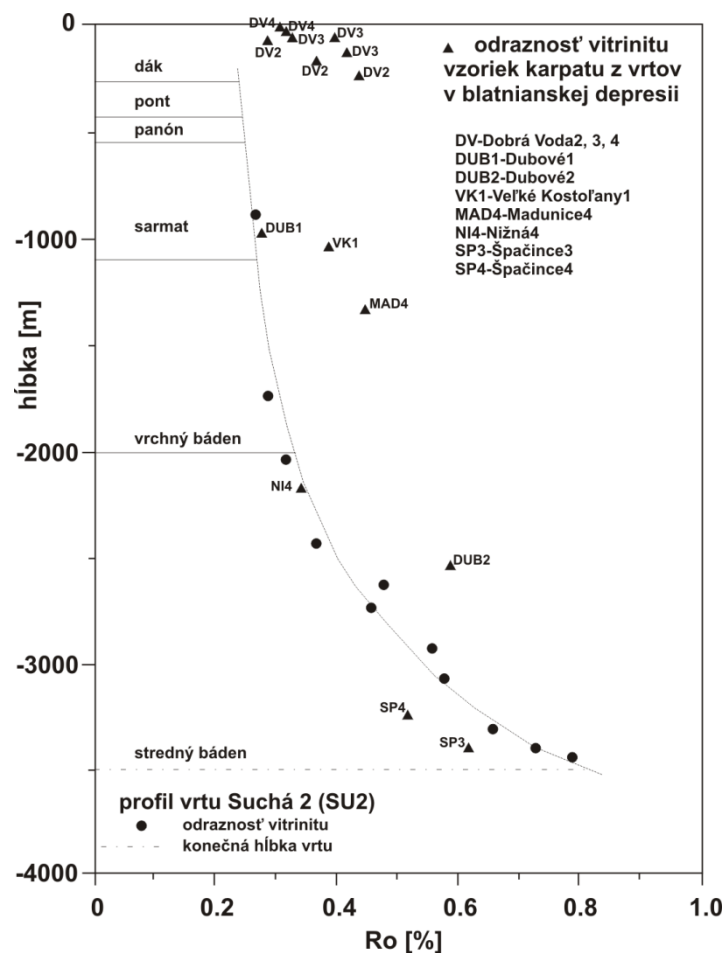


Obr. 31: Zonalita premeny organickej hmoty terciérnych a predterciérnych hornín na základe odraznosti vitrinitu

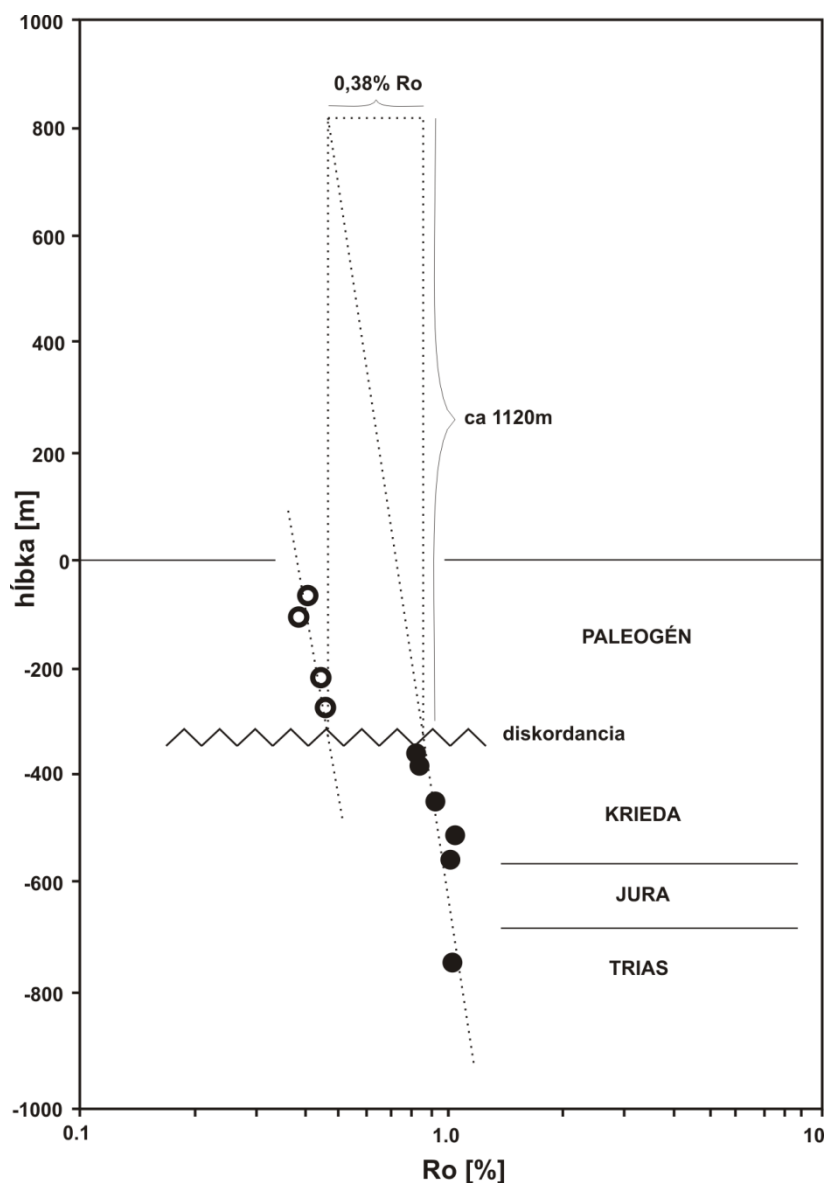


Obr. 32: Hĺbková zonalita premeny organickej hmoty a ílových minerálov SZ a centrálnej časti podunajskej panvy

Detailnejší pohľad na geodynamický vývoj dvoch dielčích častí podunajskej panvy - blatnianskej priehlbiny a štúrovského paleogénu na základe odraznosti vitrinitu je na obr. 33 a 34. Hlavným zámerom pri konštrukcii týchto grafov nie je exaktné vyčíslenie miery výzdvihu či erózie, ale upozornenie na existenciu týchto javov na základe výsledkov odraznosti vitrinitu. Vhodnosť použitia tohoto parametra pre podobné konštrukcie ako aj prednosti a nedostatky metódy Dow (1977) použitej pri konštrukcii obr. 34 sú diskutované napr. v prácach Katz et al. (1988) a Unomah a Ekweozor (1993). Obr. 33 indikuje kontinuálne pochovávanie a tepelnú premenu neogénnych sedimentov v centre blatnianskej depresie od stredného bádenu. Na druhej strane indikuje postupný výzdvih sedimentov karpátu smerom od centra depresie smerom k Malým Karpatom, pričom si zachováva získaný stupeň premeny prakticky až po povrch vo vrtoch Dobrá Voda 2, 3, a 4. Na obr. 34 je z priebehu odraznosti vitrinitu s hĺbkou zrejmá diskordancia medzi sedimentami paleogénu a kriedy vo vrte FGKR1 (Kravany n/Dunajom). Podľa približnej metódy podľa Dow (1977) možno predpokladať eróziu kriedových hornín viac ako 1100m, podľa výsledkov geologického modelovania (obr. 25) to mohlo byť dokonca viac ako 2000m.



Obr. 33: Zonalita premeny kerogénu v hĺbkovom profile vrtu Suchá2 a porovnanie zrelosti sedimentov karpátu v širšej oblasti blatnianskej priehlbiny



Obr. 34: Zonalita premeny keroxgenu v profile vrtu FGKR1

Na základe odraznosti vitrinitu možno konštatovať, že medzi bázou terciérnych sedimentov a povrchom predterciérnych hornín v tých istých lokalitách býva tento skok v odraznosti 0.4 % Ro a viac. Je pravdepodobné, že vysoký stupeň premeny organickej hmoty v rozsahu 1 - 2 % Ro dosiahli predterciérne sedimenty pred sedimentáciou terciérnych hornín, pravdepodobne v období strednej a vrchnej kriedy. To však znamená, že predterciérne podložie bolo postihnuté niekedy značnou

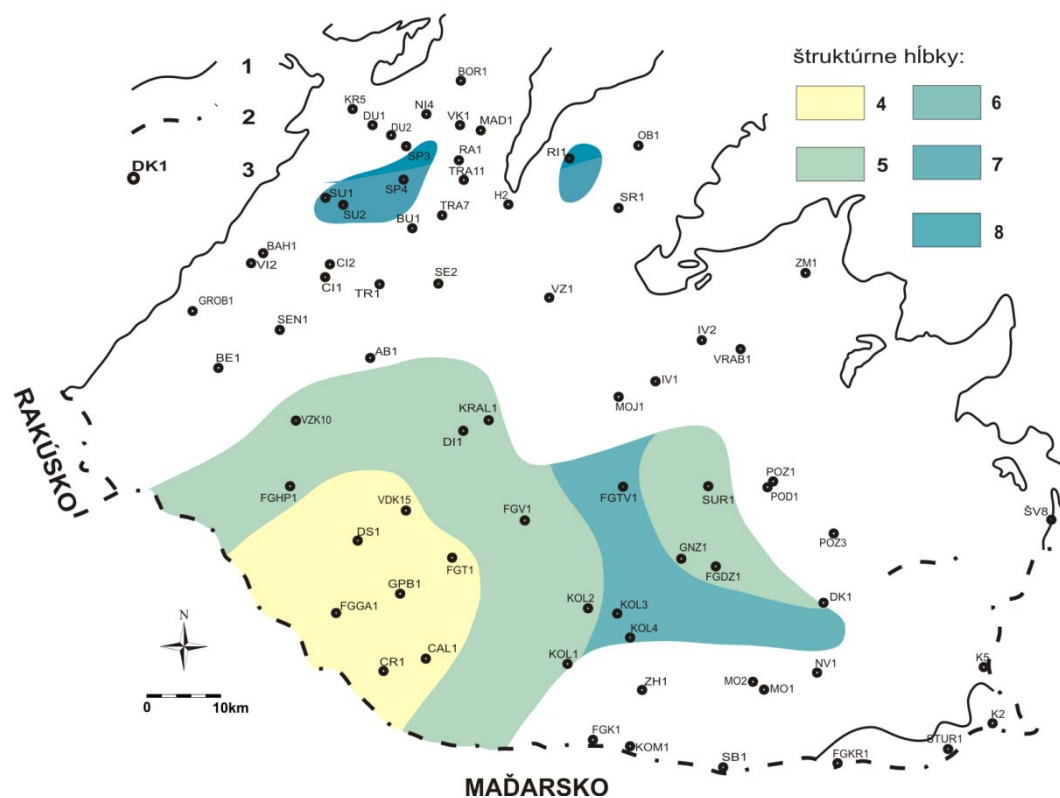
eróziou (napr. vo vrte FGKR 1 by v tomto prípade bolo oderodovaných ca 2000m sedimentov strednej a vrchnej kriedy). Podobná situácia sa dá očakávať aj v iných lokalitách. Až po tejto výraznej erózii by potom prišlo k presúvaniu príkrovov, ďalšej erózii a následnej sedimentácii terciérnych hornín. Ďalšou možnosťou je, že predterciérne podložie podľahlo slabšej metamorfóze. V každom prípade sa však ukazuje, že predterciérne sedimentárne jednotky stratili značnú časť, resp. väčščinu uhl'ovodíkového potenciálu už pred sedimentáciou predterciérnych hornín. Prípadné ložiská uhl'ovodíkov z predterciérneho obdobia viac-menej podľahli deštrukcii a mohli sa zachovať len za výnimočných podmienok.

Paleogénne sedimenty sa v podunajskej panve zachovali v relatívne malých ostrovoch v najsevernejších častiach blatnianskej a rišňovskej priehlbiny, v bánovskej kotline a v JV časti panvy - štúrovský paleogén (obr. 6). Medzi sedimentami paleogénu a neogénu je opäť diskordancia, ale menej výrazná ako medzi sedimentami paleogénu a predterciérnym podložíom panvy. Nevýhodou paleogénnych sedimentov z hľadiska produkcie uhl'ovodíkov je ich pomerne malé plošné rozšírenie a s výnimkou oblasti Nová Vieska (JV časť panvy) aj pomerne malá hĺbka uloženia. V súčasnosti sa na väčšine územia podunajskej panvy nachádzajú paleogénne sedimenty v tzv. pasívnom štádiu zrelosti, t.j. tieto sedimenty získali zistený stupeň premeny vo väčších hĺbkach a vyšších teplotných podmienkach než v akých sa nachádzajú dnes. Je teda pravdepodobné, že horniny paleogénu produkovali, resp. čiastočne i produkujú uhl'ovodíky, ale ich význam má len lokálny charakter.

Jedným z najhlavnejších cieľov geochemického výskumu v rámci komplexného posúdenia uhl'ovodíkového potenciálu sedimentárnej panvy je rekonštrukcia hĺbkovej a priestorovej zonality aktívnej tvorby uhl'ovodíkov. Táto bola vyčlenená na základe porovnania analytických výsledkov zrelosti organickej hmoty so zrelosťou, ktorá sa získala teoretickými výpočtami z modelovania geologickej histórie sedimentácie neogénu podunajskej panvy. Na základe experimentov, štúdií a výsledkov mnohých autorov je v súčasnosti všeobecne akceptovaný názor, že vzrast teploty, resp. celkový trend vývoja teplotných podmienok danej oblasti má zásadný vplyv na premenu organickej hmoty sedimentov ako aj na intenzitu produkcie uhl'ovodíkov (Lopatin, 1971; Waples 1980; Wood, 1988; Tissot a Welte, 1984; Hunt, 1996; Tissot et al., 1978; Allen a Allen, 2005 a mnohí

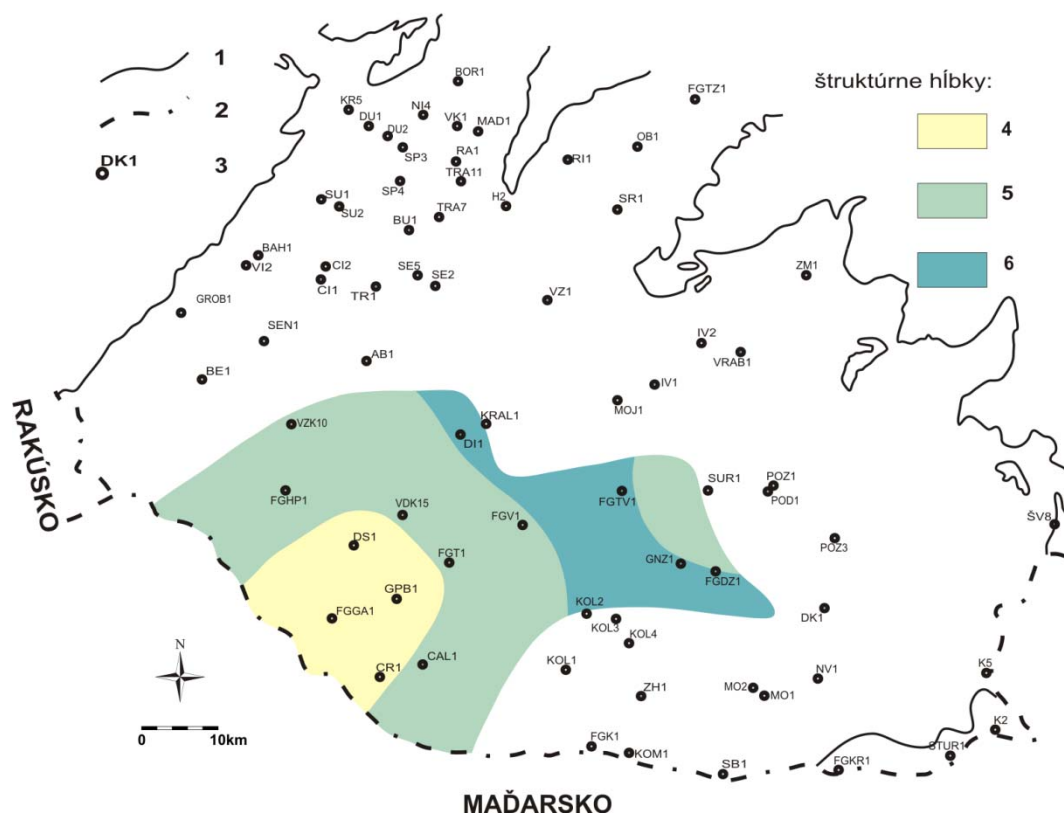
d'alší). Z hľadiska rozloženia teplôt je podunajská panva značne heterogénna, najmä medzi jej severnými výbežkami a centrálnou gabčíkovskou depresiou. Táto skutočnosť je okrem priamych geotermálnych meraní a výpočtov (Kráľ et al., in Vass et al., 1992) podporené aj nepriamo, napr. trendom nárastu premeny organickej hmoty s hĺbkou v dielčich častiach panvy s rôznymi teplotnými podmienkami v súčasnosti (obr. 32). Sú tu porovnané dva nezávislé indikátory premeny tepelnej premeny – odraznosť vitrinitu a ilitizácia smektitu vyjadrená expandabilitou. Z priebehu premeny ílových minerálov s hĺbkou je zrejmé, že ílové minerály v tomto prípade reagujú na zvýšenie teploty vplyvom vulkanitov ešte citlivešie ako organická hmota (Šucha 2001).

Z hrúbok jednotlivých stratigrafických stupňov, vekových rozhraní, pórovitosti, geotermických meraní, vypočítaného tepelného toku, rekonštruovaných hĺbok mora a pôvodných povrchových teplôt boli zostrojené krivky histórie pochovávaní sedimentov a ich tepelná expozícia vo vybratých vrtoch. Na základe týchto údajov boli skonštruované mapy generačných zón uhľovodíkov na povrch paleogénu, karpátu, bádenu, sarmatu a panónu (Pereszlény et al., 1992), ako aj mapy povrchu jednotlivých generačných zón v súčasnosti prezentované na obr. 35 až 39. Na obr. 40 je znázornený celkový index transformácie (TR) v celopanvovom merítku, ktorý na základe najmä pyrolýzy RockEval dokumentuje percentuálnu mieru tepelnej premeny kerogénu, resp. inými slovami mieru jeho konverzie na uhľovodíky.



Obr. 36: Mapa povrchu zóny tvorby ropy v súčasnosti.

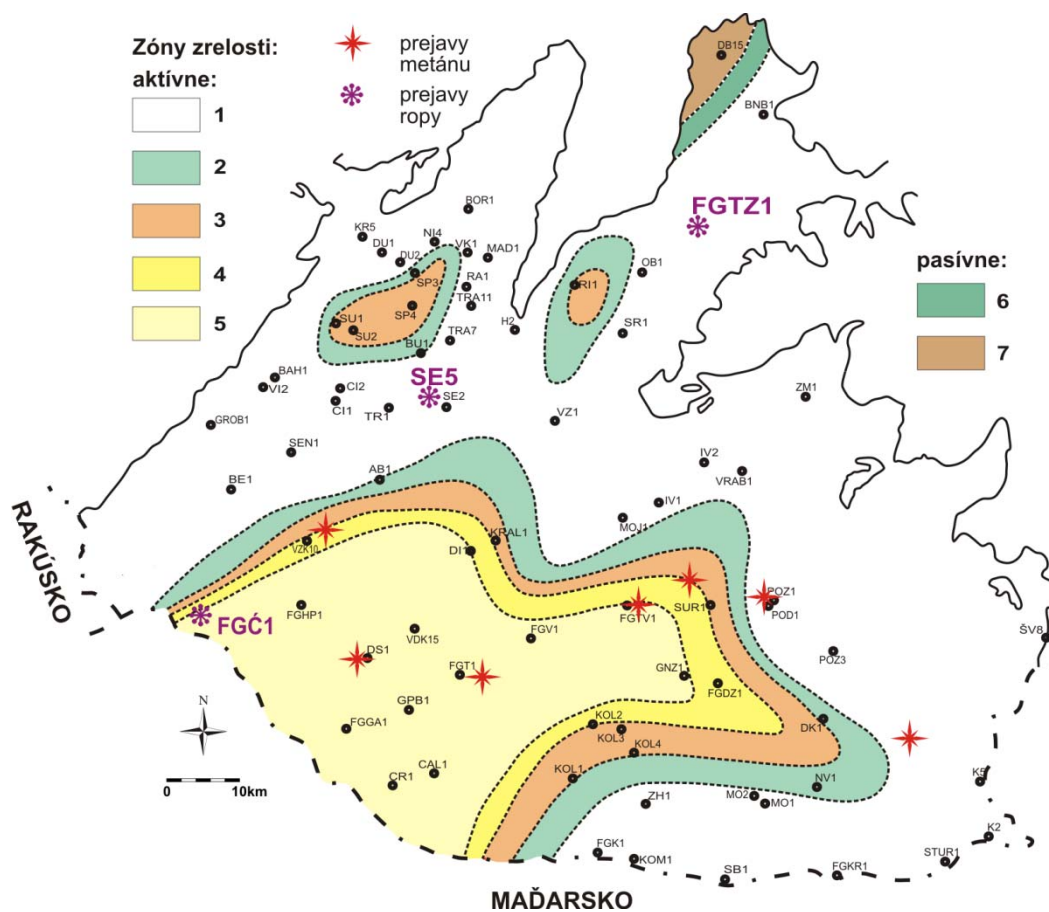
1-geografická hranica panvy, 2-štátna hranica, 3- hlboké vrty, 4: > 2600m, 5: -2600 až -2800m, 6: - 2800 až 3000m, 7: -3000 až -3200m, 8 < -3200m.



Obr. 37: Mapa povrchu zóny tvorby kondenzátu v súčasnosti.

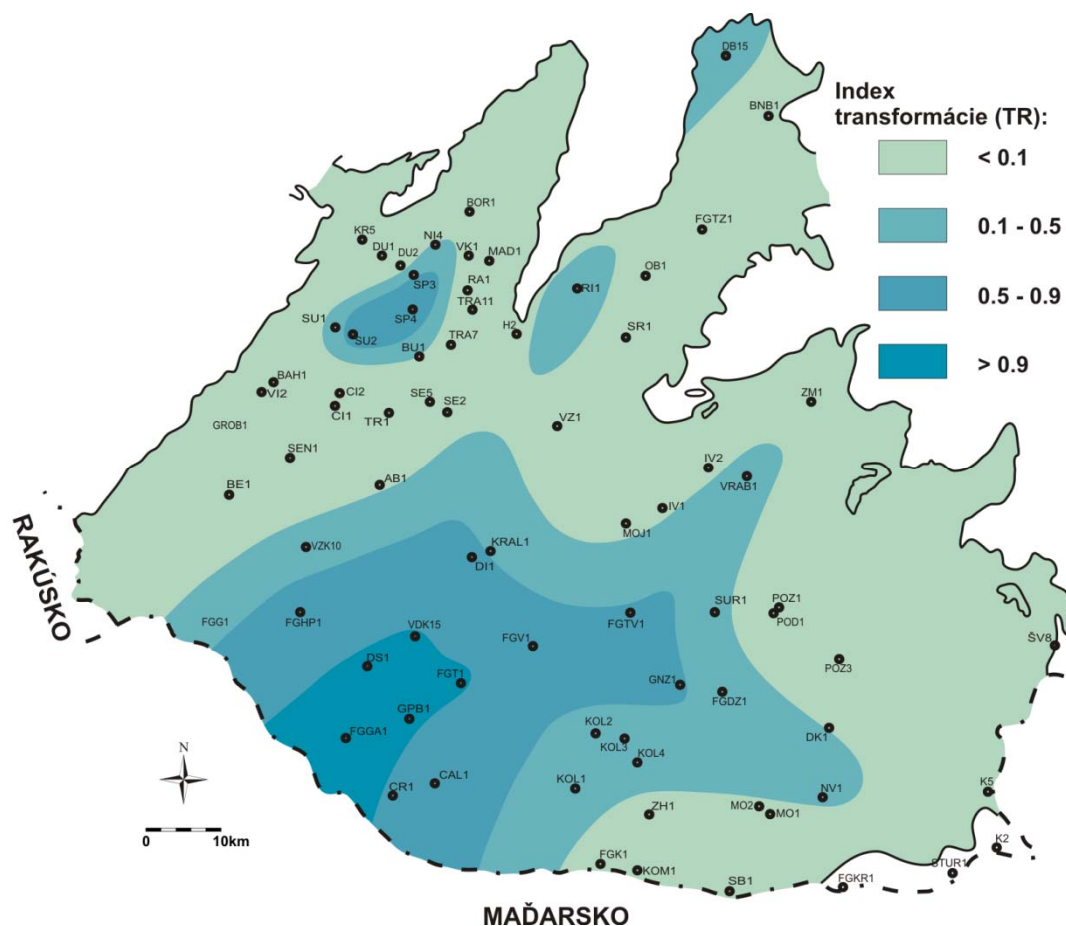
1-geografická hranica panvy, 2-štátna hranica, 3- hlboké vrty, 4: > -3000m, 5: -3000 až -3200m, 6: < -3200m.





Obr. 39: Mapa zón zrelosti potenciálnych zdrojových hornín na úrovni bázy neogénu.

Zóny zrelosti: aktívne: 1-nezrelá, 2-raná, 3-ropná, 4-kondenzát, 5suchý plyn (metán); pasívne: 6-raná, 7:ropná.

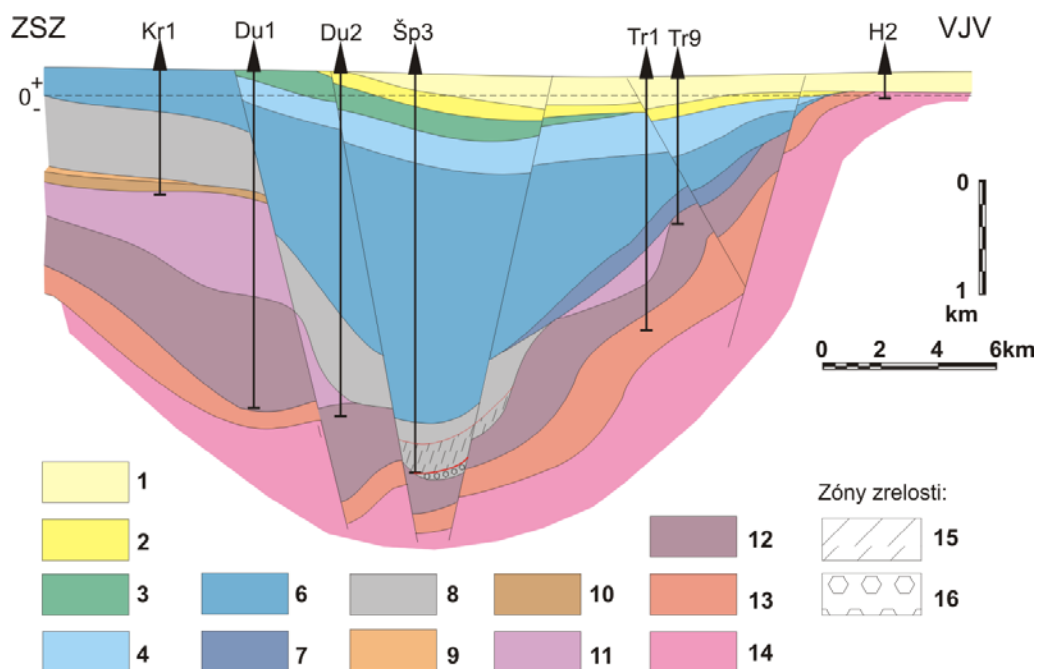


Obr. 40: Index transformácie vypočítaný podľa Espitalié et al. (1985, 1986).

Na základe analytických dát indikujúcich stupeň premeny, ako aj výsledkov modelovania možno z hľadiska generovania uhľovodíkov v neogénnych sedimentoch podunajskej panvy znázorniť nasledovnú zonalitu:

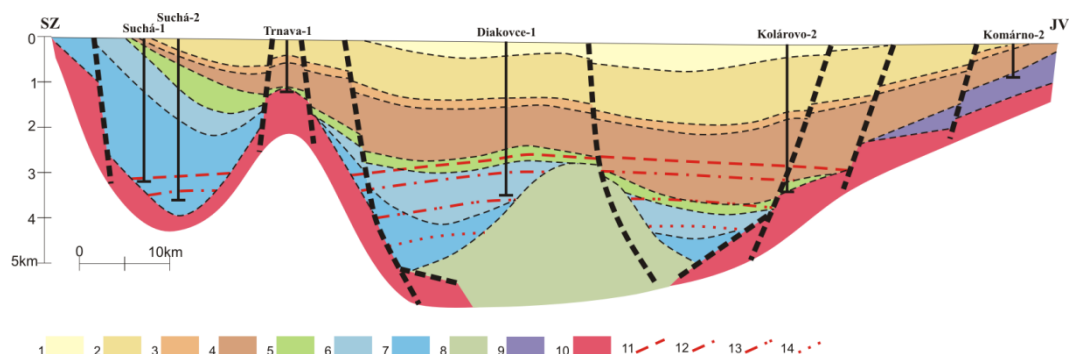
- v severnej a západnej časti panvy sa pohybuje báza nezrelej zóny resp. strop počiatkovej - ranej tvorby uhľovodíkov v hĺbke približne 2900m, v centrálnej gabčíkovskej depresii časti panvy je to okolo 2300m.
- zóna počiatkovej – ranej tvorby uhľovodíkov sa v severnej časti panvy nachádza v hĺbkovom intervale 2900 až 3200 km, v CGB v 2300 až 2500m.

- hlavná fáza tvorby ropy (HFTR) je v severnej časti panvy v hĺbke okolo 3500m a viac a prakticky ani kerogén v bazálnych sedimentoch neogénu (obr. 41) sa v tejto oblasti do vyššieho štádia premeny nedostal. Keďže sedimenty, ktoré dosiahli túto zrelosť obsahujú len pomerne chudobný typ kerogénu (III), zrejme tu s najväčšou pravdepodobnosťou nebola dosiahnutá ani prahová hodnota expulzie, teda vytesnenia ropy zo zdrojovej horniny do pórovitejšieho prostredia, alebo len v obmedzenej miere. V teplejšej a hlbšej centrálnej časti panvy sa zóna hlavnej fázy tvorby ropy v súčasnosti nachádza v hĺbkovom intervale 2500 až 3300m (vrtní zachytená len do 2600 m). Napriek skutočnosti, že aj sedimenty centrálnej gabčíkovej depresie vo veľkej väčšine obsahujú „chudobnejší“ kerogén typu III, z hľadiska väčších mocností a hĺbok uloženia neogénnych sedimentov najmä však vďaka vyššiemu tepelnému toku ako v severnej časti tu došlo k expulzii uhl'ovodíkov minimálne v štádiu generovania kondenzátu a metánu. Iným, v tomto prípade nepriaznivým faktorom je redukcia objemu produktívnych hornín prítomnosťou pochovaných vulkanitov (obr. 42).
- zónu tvorby kondenzátu, resp. zónu termického štiepenia vyššie molekulárnych ropných uhl'ovodíkov na ľahšie možno vyčleniť len na základe modelovania a extrapolácie laboratórnych výsledkov. V centrálnej časti panvy ju možno očakávať v hĺbkovom intervale 3500 - 4000m.
- zónu suchého plynu, teda zónu termického štiepenia tekutých uhl'ovodíkov na metán, možno očakávať v centrálnej časti panvy v hĺbke väčšej ako 4000m.



Obr. 41: Generalizovaný geologický rez s vyznačením zón zrelosti organickej hmoty podľa Pereszlényi et al., (1993a).

1-pont, 2-panón, 3-sarmat, 4-vrch. báden, 5-str. báden, 6-sp. báden, 7-karpat, 8-otnang, 9-egenburg, 10-chočský príkrov, 11-krížňanský príkrov, 12-obalová jednotka, 13-kryštalínium; Zóny zrelosti: 14-raná, 15-ropná.



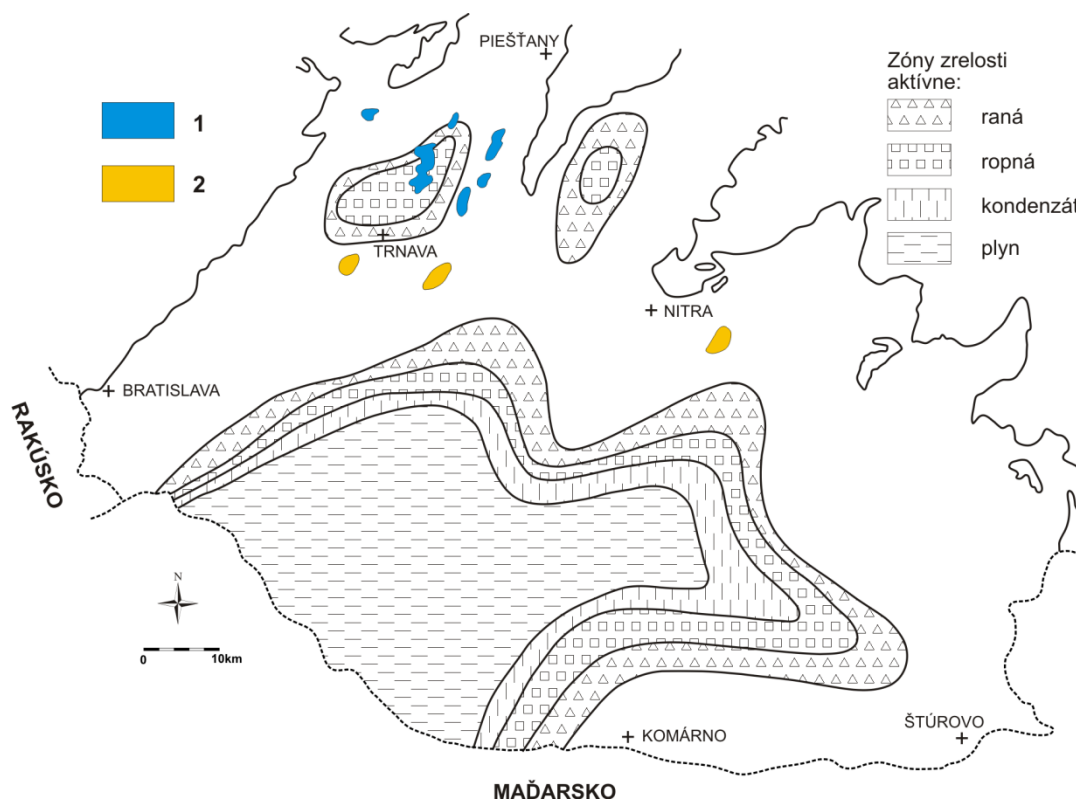
Obr. 42: Generalizovaný geologický rez s vyznačením zón zrelosti organickej hmoty podľa Milička a Pereszlényi, (2011).

1-ruman a kvartér, 2-dák, 3-pont, 4-panón, 5-sarmat, 6-vrchný báden, 7-stredný báden, 8-spodno- a strednobádenské vulkanity 9-mezozoické a paleozoické horniny maďarského stredohoria, 10-kryštalínium vnútorných Západných karpát. Povrch generačných zón uhľovodíkov: 11-raná ropa, 12-ropa, 13-kondenzát, 14-suchý plyn-metán

Paleogénne sedimenty dosiahli generačnú zónu jedine v porne úzkom pruhu v JV časti železovskej depresie približne v hĺbkovom intervale 2900 až 3300m, pod ktorým ešte nevelký objem sedimentov dosiahol štádium kondenzátu. Všeobecne teda možno očakávať najpriaznivejšie podmienky pre tvorbu ropy v neogénnych sedimentoch v centrálnej časti gabčíkovej depresie z pelitických polôh. Okrem pelitov, pieskovcov, konglomerátov, vulkanoklastík a hornín prechodných litologických typov sa v podunajskej panve vyskytuje relatívne dosť uhoľných polôh, ktoré v zodpovedajúcich podmienkach premeny, ale predovšetkým v optimálnych geologických podmienkach potenciálne tiež môžu prispievať k tvorbe ropy. Z geochemického pohľadu je v literatúre totiž značne zaužívaný názor, že najmä humusové uhlie je schopné produkovať prakticky len plyn. Na druhej strane Durand et al. (1983) na základe experimentov konštatuje, že prakticky akýkoľvek typ uhlia má relatívne dobrý ropný potenciál hoci pripúšťa, že celkove je známych len málo akumulácii ropy preukázateľne pochádzajúcich z uhlia, čo však pripisuje najmä nepriaznivým geologickým faktorom.

3.3 Geochemická charakteristika a pôvod metánu v prírodných plynách podunajskej panvy

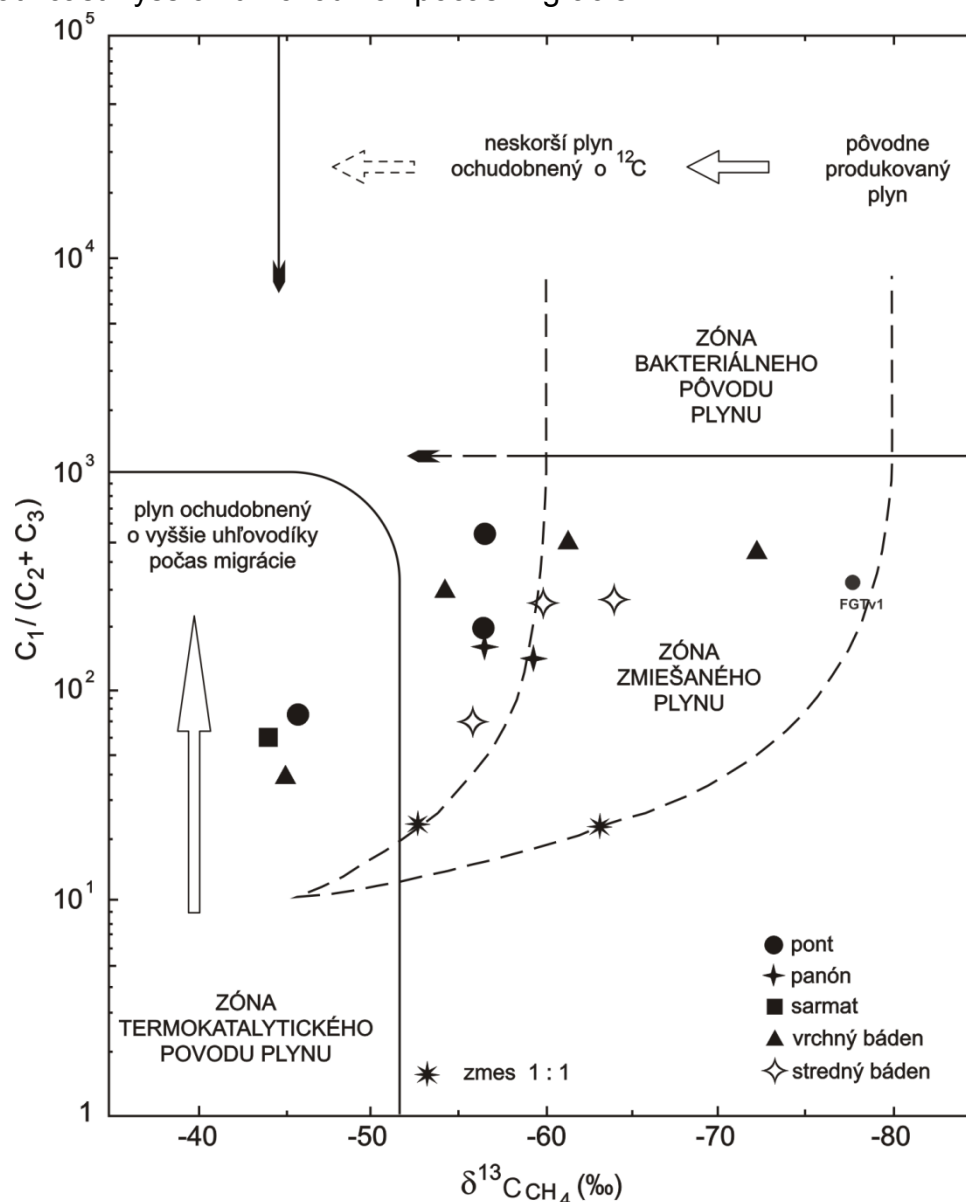
Doteraz najvýznamnejšie objavené akumulácie uhľovodíkov v podunajskej panve - prírodné plyny s vysokým obsahom metánu boli zistené v blatnianskej priehlbine (obr. 43). V zložení plynov v južnej časti blatnianskej priehlbiny (Cífer, Sered') a v juhozápadnej časti komjatickej priehlbiny (Golianovo) prevažujú nad metánom neuhľovodíkové plyny, teda oxid uhličitý a dusík vo variabilných pomeroch.



Obr. 43: Mapa ložísk prírodných plynov s vyznačením zón zrelosti kerogénu. 1-plynové ložiská s prevahou metánu; 2 – plynové ložiská s prevahou CO₂ a N₂.

Záveru o genéze metánu prírodných plynov odobraných z vrtov v rôznych častiach podunajskej panvy sú založené na hodnotení chemického zloženia uhľovodíkových plynov a izotopického zloženia uhlíka metánu. Základné geologické a geochemické údaje o týchto plynach sú v tab. 3., genézu metánovej zložky plynov vystihuje geneticko-klasifikačný diagram navrhnutý Bernardom et al., (1976) na obr. 44. Vo väčšine prípadov sa jedná o metán zmiešaného pôvodu s väčším či menším podielom biogénnej, resp. termogénnej zložky. Relatívne najväčší podiel biogénnej zložky vykazujú plyny z vrtov v blatnianskej priehlbine (Ni-3, Tra-4, Špa-9) najmä na základe izotopického zloženia uhlíka metánu. Horninová teplota v hĺbkovom rozsahu týchto akumulácií (~60–80°C) stále umožňuje baktériám produkovať biogénny plyn (Rice a Claypool, 1981; Peters et al., 2005). Relatívne zvýšené podiely vyšších uhľovodíkov (C₂+ v tab. 3) v prípade vrtov v blatnianskej priehlbine pravdepodobne súvisí so zónou raného až hlavného štádia tvorby ropy v oblasti jej depocentra (obr. 41).

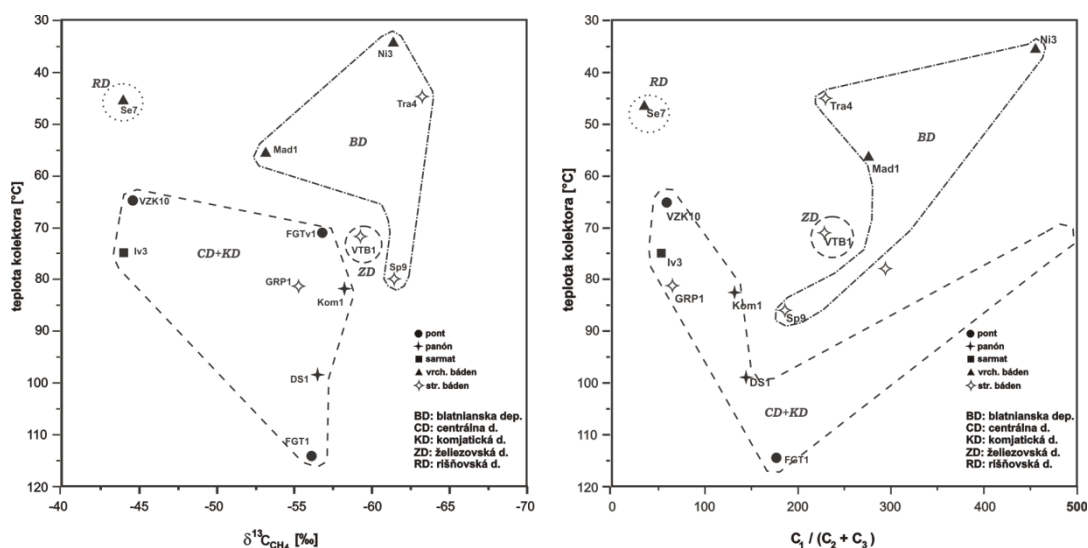
Plyn z vrtu Madunice1 vykazuje skôr znaky viac termogénneho plynu, ktorý stratil časť vyšších uhľovodíkov počas migrácie.



Obr. 44: Genetická charakteristika uhľovodíkových plynov podunajskej panvy podľa Bernard et al., (1976).

Ďalšou skupinou sú plyny s prevahou termogénneho metánu - vznikajúceho v asociácii s tvorbou ropy, resp. plyny s metánom výrazne termogénneho pôvodu a to na základe tak izotopického zloženia metánu ako aj celkového chemického zloženia uhľovodíkových plynov (relatívne

zvýšené obsahy vyšších uhľovodíkov). Izotopicky „najťažšie“ metánové plyny ($\delta^{13}\text{C}$ okolo -45‰) pochádzajú z vrtov v oblasti centrálnej gabčíkovej depresie (CGD) a jej okrajov, resp. z ložísk Sered' a Ivánka v hĺbkovom intervale 1030 až 1830m. Tieto plyny spolu s plynom z vrtu GRP1 sú zároveň „najsuchšie“ z hľadiska pomeru CH_4/C_2+ . Porovnanie izotopického zloženia metánu a chemického zloženia uhľovodíkových plynov s horninovými teplotami akumulčných polôh (obr. 45) nevykazuje nijakú výraznú závislosť medzi týmito parametrami. Pôvod metánu týchto plynov možno očakávať v hlbších častiach centrálnej gabčíkovej depresie, ktorá podľa doterajších výsledkov modelovania dosiahla v rámci neogénnej výplne začiatok zóny tvorby kondenzátu (vlhkého plynu) v hĺbkach od 3500 do 4000m; začiatok zóny suchého plynu v hĺbkach okolo 4000 - 4500m. Z týchto oblastí možno predpokladať migráciu predovšetkým do vyšších polôh na nevelké vzdialenosti v laterálnom smere.



Obr. 45: Vzťah izotopického a chemického zloženia uhľovodíkových plynov a teploty kolektora

Pomerne otvorenou zostáva zatiaľ otázka neuhľovodíkových plynov, ktorých pôvod zatiaľ nie je celkom jasný. Izotopy uhlíka oxidu uhličitého ani dusíka u nás v rámci podunajskej panvy dosiaľ študované neboli. O pôvode oxidu uhličitého prevládajú názory, ktoré ho dávajú do súvislosti s vulkanickou činnosťou, alebo ho tiež považujú za produkt metamorfózy na styku karbonátových komplexov s neovulkanitmi vo väčších hĺbkach. Ďalšou možnosťou je, že vzniká počas diagenézy (eliminácia kyslíka zo

štruktúry kerogénu) resp. v záverečných štádiách tvorby uhľovodíkov - napr. degradáciou ropných akumulácií (Tissot a Welte, 1978). Na pôvod dusíka je najpriateľnejší názor o biogénnom pôsobení anaeróbných baktérií, ktoré spôsobujú degradáciu organickej hmoty, jeho pôvod však môže súvisieť aj s vulkanickou činnosťou. Pôvod neuhľovodíkových plynov v rámci priestoru panónskej panvy v Maďarsku publikovali napr. Koncz (1983), Clayton a Koncz (1990), Clayton et al., (1990); Palcsu et al., (2014) a Vetö et al., (2014). Spomínaní autori študovali pomerne detailne aj izotopické zloženie neuhľovodíkových plynov ako aj vzácnych plynov na viacerých zmiešaných plynových ložiskách v rôznych oblastiach panónskej panvy. Palcsu et al., (2014) vo svojej štúdii prezentuje hlavné zložky a vzácne plyny z dvoch zmiešaných ložísk, Répcelak (CO₂ a HC-N₂) a Mihály v maďarskej časti podunajskej panvy. Pôvod oxidu uhličitého uvádza najmä z vykľutého plášťa, pôvod dusíka dávajú do súvisu s kôrovým pôvodom spolu s uhľovodíkovými plynmi. Na základe izotopického štúdia uhlíka CO₂ však pripúšťajú tiež možnosť jeho vzniku z rozkladu karbonátov. Heterogenitu obidvoch spomínaných ložísk zvyrazňujú rozdiely v izotopickom zložení hélia.

Prítomnosť oxidu uhličitého aj dusíka je negatívnym faktorom pri vyhľadávaní ropy a zemného plynu. V podunajskej panve možno s veľkou pravdepodobnosťou očakávať ložiská so zmiešanými plynmi vo väčšom počte.

3.4 Geochemická charakteristika podzemných vôd a rozpustených prírodných plynov

Zhodnotenie perspektivity podunajskej nížiny z hľadiska naftovo-hyrogeologických kritérií vychádza z databázy údajov (Milička in Pereszlényi et al., 1997) spracovanej podľa údajov Michalíčka (1992). Hodnotené bolo z tohto pohľadu zvlášť podložie a terciérna výplň panvy. Graficky sú tieto pomery znázornené na obr. 46 až 49.

Podložné sedimenty

Pre regionálne zhodnotenie hydrogeochemických pomerov podložia chýba dostatok informácií, takže je zhodnotené s výnimkou mezozoika blatnianskej priehlbiny viac-menej „bodovo“ na vrtoch s dostupnými údajmi.

Paleozoikum

Paleozoikum bolo zachytené na vrtoch Modrany2 (Mo 2; 2331-2326 m) a Zlaté Moravce1 (ZM 1; 2095-1750, 1697-1693 a 1616-159 4m). Jedná sa o natrium-chloridové soľanky, ktoré sa líšia najmä obsahom bromidov a jodidov: 90 mg/l Br a stopy jodidov vo vrte ZM1, resp. 250 mg/l Br a 13mg/l I vo vrte Mo2. Z hľadiska milivalpercentného pomeru Cl/Br sa jedná skôr o primárne soľanky, ktoré nevznikli rozpúšťaním chemogénnych sedimentov. Vody z vrtu ZM-1 sú sýtené metánovo-dusíkatým plynom s nízkym podielom metánu. Údaje o plynach v paleozoiku vrtu Mo2 chýbajú. Obidve štruktúry sú hydrogeologicky uzavreté a z hľadiska uhľovodíkovej perspektívy ich možno hodnotiť, najmä v prípade paleozoika Maďarského stredohoria kladne.

Mezozoikum

Vody a plyny mezozoických sedimentov boli analyzované z niekoľkých vrtov v blatnianskej a rišňovskej priehlbine (Dubové-1,2; Krupá-1; Madunice-5; Trakovice-1,3; Obdokovce1; Nitra1 Cf), ďalej v komjatickej a železovskej priehlbine (Vráble1; Pozba1, 2, 4; Modrany1) a vo vrte Komárno M1. V blatnianskej a rišňovskej priehlbine sa jedná prevažne o slabo až stredne mineralizované chloridovo-síranové vody karbonátov chočského a krížňanského príkrovu. Voda na vrte Krupá1 patrí ku kalcium bikarbonátovému typu, voda z vrtu Nitra1 Cf k natrium bikarbonátovému typu. Obsah metánu v rozpustených plynach je nepodstatnou zložkou. Prevažuje dusík a v triase krížňanského príkrovu vo vrte Trakovice1 (1800-1789, 1670-1660) oxid uhličitý. Jedná sa hydrogeologicky poloottvorené štruktúry.

Mezozoikum komjatickej priehlbiny vykazuje rozdielne charakteristiky v oblasti vrtov Pozba1,2 a 4 a Vráble1. Na vrtoch Pozba1 a 2 boli zistené silne mineralizované natriovo-chloridové vody s obsahom síranov a jodidov do 4 mg/l. Z hľadiska chemizmu plynov je obsah metánu nepodstatný,

dominantný je dusík a oxid uhličitý. Hydrogeologicky patria mezozoické štruktúry v tejto oblasti k polouzavretým.

Mezozoická, štruktúra zachytená vrtom Vráble1, je hydrogeologicky uzavretá s prítomnosťou natrium-chloridovej soľanky so zvýšeným obsahom síranov (do 1,3 g/l) a obsahom jodidov do 8 mg/l. Tieto vody sú sýtené oxidom uhličitým.

Mezozoické štruktúry zachytené vrtmi Modrany2 a Komárno1 predstavujú hydrogeologicky polootvorené kolektory s obsahom slabo mineralizovaných až takmer úplne vysladených vôd, ktoré sú sýtené dusíkovým plynom.

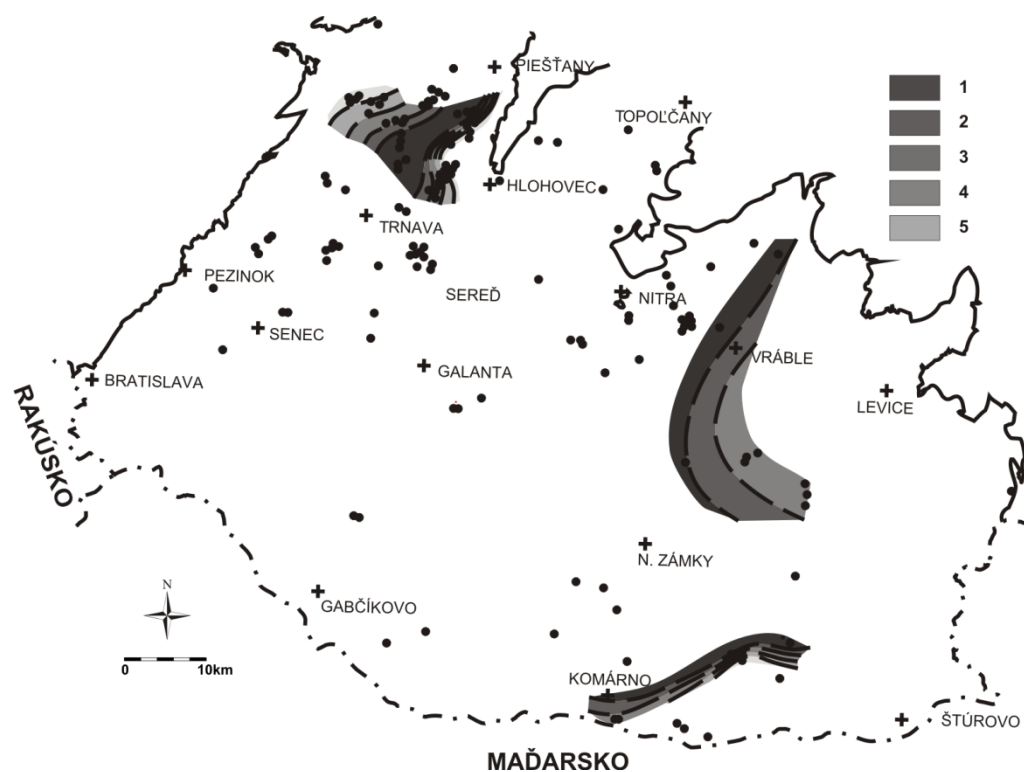
Terciérna výplň

Paleogén

Paleogénne kolektory boli overované na vrtoch Nižná1 (blatnianska priehlbina), Modrany1, 2 a Nová Vieska1 (železovská priehlbina). Paleogénna štruktúra na vrte Nižná1 patrí z hydrogeologického hľadiska k štruktúram polootvoreným. Obsahuje sladkú vodu sýtenú dusíkovým plynom so zanedbateľným obsahom metánu. Svojím chemickým zložením je porovnateľná so zložením vody triasového podložia vo vrte Madunice5, čo môže indikovať genetickú príbuznosť týchto vôd.

Chemické zloženie vôd a plynov z vrtoch v železovskej priehlbine indikuje naopak úplne uzavreté paleogénne štruktúry. Jedná sa o silne mineralizované, prakticky bezsíranové natrium-chloridové vody s obsahom bromidov od 60 do 85 mg/l a jodidov do 16 mg/l (vrt Modrany1), resp. do 250 mg/l Br a 39 Mg/l I (vrt Modrany2). Chemické zloženie plynov v tejto oblasti je známy len podľa rozborov termického odplynu v hĺbkovej polohe 2088-2085m (Modrany-1), resp. z 2252-2242 m a 2150-2141 m (Modrany2). Ide o dusíkovo metánový plyn s relatívne vysokým obsahom etánu (5 %, Modrany1).

Vody na vrte Nová Vieska1 sú sýtené metánovým plynom s najvyšším obsahom etánu (7,6 %) zisteným doposiaľ v Podunajskej nížine. Táto skutočnosť môže indikovať prítomnosť metánového plynu asociovaného so zónou generovania kvapalných uhľovodíkov.



Obr. 46: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($r_{HCO_3/rCl}$) štruktúr v podloží neogénu

1-uzatvorené; 2-uzatvorené až polouzatvorené; 3-polouzatvorené; 4-polouzatvorené až polootvorené; 5-polootvorené

Karpat

Chemické zloženie vôd, resp. plynov karpatských sedimentov je známy len z oblasti blatnianskej priehlbiny. Vody obsiahnuté v karpate vrtoch Cífer1 a 2 sú podľa chemizmu silne mineralizované, avšak z hľadiska chloridovej salinity sú zrejme do značnej miery vysladené. Vysoký obsah síranov (3,9 g/l) by mohol signalizovať spätosť s vodami triasového podložia. Tieto vody sú sytené oxidouhličitovo-metánovým plynom.

Vody karpátu na štruktúrach Dubové a Madunice patria k silne mineralizovaným, natriovo-chloridovým vodám sytených metánovo-dusíkatým plynom s malým podielom etánu. Vody karpatských sedimentov vrtu Krupá sú oproti nim slabo mineralizované, avšak z hľadiska relatívne vysokej natriovo-chloridovej salinity a preplynenia metánom ich možno priradiť k vyššie spomínaným vodám. Tieto vody sú v rôznom stupni vysladenia a vzhľadom k nízkemu až zanedbateľnému obsahu síranov (pod 100 mg/l) pravdepodobne geneticky nesúvisia s vodami triasového

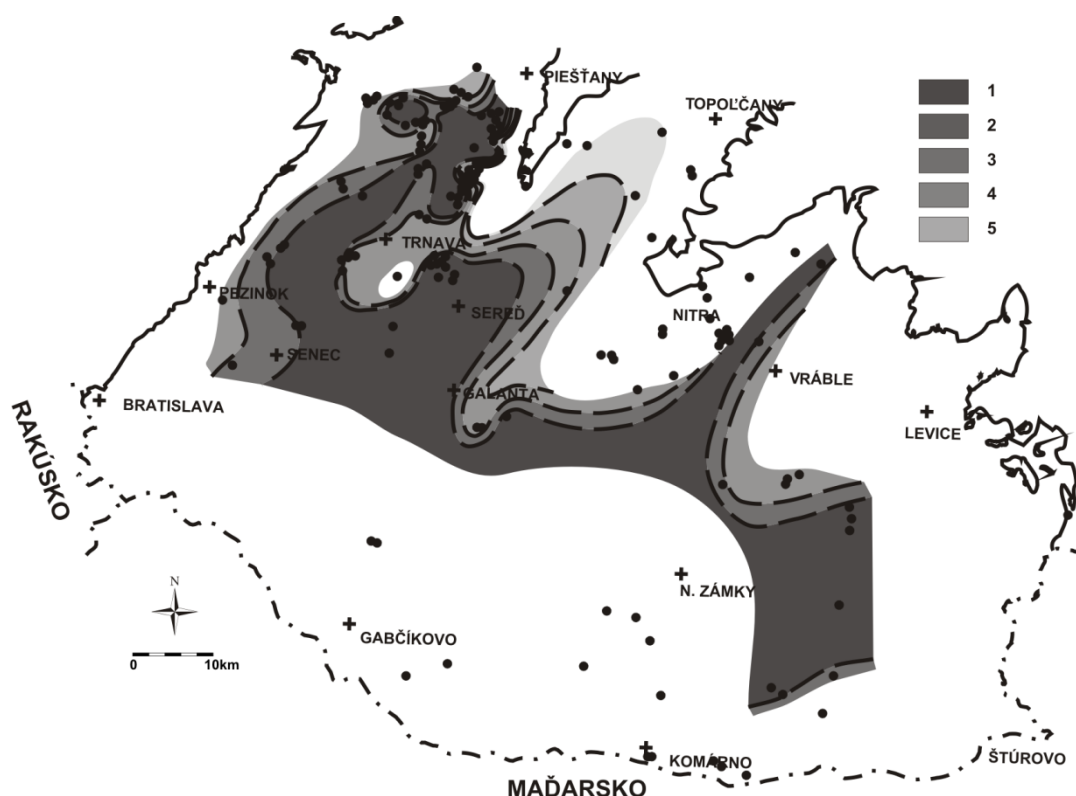
podložia, od ktorého sa líšia aj obsahom jodidov (6 až 18 mg/l). Tieto štruktúry patria z hydrogeologického hľadiska k uzavretým až polouzavretým. Stredne mineralizovaná natrium-chloridová voda z vrtu Veľké Kostolany¹ má najvyšší obsah jodidov (22 mg/l) spomedzi všetkých vôd karpátu a je sytená metánovým plynom. Obsah jodidov a chemizmus plynov by mohol indikovať späťnosť, resp. miešanie s vodami nadložného stredného bádenu.

Báden

Vody spodného bádenu sú chemickým zložením, chloridovou salinitou, mineralizáciou (30 g/l, chloridy 17 g/l) blízke chemizmu pôvodných morských vôd. Majú najvyššie obsahy jodidov (93,3 mg/l, Nová Vieska¹, 2192 m) a najnižšie obsahy síranov.

Priemerné hodnoty mineralizácie a chloridov (M: 19 g/l, Cl: 9,5 g/l) vôd stredného a vrchného bádenu sú veľmi podobné. Obsah jodidov stredného bádenu je podstatne vyšší oproti vrchnému bádenu. Vo vrchnom bádene sú vysoké hodnoty síranov a veľmi nízky obsah jodidov.

Priemerné chemické zloženie plynov je v rámci bádenu ako celku dosť podobný. Prevažuje metán (ca 60 až 67%), obsah dusíka sa pohybuje od 18 do 31% a oxidu uhličitého od 14 do 21%. Priemerné obsahy etánu indikujú, že tieto plyny sú pravdepodobne sprievodnými plynmi, asociovanými s tvorbou ropných uhľovodíkov. Výnimkou je oblasť Abrahám - Sereď, kde výrazne prevažuje oxid uhličitý nad dusíkom a metánom. Báden ako celok predstavuje hydrogeologicky uzavretý, avšak na niektorých miestach aj polootvorený komplex.



Obr. 47: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($r_{HCO_3/rCl}$) štruktúr v bádene

1-uzatvorené; 2-uzatvorené až polouzatvorené; 3-polouzatvorené; 4-polouzatvorené až poloopené; 5-poloopené

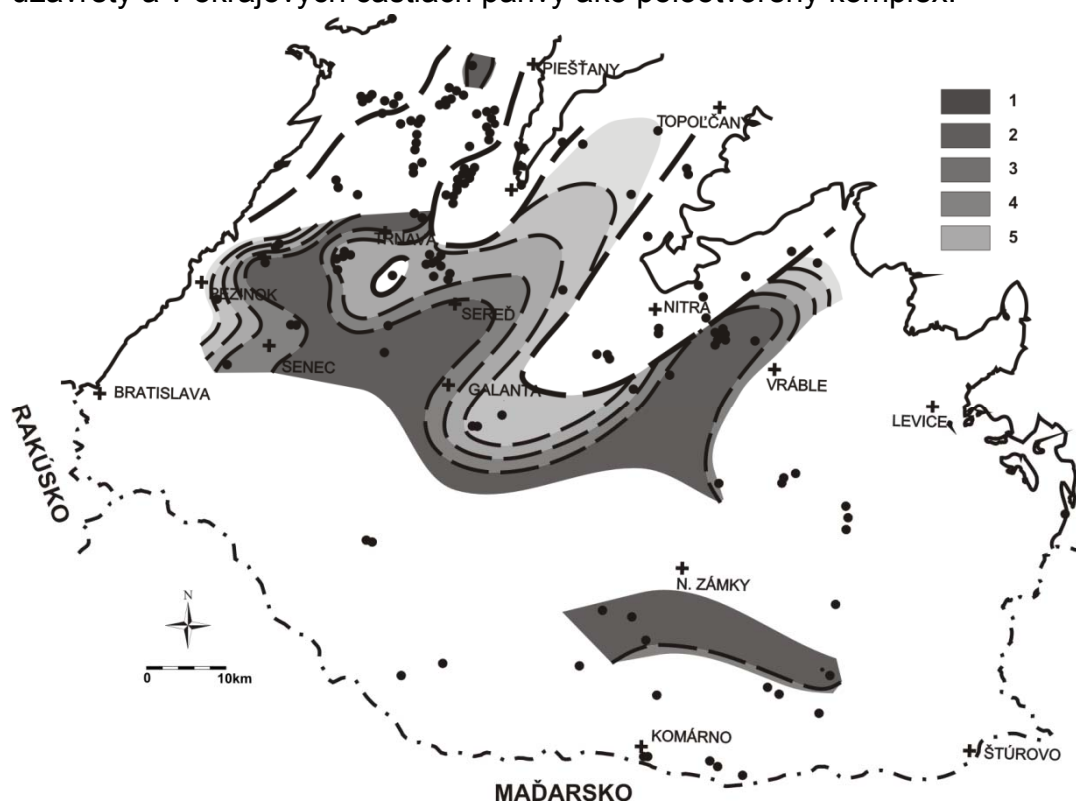
Sarmat

Podobne ako v bádene, aj v sarmate je badateľný pokles mineralizácie a salinity vôd smerom do nadložia. Prevažujúcim typom vôd sú silne mineralizované natrium chloridové vody, najmä na vrtoch Kolárovo2 (3048-3042 m), Kolárovo3 (2669-2660, 2700-2685m), Vrāble1 (1608-1598 m), Ivánka6 (2154-2015, 2004-1998, 1975-1965, 1855-1846 m) a Ivánka7 (1840-1834, 1767-1762, 1753-1746 m). Pre sarmat rišňovskej priehlbiny sú charakteristické skôr vody natrium bikarbonátového typu s mineralizáciou väčšinou od 5 do 10 g/l. Slabo mineralizovaná voda (1,6 g/l) bola zistená v sarmate vrtu Zlaté Moravce1(900-865 m).

Prevažujúcim plynom v sarmate je metán sprevádzaný malým množstvom etánu, druhou hlavnou zložkou je dusík, ktorý prevláda nad oxidom uhličitým. Oxid uhličitý je hlavnou zložkou plynu v sarmate vrtu Abrahám1 a Obdokovc-1 (CO_2 98,5%; 1435-1425m). Na vrte Ivánka3 bol v

polohe 1800 m zistený zmiešaný oxidouhličitovo-metánovo-dusíkový plyn s obsahom CO₂ 49% a CH₄ 29%. Metánová zložka na vrte Ivánka6 (2154-2015 m) je sprevádzaná pomerne vysokým obsahom etánu (3,2%). V sarmate cíferských vrtoch sú prítomné prevažne dusíkovo-metánové plyny s nízkym obsahom etánu (Cífer3: N₂ 43-72%, CH₄ 28-56%; Cífer4: N₂ 64-78%, CH₄ 21-36%). V sarmate vrtu Bernolákovo-1 bol v polohe 1300-1304 m (podľa chemizmu vôd polootvorená štruktúra) zistený plyn zloženia CO₂ 49%, N₂ 46%, CH₄ 4,3%, zatiaľ čo v polohe o niečo 100 m vyššie (1180-1183 a 1125-1126 m, uzavretá štruktúra) sa obsah CO₂ pohybuje len okolo 1% a obsah CH₄ sa zvýšil na 41-52%.

Celkove možno sarmat, podobne ako báden, hodnotiť ako hydrogeologicky uzavretý a v okrajových častiach panvy ako polootvorený komplex.



Obr. 48: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($r_{HCO_3/rCl}$) štruktúr v sarmate

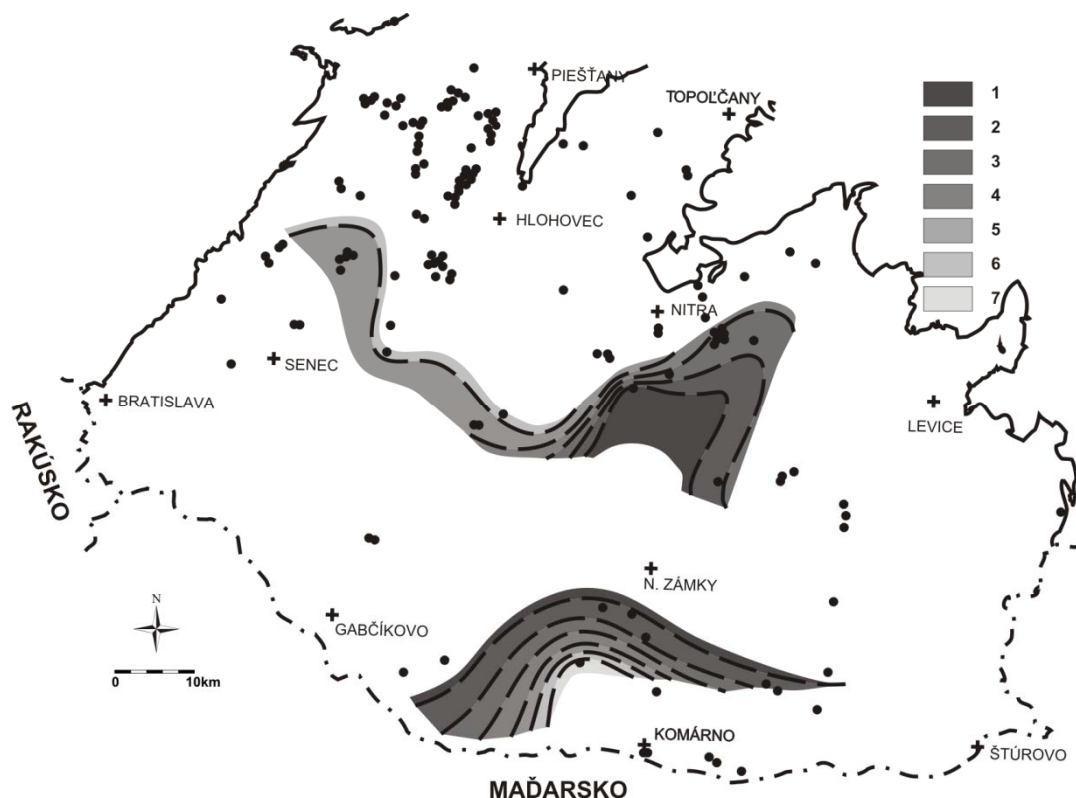
1-uzatvorené; 2-uzatvorené až polouzatvorené; 3-polouzatvorené; 4-polouzatvorené až polootvorené; 5-polootvorené

Analýzy chemického zloženia vôd a plynov sú v rámci panónu rozložené prakticky po celom záujmovom území panvy a umožňujú širšie regionálne závery ako v prípade starších stratigrafických celkov. Priemerné chemické zloženie vôd a plynov je dosť odlišné od pomerov v sarmate. Hlavné rozdiely možno nájsť v poklese mineralizácie, obsahu chloridov, síranov a jodidov.

Metán je mierne prevažujúcou zložkou plynov, ale často je takmer zhodný s obsahom dusíka. Oxid uhličitý sa podieľa na zložení plynov v priemere do 30%.

Viac mineralizované vody v panóne sú pomerne ojedinelé. Silne mineralizované (10-34 g/l) natriovo-chloridové vody boli zachytené vrtmi Kolárovo2, 3 a 4. Takéto zloženie, ako aj tlaky metánových plynov (1,9 MPa, Kolárovo-4, 2300-2294 m) indikujú hydrogeologicky uzavreté štruktúry vhodné pre potenciálnu akumuláciu uhľovodíkov. Medzi takéto štruktúry môže patriť aj zóna stredne mineralizovaných, natriovo-chloridových vôd v panóne vrtu Ivánka2.

Stredne mineralizované vody natrium-chloridového typu boli zachytené tiež vrtom Dunajská Streda1 (2474-2183 m), ktoré sú sytené oxidouhličitanovo-metánovým plynom s výraznou prevahou oxidu uhličitého (CO₂ 85%, CH₄ 7,8%). Tieto štruktúry patria z hydrogeologického hľadiska k polouzatvoreným až polootvoreným, podobne ako zóna natrium bikarbonátových vôd v panóne vrtu Diakovce1. Kým v tomto vrte prevažuje obsah metánu nad obsahom dusíka, vo väčšine ostatných vrtov prevažuje práve dusík. Vo vrtoch Nová Vieska, Kolárovo a Ivánka sú v polohách panónu prítomné tiež relatívne zvýšené množstvá etánu (nad 1%).



Obr. 49: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($r\text{HCO}_3/r\text{Cl}$) štruktúr v panóne

1-uzatvorené; 2-uzatvorené až polouzatvorené; 3-polouzatvorené; 4-polouzatvorené až polootvorené; 5-polootvorené; 6-polootvorené až otvorené; 7-otvorené štruktúry

Pont, dák

Kolektory pontu a dáku patria z hydrogeologického hľadiska do zóny otvorenej výmeny vôd (otvorené štruktúry), výnimočne aj do zóny s obmedzenou výmenou. V niektorých prípadoch indikuje chloridová zložka genetickú príbuznosť s vodami v kolektoroch panónu, resp. starších súvrství (napr. Vrtý Čalovo, FGTV1 Tvrdošovce, FGHP1, VHP12 Horná Potôň).

Vody pontu a dáku sú často sytené metánovým plynom biogénneho aj termogénneho pôvodu. K sprievodným termogénnym plynom patria tie, ktoré obsahujú aj relatívne zvýšené hodnoty etánu (do 1,8 %).

Kolektory pontu a dáku nie sú predmetom vyhľadávania uhlíkovodíkov a z hľadiska prevažne hydrogeologickej otvorenosti štruktúr sa nedá predpokladať ich nádejnosť z hľadiska podzemného uskladňovania médií.

3.5 Geochemická charakteristika horninových extraktov a ropných prejavov

V rámci systematického uhľovodíkového prieskumu podunajskej panvy boli okrem rutinných organicko geochemických metód aplikovaných na celohorninových vzorkách – vrtných jadrách použité tiež metódy plynovej chromatografie (GC) a plynovej chromatografie-hmotnostnej spektrometrie (GC-MS) za účelom geochemickej charakteristiky horninových extraktov a ropných prejavov. Analýzy boli vykonané v laboratóriách ČGS Praha, pobočka Brno a Institut Français du Pétrole Paríž metódami popísanými v kap. 2.3.

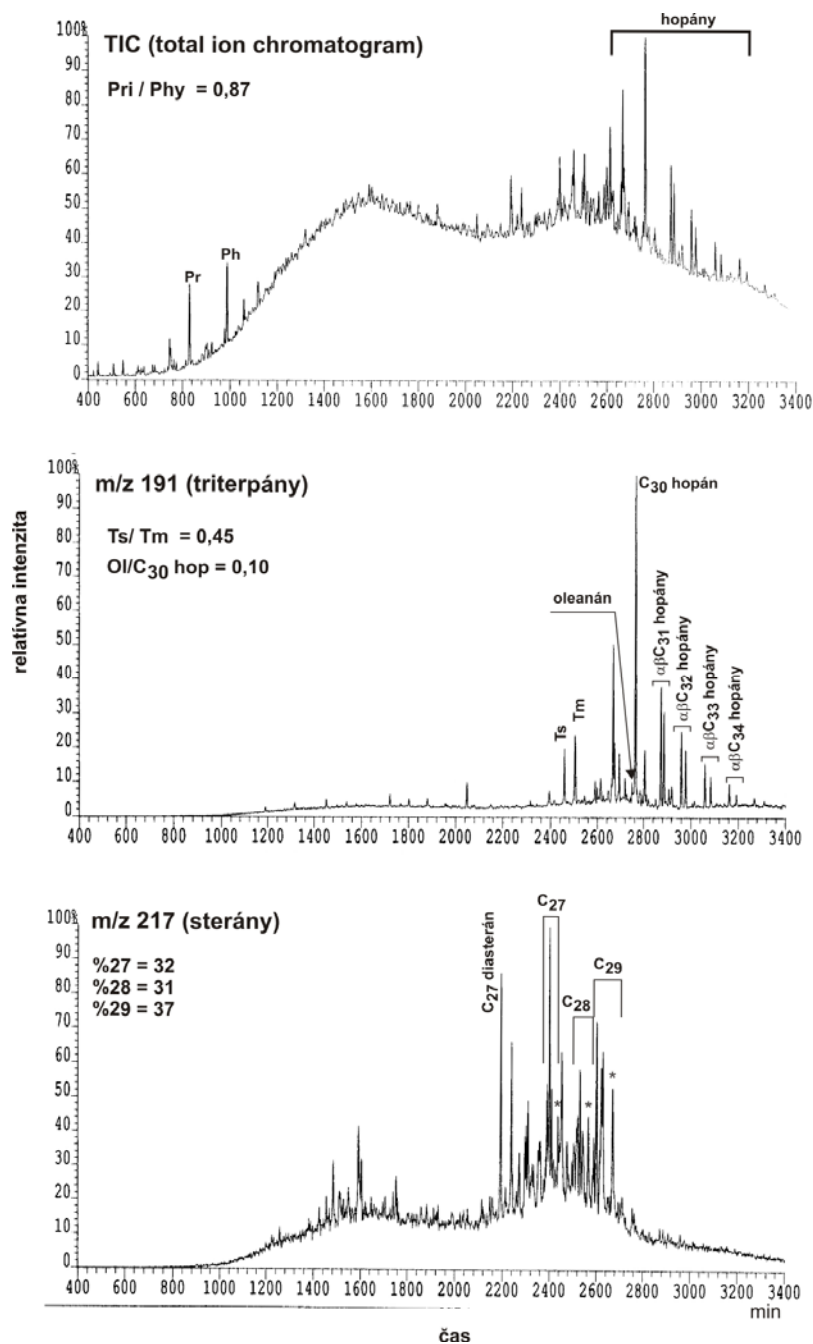
Metódou GC bolo analyzovaných 34 extraktov v stratigrafickom rozmedzí stredný trias až panón za účelom zistenia podielu jednotlivých frakcií uhľovodíkov (ALI, ARO, NSO) ako aj typu organickej hmoty a faciálnych podmienok sedimentácie. Jednotlivé parametre GC analýz sú uvedené v tab. 2. Na základe výsledkov GC bolo vybrané extrakty, ktoré boli analyzované metódou GC-MS za účelom vzájomných korelácií, najmä však korelácie typu ropa – zdrojová hornina (tab. 3; obr. 52). Z hľadiska ropných prejavov bola analyzovaná vzorka jediného prítoku fluidnej ropy z vrtu FGČ 1 v Čilistove. Geologické a geochemické údaje boli publikované v prácach Franko et al. (1981, 1992). Okrem tejto „pravej ropy“ boli chromatograficky charakterizované tiež ropné akumulácie vo vrtných jadrách v predterciérnom podloží vo vrte Dubové1v hĺbkach 2383 m (jura) a 2694 m (vrchný trias). Tieto horniny prakticky v celom intervale skúmaných jadier podložia v súčasnosti nespĺňajú kritériá pre zdrojové horniny, nakoľko nemajú žiadny uhľovodíkový (HC) potenciál ($S_2 = 0,0$ až $0,0X$ mgHC/g hor.), obsahujú však relatívne značné množstvá už vygenerovaných uhľovodíkov ($S_1 = 0,11$ až $0,36$ mgHC/g hor.), ktoré sem namigrovali z produktívnych polôh. Z geologického hľadiska sa jedná o horniny krížňanského a chočského príkrovu a vyšších príkrovov, z ktorých najmä lunzské vrstvy, vápence a ílovité bridlice krížňanského príkrovu mohli byť v minulosti zdrojovými horninami. V súčasnosti ešte obsahujú malé množstvá reziduálneho organického uhlíka ($0,0X - 0,56$ hm. %), ktorého hlavná časť však bola spotrebovaná v geologickej minulosti až po dosiahnutie súčasného stupňa tepelnej premeny ($R_o = 0,98$ až $1,77$ %). Táto tepelná premena bola dosiahnutá zrejme v pôvodných sedimentačných bazénoch súčasne s uvoľnením vytvorených uhľovodíkov a ochudobnením iniciálneho

organického uhlíka. V súčasnej pozícii a aktuálnych hĺbkach a horninových teplotách (50–90 °C) nie je možné dosiahnuť spomínaný stupeň premeny.

Ropná impregnácia vo vrte Sered' 5

Metódami GC aj GC-MS bola charakterizovaná tiež ropná impregnácia jadra z vrtu Sered' 5. Tieto analýzy umožňujú v prípade nebiodegradovanej vzorky posúdenie faciálnych podmienok vzniku na základe typu zdrojovej organickej hmoty a tiež stupeň zrelosti. Študovaná vzorka ropnej impregnácie z jadra vrtu SE 5/1320 m je však extrémne biodegradovaná, o čom svedčí aj chromatografický záznam alifatickej frakcie vzorky (obr. 50, hore). Záznam má jednak veľmi zvýšené pozadie, pričom n-alkány sú prakticky baktériami skonzumované a zostali len rezistentnejšie organické molekulové štruktúry ako sú izoprenoidy, sterány a triterpány.

Z geologického hľadiska sa v danom mieste môže jednať už o otvorenú, prepláchnutú štruktúru, čo by podporovala aj prevaha alifatickej frakcie nad aromatickou ($ALI/ARO=2,71$), kde zrejme došlo k vymytiu aromatických uhľovodíkov. Horninové teploty v okolitých vrtoch sa v blatnianskej depresii v danej hĺbke (1320 m) pohybujú v rozmedzí 48–55 °C a teda neľmitujú bakteriálnu činnosť. Z litologického hľadiska sa v danej polohe jedná o kolektorskú polohu, hodnota TOC (0,06 hm.%) je prakticky zanedbateľná, avšak podiel voľných uhľovodíkov indikovaný pyrolýzou Rock-Eval ($S1 = 0,23$ kg uhľovodíkov na tonu horniny) svedčí o namigrovanej polohe tekutých uhľovodíkov. Tepelná zrelosť vzorky sa dá v tomto prípade posúdiť len na základe trisnorhopánového indikátora tepelnej zrelosti (Ts/Tm), alebo $Ts/(Ts+Tm)$, ktorý je nezávislý na biodegradácii (obr. 50 v strede). Hodnota pomeru $Ts/(Ts+Tm) = 0,45$ je veľmi blízka hodnote tohto indikátora (0,41) v extrakte z hĺbkovej polohy 2998 m vo vrte Suchá 2 (tab. 1) v centre blatnianskej priehlbiny. V prípade vrtného jadra SU2/2998 m sa jedná o polohu zdrojových hornín ($TOC=0,78$ %) reprezentovaných kompaktnými ílovcami stredného bádenu. Tepelná premena tejto polohy indikovaná hodnotou odraznosti vitrinitu $Ro=0,55$ %, zodpovedá ranému štádiu tvorby uhľovodíkov, avšak jadro z hĺbky SU2/3500 sa nachádza už v štádiu produkcie ropy ($Ro = 0,78\%$). Na báze stredného bádenu môžeme predpokladať dosiahnutie začiatku hlavnej fázy tvorby ropy ($Ro = 1,0$ %).



Obr. 50: TIC (total ion) chromatogram alifatickej frakcie a distribúcia triterpánov (m/z 191) a steránov (m/z 217) ropnej impregnácie vyextrahovanej z vrtu Se 5/1320m.

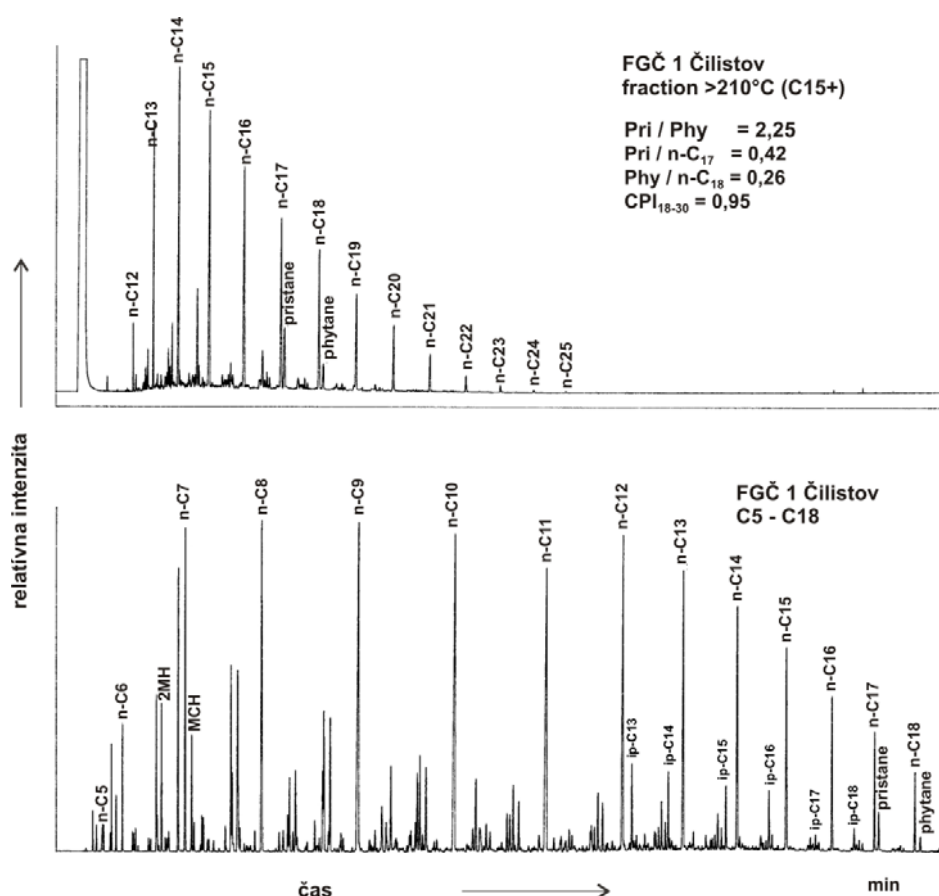
Pr = pristán, Ph = fytán, Ts = 18 α (H)-22,29,30-trisnorneohopán, Tm = 17 α (H)-22,29,30-trisnorhopán, * = $\alpha\alpha\alpha$ 20R sterán s príslušným počtom uhlíkov.

Ropa z vrtu FGČ1 Čilistov

Jediná fluidná ropa doposiaľ zistená v podunajskej panve je ľahká gazolinická ropa z geotermálneho vrtu FGČ1 Čilistov realizovaného GÚDŠ v rokoch 1978-1979 v gabčíkovej depresii. Hydrodynamickou skúškou bol zistený prítok ropy s vodou (0,002 l.s-1ropy) z intervalu 1731 až 1409 m (Franko et al., 1981). Podľa uvedených autorov ropa pochádza z najspodnejšieho pontu až vrchného panónu, ložisková teplota ropy leží v rozmedzí 64 – 68 °C. Z hľadiska zloženia rozpustených plynov v tomto úseku dominuje oxid uhličitý (91 obj. %, 3,2 obj. % pripadá na dusík, metán tvorí len asi 5,5 obj. %, Franko et al., 1992). Malá časť vzorky gazolínu sa uchovala a začiatkom 90-tych rokov minulého storočia ju Dr. Franko poskytol na chemické analýzy. Keďže sa v rámci podunajskej panvy jednalo (a je tomu tak dodnes) o jedinú ropu, gazolín bol postupne analyzovaný v laboratóriách Maxus Dallas, ČGÚ Brno a IFP Paríž. V tab. 9 sú prezentované základné charakteristiky, na obr. 2 je znázornená distribúcia n-alkánov a izoprenoidov v rámci frakcie oddelenej nad 210°C (C15+), resp. detailná distribúcia ľahkých uhľovodíkov v rozsahu C6 až C18.

Tab. 8: Chemické zloženie ľahkej frakcie gazolínu s vypočítanými charakteristickými indexmi podľa Thompson (1983) a Schäfer a Littke (1988).

zložka	skratka	hodnota
3-metylpentán	3 MP	0,20
cyklohexán	CH	0,06
2-metylhexán	2 MH	0,80
1,1 dimetylcyklopentán	1,1 DMCP	0,04
3 metylhexán	3 MH	0,78
1cis, 3-	1c, 3	0,07
1trans, 3-	1t, 3	0,07
1trans, 2-	1t, 2	0,11
n-heptán	n-C7	1,89
metylcyklohexán	MCH	0,73
toluén	tol	0,01
Indexy – Thompson, 1983		
Aromaticita (tol/n-C7)		0,01
Izoheptánový index		6,32
Heptánový index		41,54
Indexy – Schäfer Littke, 1988		
BD6 (3MP/n-C6)		0,45



Obr. 51: : Distribúcia n-alkánov a izoprenoidov v gazolíne z vrtu FGČ1 Čilistov.

Pri: pristán; Phy: fytán; CPI: carbon preference index

Na základe chemického zloženia uhľovodíkov graficky vyjadreného na obr. 51 patrí ropa z vrtu FGČ1 medzi ľahké ropy gazolinického typu. Jej hustota je 0,768 kg/m³. Obsahuje uhľovodíky v rozsahu n-C5 až n-C25 s maximálnym obsahom n-alkánu C14. Pomer pristánu voči fytánu indikuje menej anoxické prostredie počas sedimentácie, prevaha n-alkánov nad izoprenoidmi svedčí o nízkej resp. takmer žiadnej biodegradácii danej ropy, čo potvrdzuje aj nízky index BD6. Thompson (1983) odvodil na základe detailného štúdia chemického zloženia ľahkej frakcie (najmä v oblasti 2-metylhexán až metylcyklohexán) veľkého počtu rozličných rôp hodnoty heptánového a izoheptánového indexu (tab. 8). Tieto indexy poukazujú na

termálnu zrelosť kerogénu v období produkcie ropy a umožňujú ich klasifikáciu na normálne, zrelé, veľmi zrelé a biodegradované ropy. Pomer aromatických uhľovodíkov benzénu a toluénu voči n-hexánu, resp. n-pentánu zas vyjadruje mieru aromaticity vzorky.

Na základe štúdia ľahkej frakcie tejto ropy možno zhrnúť, že sa jedná o tepelne veľmi zrelú ropu bez výraznejšieho obsahu aromatických zložiek, ktoré boli pravdepodobne počas migrácie vymývané. Závislosť odraznosti vitrinitu (R_o) ako indikátora tepelnej zrelosti zdrojových hornín a heptánového indexu (Thompson, 1983) indikuje ich vysokú zrelosť na úrovni 1,7 % R_o , čo zodpovedá pozdnému štádiu tvorby kondenzátu. Takéto hĺbky môžeme v centrálnej gabčíkovej časti podunajskej panvy v blízkosti vrtu FGČ1 očakávať okolo 3200 až 4000 m (obr. 37) v teplotnom rozsahu od 150 do 180°C.

Korelácie zdrojových hornín a ropných prejavov v podunajskej panve

Chromatografické analýzy extraktov sedimentov terciérnej výplne podunajskej panvy zahŕňajú stratigrafické rozpätie od eocénu až po vrchný panón a pokrývajú prakticky všetky čiastkové panvy. Kritériom výberu bol stupeň tepelnej premeny kerogénu, pozícia voči generačným zónam uhľovodíkov, ale najmä dostatočné množstvo voľných uhľovodíkov.

Možno zhrnúť, že vo väčšine prípadov sa na základe distribúcie n-alkánov jedná o zmiešaný terestricko-morský typ organickej hmoty (kerogén typu III–II) väčšinou s prevahou terestrickej OM odvodenej od vyšších rastlín s typickým bimodálnym priebehom distribúcie n-alkánov s maximami okolo n-C19 a n-C29 a s preferenciou n-alkánov s nepárnym počtom uhlíkov. Takýto priebeh je typický najmä pre nezrelé a počiatočné štádium tvorby ropy ($R_o = 0,3 \sim 0,60$ %). V štádiu produkcie ropy ($R_o > 0,65$ %) sa oblasť s druhým maximom postupne stráca.

Ďalší typický priebeh distribúcie n-alkánov je charakterizovaný ich maximom v oblasti n-C25 až n-C35, čo je typické pre uhoľný typ organickej hmoty napríklad vo vrte Obid (FGO1/691 m; TOC=30,0 hm.%) alebo Kravany (FGKR1/205 m; TOC=7,5 hm.%).

V rámci neogénnych sedimentov je najmenej záznamov typických pre morskú OM s maximom n-alkánov v oblasti n-C15 až n-C23. Takúto

distribúciu n-alkánov môžeme pozorovať v extraktoch jadier vrtov, Trakovice (TRA1/1452 m; sp. bádén), Suchá (SU2/2106 m; sp. bádén) a Nová Vieska (NV1/858 m, panón). Všetky tieto polohy zároveň tiež na základe pomeru priastán:fytán (0,68–0,62) indikujú anoxické prostredie sedimentácie. Prevahu morskej OM vykazuje tiež extrakt vrtu Cífer (CI2/1675 m; karpát). Ďalšími vzorkami obsahujúcu v extraktoch morskú OM sú polohy ropných impregnácií z vrtov predneogénneho podložja, okrem detailne charakterizovanej vzorka z vrtu SE5/1320 m sú to vzorky Dobrá Voda (DV1/689 m; str. trias) a Dubové DUB1/2383 m; jura).

Pre korelácie typu zdrojová hornina – ropa bolo využité relatívne zastúpenie $\alpha\alpha\alpha$ R steránov (GC-MS; m/z = 217), zamerané na zistenie genetického pôvodu ropnej impregnácie z vrtu Sereď a kondenzátu z Čilistova (tab. 9; obr. 5).

Tab. 9: Základné geologické a GC-MS charakteristiky študovaných extraktov a rôp.

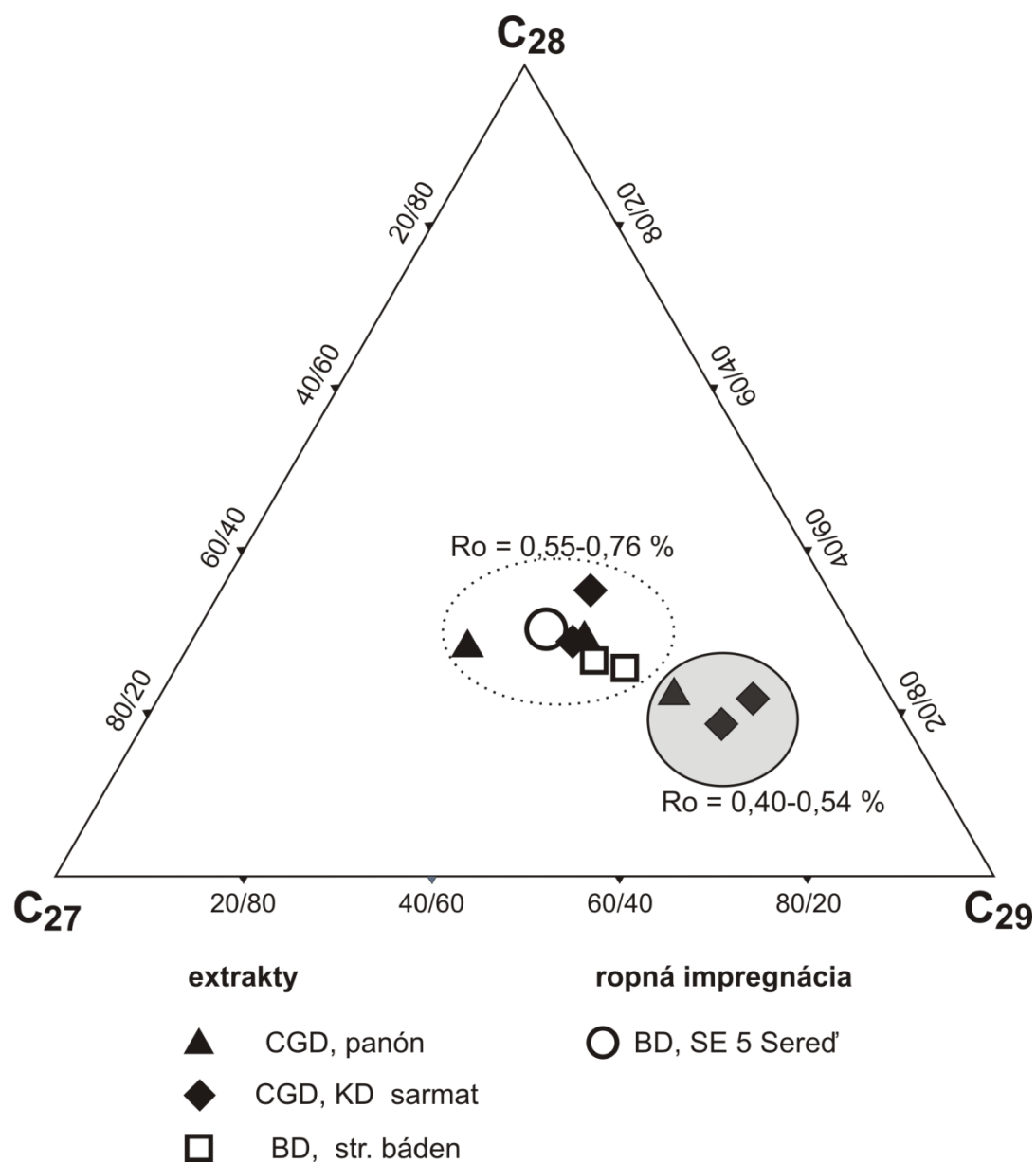
vrt/ hĺbka (m)	Strat.	% steránov $\alpha\alpha\alpha$ R			Ts/ (Ts+Tm)	Ro %	Ol.
		27	28	29			
KOL2/2306 (E)	panón	22	22	56	0.17	0.39	+
KOL2/2701 (E)	panón	41	31	28	0.65	0.54	-
KOL2/2903 (E)	panón	28	29	43	0.71	0.69	+
KOL2/3004 (E)	sarmat	32	27	41	0.81	0.76	+
VRAB1/1104 (E)	panón	15	2	63	< MD	0.42	< MD
VRAB1/1406 (E)	sarmat	27	34	39	0.49	0.48	+
VRAB1/1652 (E)	sarmat	20	19	61	0.26	0.54	+
SU2/1104 (E)	str. bádén	25	25	51	0.34	0.31	+
SU/2104 (E)	str. bádén	26	26	48	0.41	0.55	+
SE5/1320 (R)	podložie	32	31	37	0.45		+
FGČ1/1731-1608 (R)	panón	22	16	62	0.86		+

E=extrakt, R=ropa; Ro=odraznosť vitrinitu, Ol.= oleanán; Ts a Tm ako pri obr. 50.

Keďže obidve ropy obsahujú stratigraficky indikačný biomarker oleanán, porovnávané boli s extraktami tepelne čo najzrelších vzoriek terciérnej výplne (obr. 52). Z porovnania rôp navzájom vyplýva, že kondenzát z Čilistova obsahuje viac terestrického materiálu. Jedná sa o tepelne veľmi zrelú ropu, ktorá vznikla pravdepodobne v hĺbkach 3500 až 4200 m pri teplotách od 150 – 180°C (Milička a Pereszlényi, 2012). Z

geologického hľadiska takéto hĺbky aj teploty môžu byť v podmienkach Podunajskej panvy dosiahnuté len v oblasti centrálnej gabčíkovej depresie (CGD). Z pohľadu chemického a teda aj materiálového zloženia pôvodnej OM je relatívne zastúpenie steránov kondenzátu z Čilistova porovnateľné najmä so zložením extraktov sarmatských a panónskych sedimentov. Treba však podotknúť, že táto podobnosť na obr. 5 (tmavšie pole) sa týka len materiálového zloženia, tepelná zrelosť zdrojových hornín je príliš nízka z hľadiska produkcie tohto kondenzátu. V spomínaných hĺbkach a zodpovedajúcich teplotách CGD však tento typ hornín mohol byť s veľkou pravdepodobnosťou jeho zdrojom.

Ropná impregnácia z vrtu SE5 je z hľadiska materiálového zloženia porovnateľná tak so vzorkami sarmatských a panónskych extraktov ako aj s extraktami z jadier stredného bádenu z vrtu Suchá (obr. 5). Z hľadiska tepelnej zrelosti na základe trisnorhopánového indexu $Ts/(Ts+Tm)$ (m/z 191; tab. 1) je porovnateľná s hlbšou polohou vrtu Suchá 2 ako aj so sarmatským extraktom vrtu Vráble 1/ 1406 m. Distribúcia n-alkánov je v prípade tejto impregnácie nepoužiteľná, nakoľko je vzorka veľmi biodegradovaná. Jej pôvod je na základe chemického zloženia rovnako pravdepodobný zo všetkých skúmaných neogénnych súvrství, zo štruktúrnej stavby je pravdepodobné, že na miesto výskytu primigrovala. Korelácie ropy z Čilistova na základe analýz steránov a triterpánov žiaľ nemohli byť do tohto porovnania zahrnuté, nakoľko v danom čase neboli uribené GC-MS analýzy a vzorka sa nezachovala.



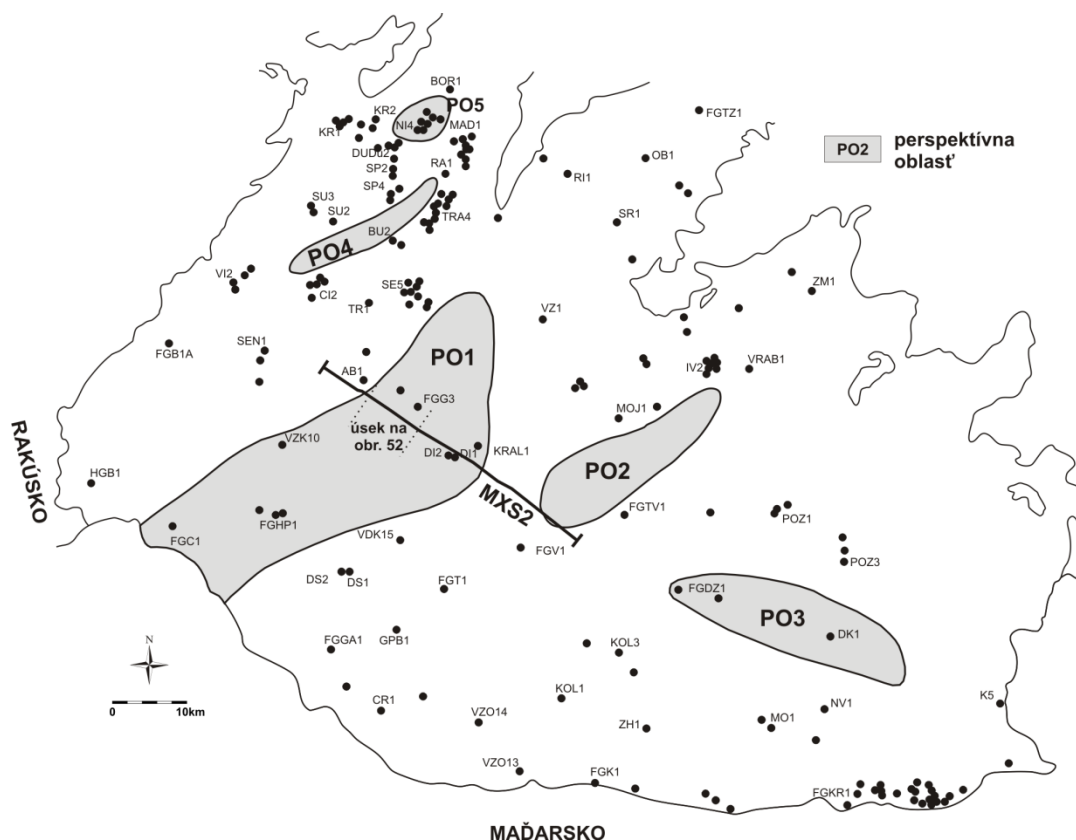
Obr. 52: Relatívne množstvo $\alpha\alpha\alpha$ R steránov C27, C28 a C29 v extraktoch a ropách v podunajskej nížine.

CGD: centrálna gabčíkovská depresia; BD: blatnianska-, KD komjatická depresia.

3.6 Charakteristika oblastí vhodných pre vyhľadávací prieskum na uhľovodíky

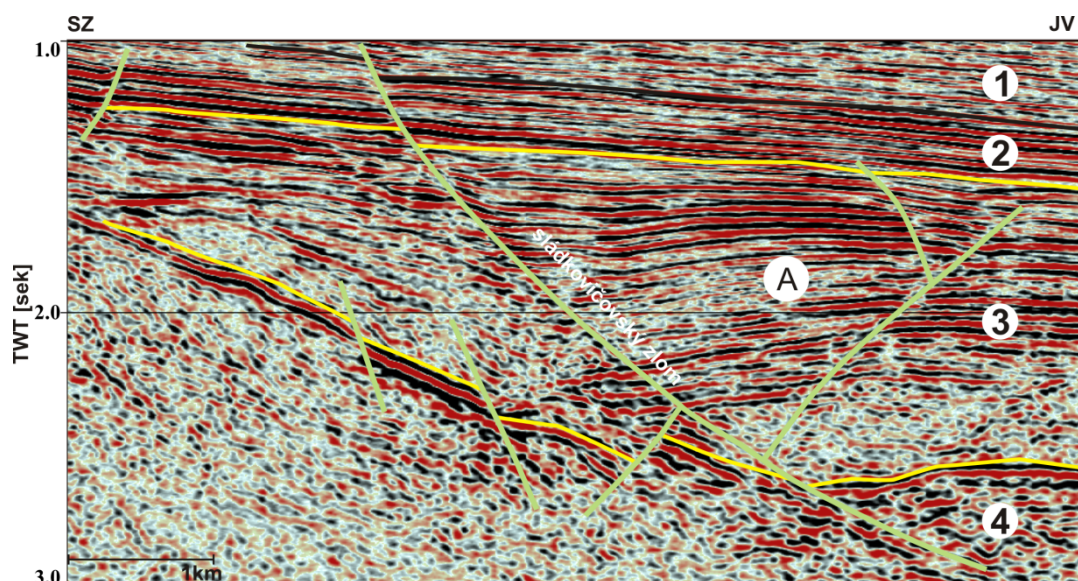
Kolektorskými horninami v predterciálnom podloží môžu byť najmä rozpukané dolomity v mezozoických sekvenciách, prípadne rozpukané paleozoické kryštalinikum. Potenciálnymi kolektormi v paleogéne a neogéne môžu byť bazálne klastiká, priepustné polohy pieskov, prípadne organogénne vápence. Uzavretosť štruktúr z hľadiska hydrodynamiky je na mnohých vrtoch potvrdená čerpacími skúškami a rozbormi vôd, ktoré vykazujú vysokú celkovú mineralizáciu resp. salinitu (napr. Michalíček, 1992). Protektorskými (krycími) horizontami sú pravdepodobne viac-menej súvislé polohy ílov alebo ílovcov resp. ílovitých prachovcov, ktoré sú vyvinuté v celej panve a vo všetkých súvrstviach výplne sa striedajú s potenciálnymi kolektorskými horninami. Uvedená charakteristika potenciálnych kolektorských hornín je spracovaná na základe výsledkov štúdie Gipson et al. (1992), litologických charakteristík uvedených v práci Biela (1978) ako aj ďalších nepublikovaných údajov, najmä korelácie elektrokarotážnych diagramov (archív VVNP š.p.).

Podľa existujúcich podkladov o stavbe panvy možno pomerne so značným rizikom vymedziť oblasti, kde sa dajú očakávať ložiskové akumulácie uhľovodíkov, či v zlomových, litologických, stratigrafických alebo kombinovaných pasciach (obr. 53):



Obr. 53: Mapa potenciálnych perspektívnych oblastí vyhľadávania uhľovodíkov.

- 1 - západné svahy gabčíkovej depresie - ložiská uhľovodíkov vo vrchnom bádene, sarmate a spodnom panóne (pasce rôzneho druhu v polohách pieskov; obr. 54);
- 2 - západné svahy komjatickej priehlbiny - ložiská uhľovodíkov vo vrchnom bádene, sarmate prípadne spodnom panóne (pasce rôzneho druhu v polohách pieskov)
- 3 - juhovýchodné svahy blatnianskej priehlbiny - ložiská uhľovodíkov v strednom a vrchnom bádene (pasce rôzneho druhu v polohách pieskov). Možnosť výskytu pascí v rozpukanom kryštaliniku.
- 4 - severozápadné svahy blatnianskej priehlbiny - ložiská uhľovodíkov v strednom bádene (pasce rôzneho druhu v polohách pieskov). Možnosť výskytu pascí v rozpukaných dolomitoch mezozoika, bazálnych klastikách a piesčitých obzoroch paleogénu a spodného miocénu.
- 5 - Severovýchodné svahy železovskej priehlbiny - ložiská uhľovodíkov v spodnom prípadne strednom bádene (pasce rôzneho druhu v polohách pieskov, prípadne v organogénnych vápencoch). V južnej časti možnosť výskytu pascí v bazálnych klastikách a piesčitých obzoroch paleogénu.



Obr. 54: Príklad štruktúry potenciálnych plynových kolektorov zmiešaných plynov (metán a oxid uhličitý) v neogénne sedimentárnej výplni podunajskej panvy na SZ časti seizmického rezu MXS2. Podľa Pereszlényi a Zelman (2003).

1-stredný a vrchný panón; 2-deltové sekvencie spodného panónu; 3-sarmat a báden; 4-paleozoické kryštalické horniny; A-perspektívna roll-over štruktúra.

3.7 Porovnanie zonality premeny organickej hmoty sedimentov podunajskej panvy, viedenskej a východoslovenskej neogénnej panvy

Doterajší prieskum na uhľovodíky bol na území našej republiky sústredený predovšetkým na oblasti sedimentárnej výplne troch najrozsiahlejších panví - viedenskej, východoslovenskej a podunajskej. S tým samozrejme úzko súvisí aj organicko-geochemický výskum, teda štúdium obsahu, typu a premeny organickej hmoty hornín ako aj modelovanie vzniku uhľovodíkov. Výsledkom tohoto štúdia je množstvo údajov sústredených v početných prácach napr. Šimánek (1975); Šimánek et al. (1990); Michalíček a Procházková (1966); Welte et al. (1982); Franců a Milička (1986); Franců et al., 1989, 1990, 1996); Müller (1987), Chmelík a Müller (1987); Ladwein (1988); Čech (1982, 1988); Milička et al., 1994a, b; 2011); Vass et al. (1990, 1992); Pereszlényi a Trgiňa (1990); Pereszlényi et al. (1991b) a ďalší autori.

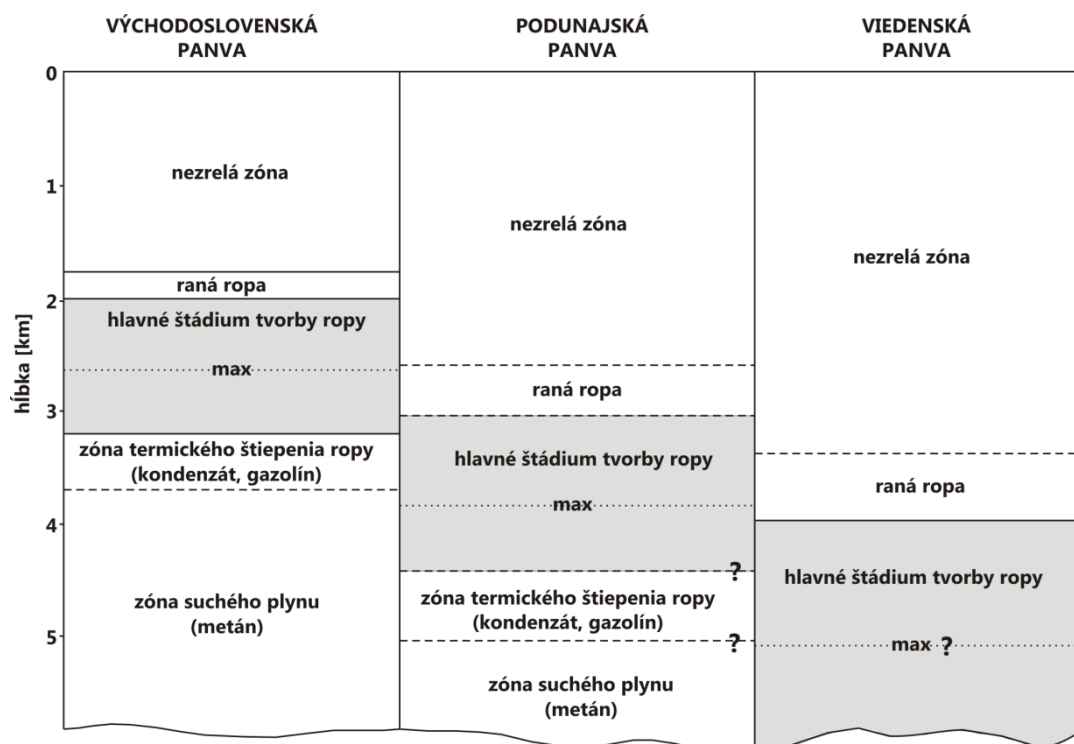
Porovnanie zdrojového potenciálu na jednej strane a hĺbkovej zonality premeny organickej hmoty a tvorby uhľovodíkov na strane druhej má veľký význam predovšetkým pre získanie poznatkov o zdroji a pôvode organickej hmoty, pre výpočet objemu potenciálnych zdrojových hornín, ktoré vstúpili do aktívnych zón tvorby uhľovodíkov a v konečnom dôsledku aj pre výpočet a porovnanie množstva uhľovodíkov, ktoré mohli tieto zdrojové horniny v jednotlivých panvách potenciálne vyprodukovať. Do tohoto porovnania sú zahrnuté tiež výsledky organicko-geochemického výskumu kontinuálneho pokračovania podunajskej panvy na maďarskom území, ktoré sú prevzaté najmä od autorov: Koncz (1983), Dövényi a Horváth (1988), Hetényi a Sajgó (1989), Szalay a Koncz (1991) a ďalších. Výsledky analýz organickej hmoty z hľadiska jej obsahu, typu aj stupňa tepelnej premeny ako aj výskyt a geologicko-geochemický charakter plynových ložísk aj ropných prejavov sú na slovenskej aj maďarskej strane porovnateľné a potvrdzujú skutočnosť, že sa jedná o geneticky jednotnú panvu v rámci panónskeho panvového systému.

Na základe výsledkov pyrolýzy Rock-Eval, meraní odraznosti vitritu, štúdiu distribúcie n-alkánov a v niektorých prípadoch aj steránov a triterpánov možno pre neogénnu sedimentárnu výplň všetkých troch panví zhrnúť:

- na základe obsahu celkového organického uhlíka sa jedná o chudobné až stredne vysoké obsahy, sedimenty podunajskej panvy sa z tohoto hľadiska javia relatívne chudobnejšie, ako v ostatných dvoch panvách
- najrozšírenejším typom kerogénu vo všetkých troch panvách je typ III, lokálne II - III, na druhej strane sú miestami prítomné polohy uhlia
- z hľadiska vypočítanej produkcie uhľovodíkov na základe geochemických charakteristík organickej hmoty metódou podľa Waples (1985) jednoznačne najviac uhľovodíkov vyprodukovala Viedenská panva (Milička et al., 2011), čo potvrdzujú aj údaje vyťažených objemov ropy a plynu. V prípade Viedenskej panvy však treba počítať aj s kvalitnejšími zdrojovými horninami zo svahov českého masívu – sedimentov jury, prípadne autochtonného paleogénu (Welte et al., 1982; Ladwein et al., 1988).
- hĺbkový trend premeny organickej hmoty a tvorby uhľovodíkov je v každej z týchto panví odlišný. Vo východoslovenskej panve

prebiehajú procesy zrenia kerogénu v najmenších hĺbkach, v podunajskej vo väčších hĺbkach a vo viedenskej panve najhlbšie. Modelovanie premeny kerogénu na základe histórie pochovávaní sedimentov a geotermálnych podmienok ukazuje, že tieto rozdiely v spomínaných panvách možno vysvetliť najmä rozdielnym geotermickým gradientom. Rozdielne teplotné podmienky a relatívna rýchlosť premeny kerogénu majú tiež vplyv na mocnosť jednotlivých generačných okien uhľovodíkov (obr. 55).

Podrobnejšie sú jednotlivé parametre určujúce uhľovodíkový potenciál ako aj výpčet potenciálne vyprodukovaných objemov plyných a kvapalných uhľovodíkov uvedené v práci Milička et al., (2011).



Obr. 55: Porovnanie hĺbkovej zonality premeny organickej hmoty v sedimentoch východoslovenskej, podunajskej a viedenskej panvy.

Záver

Zdrojové horniny sedimentov podunajskej panvy možno na základe celkového organického uhlíka charakterizovať ako priemerné až chudobné, avšak z hľadiska ich objemu potenciálne nádejné pre produkciu uhl'ovodíkov.

Dominantným typom kerogénu je typ III, ktorý má svoj pôvod prevažne vo zvyškoch suchozemských rastlín, čiastočne je prítomný tiež kerogén s podielom organickej hmoty morského pôvodu - typ II až III; na druhej strane sú pomerne časté aj sedimenty s prímiesou uhlia a uhoľnými polohami.

Hĺbkový trend premeny organickej hmoty v podunajskej panve je kontrolovaný teplotnými podmienkami (geotermickým gradientom). Táto skutočnosť platí v súlade so všeobecnými poznatkami o vplyve teploty na zrenie organickej hmoty tak v rámci porovnania trendov premeny organickej hmoty vo viedenskej i východoslovenskej panve ako aj v rámci porovnania jednotlivých dielčích častí samotnej podunajskej panvy.

Z hľadiska zonality tvorby uhl'ovodíkov vstúpili neogénne sedimenty v príslušných hĺbkach do aktívneho štádia tvorby ropy, v hlbších častiach gabčíkovej depresie aj do štádia tvorby kondenzátu, resp. v najhlbších častiach tejto oblasti až do štádia tvorby suchého plynu. Súčasný stupeň premeny predterciérnych sedimentárnych jednotiek svedčí o skutočnosti, že tieto horniny už prevažnú časť svojho uhl'ovodíkového potenciálu stratili a v súčasnosti sa nachádzajú - najmä na okrajových, vyzdvihnutých častiach panvy - v pasívnom štádiu zrelosti. Podobne sedimenty paleogénu v severných okrajových častiach panvy (blatnianska priehlbina, bánovská kotlina, hornonitrianska kotlina) a v južnej časti (štúrovský paleogén) sa v súčasnosti nachádzajú v pasívnych štádiách zrelosti. V aktívnom štádiu zrelosti (počiatočné štádium tvorby ropy) sa v súčasnosti paleogénne sedimenty pravdepodobne nachádzajú len v oblasti Novej Viesky.

Vrtným prieskumom boli v podunajskej panve z hľadiska výskytu uhľovodíkov zistené menšie akumulácie plynov s prevahou metánu ako aj ďalšie prejavy spontánných a rozpustených plynov s menším obsahom metánu a variabilným podielom oxidu uhličitého a dusíka. Na základe chemického zloženia uhľovodíkových plynov a izotopického zloženia uhlíka metánu sa jedná o zmiešané termogénno-bakteriálne plyny a termogénne plyny asociované s generovaním ropných uhľovodíkov. Obsah vyšších uhľovodíkových plynov (etán až bután) svedčí o vzniku termogénneho podielu plynov spolu s procesom tvorby ropy.

Jediný výskyt ropy bol zistený v geotermálnom vrte FGČ1 Čilistov. Je to ľahká gazolinická ropa prakticky neovplyvnená biodegradáciou, ktorá podľa získaných výsledkov a modelovania s najväčšou pravdepodobnosťou vznikla v oblasti centrálnej gabčíkovej depresie v hĺbkach od 3200 do 4000m pri teplotách v rozsahu asi 150 do 180°C, čo zodpovedá pozdnému štádiu tvorby kondenzátu.

Záverom možno zhrnúť, že na základe prezentovaných organicko-geochemických charakteristík sedimentov a stupňa premeny organickej hmoty podunajská panva stále zostáva potenciálne perspektívnou oblasťou pre objavenie ekonomicky významných akumulácií uhľovodíkov. Potvrďuje to aj existencia priamych indícií ropných uhľovodíkov v slovenskej aj v maďarskej časti panvy. Napriek tomu zostávajú najmä hlbšie časti centrálnej gabčíkovej depresie doposiaľ vrtné nepreskúmané. Objem zdrojových hornín v tejto časti panvy je na jednej strane redukovaný prítomnosťou pochovaných vulkanitov, na druhej strane zvýšená teplota priaznivo vplýva na dosiahnutie prahovej hodnoty vyprodukovaného množstva uhľovodíkov pre primárnu migráciu, teda vytesnenie ropy zo zdrojových hornín do pórovitejšieho prostredia najmä v zónach produkcie kondenzátu a suchého plynu.

Slovník vybraných pojmov

Alifatické uhľovodíky: nearomatické organické zlúčeniny pozostávajúce z uhlíka a vodíka, ktoré môžu byť nasýtené (alkány), alebo nenasýtené (alkény, alkíny), z hľadiska štruktúry molekuly môžu byť cyklické a alicyklické.

Asfaltény: zhluky molekúl s kondenzovanými aromatickými a naftenickými kruhmi spojenými alifatickými reťazcami. Rozpustné sú napr. v n-heptáne (C_7H_{16}) a toluéne ($C_6H_5CH_3$).

Alkány: nasýtené uhľovodíky (bez násobných väzieb medzi atómami uhlíka v molekule), môžu byť lineárne alebo rozvetvené; starší názov – parafíny.

Angiospermy: krytosemenné kontinentálne vyššie rastliny, ktoré sa vyvinuli na konci obdobia spodnej kriedy.

Anoxické prostredie: prostredie s veľmi nízkou koncentráciou kyslíka (menej ako 0,1 ml/l vody).

Aromatické uhľovodíky: tiež arény, sú cyklické planárne organické zlúčeniny obsahujúce aromatický systém (delokalizovaný systém π -elektrónov); môžu sa skladať z jedného (monoaromatické), alebo viacerých aromatických kruhov (polyaromatické).

Asociovaný plyn: prírodný plyn vyskytujúci sa spolu s ropou.

Biodegradácia: rozklad organickej hmoty a uhľovodíkov pôsobením mikroorganizmov. K biodegradácii prírodnej ropy dochádza v relatívne malých hĺbkach (asi do $80^{\circ}C$). Mikroorganizmy metabolizujú najprv štruktúrne najjednoduchšie formy (n-alkány, acyklické izoprenoidy) až neskôr zložitejšie (napr. sterány a triterpány).

Biogénny plyn: pozri **Mikrobiálny plyn**

Biomarkery: zložité organické zlúčeniny pozostávajúce z uhlíka, vodíka a ďalších prvkov, ktoré sa vyskytujú v ropách, horninách a sedimentoch. Ich základná štruktúra sa len veľmi málo, alebo vôbec nelíši od zdrojových molekúl v žijúcom organizme.

Bitumén: prírodná zmes rôznych, pôvodne ropných uhľovodíkov, elasticko-viskóznej povahy, zložená hlavne z uhlíka a vodíka, niekedy sa vyskytuje spoju s minerálnou prímiesou; rozpustný je v organických rozpúšťadlách (benzén, chloroform, sírouhlík a pod.), vo vode je nerozpustný.

C₂₇-C₂₈-C₂₉ diagram: Diagram znázorňujúci distribúciu regulérnych steránov s príslušným počtom uhlíkov, indikujúcich zdroj organickej hmoty..

Cyklické uhľovodíky: uhľovodíky s uzavretým uhlíkovým reťazcom. Delia sa na cykloalkány, cykloalkény, cykloalkýny a arény.

Chromatogram: graf znázorňujúci distribúciu jednotlivých separovaných zložiek vo forme píkov voči retenčnému času ich separácie. Porovnávanie chromatogramov jednotlivých rôp je založené na porovnaní pomerov výšok alebo plôch vybraných píkov. Vloženie interného štandardu umožňuje priame porovnanie koncentrácie vybraných maxím vo vzorkách.

Diagenéza: predstavuje procesy, ku ktorým postupne dochádza pod povrchom po uložení sedimentu. Tieto procesy zahŕňajú kompakciu, rekryštalizáciu, rozpúšťanie a nahrádzanie zložiek sedimentu, rozpukanie, autigenézu a cementáciu. Z hľadiska premeny organickej hmoty predstavuje diagenéza nízkoteplotný (do 50°C) proces biologickej, fyzikálnej a chemickej alterácie organickej hmoty rozptýlenej v sedimentoch. Predchádza hlavnej fáze tvorby ropy, ale v rámci diagenézy sa tvorí biogénny plyn.

Extrakt: ropa alebo bitumén získaný z horniny pomocou organických extrakčných činidiel.

Fytán: nasýtený izoprenoid obsahujúci 20 atómov uhlíka (*i*-C₂₀).

Gamacerán: C₃₀ pentacyklický triterpán, pričom každý kruh obsahuje šesť uhlíkov. biomarker odvodený od angiosperm. Obsahujú ho zdrojové horniny sedimentujúce stratifikovanom, zvyčajne hypersalinnom vodnom stĺpci a od nich odvodené ropy.

Gazolín: (vlhký plyn) prírodný plyn obsahujúci etán, propán a vyššie uhľovodíky a menej ako 98% metánu voči všetkým ostatným uhľovodíkom. Zóna produkcie gazolínu sa nachádza pod ropným oknom a nad plynovým oknom. Zrelosťou zodpovedá odraznosti vitrinitu medzi 1,3 až 2,0%.

GC-MS: (z angl. gas chromatography-mass spectrometry) analytická metóda založená na spojení plynovej chromatografie a hmotnostnej spektroskopie pre získanie štruktúrnych informácií špecifických zlúčenín. Na princípe analýzy GC-MS je hlavne založená interpretácia biomarkerov.

GC-FID: (angl. Gas Chromatography – Flame Ionization Detektor) Plynový chromatograf vybavený plameňovo ionizačným detektorom.

Hmotnostné spektrum: Graf znázorňujúci závislosť pomeru hmotnosti a náboja (*m/z*) voči intenzite. Využívajú sa na predbežnú identifikáciu zlúčenín, ktoré sú diagnostické pre niektoré špecifické štruktúry (metóda fingerprintu).

Hopány: pentacyklické triterpány (C_{27} - C_{35}) vznikajúce v bakteriálnych membránach a väčšinou sú dominantnými triterpánmi v ropách. C_{30} ($17\alpha,21\beta$) hopán býva najviac zastúpený.

Izoprenoidy: nenasýtený uhľovodík, ktorého molekulová štruktúra obsahuje izoprénovú jednotku (2-metyl-buta-1,3-dién, vzorec $CH_2=C(CH_3)CH=CH_2$). Produkujú ho mnohé rastliny. Medzi typické acyklické izoprenoidy vyskytujúce sa v ropách a hoeninových extraktoch patrí pristán a fytán.

Kerogén: organická hmota rozptýlená v sedimentárnych horninách, ktorá je nerozpustná v oxidujúcich kyselinách, v zásadách ani v bežných organických rozpúšťadlách. Vzniká z odumretých organizmov rastlinného a živočíšneho pôvodu v procese diagenézy. Pri zvýšenej teplote uvoľňuje ropné a plynné uhľovodíky.

Korelácia typu ropa-ropa: porovnanie chemického zloženia vyjadrujúceho genetické vzťahy medzi jednotlivými prírodnými ropami navzájom. Tieto sú založené na porovnaní geochemických údajov vrátane biomarkerov a izotopického zloženia. Zdrojová hornina môže byť pri tom neznáma.

Lakustrinná: (organická hmota) organická hmota usadená v jazernom prostredí.

Metán: hlavná zložka prírodného plynu (CH_4).

Migrácia: podpovrchový pohyb uhľovodíkových flúid. Zahŕňa primárnu, sekundárnu migráciu, akumuláciu a presakovanie.

- **primárna** tiež expulzia, vytesnenie vytvorenej ropy z jemnozrnných zdrojových hornín do pórovitejšieho prostredia na krátke vzdialenosti.
- **sekundárna** pohyb ropy v pórovitom alebo rozpukanom horninovom prostredí vplyvom tlaku rozpustených plynov a prehriatych flúid (vody) na väčšie vzdialenosti (rádovo od desiatok m po stovky km).

Mikrobiálny plyn: (biogénny plyn) plyn obsahujúci viac ako 99% metánu, produkovaný je baktériami v plytších polohách (do horninovej teploty $\sim 80^\circ C$). V porovnaní s termogénnym metánom je ochudobnený o izotop ^{13}C .

NSO zložky: (rezíny) frakcia ropy rozpustná v pentáne, ktorá okrem uhlíka a vodíka obsahuje ďalšie prvky vrátane dusíka, síry a kyslíka. Tieto zložky sa tiež nazývajú heterozložky alebo neuhľovodíky.

Oleanán: C_{30} pentacyklický triterpán, biomarker odvodený od angiosperm. Jeho prítomnosť v ropách a extraktoch indikuje vrchnokriedový a mladší (terciérny) vek. Jeho absencia sa však určenie veku nedá využiť.

Organická hmota: uhlíkatý materiál biogénneho pôvodu vyskytujúci sa väčšinou v sedimentárnych horninách. Zahŕňa odumreté rastlinné

a živočíšne zvyšky, kerogén, bitumén ropu a plyn. V sedimentoch sa vyskytuje v rozptýlenej (kerogén) alebo akumulovanej forme (ložiská kaustobiolitov).

Plynová chromatografia: analytická metóda na separáciu jednotlivých chemických zložiek alebo skupín na základe rýchlosti ich unášania v stacionárnej fáze. Analyzovaná zmes je vstreknutá do stacionárnej fázy (kvapalina s vysokou molekulovou hmotnosťou) v ktorej je unášaná mobilnou fázou (inertný plyn). Jednotlivé zložky sú separované (rozdeľované) na základe ich molekulovej hmotnosti. Separované zložky sú identifikované rôznymi typmi detektorov, v prípade ropy a horninových extraktov sa používa plameňovo ionizačný detektor (FID).

Prírodný plyn: prírodná zmes plyných uhľovodíkov – metánu, etánu, propánu a butánu v rôznom pomere, niekedy aj spolu s pentánom a hexánom a s neuhľovodíkovými plynmi ako oxid uhličitý, sírovodík, dusík, vodík a hélium.

Pristán: nasýtený izoprenoid obsahujúci 19 atómov uhlíka (*i*-C₁₉).

Ropa: zmes tekutých uhľovodíkov rôznej molekulovej hmotnosti a ďalších tekutých organických zlúčenín, ktorá vzniká a vyskytuje sa v geologických formáciách pod zemským povrchom.

- **ľahká** ropa s hustotou menej ako 870 kg/m³.
- **ťažká** ropa s hustotou 920 až 1000 kg/m³.
- **veľmi ťažká** ropa s hustotou nad 1000 kg/m³.

Sterány: skupina tetracyklických nasýtených biomarkerov pozostávajúca zo šiestich izoprénových jednotiek. Sú odvodené od sterolov živých organizmov. Najčastejšie využívané sterány v geochemii sú v oblasti C₂₆–C₃₀, sledované sú v hmotnostných chromatogramoch *m/z* 217 (218).

Suchý plyn: prírodný plyn obsahujúci hlavne metán a neobsahujúci ľahko kondenzujúcu gazolinickú frakciu. Suchý plyn môže byť biogénneho aj termogénneho pôvodu. Odlíšiť sa dá na základe izotopického zloženia $\delta^{13}\text{C}$ metánu.

Terpány: široká skupina zložitých rozvetvených cyklických biomarkerov zahŕňajúca hopány a tricyklické zlúčeniny. Sleduje sa v hmotnostných chromatogramoch *m/z* 191.

Termogénny plyn: uhľovodíkový plyn, ktorý vzniká termickým štiepením organickej hmoty. V porovnaní s mikrobiálnym (biogénnym) plynom je obohatený o izotop ¹³C.

Triterpány: skupina nasýtených biomarkerov pozostávajúca zo šiestich izoprénových jednotiek.

Uhľovodíky: rozličné organické zlúčeniny zložené z uhlíka a vodíka vyskytujúce sa v tekutom, plynnom alebo pevnom skupenstve.

- **ľahké** plyny, ktoré sú pri štandardných teplotných a tlakových podmienkach prchavé v rozsahu od metánu po oktán vrátane izo- a cyklo alkánov a aromatických zlúčenín.
- **aromatické** uhľovodíky obsahujúce jeden a viac benzénových kruhov. Vzorec monoaromatických uhľovodíkov (napr. benzény, toluény, xylény) je C_nH_{2n-6} . Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU) obsahujú najmenej dva a viac vzájomne spojených aromatických kruhov ležiacich v rovine.
- **nasýtené** nearomatické zložky ropy zahŕňajúce lineárne aj vetvené alkány a cykloalkány
- **nenasýtené** uhľovodíky obsahujúce jednu alebo viac dvojných alebo trojných väzieb. Väčšina nenasýtených uhľovodíkov je v podmienkach existencie ropy nestabilná.

Vitrinit: uhoľný macerál pochádzajúci z vyšších terestrických drevitých rastlín. Častice vitrinitu v jemnozrnných sedimentoch sa využívajú na meranie svetelnej odraznosti vitrinitu (R_o) pre určenie stupňa tepelnej zrelosti.

Zrelosť (tepelná): oblasť teplom riadených reakcií vedúcich k transformácii sedimentárnej organickej hmoty na ropu, kondenzát, plyn až grafit. Aktuálny stupeň tepelnej premeny organickej hmoty sa určujú pomocou rôznych meraných a analytických parametrov (odraznosť vitrinitu, maximum pyrolytickej teploty T_{max} , pomer izomerizácie biomarkerov). Tepelná premena organickej hmoty predstavuje nevratné reakcie.

Literatúra

- Allen, P.A., Allen, R.A., 2005: Basin Analysis. Principles and applications. Second edition. Blackwell Publish. Co., 549.
- Biela, A., 1978: Hlboké vrty v zakrytých oblastiach vnútorných Západných Karpát. Záhorská nížina, Podunajská nížina, I. Regionálna geológia, 10. GÚDŠ Bratislava, 224.
- Bednaříková, J., Thon, A., 1984: Naftový průmysl na území Československa. Knihovnička Zemního plynu a nafty 5. Hodonín, 290-298.
- Bernard, B.B., Brooks, J.M. Sacket, W.M., 1976: Natural gas seepage in the Gulf of Mexico. Earth. Planet. Sci. Lett., 31, 48-54.
- Bray, E.E., Evans, E.D., 1961: Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. Geochim. Cosmochim. Acta, 22, 1, 2-15.
- Buday, T., Cícha, I., Hanzlíková, E., Chmelík, F., Koráb, T., Kuthan, M., Nemčok, J., Pícha, F., Roth, Z., Seneš J., Scheibner, E., Stráník, Z., Vaškovský, I., Žebera, K., Regionální geologie ČSSR, Díl II, Západní Karpaty, Sv. 2, ÚÚG Praha, 425-441.
- Buzek, F., Michalíček, M., 1989: Izotopie ropných uhlovodíků a bitumenů (vývoj metodiky a aplikace). MS, archiv ÚÚG Brno.
- Clayton J.L., Koncz I., 1994: Geochemistry of Natural Gas and Carbon Dioxide in the Békés Basin – Implications for Exploration. In: Teleki P.G., Mattick R.E. & Kókai J. (Eds.): Basin Analysis in Petroleum Exploration, 187–199.
- Clayton J.L., Spencer C.W., Koncz I., Szalay A., 1990: Origin and Migration of Hydrocarbon gases and carbon dioxide. Békés Basin, southeastern Hungary. Organic Geochemistry, 15, 3, 233–247.
- Čech, F., 1982: Ložiská palív - vzťah k hlbínnej stavbe panónskej panvy a karpatského oblúka. Záp. Karpaty, Sér. Geol. 8, GÚDŠ Bratislava, 146.
- Čech F., 1988: Dynamics of Neogene Carpathian basins in relation to deep structure, crustal type and fuel deposits. Záp. Karpaty, Sér. Geol., Bratislava, 12, 293.
- Dlabač, M. a Mořkovská, V., 1958: Řešení vzniku a vyhledávání ložisek nafty a plynu v Malé dunajské nížine. Dílčí výzk. správa úkolu: Výskum vzťahů mezi tvarem povrchu a geologickou stavbou Malé dunajské nížiny. MS, archiv Nafta Gbely.
- Dlabač, M., Adam, Z., 1959: Geologická interpretace reflexně seismického měření v Malé dunajské nížině - tektonické členění a rozbor struktur. MS, archiv Nafta Gbely, 473.

- Dow, W.G., 1977: Kerogen studies and geological interpretation. *J. Geochem. Expl.*, 7, 79-99.
- Dövényi, P., Horváth, F., 1988: A review of temperature, thermal conductivity and heat flow data from the Pannonian Basin. In: *The Pannonian Basin- a study in basin evolution* (Royden L.H. a Horváth F. eds.), AAPG Memoir 45, 195-234.
- Durand, B., 1980: Sedimentary organic matter and kerogen. Definition and quantitative importance of kerogen. In: *Kerogen* (Durand B. ed.), Technip, Paris, 14-34.
- Durand, B., Paratte, M., Bertrand P., 1983: Le potentiel pétrolier des charbons: une approche géochimique. *Rev. Inst. Franc. Pétr.*, 38, 6, 709-821.
- Durand, B., Alpern, B., Pittion, J.L., Pradier, B., 1990: Reflectance of vitrinite as a control of thermal history of sediments, 441-474.
- Ekweozor, C.M., Okogun, J.I., Ekong, D.E.U., Maxwell J.R., 1979 a,b: Preliminary organic geochemical studies of samples from the Niger Delta (Nigeria) I. Analyses of crude oils for triterpanes; II. Analyses of shale for triterpenoid derivatives. *Chem. Geol.*, 27, 11-28; 29-37.
- Ekweozor, C.M., Udo O.T., 1988: The oleananes: origin, maturation and limits of occurrence in southern Nigeria sedimentary basins. *Org. Geochem.*, 13, 131-140.
- Espitalié, J., Laporte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P., Paulet, J., Boutefeu, A., 1977: Méthode rapide de caractérisation des roches meres, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. *Rev. Inst. Franc. Pétr.*, 32, 1, 23-43.
- Espitalié, J., Madec, M., Tissot, B., 1980: Role of mineral matrix in kerogen pyrolysis: Influence of petroleum generation and migration. *AAPG Bull.*, 64, 1, 59-67.
- Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F., 1985: La pyrolyse Rock Eval et ses applications. Partie I. *Rev. Inst. Franc. Pétr.*, 40, 5, 563-579.
- Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F., 1986a: La pyrolyse Rock Eval et ses applications. Partie II. *Rev. Inst. Franc. Pétr.*, 40, 6, 755-784.
- Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F., 1986b: La pyrolyse Rock Eval et ses applications. Partie III. *Rev. Inst. Franc. Pétr.*, 41, 1, 73-89.
- Fusán, O., Biely, A., Ibrmajer, J., Plančár, J., Rozložník L., 1987: Podložie terciéru vnútorných Západných Karpát. *GÚDŠ Bratislava*, 49-55.
- Franců, J., Milička, J., 1988: Clay mineral and organic matter catagenesis in the East Slovakian Neogene Basin. *Proc. 10th Int. Conf. Clay Miner. Petrol.*, Ostrava 1986, (Konta J. ed.), 119-124.
- Franců, J., Rudinec, R., Šimánek, V., 1989: Hydrocarbon generation zone in the East Slovakian Neogene Basin: model and geochemical evidence. *Geol. Zbor. Geol. Carpath.*, 40, 3, 355-384.

- Franců J., Müller P., Šucha V., Zatkalíková V., 1990: Organic matter and clay minerals as indicator of thermal history in the Transcarpathian depression (East Slovakian Neogene Basin) and the Vienna Basin. *Geol. Zbor. Geol. Carpath.*, 41, 5, 535-546.
- Franců J., Radke M., Schaefer R. G., Poelchau H.S., Čáslavský J., Boháček Z., 1996: Oil-oil and oil-source rock correlations in the northern Vienna Basin and adjacent Carpathian Flysch Zone (Czech and Slovak area). In: *Oil and gas in Alpidic thrust belts and Basins of Central and East Europe*. Wessely G.& Liebl W. (eds.). Special Publication of the European Association of Geoscientists and Engineers, No. 5. Geological Society, London, 343-354.
- Franko, O., Bodiš, D., Brestenská, E., Harča, V., Ondrejčková, A., Priehodská, Z., Remšík, A. Vass, D., 1981: *Správa o výskumnom geotermálnom vrte FGČ1 v Čilistove*. Manuskript, Geofond, Bratislava.
- Franko, O., Vass, D., Franců, J., Král, M., Pereszlényi, M., Milička, J., 1992: Prvý výskyt ropy v slovenskej časti podunajskej panvy. *Miner. Slov.*, 24, 453-460
- Franko, O., Remšík, A., Fendek, M. eds., 1995: *Atlas geotermálnej energie Slovenska*. MŠSR, MŽPSR, GÚDŠ Bratislava.
- Gaža, B., 1972: Akumulácie plynov v severozápadnej časti podunajskej panvy. *Miner. Slov.*, 4, 15, 145-160.
- Gaža, B., 1974: Výsledky naftového prieskumu kolárovskej kladnej gravimetrickej anomálie. *Miner. Slov.*, 6, 1, 23-39.
- Gaža, B., 1978: *Pionýrský průzkum elevace Ivánka pri Nitre - Golianovo*. MS, Geofond Bratislava.
- Gaža, B., Pěničková, M., Uhmman, J., Dvořáková, V., 1985: *Závěrečná správa vyhledávacího průzkumu na živice v podunajské pánvy v letech 1973 až 1983*. MS, archiv Nafta Gbely, 308.
- Gipson, M., Gullett, Ch.D., Reed, J.K., 1992: *Petrology and petrography of the Danube Basin: Implications regarding reservoir quality*. Technical Report (ESRI-Maxus Dallas), archiv VVNP, Bratislava, 22.
- Gross, P., Köhler, E., Samuel, O., 1984: *Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatského paleogénu*. *Geologické Práce, Správy*, GÚDŠ, 81, 103–118.
- Hetényi M., Sajgó Cs., 1989: Hydrocarbon generation potential of some Hungarian low-rank coals. *Adv in org. geochem.*, (Durand B. a Behar F. eds.), Paris, 907-916.
- Hrušecký, I., Pagáč, Pererszlényi M., Bartková J., 1991: *Perspektívy vyhľadávacieho prieskumu na ropu a zemný plyn v podunajskej panve*. MS, Geofond, Bratislava, 96.

- Hrušecký I., Pereszlényi M., 1992: Reinterpretácia geologickej stavby podunajskej panvy a jej predterciérneho podložia. MS archív GÚDŠ.
- Hrušecký I., Pereszlényi M., Hók J., Šefara J., Vass D., 1993: Stavba podunajskej panvy vo svetle interpretácie nových a reinterpretácie starších geofyzikálnych. In: Rakús M. & Vozár J. (eds): Geodynamický model a hlbinná stavba Západných. GÚDŠ, Bratislava, 291–296.
- Hrušecký, I., Šefara, J., Masaryk, P., Lintnerová, O. 1996. The structural and facies development and exploration potential of the Slovak part of the Danube Basin. In: Wessely G. and Liebl W. (Eds.): Oil and gas in Alpidic thrust belts and basins of Central and Eastern Europe: European Association of Petroleum Geoscientists and Engineers Special Publication, 5, 417-429.
- Hók, J., Kováč, M., Pelech, O., Pešková, I., Vojtko, R., Králiková, S., 2016: The Alpine tectonic evolution of the Danube Basin and its northern periphery (southwestern Slovakia). *Geologica Carpathica*, 67, 5, 495-505.
- Hunt, J.M., 1996: Petroleum chemistry and geology. Second edition. W.H.Freeman and Co. New York. 743.
- Chmelík, F., Müller, P., 1987: Příspěvek k poznání vertikálního členění zón katageneze a vzniku migrace uhlovodíků ve vídeňské pánvi. *Zem. plyn a nafta*, 32, 4, 477-492.
- Katz, B.J., Pheifer, R.N., Schunk, D.J., 1988: Interpretation of discontinuous vitrinite reflectance profiles. *AAPG Bull.*, 72, 8, 926-931.
- Keith, J. F. JR., Vass, D., Kanés, W. H., Pereszlényi, M., Kováč, M., Král, M., Anderson, A., 1989: Sedimentary basins of Slovakia, part II. Final report on the hydrocarbon potential of the Danube Lowland Basin. Technical report, ESRI University of South Carolina, 143.
- Kilényi E. & Šefara J. (Eds.), 1989: Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Budapest.
- Kókai, J., 1994: Exploration history and future possibilities in Hungary. In: Popescu B.M. (Ed.): Hydrocarbons of eastern central Europe, habitat, exploration and production history. Springer-Verlag, Berlin, 147–173.
- Koncz, I., 1983: The stable carbon isotope composition of the hydrocarbon and carbon dioxide components of hungarian natural gases. *Acta Miner. Petrograph.*, Szeged, 26, 33-49.

- Kováč, M., 2000: Geodynamický, paleogeografický a štruktúrny vývoj v rámci karpatsko-panónskeho regiónu v miocéne: Nový pohľad na neogénne panvy Slovenska. Veda, Bratislava, 202).
- Kováč, M., Marko, F., Nemčok, M., 1993a: Neogene structural evolution and basin opening in the Western Carpathians. *Geophys. Trans.*, Budapest, 37, 297-309.
- Kováč, M., Nagymarosi, F., Soták, J., Šútovská K., 1993b: Late Tertiary paleogeographic evolution of the western Carpathians. *Tectonophysics*, 226, 401-416.
- Lánczos, T., Milička, J., Molnárová H., 2004: Hydrogeochemické zhodnotenie chemických analýza podzemných vôd z vrtoz ropného prieskumu v dunajskej panve, časť I. Podzemná voda, X, 2, 18-31.
- Kováč, M., Synak, R., Fordinál, K., Joniak, P., Tóth, C., Vojtko, R., Nagy, A., Baráth, I., Maglay, J., Minár, J., 2011. Late Miocene and Pliocene history of the Danube Basin: Inferred from development of depositional systems and timing of sedimentary facies changes. *Geologica Carpathica*, 62, 6, 519-534.
- Ladwein H.W., 1988: Organic geochemistry of Vienna Basin: Model for hydrocarbon generation in Overthrust Belts. *AAPG Bull.*, 72, 5, 586-599.
- Lopatin, N.V., 1971: Temperatura i geologičeskoje vremja kak faktory uglefikacii. *Izv AN SSSR, ser. geol.*, 6, 95-106.
- Lunga, S., 1967: Plytký a středně hluboký strukturní výzkum v jihovýchodní části podunajské pánve. Manuscript, ČND Hodonín, 72.
- Mattick, R.E., Teleki, P.G., Phillips, R.L., Clayton, J., David G., Pogácsás, G., Bardócz, B., Simon, E., 1996: Structure, stratigraphy and Petroleum Geology of the Little Plain Basin, northwestern Hungary. *AAPG Bulletin*, 80, 11, 1780–1800.
- Michalíček, M. a Procházková, V., 1966: Hydrogeochemie hlubinných vod podunajské nížiny a mesozoického podloží. MS, Geofond Bratislava, 47.
- Michalíček, M., 1992: Hydrogeology and Geochemistry of waters and gases in the Danube Basin. Internal Report, archív VVNP Bratislava, 30.
- Michalík J., Broska I., Franců J., Jendrejáková O., Kochanová M., Lintnerová O., Masaryk P., Papšová J., Planderová E., Šucha V., Zatkalíková V., 1992: Vrt Dobrá Voda 1 (1140.8, Konča Skaliek) v Brezovských Karpatoch. *Reg. Geol. Záp. Karpát (Bratislava)*, GÚDŠ, 27, 139.
- Michalíček, M. 1992: Hydrogeology and Geochemistry of waters and gases in the Danube Basin. Internal Report, VVNP Bratislava.

- Milička, J., 1993: Výskum organickej hmoty sedimentov Podunajskej nížiny. Kandidátska dizertačná práca, MS, Katedra geochemie UK PRIF, Bratislava, 105.
- Milička, J., Pereszlényi M., 1993: Vznik, migrácia a možnosti akumulácie prírodných uhľovodíkov v Strážovských vrchoch a okolí. MS, archív VVNP, Bratislava.
- Milička, J., Massaoult, M., Franců, J., 1994a: Carbon and hydrogen isotopic composition of four methane gases from the Slovak and Czech part of the Vienna Basin. *Geologica Carpathica*, 45, 6, 379-382..
- Milička, J., Pereszlényi, M., Šefara, J., Vass, D., 1994b: Organic matter study in the junction zone of the Danube Basin and the Inner West Carpathians. *First Break*, 12, 571-574.
- Milička, J., Pereszlényi, M., Franců, J., Vitáloš, R., 1996: Organic geochemical appraisal of hydrocarbon potential in the Danube Basin, Slovakia. Oil and gas in Alpidic thrust belts and Basins of Central and East Europe. Wessely G.& Liebl W. (eds.). Special Publication of the European Association of Geoscientists and Engineers, No. 5. Geological Society, London, 431-439.
- Milička, J., 1997: Geochemické zhodnotenie premeny ílových minerálov chemizmu vôd a plynov z hlbokých vrtov v Podunajskej nížine. In: Pereszlényi et al., 1997: Prieskum Podunajskej nížiny na výskyt štruktúr vhodných pre podzemné zásobníky plynu. Úloha TR: K06-125-179. Záverečná správa za I. etapu: Podrobná analýza geologických a geofyzikálnych podkladov a výber lokalít pre PZP. Archív SPP š.p., 36 – 48.
- Milička, J., 1998: Zhodnotenie uhľovodíkového potenciálu Hornonitrianskej kotliny a sedimentárnej organickej hmoty vo vrte Š-1 NB-I11 Prievidza. *Regionálna Geológia Západných Karpát*, GÚDŠ Bratislava, 89–94.
- Milička, J., 2000: Organicko-geochemické zhodnotenie sedimentárnej organickej hmoty a prírodných uhľovodíkových prejavov vo vybraných oblastiach Západných Karpát. Habilitačná práca, PRIF UK Bratislava, 167.
- Milička, J., Pereszlényi, M., Lánčzos, T., 2005: Hydrogeochemické zhodnotenie chemických analýza podzemných vôd z vrtov ropného prieskumu v dunajskej panve, časť II. Podzemná voda, XI, 1, 78-89.
- Milička, J., Pereszlényi M., Nagy, A., 2011: Hydrocarbon potential of Northern promontories of the Pannonian Basin System in Slovakia. *Mineralia Slovaca*. - Vol. 43, No. 4, 351-364.

- Milička, J., Pereszlényi, M., 2012: Uhl'ovodíkové prejavy v Podunajskej panve. *Geochémia* 2012, Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 126-128.
- Milička, J., 2013: Pôvod ropnej akumulácie na štruktúre Sered' v Podunajskej panve. *Geochémia* 2013, Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 127-131.
- Milička, J., Kopal, L., Kudlička, L., Polc, R., 2015: Hydrocarbons in the Slovak part of the Danube Basin. *Acta Geologica Slovaca (AGEOS)*, Roč. 5, č. 1, 175-186.
- Milota, K., Kovács, A., Galicz, Zs., 1995: Petroleum potential of the north Hungarian Oligocene sediments: *Petroleum Geoscience*, 1, 81-87.
- Müller, P., 1987: Zdrojové horniny ropy a plynu juhovýchodných svahů Českého masívu a vídeňské pánve. MS, Kandidátska dizertačná práca, ÚÚG, Praha
- Nagymarosy, A., 1990: Paleogeographical and paleotectonic outlines of some Intra-Carpathian Paleogene basins. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 41, 3, 259-274.
- Pagáč, I., 1962: Zhodnotenie perspektív a návrh prieskumných prác na naftu a zemný plyn v predterciérnom podloží podunajskej panvy. MS archív Nafta Gbely.
- Pagáč I., 1964: Poznámky ku vzniku akumulácii neuhľovodíkových plynov v podunajskej panve. *Geol. práce, Zprávy* 40, 71-78.
- Pagáč, I., 1965: Príspevok ku geológii podložia terciéru Podunajskej panvy. *Geol. práce, Zprávy* 37, GÚDŠ Bratislava, 19-26.
- Pagáč, I., 1967: Prehodnotenie perspektív neogénu podunajskej panvy. MS, archív Nafta Gbely.
- Palcsu, L., Vető, I., Futó I., Vodila, G., Papp, L., Major, L., 2014: In-reservoir mixing of mantle-derived CO₂ and metasedimentary CH₄ - N₂ fluids - Noble gas and stable isotope study of two multistacked fields (Pannonian Basin System, W-Hungary). *Marine and Petroleum Geology*, 54, 216-227.
- Pereszlényi, M., Trgiňa, P., 1990: Burial history curves and hydrocarbon generation windows of the deep boreholes of the East Slovakian Basin. Pictures created with Basinmod - a basin analysis modelling system, Platte River Associates, Inc., ESRI, University of South Carolina. MS, archív VVNP Bratislava, 35.
- Pereszlényi, M., Milička J., Franců, J., Král', M., 1991a: Výsledky štúdia premeny organickej hmoty v sedimentoch podunajskej panvy. MS, archív GÚDŠ Bratislava.

- Pereszlényi, M., Trgiňa, P., Vitáloš, R., Vass, D., Elečko, M., 1991b: Predikcia termálnej zrelosti uhľovodíkov vo východoslovenskej panve a poznámky ku genéze panvy. Zbor. ref. konf. "Perspektivy naftového priemyslu", Luhačovice
- Pereszlényi, M., Milička, J., Vitáloš, R., Šefara, J., Vass D., 1993a: Štúdium organickej hmoty severných výbežkov podunajskej panvy (Rišňovská depresia, Bánovská a Hornonitrianska kotlina). MS, archív VVNP, Bratislava.
- Pereszlényi, M., Milička, J., Vitáloš, R., 1993b: Geologický vývoj a tvorba uhľovodíkov v podunajskej panve. Čiastková záverečná správa úlohy ZP-547-007 „Hlbinná stavba a geodynamický vývoj Západných Karpát“, 45.
- Pereszlényi, M., Milička, J., Vitáloš, R., Trgiňa, P., 1993c: Prieskum uhľovodíkov v Podunajskej nížine - Geochemické práce. MS, archív SPP š.p. - OZ VVNP, Bratislava, 13.
- Pereszlényi, M., Milička, J., Vass, D., 1993d: Výsledky geochemického výskumu a modelovania generačných okien uhľovodíkov v podunajskej panve. In: Geodynamický model a hlbinná stavba Západných Karpát (Rakús M. a Vozár J. eds.). GÚDŠ Bratislava, 201-206.
- Pereszlényi, M., Masaryk, P., Slávik, M., Pereszlényiová, A., Vitáloš, R., Pagáč, I., Zelman J., Milička, J.: 1997: Prieskum podunajskej nížiny na výskyt štruktúr vhodných pre podzemné zásobníky plynu. Záverečná správa za I. etapu: „Podrobná analýza geologických a geofyzikálnych podkladov a výber lokalít pre PZP“. MS, archív SPP OZ VVNP.
- Peters, K.E., 1986: Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. AAPG Bull., 70, 3, 318-329,
- Pollastro, R. M. (1990) The iUite/smectite geothermometer - Concepts, methodology, and application to basin history and hydrocarbon generation: in Applications of Thermal Maturity Studies to Energy Exploration, V. F. Nuccio and C. E. Barker, eds., Soc. Econ. Paleontol. Mineral., 1-18.
- Rice, D.D., Claypool, G.E., 1981: Generation, accumulation and resource potential of biogenic gas. AAPG Bull., 65, 1, 5-25,
- Royden, L.H., 1988: Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian basin system. In: Royden L.H. Horváth F. eds.): The Pannonian basin. A study in Basin evolution. AAPG Memoir 45, 27-48.
- Royden, L.H., Horváth, F., Rumpler, J., 1983a: Evolution of the Pannonian basin system 1. Tectonics. Tectonics, 2, 67-90.

- Royden, L. H., Horváth, F., Nagymarosi, A., Stegena, L., 1983b: Evolution of the Pannonian basin system 2. Subsidence and thermal history. *Tectonics*, 2, 91-137.
- Schaefer, R. G., R. Littke, 1988: Maturity-related compositional changes in the low molecular-weight hydrocarbon fraction of Toarcian shales: *Advances in Organic Geochemistry 1987: Organic Geochemistry*, 13, 4-6, 887-892.
- Seneš, J., 1959: Paleogén podunajskej nížiny s ohľadom na tektoniku a vývoj sedimentov v štúrovskej oblasti. MS, archív GÚDŠ Bratislava.
- Seneš, J., 1960: Základné črty paleogénu podunajskej nížiny. *Geol. Práce.*, zošit 59, GÚDŠ Bratislava.
- Stach, E., Mackowski, M.T., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra. D., Teichmüller M., 1975: *Textbook of coal petrology*. 2nd revised ed.. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 428.
- Strnad, M., Kotásek, V., Pašiak, J., 1981: Využití pyrolýzy hornin při naftové prospekci. *Zem. plyn a nafta*, 26, 3, 425-440.
- Szalay, A., Koncz, I., 1991: Genetic relations of hydrocarbons in the Hungarian part of the Pannonian Basin. In: *Generation, accumulation and production of Europe's hydrocarbons* (Spencer A.M., ed.). Special publication of the EAPG, 1, 317-322.
- Šefara, J. (Edit.), 1987: Bielik M., Bodnár J., Čížek P., Filo M., Gnojek I., Grecula P., Halmešová S., Husák L., Janoščík M., Král M., Kubeš P., Kucharič L., Kurkin M., Leško B., Mikuška J., Muška P., Obernauer D., Pospíšil L., Putiš M., Šefara J., Šutora A., Velich R.: 1987: Štruktúrno-tektonická mapa vnútorných Západných Karpát pre účely prognózovania ložísk, geofyzikálne interpretácie. SGÚ Bratislava, Geofyzika Brno., Uránový prieskum Liberec, 267.
- Šimánek, V., 1965: Příspěvek k určení ropomatečných a sběrných hornin v západní části Podunajské nížiny. *Geol. práce, Zprávy* 34, 103-114.
- Šimánek, V., 1966: Výzkum naftomatečnosti a migrace uhlovodíků neogénní výplně a podloží Podunajské nížiny. MS, archív ÚÚG Praha.
- Šimánek, V., Šmeral, J., 1960: Geochemický výskum organické hmoty sedimentů podunajské nížiny. Výskumná správa VÚ ČND Brno.
- Šimánek V., 1975: Geochemická charakteristika sedimentárních hornin čs. Karpat z hlediska rozptýlené organické substance, MS, archív ÚÚG Brno, 52.
- Šimánek, V., Müller, P., Chmelík, F., 1990: Problems related to the origin of hydrocarbons in the Vienna Basin. In: *Thirty years of geological cooperation between Austria and Czechoslovakia* (Minaříková D. a Lobitzer H. eds.), Vienna, Prague, 233-238.

- Slávik, J., 1974: Schéma „Dunajskej vulkanickej zóny“. MS, ŠGÚDŠ Bratislava.
- Šucha V., 2001: Íly v geologických procesoch. *Acta geologica slovacae*, 159.
- Šujan, M., 2016: Development of the northern danube basin during the late miocene and pliocene, PhD thesis, Comenius University Bratislava, 157.
- Thompson, K.F.M., 1983: Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 4, 303–316.
- Tissot, B.P., Welte, D.H., 1984: Petroleum formation and occurrence. 2nd edition. Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York, 699.
- Unomah, G.I., Ekweozor, C.M., 1993: Application of vitrinite reflectance in reconstruction of tectonic features in Anambra Basin, Nigeria: Implication for petroleum potential. *AAPG Bull.*, 70, 3, 436-451.
- Vass, D., Kahan, Š., Köhler, E., Krystek, I., Nemčok, J., 1988: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov panónskej panvy na území ČSSR 1:500 000. Vysvetlivky k mape. GÚDŠ Bratislava, 65.
- Vass, D., Král', Pereszlényi, M., 1990a: Nové poznatky o stavbe, sedimentačnom prostredí a o tepelnom dozrievaní organickej hmoty v podunajskej panve. MS, archív GÚDŠ, Bratislava.
- Vass, D., Pereszlényi, M., Kováč M., Král' M., 1990b: Out-line of Danube basin geology. *Földt. Közlöny*, Budapest, 120, 193-214.
- Vass, D., Wunder, D., Pereszlényi, M., Polák, M., Milička, J., Franců, J., Šimánek, V., Boháček, Z., Borkovcová, I. Franko, J., Jančí, J., Jurečka, J., Horák, J., Hrušecký, I., Linhartová, M., Müller, P., Strnad, M., Širáňová, V., Toul, J., Trgiňa, P., 1992: Organic matter maturation study in Neogene and Pre-neogene rocks of Danube Basin and adjacent areas. MS, archív GÚDŠ Bratislava, 210.
- Vető, I., Csizmeg, J., Sajgó, Cs., 2014: Mantle-related CO₂, metasedimentary HC–N₂ gas and oil traces in the Répcelak and Mihályi accumulations, W-Hungary – mixing of three fluids of very different origin. *Central European Geology*, 57, 1, 53–69.
- Waples, D. W., 1985: *Geochemistry in Petroleum Exploration*. D. Reidel Publishing CO., IHROC, Boston, 231.
- Welte, D.H., Kratochvil, H., Rullkötter, J., Ladwein, H., Schaefer, R.G., 1982: Organic geochemistry of crude oils from the Vienna Basin and an assessment of their origin. *Chem. Geol.*, 35, 33-68.
- Wood, D.A., 1988: Relationship between thermal maturity indices and calculated using Arrhenius equation and Lopatin method: Implications for petroleum exploration. *AAPG Bull.*, 72, 2, 115-134,

Yükler, M.A., 1991: "Yükler PC" One-dimensional deterministic dynamic basin modelling software user's manual. MS, archív VVNP, Bratislava.

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázky

Obr. 1: Prehľad hlbokých vrtov a seizmických meraní v podunajskej panve.	15
Obr. 2: Pozícia slovenskej a maďarskej časti podunajskej panvy v rámci alpsko-karpatského systému.	19
Obr. 3: Regionálne-geologické členenie podunajskej panvy podľa Vass et al. (1988) s vyznačením analyzovaných a modelovaných vrtov	20
Obr. 4: Mapa Bougerových anomálií v podunajskej panve podľa Šefara et al. (1987).	21
Obr. 5: Schématická mapa rozšírenia predterciérnych jednotiek v Podunajskej panve podľa Pereszlényi a Hók (1992).	22
Obr. 6: Schématická mapa rozšírenia paleogénu v podunajskej panve podľa Hrušecký et al. (1990).	24
Obr. 7: Geologická interpretácia seizmického profilu MXS 2/92 podľa Pereszlényi (1987)	29
Obr. 8: Mapa magnetických anomálií v podunajskej panve podľa Šefara et al. (1987).	30
Obr. 9: Schématická atektonická mapa bázy neogénu (podľa Hrušecký, 1990) s vyznačením priebehu geologicko-geochemických profilov.	34
Obr. 10: Geochemický profil vrtu Kolárovo 2.	48
Obr. 11: Geochemický profil vrtu Suchá2.	49
Obr. 12: Geochemický profil vrtu Ripňany1.	50
Obr. 13: Geochemický profil vrtu Vráble1.	51
Obr. 14: Geochemický profil vrtu Nová Vieska1.	52
Obr. 15: Kinetické parametre kerogénu typu a) II-III, b) III a c) uhoľného typu	54
Obr. 16: Kinetické parametre kerogénu typu II, merané a vypočítané krivky generácie uhľovodíkov a indexu transformácie.	55
Obr. 17: Diagram znázorňujúci extrakčné postupy a jednotlivé typy analýz hornín, horninových extraktov a prírodných rôp (podľa Bordenave, 1993)	57
Obr. 18: Chromatogramy nasýtenej frakcie uhľovodíkov v profile vrtu Kolárovo2; pri/phy: pomer pristánu a fytánu; Ro: odraznosť vitritu	60
Obr. 19: Distribúcia steránov vo vrte Kolárovo2.	62
Obr. 20: Distribúcia triterpánov vo vrte Kolárovo2.	63
Obr. 21: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte Kolárovo2.	68
Obr. 22: Porovnanie vypočítaných a nameraných hodnôt vo vrte Kolárovo2	68
Obr. 23: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte Suchá 2.	69
Obr. 24: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte Ripňany1	69
Obr. 25: Graf histórie pochovávaní sedimentov a vývoj generačných okien uhľovodíkov vo vrte FGKRI (Kravany n/Dunajom).	70
Obr. 26: Distribúcia celkového organického uhlíka v neogénnej výplni a podloží podunajskej panvy	73
Obr. 27: Charakteristika zdrojových hornín (HI vs. Tmax)	77

Obr. 28: Charakteristika zdrojových hornín (S2 vs. TOC)	78
Obr. 29: Posúdenie zdroja organickej hmoty na základe distribúcie steránov vo vrte Kolárovo2	80
Obr. 30: Charakteristické rozloženie steránov C27, C28 a C29 ($\alpha\alpha\alpha$ 20R) v profile vrtu Kolárovo 2	81
Obr. 31: Zonalita premeny organickej hmoty terciérnych a predterciérnych hornín na základe odraznosti vitrinitu	83
Obr. 32: Hĺbková zonalita premeny organickej hmoty a ílových minerálov SZ a centrálnej časti podunajskej panvy	83
Obr. 33: Zonalita premeny kerogénu v hĺbkovom profile vrtu Suchá2 a porovnanie zrelosti sedimentov karpátu v širšej oblasti blatnianskej priehlbiny	85
Obr. 34: Zonalita premeny keroxgenu v profile vrtu FGKR1	86
Obr. 35: Mapa povrchu zóny raného štádia tvorby uhľovodíkov v súčasnosti	89
Obr. 36: Mapa povrchu zóny tvorby ropy v súčasnosti	90
Obr. 37: Mapa povrchu zóny tvorby kondenzátu v súčasnosti	91
Obr. 38: Mapa povrchu zóny tvorby metánu v súčasnosti	92
Obr. 39: Mapa zón zrelosti potenciálnych zdrojových hornín na úrovni bázy neogénu.	93
Obr. 40: Index transformácie vypočítaný podľa Espitalié et al. (1985, 1986).	94
Obr. 41: Generalizovaný geologický rez s vyznačením zón zrelosti organickej hmoty (Z - V).	96
Obr. 42: Generalizovaný geologický rez s vyznačením zón zrelosti organickej hmoty (SZ-JV).	96
Obr. 43: Mapa ložísk prírodných plynov s vyznačením zón zrelosti kerogénu.	98
Obr. 44: Genetická charakteristika uhľovodíkových plynov podunajskej panvy podľa Bernard et al., (1976)	99
Obr. 45: Vzťah izotopického a chemického zloženia uhľovodíkových plynov a teploty kolektora	100
Obr. 46: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($rHCO_3/rCl$) štruktúr v podloží neogénu	104
Obr. 47: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($rHCO_3/rCl$) štruktúr v bádene	106
Obr. 48: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($rHCO_3/rCl$) štruktúr v sarmate	107
Obr. 49: Mapa uzavretosti/otvorenosti ($rHCO_3/rCl$) štruktúr v panóne	109
Obr. 50: TIC (total ion) chromatogram alifatickej frakcie a distribúcia triterpánov (m/z 191) a steránov (m/z 217) ropnej impregnácie vyextrahovanej z vrtu Se 5/1320m.	112
Obr. 51: : Distribúcia n-alkánov a izoprenoidov v gazolíne z vrtu FGČ1 Čilistov analyzovaného v laboratóriách Institut Français du Pétrole, Paríž	114
Obr. 52: Relatívne množstvo $\alpha\alpha\alpha$ R steránov C27, C28 a C29 v extraktoch a ropách v podunajskej nížine.	118
Obr. 53: Mapa potenciálnych perspektívnych oblastí vyhľadávania uhľovodíkov.	120
Obr. 54: Príklad štruktúry potenciálnych plynových kolektorov zmiešaných plynov (metán a oxid uhličitý) v neogénne sedimentárnej výplni podunajskej panvy na SZ časti seizmického rezu MXS2.	121
Obr. 55: Porovnanie hĺbkovej zonality premeny organickej hmoty v sedimentoch východoslovenskej, podunajskej a viedenskej panvy.	123

Tabuľky

Tab. 1 Základné geologicko-geochemické charakteristiky skúmaných vrtných jadier.	39
Tab. 2: Základné chromatografické charakteristiky nasýtenej frakcie uhľovodíkov.	59
Tab. 3: Vybrané parametre GC-MS analýzy horninových extraktov a prejavov rôp	61
Tab. 4: Chemické a izotopické charakteristiky uhľovodíkových plynov podunajskej panvy.	66
Tab. 5: Porovnanie generačných zón uhľovodíkov v niektorých vrtoch modelovaných podľa programu Matoil resp. Yüklér 1D.....	67
Tab. 6: Sumarizácia základných organicko-geochemických údajov pre podložie a terciérnu výplň podunajskej panvy.....	74
Tab. 7: Porovnanie vybraných parametrov pyrolýzy RockEval celohorninových vzoriek a demineralizovaného kerogénu	79
Tab. 8: Chemické zloženie ľahkej frakcie gazolínu s vypočítanými charakteristickými indexmi podľa Thompson (1983) a Schäfer a Littke (1988).	113
Tab. 9: Základné geologické a GC-MS charakteristiky študovaných extraktov a rôp.	116

Zoznam skratiek vrto

Abrahám	AB
Báhoň	BAH
Borovce	BOR
Bruty	VTB
Bučany	BU
Cífer	CI
Čalovo	CAL
Čilistov	FGC
Čiližská Radvaň	CR
Diakovce	DI
Dubové	DUB
Dubník	DK
Dunajská Streda	DS
Dunajský Klátov	VDK
Dvory n. Ž.	FGDŽ
Eliášovce	VZK
Galanta	FGG
Horná Potôň	FGHP, VHP
Chorvátsky Grob	FGB, GROB
Ivánka	IV
Kráľová	KRAL
Krupá	KR
Komárno	KOM, M
Kolárovo	KOL
Komjatice	KOM
Madunice	MAD
Modrany	MO
Nižná	NI
Nová Vieska	NV
Obdokovce	OBD
Obid	OBID, FGO
Podhájska	POD
Pozba	POZ
Ratkovce	RA
Ripňany	RI
Rusovce	HGB
Salka	K
Senec	SEN, FGS
Sereď	SE

Suchá	SU
Špačince	SP
Šurany	SUR
Šurianky	SR
Topolčany	FGTZ
Topolníky	FGT
Topoľovec	VTP
Trakovice	TRA
Trnava	TR
Tvrdošovce	FGTV
Veľké Kostoľany	VK
Veľké Zálužie	VZ
Vištuk	VI
Vlčany	FGV
Vráble	VRAB
Zelený Háj	ZH
Zlaté Klasy	VZK
Zlaté Moravce	ZM