



VYSVETLIVKY
ku geologickej
mape
kvartéru
Slovenska

1 : 500 000

Zostavil: Juraj Maglay



ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA 2011

VYSVETLIVKY
ku geologickej
mape kvartéru
Slovenska

Vedecký redaktor:

RNDr. Milan Polák, CSc.

Členovia redakčnej rady:

RNDr. Vladimír Bezák, CSc., RNDr. Michal Elečko, CSc., RNDr. Vladimír Hanzel, CSc., RNDr. Milan Kohút, CSc., RNDr. Vlastimil Konečný, CSc., RNDr. Jaroslav Lexa, CSc., RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ján Mello, CSc., RNDr. Michal Potfaj, CSc., RNDr. Ján Pristaš, CSc., doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.

Juraj Maglay, Martina Moravcová a Martin Kučera

VYSVETLIVKY
ku geologickej
mape
kvartéru
Slovenska

1 : 500 000

Zostavil: Juraj Maglay



ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA 2011

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2011

ISBN 978-80-89343-54-6

OBSAH

ABSTRAKT	7
1. ÚVOD (J. Maglay)	9
1.1. Perspektívy kvartérnogeologického výskumu a jeho koordinácia	9
1.2. Súčasný kvartérnogeologický výskum na Slovensku	10
1.3. Geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000	12
1.4. Princípy zostavenia mapy	15
2. KVARTÉR – NAJMLADŠIE OBDOBIE GEOLOGICKEJ HISTÓRIE ZEME (M. Moravcová a J. Maglay)	19
2.1. Stručný prehľad základných etáp vývoja kvartérnych štúdií	19
2.2. Základné črty kvartérneho obdobia	21
2.3. Stratigrafia kvartéru	23
2.3.1. Kyslíková izotopová stratigrafia	24
2.3.2. Klimatostratigrafia	24
Dansgaardove-Oeschgerove eventy	25
Heinrichove eventy	25
2.4. Súčasná metódy datovania kvartéru	26
2.4.1. Rádiometrické datovacie metódy	27
Rádiouhlíkové datovanie	27
Káliovo-argónové a argónovo-argónové datovanie	28
Uránové série datovania	29
Datovanie <i>fission track</i>	30
Luminiscenčné datovanie	31
Elektrónová spinová rezonancia (ESR)	32
Iné rádiometrické metódy	32
2.4.2. Inkrementačné datovacie metódy	32
Dendrochronológia	33
Varvová chronológia	33
Lichenometria	34
Ročné vrstvy v ľadovcoch	34
2.4.3. Stratigrafické markery	35
Magnetostratigrafia	35
Tefrochronológia	36
Kyslíková izotopová chronológia	37
2.4.4. Relatívna chronológia založená na procesoch chemickej alterácie	37
Aminokyselínová geochronológia	37
Obsah fluóru, uránu a dusíka vo fosílnych kostiach	38
Hydratácia obsidiánu	38
Zvetrávacie vlastnosti horninových povrchov	38
Pedogenéza	38
3. GEOLOGICKÁ STAVBA KVARTÉRU SLOVENSKA A JEHO VÝVOJ (J. Maglay, M. Moravcová a M. Kučera)	39
3.1. Charakteristika základných genetických typov kvartérnych uloženín	40
Glacigénne sedimenty – piesky, úlomky hornín, balvany až bloky	42
Glacifluviálne sedimenty – piesky, piesčité štrky, úlomky hornín a balvany	43
Fluviálne sedimenty	45
Fluviálne sedimenty v terasovom vývoji – hlinité piesky, piesky, štrky, piesčité štrky a reziduálne štrky	45

Fluviálne sedimenty nív – piesčité hliny, hliny, hlinité piesky a štrky	48
Fluviálne sedimenty s pokryvom eolických pieskov	49
Fluviálne sedimenty s pokryvom spraší a eolicko-deluviálnych sprašových hĺn	49
Fluviálno-limnické až fluviálne sedimenty v superpozičnom vývoji	51
Proluviálne sedimenty	53
Terasované a naložené proluviálne sedimenty – piesčité štrky s úlomkami hornín	53
Nívné proluviálne sedimenty – hliny, piesčité hliny, piesky s úlomkami a štrkami	55
Proluviálne sedimenty s pokryvom eolických pieskov	56
Proluviálne sedimenty s pokryvom spraší a eolicko-deluviálnych sprašových hĺn	56
Fluviálno-organické až palustrické sedimenty – íly, piesčité íly, humózne hliny a hnilokaly	57
Eolické sedimenty	58
Jemnozrnné naviate piesky	58
Prachovité (sporadicky jemne piesčité) hliny – sprae	59
Fosílné pôdne komplexy	61
Eolicko-deluviálne sedimenty – sprašové hliny	61
Eluviálne až eluviálno-deluviálne zvetraniny – ílovité hliny, hlinité piesky a piesky	62
Deluviálne sedimenty	63
Litofaciálne nerozlišené svahové sedimenty – hliny, piesky a úlomky hornín	64
Svahové hliny a piesčité hliny (sporadicky s úlomkami)	64
Svahové úlomky hornín, piesky, balvany až bloky	66
Deluviálno-fluviálne sedimenty – ílovité a piesčité hliny s úlomkami a štrkami	66
Deluviálno-proluviálne sedimenty – ílovité hliny, piesčité hliny, hlinité štrky a úlomky hornín	67
Organogénne sedimenty – slatiny, rašeliny a rašeliny slatinného typu	69
Chemogénne až chemogénno-organogénne sedimenty – sladkovodné vápence (penovce a travertíny)	70
Limnické sedimenty – íly, hliny, piesky, štrky a úlomky	72
Vulkanogénne horniny – bazalty a bazanity a pemzové tufy	72
Antropogénne akumulácie – navážky, haldy a skládky	73
Jaskynné sedimenty	74
Nesúvislý kvartérny pokryv na predkvartérnych štruktúrnych jednotkách	76
Neogénne sedimenty	76
Neovulkanity	77
Sedimenty vnútrokarpatského paleogénu	77
Sedimenty vonkajšieho flyšového pásma	77
Horniny bradlového pásma	77
Mezozoické horninové komplexy	78
Horninové komplexy mladšieho paleozoika	78
Metamorfity a magmatity kryštalinika	78
3.2. Hrúbka kvartérneho pokryvu	79
4. ZÁVER (J. Maglay)	82
5. LITERATÚRA	83

ABSTRAKT

Nová *Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000* obsahovo nadväzuje na prvú *Geologickú mapu kvartéru Slovenska 1 : 500 000* (Vaškovský, 1973), ktorú významne dopĺňa a vo viacerých smeroch sa ju snaží kvalitatívne posunúť ďalej. Mapa predstavuje účelovú syntézu kvartérnogeologických poznatkov získaných dlhodobým a cieľavedomým geologickým a geomorfologickým výskumom a mapovaním na Slovensku. Formou prehľadného a účelového grafického vyjadrenia obsahovej náplne, ako aj dopĺňujúcim textom týchto vysvetliviek poskytuje základný prehľad aktuálnych poznatkov o geologickej stavbe a geologickom vývoji územia Slovenska počas obdobia kvartéru.

Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000 zobrazuje dva základné obsahové kvartérnogeologické prvky: 1. genetické typy kvartérnych uloženín, 2. hrúbku kvartérnych uloženín. Kvôli lepšej výpovednej hodnote súvisiacej s malou mierkou zobrazenia sú oba uvedené základné prvky graficky zobrazené na dvoch samostatných, no zároveň navzájom úzko súvisiacich a prepojených mapách tej istej mierky.

Prvá z máp – *Mapa genetických typov kvartérnych uloženín 1 : 500 000* – prehľadne znázorňuje priestorové rozloženie a plošný rozsah všetkých základných, ako aj niektorých vybraných „prechodných“ genetických typov kvartérnych sedimentárnych a vulkanických hornín územia Slovenska. Podáva primárny obraz postupnosti ich vývoja a zákonitostí ich distribúcie a depozície.

Ako východiskové údaje sú na mape použité a účelovo upravené údaje o geologickej stavbe a vývoji kvartéru jednotlivých regiónov, obsiahnuté na regionálnych geologických mapách mierky 1 : 50 000 a vo vysvetlivkách k nim. Okrem nich sú na mape použité ďalšie údaje, extrahované zo súvisiacich monografií, ako aj zo základných geologických máp mierky 1 : 25 000 a vysvetliviek k nim.

Vyčleneným genetickým typom sedimentov, ktoré sú na mape kvôli prehľadnosti znázornené širšou škálou sýtejších farebných odtieňov, zodpovedá príslušná časť legendy. Kvôli lepšej výpovednej hodnote sú na mape zvlášť farebne vyznačené plochy zobrazujúce kombinácie dvoch naložených základných genetických typov kvartérnych uloženín (kolónky 5, 6, 10 a 11). Ide o plochy s výskytom fluviaálnych sedimentov v terasovom vývoji (kolónka 3) alebo proluviaálnych sedimentov terasovaných náplavových kužeľov (kolónka 8), na ktorých sa nachádzajú mladšie pokryvy eolických pieskov a spraší (kolónky 13 a 14) alebo eolicko-deluviaálnych sprašových hĺn (kolónka 16).

Plochy s nesúvislým kvartérnym pokryvom, resp. bez pokryvu sú na mape vyznačené menej sýtymi farebnými odtieňmi v závislosti od príslušnej predkvartérnej štruktúrnej jednotky (kolónky 28 – 35). Ide prevažne o horské územia s tenkými pokryvmi eluviaálnych zvetranín a rozličných derivátov deluviaálnych sedimentov.

Táto mapa okrem plošných prvkov obsahuje aj bodové prvky, ktorými sú vyznačené maloplošné lokality pramenných vápencov a jaskyne dôležité z kvartérneho hľadiska.

Okrem typológie kvartérnych uloženín a ich zaradenia do skupín podľa dominantných genetických faktorov ich vzniku a vývoja sú na mape zosúladené hranice niektorých polygónov s aktuálnym reliéfom (najmä riečne nivy a dnové výplne úvalín s reálnym priebehom úpätnic). Súčasťou mapy je aj litostratigrafická schéma kvartéru Slovenska.

Druhá mapa – *Mapa hrúbky kvartérneho pokryvu 1 : 500 000* – po prvýkrát v uvedenej mierke a v danom koncepčnom rozsahu zobrazuje kvalitatívne a plošné vyhodnotenie hrúbky kvartérnych uloženín Západných Karpát a Panónskej

panvy na území Slovenska. Spracované údaje vychádzajú z veľkého množstva podkladových materiálov, najmä z komplexnej databázy hrúbky kvartéru z viac ako 4 000 bodov tvorených HG a IG vrtmi, sondami a inými zemnými technickými prácami. Okrem tejto databázy sa na zostavenie mapy použili aj údaje z geofyzikálnych a kvartérnogeologických rezov.

Vo vzájomnom vzťahu k jednotlivým genetickým typom zobrazeným na mape genetických typov kvartérnych uloženín mapa hrúbky znázorňuje výslednú štrukturalizáciu kvartérneho cyklu geodynamického vývoja územia Slovenska. Jej hlavnou náplňou sú izolínie hrúbky kvartérnych uloženín, znázornené v príslušných hĺbkových, farebne odstupňovaných intervaloch. Hĺbkové intervaly sú pritom odstupňované tak, aby čo najvýstižnejšie odrážali neotektonické pomery územia a vertikálne pohybové tendencie jednotlivých štruktúrno-tektonických blokov znázornených v priloženej schéme.

Kvôli lepšej prehľadnosti oboch máp vzhľadom na ich mierku je znázornenie plošného rozsahu jednotlivých vyčlenených genetických typov uloženín aj plôch s príslušnými intervalmi hrúbky generalizované a čiastočne účelovo upravené. Niektoré typy uloženín alebo hĺbkových intervalov s malými, resp. veľmi úzkymi plochami výskytu nie sú na mapách zobrazené. V takomto prípade sú zaradené len do priloženej schematickej litostratigrafickej kolónky kvartéru.

1. ÚVOD

Vývoj ľudskej spoločnosti v posledných desaťročiach sa vyznačuje nebývalým intenzívnym priemyselným, vedecko-technickým a informačným rastom. Vo vedeckej oblasti sa zvyšuje úroveň poznania, zdokonaľujú sa staršie a vyvíjajú nové metodiky výskumu. Veda výrazne prispieva k vzostupu poznatkovej ekonomiky a k celkovému vzostupu životnej úrovne ľudskej populácie. Trend vývoja sociálno-ekonomickej sféry, založenej prevažne na komerčnej a spotrebnej báze, však zároveň prináša aj svoje riziká. Okrem nových civilizačných chorôb sú to najmä negatívne zásahy do globálneho zemského ekosystému a s tým súvisiace vplyvy. Veda ich identifikuje, skúma, monitoruje, definuje a vyhodnocuje. Vďaka tomu sú dnes aj širokej verejnosti známe okruhy problémov ako napr. znečisťovanie životného prostredia, kontaminácia pôdy, zamorenie ovzdušia, rádioaktívne zamorenie, globálne otepľovanie, oceánsko-atmosférický fenomén El Niño, ozónové diery, elektromagnetický smog, neregulované a nekontrolované skládky odpadu, obmedzené zdroje nerastných a energetických surovín a mnohé iné. Ich riešenie sa stáva súčasťou čoraz väčšieho množstva vedecko-technických projektov, štúdií, prognóz a návrhov, ktoré sa prostredníctvom aplikovanej sféry realizujú, a tak zároveň usmerňujú, prípadne limitujú a legislatívne kontrolujú ďalšie trendy vývoja spoločnosti.

Globálny charakter ekologických problémov sa rieši na medzinárodnej úrovni, kde pôsobia viaceré asociácie, únie a komisie. Známym je program UNFCCC (FCCC) – *Rámcová konvencia OSN o klimatických zmenách* (www.unfccc.int/), ktorý vyústil do Kjótskeho protokolu, a IPCC – *Medzivládny panel o klimatických zmenách pri OSN* (www.ipcc.ch).

1.1. Perspektívy kvartérneho geologického výskumu a jeho koordinácia

V súvislosti so spomenutými skutočnosťami sa približne od konca 20. storočia výrazne zvyšuje záujem vedeckej i aplikovanej sféry o výskumy a štúdie zaoberajúce sa otázkami dešifrovania paleoklimatických zmien na základe fosílnych paleoekosystémov v sedimentárnom zázname hornín, ako aj všeobecnými otázkami geologickej stavby a vývoja zeme počas najmladšieho obdobia jej geologickej histórie – kvartéru. Modifikujú sa tzv. spoločenské objednávky a v dôsledku toho aj kvartérna geológia vrátane celého radu ďalších príbuzných geovedných disciplín prechádza výrazným vnútorným vývojom. Zavedením geografických informačných systémov (GIS), ktorých podskupinou sú geologické informačné systémy (GeoS), sa skvalitňuje tvorba progresívnych kvartérno-geologických modelov a zároveň sa zvyšuje náročnosť na kvalitu a množstvo empirických informácií. Ako uvádza Minár (in Minár et al., 2001), požadujú sa komplexnejšie informácie aj komplexnejšie výstupy, aplikované čoraz viac pre potreby environmentálnej evalvácie, prognózovania a rozhodovania. Základným zdrojom primárnych relevantných kvartérno-geologických informácií zostáva základný terénny výskum, no pridružuje sa stacionárny a polostacionárny výskum vo väčších topografických mierkach, ako aj metodiky založené na diaľkovom prieskume zeme. S cieľom získať exaktné údaje a výstupy sa vo všetkých geovedných disciplínach vyžaduje najmä unifikácia získavania údajov, systémový prístup k problematike, časová kontinuita výskumu, vzájomná medziodvetvová kooperácia a vzájomná informačná previazanosť.

Moderná geológia kvartéru reaguje na uvedené zmeny a splňa všetky uvedené požiadavky. Je to predučené napr. stratigrafickým postavením kvartéru a jeho objektom výskumu. Stratigrafické postavenie ho zaraďuje do pozície najmladšieho z geologických útvarov, ktorého genéza pretrváva do súčasnosti

a umožňuje tak jej priame pozorovanie a monitorovanie. Objekt kvartérnogeologického výskumu reprezentujú najmä sedimentárne horniny a iné uloženiny, ktoré sa nachádzajú prevažne na povrchu zemskej kôry, teda v miestach najintenzívnejšej interakcie atmosféry, hydrosféry, litosféry, pedosféry a reliéfu, ale aj zoosféry, fytoosféry a antroposféry (sociálno-ekonomickej sféry). Každá z uvedených sfér tvorí objekt výskumu príslušného vedného odboru, resp. odborov, ktorých vedecké poznatky v zmysle informačnej previazanosti združuje komplexná fyzická geografia – geoekológia – a využíva ich pri svojom výskume. S ňou je kvartér prepojený prostredníctvom takmer všetkých sfér, pričom metodiky, ktoré sa využívajú napr. v meteorológii, pedológii alebo geomorfológii, sa stávajú aj metodikami kvartérnogeologického výskumu.

Na nadnárodnej úrovni sa kvartérny výskum koordinuje prostredníctvom Medzinárodnej únie pre výskum kvartéru – INQUA (www.inqua.tcd.ie), ktorá sa stala členom Medzinárodnej rady pre vedu – ICSU (www.icsu.org/). INQUA združuje a koordinuje základné projekty kvartérneho výskumu a zastrešuje viaceré subkomisie, ktoré okrem posudzovania výsledkov výskumu disponujú právom uznášaniam sa a vyhlasovania všeobecne záväzných pravidiel a postupov nasledujúceho výskumu kvartéru. Dôležitá je napr. subkomisia pre európsku kvartérnu stratigrafiu – SEQS (www.inqua-seqs.org/), ktorá najaktuálnejšie ustanovila posun hranice pliocén/pleistocén z 1,8 na 2,6 mil. r.

Na medzinárodnej platforme pracujú aj viaceré kvartérne asociácie, z ktorých významná je napr. Euro Mam – Európska asociácia pre výskum kvartérnych cicavcov (www.euromam.cnr.it/), alebo PAGES – *Past global changes*, združujúca projekty výskumu aktuálnych globálnych zmien, ktorá prostredníctvom rovnomenného tlačeneho periodika pravidelne oboznamuje najmä vedeckú sféru s najnovšími výsledkami výskumu (www.pages.unibe.ch). Niektoré kvartérne projekty korelačného charakteru sa riešia v rámci aktivít UNESCO prostredníctvom jej medzinárodného korelačného programu IGCP (www.unesco.org/science/earth/igcp), ktorý priamo zastrešuje Medzinárodná únia geologických vied IUGS (www.iugs.org) a pre Slovenskú republiku spravuje Slovenská komisia pre UNESCO pri Ministerstve zahraničných vecí SR (www.mzv.sk).

1.2. Súčasný kvartérnogeologický výskum na Slovensku

Na Slovensku sa geologický výskum kvartéru v súčasnosti uskutočňuje prevažne prostredníctvom projektov rezortov Ministerstva životného prostredia SR (MŽP SR) (www.enviro.gov.sk) a Ministerstva školstva SR (MŠ SR) (www.minedu.sk). Hlavným realizátorom vedeckovýskumných úloh v oblasti kvartérnogeologického výskumu je Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave (ŠGÚDŠ) (www.geology.sk), poverený MŽP SR vykonávaním štátnej geologickej služby. Organizácia okrem iného vykonáva aj základný a regionálny geologický výskum a mapovanie kvartéru celého územia Slovenska a so susednými krajinami participuje na medzinárodných projektoch s podobným zameraním. Okrem toho, ako štátne mapové diela zostavuje základné geologické mapy v mierke 1 : 25 000 a regionálne geologické mapy v mierke 1 : 50 000. Zobrazovanie kvartérnych uloženín so znázornením ich plošného rozsahu je náplňou aj celého radu ďalších účelových tematických a prehľadných máp v rôznej mierke. Projekty sa zväčša financujú zo štátneho rozpočtu prostredníctvom sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR.

Špeciálne zameraný výskum kvartéru v oblasti sedimentárnej petrografie, kvartérnej litostratigrafie, biostratigrafie (zvlášť paleontológie), neotektoniky a iných oblastiach sa okrem ŠGÚDŠ realizuje aj na niekoľkých katedrách, resp. ústavoch slovenských univerzít a okrajovo v Geologickom a Geografickom ústave Slovenskej akadémie vied (SAV) (www.geol.sav.sk, www.geography.sav.sk).

Ide prevažne o výskum realizovaný prostredníctvom vedecko-technických projektov MŠ SR formou grantov. V rezorte MŠ SR sa evidencia, schvaľovanie a financovanie takýchto projektov vykonáva napr. prostredníctvom Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV) (www.apvv.sk), Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR a SAV (VEGA) (www.minedu.sk), Agentúry pre štrukturálne fondy EÚ a Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry (KEGA).

Kvartérny paleontologický výskum, identifikácia paleoklimatických zmien v kvartéri, rekonštrukcia fosílnych paleoekosystémov, kvartérnej geodynamiky a neotektoniky sa v súčasnosti uskutočňuje najmä na Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Popri geomorfologickom výskume sa kvartérnogeologický výskum (napr. formou grantov, dizertačných a diplomových prác) realizuje v menšej miere aj v Ústave geovied Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach, v Ústave geografie Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, na Katedre geografie a regionálneho rozvoja Fakulty humanitárnych a prírodných vied Prešovskej univerzity a na Katedre fyzickej geografie a geoekológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave, kde sa okrem iného skúmajú aj historické účinky ľudských aktivít na vývoj reliéfu vybraných území.

Stratigraficko-litologický výskum jaskynných sedimentov a monitorovanie neotektonických procesov v jaskyniach zabezpečuje výskumný program Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši (SSJ) (www.ssj.sk), na ktorom participujú odborníci z paleontológie a izotopovej geológie.

Významná je aj vedecko-výskumná činnosť Prírodovedného múzea v rámci Slovenského národného múzea v Bratislave (www.snm.sk/), kde je z hľadiska kvartéru zaujímavý najmä paleontologický a antropologický výskum. V oblasti paleontológie sa výskum a dokumentácia zameriava na vybrané skupiny fosílnej fauny (najmä chobotnatce), v antropológii na prehistorické, protohistorické a historické populácie. Múzeum spolupracuje aj na projektoch iných vedeckých inštitúcií (Slovenskej akadémie vied a Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského), ktoré sa často riešia v rámci medzinárodnej spolupráce. Menšie výskumné programy, okrajovo zasahujúce aj do problematiky kvartéru, riešia aj niektoré krajské a oblastné múzeá na Slovensku.

Dôkazom spolupráce v oblasti kvartérnogeologického výskumu a jeho spojitosti s výskumom iných vedných disciplín je v poslednom čase rozvíjajúca sa kooperácia kvartérnych geológov s archeologickými inštitúciami. Ide najmä o spoluprácu Geologického ústavu SAV, Katedry geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK a ŠGÚDŠ s Archeologickým ústavom SAV v Nitre (www.archeol.sav.sk), Slovenskou archeologickou spoločnosťou v Nitre (SAS) a príslušnými katedrami Filozofickej fakulty UK v Bratislave (www.fphil.uniba.sk/), Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre (www.edu.ukf.sk/) a Trnavskej univerzity v Trnave (www.truni.sk/).

Súčasný geologický výskum kvartéru na Slovensku vychádza z dlhodobej a bohatej tradície, ktorej počiatky siahajú až do obdobia rakúsko-uhorskej monarchie. Jeho výsledky sú uverejnené vo veľkom počte štúdií, vedeckých aj populárno-vedeckých publikácií, ktoré približne do polovice 70. rokov minulého storočia podrobne opísal a zhodnotil Vaškovský (1977) vo významnej publikácii *Kvartér Slovenska*. Dovtedajšie poznatky o priestorovom rozložení a distribúcii vybraných typov kvartérnych sedimentov graficky znázorňuje prvá geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000, priložená k uvedenej publikácii (Vaškovský, 1973).

Obdobie po vydaní spomenutej publikácie a mapy sa vyznačuje čoraz intenzívnejším, ale najmä koncepcne riadeným výskumom kvartéru. Dôraz sa kladie najmä na získavanie primárnych údajov pochádzajúcich so základného geologického mapovania v mierke 1 : 25 000, prípadne 1 : 10 000, a regionálneho geolo-

gického mapovania v mierke 1 : 50 000. Od začiatku 70. rokov až do súčasnosti sa postupne nahromadilo veľké množstvo nových údajov vyžadujúcich modernejšie spracovanie. Výsledky mapovania sa postupne vyhodnocujú vo veľkom množstve archivovaných správ a tlačou vydaných vysvetliviek, článkov a monografií. Zobrazené sú na základných geologických mapách (1 : 25 000) a mapách regiónov (1 : 50 000), a to v takej miere, že v súčasnosti je základnými a regionálnymi mapami pokryté už takmer celé územie Slovenska. Údaje o výskume kvartéru Slovenska v nadväznosti na Vaškovského (1977) podrobne opisujú a vyhodnocujú Baňacký et al. (in Grecula et al., 2006) v II. zväzku monografie *História geológie na Slovensku*.

Počas takmer 40-ročného obdobia základného a regionálneho geologického výskumu sa vo vedeckej oblasti v súlade so svetovým trendom aj na Slovensku menila metodika datovania kvartéru. Zároveň s tým sa menila aj metodika morfo-metrického, sedimentárno-petrografického, litologického a biostratigrafického výskumu kvartérnych sedimentov. Výskum sa postupne zameriaval najmä na spráše a fosilné pôdy, glaciálne, glaciófluviálne, terasové fluviálne a superpozičné limnicko-fluviálne sedimenty. Zvlášť cenné je veľké množstvo údajov vyhodnocujúcich mohutnú kvartérnu výplň paniev a iných subsidujúcich štruktúr, ako aj údaje o štruktúrnom a neotektonickom vývoji Západných Karpát a Panónskej panvy.

Okrem základných a regionálnych geologických máp sú výsledky výskumu kvartéru zaznamenané a graficky znázornené aj v širšom spektre rôznych tematických, účelových, prehľadných geologických a špeciálne zameraných máp a štúdií v rôznej aktuálnej mierke (napr. máp hrúbky kvartéru, máp litogenetických typov kvartérnych sedimentov, neotektonických máp so zameraním na kvartérne obdobie a štruktúrno-tektonických máp).

Pôvodná Vaškovského mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000 sa aj napriek svojej dlhodobo významnej a priekopníckej pozícii stala v mnohých prípadoch faktograficky i koncepcne zastaranou. Za 35 rokov od jej vydania sa v obsahovej náplni mapy na väčšine zobrazeného územia postupne prejavilo veľké množstvo disproporcií. To sa napokon prejavilo až v potrebe zostavenia novej *Geologickej mapy kvartéru Slovenska 1 : 500 000*.

1.3. Geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000

Nová *Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000* je v poradí ôsma mapa z edície prehľadných geologických máp v mierke 1 : 500 000, ktoré boli spolu so stručnými vysvetlivkami vydané tlačou vo Vydavateľstve Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave (predtým Geologická služba SR, resp. Geologický ústav Dionýza Štúra). Dosiaľ vydané mapy z tejto edície sú znázornené na obr. 1 – 7.

Z iných vydavateľstiev sú známe ďalšie vydané prehľadné, resp. účelové mapy v rovnakej mierke. Z ich širokého spektra možno spomenúť najmä tematicky príbuzné mapové diela znázornené v tab. 1.

Všetky uvedené mapové diela získali popularitu širšej vedeckej verejnosti a vďaka zjednodušenému pohľadu aj laickej verejnosti. Prehľadné mapy prinášajú primárny, ale pritom globálny, syntetizujúci pohľad, znásobený dobrou a pohodovou orientáciou, a tak nachádzajú uplatnenie aj v edukačnom procese.

Nová *Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000* svojím obsahom nespĺňa prvú *Geologickú mapu kvartéru Slovenska* (Vaškovský, l. c.), ale v mnohých ohľadoch na ňu nadväzuje a posúva ju ďalej. Mapa predstavuje účelový syntézu kvartérnogeologických poznatkov získaných dlhodobým a cieľavedomým výskumom kvartéru na Slovensku. Formou prehľadného a účelového grafického vyjadrenia obsahovej náplne, ako aj výstižne spracovaným textom

poskytuje základný prehľad najnovšieho stavu aktuálnych poznatkov týkajúcich sa geologickej stavby a vývoja kvartéru nášho územia.

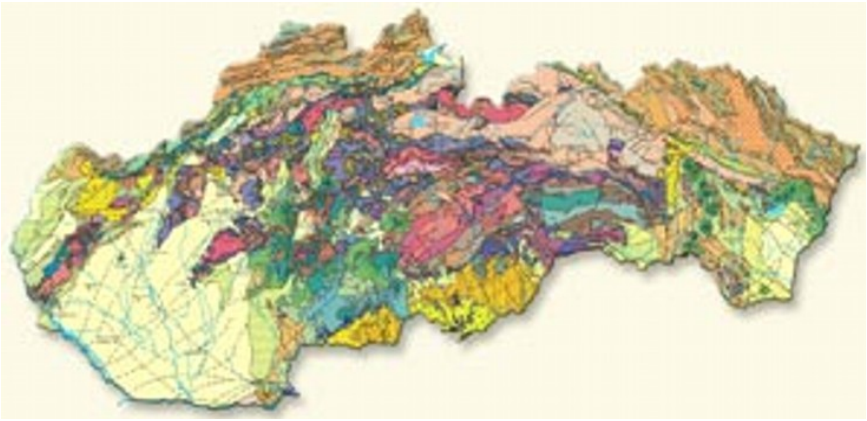


Obr. 1. Geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000 (Vaškovský, 1973). Mapa po prvýkrát zobrazuje priestorové rozloženie 8 základných genetických typov kvartérnych uloženín (vrátane ich stratigrafie) a odráža stav poznatkov o kvartéri Slovenska v začiatkoch jeho systematického regionálneho výskumu. Vyznačuje miesta najvýznamnejších kvartérnych lokalít z oblasti paleontológie, antropológie, sedimentológie a archeológie. Okrem toho znázorňuje niekoľko významných neotektonických línií a plochy s výstupom základných predkvartérnych útvarov, resp. hlavných tektonických jednotiek.

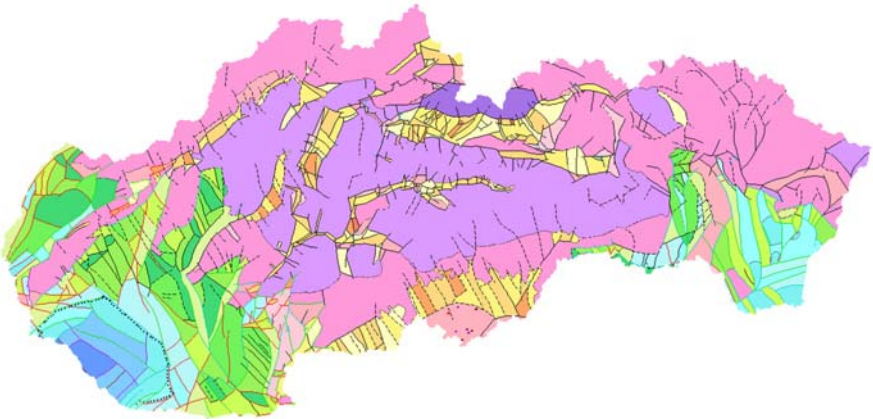
Mapa po prvýkrát v uvedenej mierke a v danom koncepčnom rozsahu prináša kvalitatívne a plošné vyhodnotenie hrúbky kvartérnych sedimentov Západných Karpát a Panónskej panvy na území Slovenska, a to vo vzájomnom vzťahu k ich jednotlivým genetickým typom. Znázorňuje výslednú štrukturalizáciu kvartérneho cyklu, geodynamického vývoja a jeho vplyv na charakter a spôsob distribúcie príslušných genetických typov. Z výsledkov znázornených na mape je zrejmé, že najvýraznejšiu závislosť od geodynamického vývoja morfolitektonických štruktúr majú prostredníctvom distribúcie a výraznej hrúbky akumulácie najmä proluviálne a fluviaálne sedimenty a ďalšie variety, ktoré na ne geneticky nadväzujú. Sú to najmä deluviálno-proluviálne a deluviálno-fluviaálne sedimenty. Eolické sedimenty (spraše a naviate piesky) sa javia ako zdanlivo nezávislé, no reliéf je taktiež významný prvok ovplyvňujúci ich hrúbku.



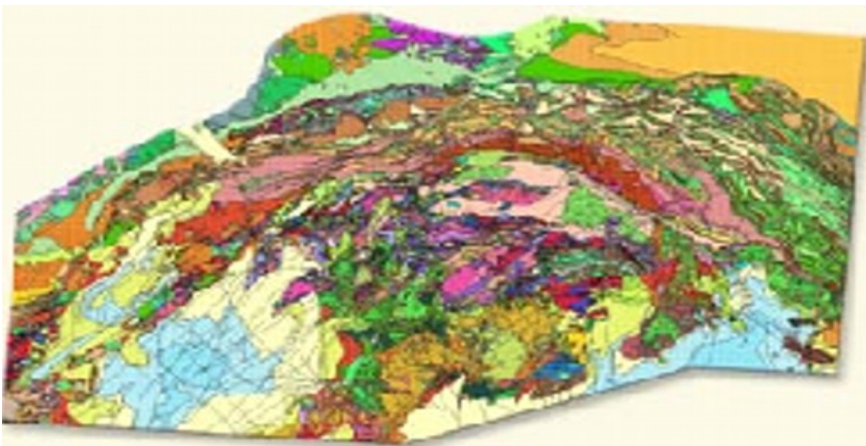
Obr. 2. Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR 1 : 500 000 (Vass et al., 1988a, b). Mapa na základe regionálnej geologickej klasifikácie zobrazuje základné, tektonicky a litologicky vymedzené geologické jednotky, ktoré sú hierarchicky rozdelené prevažne na tri, v niektorých prípadoch až štyri rády.



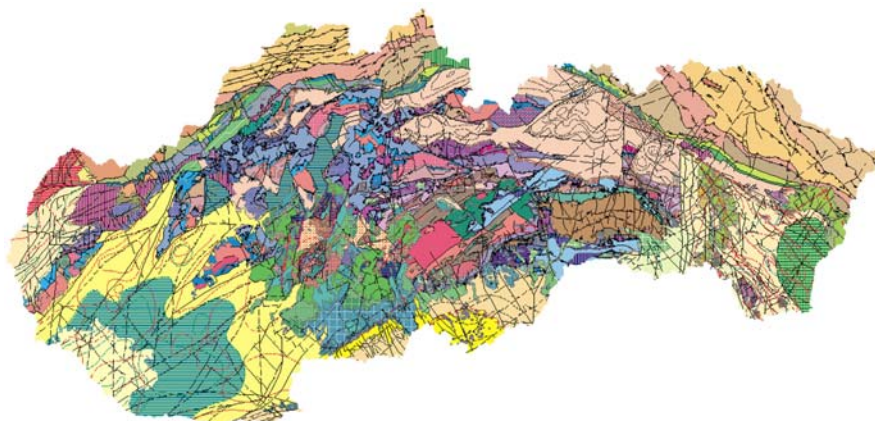
Obr. 3. Geologická mapa Slovenskej republiky v mierke 1 : 500 000 (Biely et al., 1996a, b). Ide o prehľadnú odkrytú geologickú mapu zobrazujúcu aktuálny stav poznatkov o základnom štruktúrnom členení a geologickej stavbe územia Slovenska na dôsledne litostratigrafickej báze.



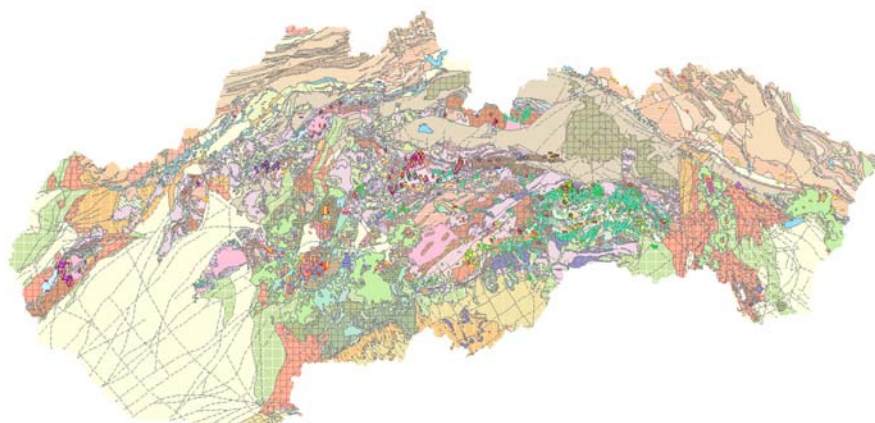
Obr. 4. Neotektonická mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000 (Maglay et al., 1999a, b). Mapa zobrazuje kvalitatívne a plošné vyhodnotenie najmladšej tektonickej aktivity na území Slovenska. Prostredníctvom vertikálnych pohybov neotektonických blokov – krýh – znázorňuje výslednú štrukturalizáciu geodynamického vývoja.



Obr. 5. Geologická mapa Západných Karpát a príľahlých území v mierke 1 : 500 000 (Lexa et al., 2000). Táto čiastočne zakrytá geologická mapa zobrazuje aktuálne poznatky o geologickom vývoji a stavbe územia Západných Karpát, severných výbežkov Panónskej panvy, Viedenskej panvy a časti čelnej predhľbne.



Obr. 6. Tektonická mapa Slovenskej republiky v mierke 1 : 500 000 (Bezák et al., 2004a, b). Mapa vychádza z geologických podkladov Biely et al. (1996a) a Lexa et al. (2000a). Vyjadruje súčasný stav poznatkov o tektonickej stavbe Západných Karpát a príľahlých častí Viedenskej a Podunajskej panvy.



Obr. 7. Metalogenetická mapa Slovenskej republiky v mierke 1 : 500 000 (Lexa et al., 2004). Mapa zobrazuje všetky ložiská a výskyty rudných surovín vrátane mineralogických výskytov.

Tab. 1. Tematicky príbuzné prehľadné, resp. účelové mapy v mierke 1 : 500 000, vydané v iných vydavateľstvách.

1.	Synoptická inžiniersko-geologická mapa Slovenska 1 : 500 000 (Matula, 1965, 1969),
2.	Geologická mapa ČSSR 1 : 500 000 (Fusán et al., 1967),
3.	Mapa kvartéru 1 : 500 000 (Kvitkovič in: Mazúr a Jakál – eds., 1980),
4.	Mapa geomorfologických jednotiek 1 : 500 000 (Mazúr a Lukniš in: Mazúr a Jakál – eds., 1980),
5.	Inžiniersko-geologická mapa 1 : 500 000 (Matula in: Mazúr a Jakál – eds., 1980),
6.	Mapa pôdnych typov 1 : 500 000 (Hraško et al. in: Mazúr a Jakál – eds., 1980),
7.	Mapa pôdnych druhov, skeletovitosti a zamokrenia (Fulajtár a Čurlík in: Mazúr a Jakál – eds., 1980).

1.4. Princípy zostavenia mapy

Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000 pozostáva z dvoch základných obsahových zložiek, graficky znázornených formou dvoch samostatných máp v tej istej mierke. Prvá mapa znázorňuje priestorové rozloženie a plošný

rozsah základných genetických typov kvartérnych sedimentárnych a vulkanických hornín územia Slovenska a druhá ich hrúbku.

Pri zostavovaní mapy genetických typov sa z hľadiska obsahu a kvality ako východiskové použili a účelovo upravili najvhodnejšie informácie o geologickej stavbe a vývoji kvartéru jednotlivých regiónov, obsiahnuté v regionálnych geologických mapách 1 : 50 000, vo vysvetlivkách k nim, v súvisiacich monografiách (tab. 2), ako aj v základných (archivovaných) geologických mapách v mierke 1 : 25 000, ktoré sú uvedené v ďalšom texte. Mapy regiónov spolu s jednotnou legendou celého územia Slovenska sa digitálne spracovali v *Digitálnej geologickej mape Slovenskej republiky 1 : 50 000* (Káčer et al., 2005), ktorá bola použitá v záverečných fázach zostavovania mapy pri technickom zosúladení hraníc polygónov.

Tab. 2. Zoznam regionálnych geologických máp v mierke 1 : 50 000 a vysvetliviek k nim.

1.	Geologická mapa Malých Karpát 1 : 50 000 (Maheľ a Cambel, 1972)
2.	Geologická mapa Záhorskej nížiny 1 : 50 000 (Baňacký a Sabol, 1973)
3.	Geologická mapa Tribeča 1 : 50 000 (Biely, 1974)
4.	Geologická mapa Slovenského rudohoria a Nízkyh Tatier 1 : 50 000 (Klinec, 1976)
5.	Geologická mapa Podunajskej nížiny – juhovýchodná časť 1 : 50 000 (Vaškovičský a Halouzka, 1976) •
6.	Geologická mapa Ipeľskej kotliny a južnej časti Krupinskej planiny 1 : 50 000 (Konečný et al., 1978) •—
7.	Geologická mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry 1 : 50 000 (Haško a Polák, 1978) •
8.	Geologická mapa Liptovskej kotliny 1 : 50 000 (Gros set al., 1979) •—
9.	Geologická mapa Strážovských vrchov 1 : 50 000 (Maheľ et al., 1981) •—
10.	Geologická mapa Nízkyh Beskýd – východná časť 1 : 50 000 (Koráb, 1983) —
11.	Geologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000 (Began et al., 1984) •
12.	Geologická mapa Slovenského rudohoria – východná časť 1 : 50 000 (Bajaník et al., 1984) •
13.	Geologická mapa Rimavskej kotliny a priľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000 (Elečko et al., 1985) •—
14.	Geologická mapa Podunajskej nížiny – severovýchodná časť 1 : 50 000 (Harčár a Priečhodská, 1988) •
15.	Geologická mapa severnej časti Východoslovenskej nížiny 1 : 50 000 (Baňacký, 1988a) •
16.	Geologická mapa južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov 1 : 50 000 (Baňacký et al., 1988b) •
17.	Geologická mapa Pienin, Čergova, Ľubovnianskej a Ondavskej vrchoviny 1 : 50 000 (Nemčok, 1990) •

• K regionálnej geologickej mape boli zostavené textové vysvetlivky.

— K regionálnej geologickej mape bola tlačou vydaná monografia.

•—) Okrem textových vysvetliviek k mape bola zostavená a osobitne tlačou vydaná monografia.

18.	Geologická mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – severná časť 1 : 50 000 (Kaličiak et al., 1991)•
19.	Geologická mapa Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny 1 : 50 000 (Vass et al., 1992) •■
20.	Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000 (Biely et al., 1992) •
21.	Geologická mapa Lúčanskej Malej Fatry 1 : 50 000 (Rakús, 1993)
22.	Geologická mapa Turčianskej kotliny 1 : 50 000 (Gašparik et al., 1993)
23.	Geologická mapa južnej a východnej Oravy 1 : 50 000 (Gross et al., 1994) ■
24.	Geologická mapa Tatier 1 : 50 000 (Nemčok et al., 1994) •
25.	Geologická mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – južná časť 1 : 50 000 (Kaličiak et al., 1996) •
26.	Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000 (Mello et al., 1996) •
27.	Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1 : 50 000 (Polák et al., 1996) •
28.	Geologická mapa Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000 (Baňacký et al., 1996) •
29.	Geologická mapa Poľany 1 : 50 000 (Dublan et al., 1997) •
30.	Geologická mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000 (Šimon et al., 1997) •
31.	Geologická mapa Veľkej Fatry 1 : 50 000 (Polák et al., 1997) •
32.	Geologická mapa Vihorlatských a Humenských vrchov 1 : 50 000 (Žec et al., 1997) •
33.	Geologická mapa Tribeča 1 : 50 000 (Ivanička et al., 1998) •
34.	Geologická mapa Podunajskej nížiny – východná časť 1 : 50 000 (Nagy et al., 1998) •
35.	Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca 1 : 50 000 (Konečný et al., 1998b) •
36.	Geologická mapa Kremnických vrchov 1 : 50 000 (Lexa et al., 1998) •
37.	Geologická mapa Javoria 1 : 50 000 (Konečný et al., 1998a) •
38.	Geologická mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-Šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000 (Gross et al., 1999)•
39.	Geologická mapa Slovenského rudohoria – západná časť 1 : 50 000 (Bezák et al., 1999)•
40.	Geologická mapa Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 : 50 000 (Mello et al., 2000)•
41.	Geologická mapa Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny 1 : 50 000 (Pristaš et al., 2000)•
42.	Geologická mapa Spišskej Magury 1 : 50 000 (Janočko et al., 2000) •
43.	Geologická mapa regiónu Kysúc 1 : 50 000 (Potfaj et al., 2002) •
44.	Geologická mapa Starohorských vrchov, Čierťaž a severnej časti Zvolenskej kotliny 1 : 50 000 (Polák et al., 2003)•
45.	Geologická mapa Stredného Považia 1 : 50 000 (Mello et al., 2005) •
46.	Geologická mapa Podunajskej nížiny – Trnavskej pahorkatiny 1 : 50 000 (Maglay et al., 2006)•
47.	Geologická mapa Nízkych Beskyd – stredná časť 1 : 50 000 (Žec et al., 2006) •
48.	Geologická mapa Považského Inovca a jv. časti Trenčianskej kotliny 1 : 50 000 (Ivanička et al., 2007) •
49.	Na spracovanie územia Podunajskej roviny bola použitá účelová manuskriptová Geologická mapa Podunajska DANREG 1 : 50 000 (Pristaš et al., 1996)

Okrem typológie kvartérnych uloženín a ich zaradenia do skupín podľa dominantných genetických faktorov ich vzniku sa pri zostavovaní mapy zosúladiť hranice niektorých polygónov s aktuálnym reliéfom, najmä riečne nivy (alúviá) a dnové výplne úvalín, na reálny priebeh úpätníc. Vyčleneným genetickým typom sedimentov zodpovedá príslušná časť legendy k mape. Kvôli lepšej výpovednej hodnote sú zvlášť farebne vyčlenenými polygónmi zobrazené aj prípadné kombinácie dvoch naložených genetických typov kvartérnych uloženín. Príkladom môžu byť plochy s výskytom fluviaálnych sedimentov v terasovom vývoji alebo proluviaálnych sedimentov naložených a terasovaných náplavových kužeľov, na ktorých sa nachádzajú mladšie pokryvy eolických spraší, sprašových hĺn, sprašovitých hĺn, eolických pieskov alebo rozličných svahových sedimentov vrátane splachov. Táto mapa obsahuje aj bodové prvky, ktorými sú najmä maloplošné lokality s výskytom pramenných vápencov alebo jaskynných sedimentov, ktoré nevystupujú na povrch.

Súčasťou mapy sú aj grafické prílohy, najmä litostratigrafická tabuľka kvartéru Slovenska.

V tabuľke 2 je uvedený podrobný zoznam hlavných regionálnych geologických podkladov na zostavenie *Geologickej mapy kvartéru Slovenska 1 : 500 000*. V súčasnosti prebieha základný a regionálny geologický výskum v 4 regiónoch Slovenska, pričom najnovšie údaje z tohto výskumu nie sú na tejto mape zohľadnené.

Hlavnou náplňou druhej mapy sú izolínie hrúbky kvartérnych uloženín. Na ich zostavenie a znázornenie sa použilo veľké množstvo podkladových materiálov z celého územia Slovenska. Vo formáte *.xls bola spracovaná geologická preskúmanosť a vytvorila sa komplexná databáza údajov z hydrogeologických a inžinierskogeologických vrtov, sond a iných zemných technických prác vrátane ich súradníc a údajov o hrúbke kvartéru (takmer 4 000 bodov). Okrem tejto databázy sa použili aj údaje z geofyzikálnych a kvartérnogeologických rezov.

Izolínie hrúbky sa digitálne spracovali a znázornili v príslušných intervaloch, najlepšie zodpovedajúcich geologickej stavbe kvartéru Slovenska, pričom jednotlivé polygóny sú farebne odstupňované. Línie rešpektujú aktuálny digitálny model reliéfu, ako aj hranice plôch výskytu príslušných genetických typov sedimentov.

Istým nedostatkom pri získavaní podkladových materiálov je fakt, že kvartérnogeologické údaje z uvedených mapových diel z hľadiska ich rôzneho obdobia vydania a tým aj z hľadiska rôznych princípov zostavenia a použitia východiskových údajov boli spracované a vyhodnotené na rôznej kvalitatívnej úrovni. Niektoré z nich, najmä najstaršie regionálne mapy, sú v súčasnosti morálne, koncepčne a faktograficky zastarané a vyžadujú reedíciu. Pri regionálnych mapách chýba predovšetkým globálny, syntetizujúci pohľad na celkovú stavbu a geologický vývoj kvartéru na Slovensku.

Tento problém čiastočne rieši nová ***Geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000***. Podrobnejšie riešenie by mala priniesť pripravovaná *Prehľadná geologická mapa kvartéru Slovenskej republiky v mierke 1 : 200 000*.

2. KVARTÉR – NAJMLADŠIE OBDOBIE GEOLOGICKEJ HISTÓRIE ZEME

Medzi geologickými útvarmi zastáva kvartér zvláštne postavenie ako posledná, v poradí štvrtá epocha geologických dejín zeme, ktorá pretrváva do súčasnosti (Ložek, 1973). Prejavuje sa to v mnohých skutočnostiach a dôsledkoch, ktoré dávajú kvartéru osobitné postavenie v rámci geologických útvarov. V oblasti jeho výskumu sa často uplatňujú špecifické metódy. Táto kapitola obsahuje základné údaje o kvartéri z hľadiska základných historických etáp jeho štúdií, primárnych znakov, metód výskumu a datovania.

2.1. Stručný prehľad základných etáp vývoja kvartérnych štúdií

Otázka možnosti existencie mladších ako terciérnych hornín má svoje počiatky v 2. polovici 18. storočia. Najstaršia zmienka o horninách, ktorých genézu možno zaznamenať počas dlhodobého pozorovania človekom, pochádza už z roku 1760 od G. Arduina, ktorý v tejto súvislosti po prvýkrát použil termín „monti quartarii“. Napriek tomu sa ešte ani začiatkom 19. storočia nedá odlišovať kvartérna geológia ako samostatný odbor. Prvé náznaky špecializácie sa začínali postupne vyvíjať v priebehu 19. storočia na základe čoraz častejších nálezov kostí a ľudských artefaktov, ktoré v starších geologických útvaroch nemajú obdobu.

Následne v roku 1819 W. Buckland zaviedol pre usadeniny spočívajúce priamo na terciérnych sedimentárnych horninách názov „dillúvium“ a pre recentné usadeniny názov „allúvium“. Diluviálne sedimenty sa považovali za usadeniny morských prúdov, no spočiatku sa čiastočne prijímal aj názor, že pri týchto sedimentoch ide o rezíduá z čias biblickej potopy sveta. Termín „dillúvium“ sa neskôr používal na označenie sedimentov ľadovej doby a stratigraficky zodpovedal dnešnému pleistocénu v celku. Termín „allúvium“ (alúvium) sa ujal na pomenovanie fluvialných (riečnych) sedimentov holocénu.

Termín „kvartér“ (*quaternaire*) sa po prvýkrát objavil v roku 1829, keď ho na pomenovanie sedimentov v okolí francúzskej rieky Seiny zaviedol geológ Jules Desnoyers. V roku 1839 sa po prvýkrát objavil aj termín „pleistocén“. Charles Lyell ho použil na všetky sedimentárne horniny obsahujúce do 70 % fosilných ulitníkov, ktoré boli v tom čase známe aj ako žijúce druhy. Zakrátko k dovtedajším poznatkom o kvartéri výrazne prispel aj Louis Agassiz. V roku 1840 prezentoval ucelenú glaciálnu teóriu vzniku niektorých typov sedimentov a tvarov zemského reliéfu. Následne Edward Forbes zistil a pozoroval paralelu medzi zaľadnením v zmysle Louisa Agassiza a pleistocénom v zmysle Charlesa Lyella. Na základe toho v tom istom roku bol termín „pleistocén“ prijatý ako synonymum vtedajšej glaciálnej periódy. V roku 1842 astronóm J. Adhémar navrhol ako jednu z možností vysvetlenia príčin vzniku ľadovej doby precesiu rovnodennosti.

V roku 1854 A. Morlot zaviedol termín „Quartaire“, ktorý sa začal používať najmä v Nemecku a odtiaľ sa neskôr rozšíril do viacerých krajín Európy, najmä do Anglicka.

Monoglaciálnu teóriu L. Agassiza rozšíril J. Trimmer na biglaciálnu, keď v roku 1858 opísal dve morény z Norfolku v Anglicku. Táto teória bola opäť

*Pozn.: Na označenie najmladšieho geologického obdobia sa v súčasnosti vo svete najčastejšie používa anglický termín „Quaternary“. V Čechách a na Slovensku sa z pôvodného francúzskeho názvu udomácnil termín „kvartér“.

rozšírená v roku 1874. J. Geikie vo východnom Anglicku zaznamenal a opísal štyri zaľadnenia. Popri tom po prvýkrát zaviedol termín „kvadriglacializmus“ a následne ďalším výskumom termín, ktorý sa používa dodnes – „polyglacializmus“. Vo výskume zaľadnení a ich prejavov pokračoval aj naďalej na rôznych miestach severnej Európy, Ameriky a Ázie. Na základe výsledkov tohto výskumu roku 1894 zostavil glaciálne mapy severnej hemisféry. Pre obdobie po doznení posledného glaciálu zaviedol P. Gervaisom v roku 1885 oficiálne uznávaný termín „holocén“.

Začiatok 20. storočia mal pre vývoj poznania kvartéru mimoriadny význam. Najprv v roku 1905 B. Botwood použil prvé izotopové datovanie. Neskôr v roku 1909 A. Penck a E. Brückner na základe podrobného štúdia riečnych terás zo severného predpolia Alp navrhli najskôr štyri a neskôr päť ľadových dôb pre obdobie pleistocénu. Výsledky ich výskumu sa stali základom zavedenia klimatostratigrafickej škály, ktorá sa pre horské oblasti Európy s istými obmenami používa dodnes.

Okrem veľhorských a prilahlých horských oblastí, kde dominoval geomorfologický výskum, najlepšie podmienky na výskum kvartéru poskytovali veľké európske nížiny. Na ich povrchu dominovali kvartérne uloženiny, ktoré okrem sedimentologického výskumu poskytovali aj možnosť paleontologického a archeologického výskumu. Na území Slovenska sa preto na prelome storočí, ale najmä začiatkom 20. storočia, rozvinul agrogeologický výskum. V rámci rakúsko-uhorskej monarchie ho viedol H. Horusitzky (1904). Jeho agrogeologické mapy sú na území Slovenska prvými mapami s kvartérom náplňou.

Po Penckových a Brücknerových zisteniach sa celý rad odborníkov z rôznych vedných disciplín začal zaoberať príčinami cyklických klimatických zmien (výkyvov). V roku 1920 srbský matematik M. Milankovič vypočítal zmeny intenzity dopadajúcej solárnej energie. Vyhlásil, že tieto zmeny boli dostatočné na to, aby sa zmenila celková klíma. Zároveň boli dominantné aj pri vzniku a zániku ľadových dôb, pre ktoré stanovil aj časovú mierku. Teória je známa ako Milankovičove cykly. Následne ako reakciu na uvedenú teóriu W. Köppen a A. Wegener v roku 1924 publikovali syntézu štúdia klímy v minulosti (*Climates of the Geological Past*).

V medzivojnovom období W. Soergel (1919, 1939) pri výskume po prvýkrát dokonale využil a koreloval geologické, geografické, paleontologické, klimatické a archeologické poznatky. Tým vytvoril základné predpoklady na nasledujúci relevantný výskum kvartéru. V tomto období sa kvartérna geológia stala samostatnou vednou disciplínou. Vyústilo to do ustanovenia Medzinárodného združenia pre výskum kvartéru – INQUA – v roku 1928.

Pre povojnové obdobie bola charakteristická čoraz tesnejšia spojitosť geológie kvartéru s ďalšími geovednými disciplínami, najmä s fyzickou geografiou, geomorfológiou, pedológiou, geochémiou, geofyzikou, inžinierskou geológiou, klimatológiou, astronómiou, biologickými vedami a archeológiou – prehistóriou. Súviselo to so zavádzaním celého radu nových výskumných metód, najmä absolútnej chronológie pomocou izotopového datovania.

V tejto súvislosti bol svojím spôsobom prelomový aj rok 1955, keď C. Emiliani publikoval podrobnú analýzu hlbokooceánskych vrtných jadier. Na základe zistení sa potvrdil a neskôr všeobecne prijal koncept existencie mnohých glaciálnych období s rôznou intenzitou a klimatickou cyklicitou, známe ako polyglacializmus. Zatiaľ čo do konca 60. rokov minulého storočia sa zaznamenával prevažne akademický záujem o paleoklimatické zmeny, v 70. rokoch sa postupne dostávali do popredia skôr katastrofické vysvetlenia novej ľadovej doby a neskôr aj globálneho otepľovania, spôsobeného skleníkovým efektom. Tieto klimatické hrozby podmienili vznik množstva globálnych klimatických a paleoklimatických štúdií. Ústrednou myšlienkou väčšiny takýchto štúdií bola prognóza

za budúcich zmien klímy na základe podrobného štúdia a výskumu klímy zo záznamov z geologickej minulosti. Výskum založený na opise sa postupne modifikoval na výskum založený na skúmaní príčin problému a pôvodne regionálne klimatostratigrafické škály sa transformovali na globálne. Hlavné objavy a zmeny prístupov sa v tejto oblasti spájajú s prácami G. J. Kuklu, W. Broeckera, J. Haysa, W. Ruddimana, A. Bergera, W. Dansgaard, H. Oeschgera a mnohých ďalších.

Najväčší paleoklimatický dôraz na kvartérne štúdiá sa v súčasnosti kladie na výskumy klimatických zmien prebiehajúcich v dávnej minulosti. Predpokladá sa, že môžu poskytnúť odpovede na otázky týkajúce sa napr. uskladnenia C a CO₂ v budúcnosti, vplyvov dopadu asteroidov, spojenia medzi klimatickými zmenami a biologickou evolúciou a dokonca aj existencie života na iných planétach solárnej sústavy. Výsledky dôležitých paleoklimatických projektov je možné nájsť v bibliografii alebo internetových portáloch pod skratkami CLIMAP, COHMAP a PAGES. Popri množstve uznávaných, resp. karentovaných vedeckých časopisov, ako napr. *Science*, *The Holocen*, *Quaternary Science Reviews*, sú doplnkové informácie o súčasných paleoklimatických projektoch v informatívnych spravodajcoch *Change*, *PAGES Newsletter*, *Cogeoenvironment News* a iných.

2.2. Základné črty kvartérneho obdobia

Kvartér sa dlhodobo všeobecne považoval za synonymum „ľadovej doby“. Už v roku 1846 Sir Edward Forbes stotožnil hlavný úsek kvartéru – pleistocén – s termínom „glaciálna epocha“. Toto označenie pretrvávalo v kvartérnej terminológii pomerne dlho, pretože účinky kvartérnej glaciénnej činnosti boli a sú veľmi markantné najmä v reliéfe. Napokon, prejavy činnosti ľadovca sú výrazné aj na Slovensku, najmä v Tatrách, ktorým dali typický ľadovcový ráz veľhôr. Čo však odlišuje kvartér od starších geologických období, nie je iba prítomnosť ľadovcov ani neskôr zistené jednoduché striedanie teplých a chladných epizód, ktoré je zreteľné aj počas celého kenozoika (Raymo a Rudiman, 1992). To, čo dáva kvartéru jeho odlišný charakter, je síce v zásade kombinácia striedania klimatických oscilácií, no s vysokou teplotnou amplitúdou a frekvenciou. Dokonca sa predpokladá, že v niektorých oblastiach sveta mohla teplota medzi teplými a chladnými obdobiami kolísať až o viac ako 15 °C. Zmena teploty bola teda veľmi rýchla. Na rozdiel od pôvodného poznania Pencka a Brücknera (1909), ktorí na základe vlastnej alpskej klimatostratigrafickej škály vyčlenili 4 až 5 pleistocénnych glaciálnych cyklov používaných do súčasnosti, sa vo výskume kvartérnej klímy dosiahli nové zásadné poznatky. Podľa najnovších zistení sa za posledných 800 000 rokov zaznamenalo prinajmenšom desať plných glaciálnych/interglaciálnych cyklov. Dôkazy z hlbokooceánskych sedimentov naznačujú, že počas celého trvania kvartéru prebehlo viac ako 50 rôzne intenzívne chladných alebo glaciálnych období a prislúchajúce množstvo miernych alebo interglaciálnych období (Shackleton a Opdyke, 1973; Shackleton et al., 1990). Na území Slovenska sa takéto početné klimatické oscilácie zatiaľ nezistili ani nepotvrdili. Predpokladá sa však, že v centrálnej časti Podunajskej roviny sa v sedimentárnych záznamoch kvartérnych uloženín neogénno-kvartérnej gabčíkovej depresie môžu takéto prejavy odzrkadľovať.

Z obdobia pleistocénu je najpodrobnejšie preskúmaný posledný (najmladší) glaciálny interval, v Európe známy ako vislan, resp. würmské zaľadnenie. Tradičný zjednodušený náhľad na toto zaľadnenie ako na sériu dlhých a chladných období (štadiálov) striedajúcich sa s krátkymi teplými obdobiami interštadiálov sa na základe najmodernejších poznatkov považuje za príliš zjednodušený (Porter, 1989). Počas obdobia 45 000 rokov od prvého významného postupu ľadovcov v období OIS 4 až po poslednú deglaciáciu v období na konci OIS 2 je

sumárne doložená existencia ľadovcov len v čase kratšom ako jedna tretina z celkovej uvedenej dĺžky (Arnold et al., 2002). To dokazuje, že v rámci glaciálnych období sa vyskytovali dlhé, klimaticky miernejšie oscilácie.

Efekt klimatických zmien bol počas celého obdobia kvartéru dramatický, no pravdepodobne najdramatickejšie environmentálne zmeny sa udiali za posledných 20 000 rokov, teda v období neskorého pleistocénu. S tým boli spojené aj veľmi dynamické environmentálne fluktuácie, ktoré mali mnoho rôznych vplyvov na biotu, predovšetkým na spoločenstvá cicavcov. Klimatické zmeny ovplyvnili aj distribúciu druhov v rámci nezaľadnených oblastí. Pre koniec pleistocénu je charakteristický významný event vyhynutia, ktoré decimovalo spoločenstvá veľkých bylinožravcov a mäsožravcov na mnohých kontinentoch. Všetky tieto zmeny kulminovali rýchlym objavením sa nového ekosystému na konci pleistocénu (Graham, 1990). Pokiaľ ide o horské oblasti, musí sa počítať s tým, že v dôsledku nie príliš výrazných klimatických zmien medzi štádiálnymi a interštádiálnymi alebo glaciálnymi a interglaciálnymi obdobiami sa tam prejavili úplne odlišné vplyvy nielen na sedimentačné, ale aj faunistické pomery, odhliadnuc od toho, že napr. vysokohorské jaskyne ležia mimo dosahu sprašových oblastí, mimo miesta s vyvinutým terasovým systémom a pod. (Fejfar a Sekyra, 1964). Fauna a flóra reagovala na klimatické zmeny rozdielnym spôsobom života a rozsahom. To vyústilo do vytvorenia úplne nového ekosystému, ktorý nemá v minulosti žiadny ekvivalent (Markova et al., 2002).

Opakované klimatické zmeny podporili vznik bohatých, veľmi zložitých komplexov tvarov reliéfu, komplexov sedimentov, biologických pozostatkov a artefaktov. Na základe týchto záznamov je možné rekonštruovať environmentálne podmienky a paleogeografiu určitých kvartérnych intervalov, často s vysokou precíznosťou a detailnosťou. V rámci paleoenvironmentálnych rekonštrukcií existuje mnoho samostatných štádií – stanovenie stratigrafie lokalít, analýza *proxy* údajov zo stratigrafických sekvencií na získanie základných paleoenvironmentálnych informácií, stanovenie chronológie eventov, zahrnutie zložiek vývinu datovacieho systému a prepájanie individuálnych sekvencií z rôznych lokalít s cieľom korelovať a integrovať rôzne údaje na vytvorenie celkových paleoenvironmentálnych syntéz.

V každom z týchto štádií sa vyskytujú špecifické problémy. Terestrický stratigrafický záznam je často vysoko fragmentovaný, chýbajú dôkazy z mnohých oblastí, zatiaľ čo detailné sekvencie sú zachované len lokálne. Okrem toho, cyklický charakter klimatických zmien spôsobil v rôznych časových obdobiach podobné environmentálne podmienky. Pretože mnoho záznamov sa nedá presne datovať, proces korelácie je často zaťažený problémami. Len jedna lokalita s kvartérnymi sedimentmi a ich štúdium v krátkom časovom intervale môže často viesť geológov, geomorfológov, botanikov, zoológov alebo archeológov k nesprávnej interpretácii. Následné vysvetlenie pozorovaných javov si často vyžaduje kombinovanú expertízu všetkých zúčastnených disciplín (Lowe a Walker, 1997).

Obdobie kvartéru predstavuje jedinečnú časovú periódu v histórii zeme a vyznačuje sa nasledujúcimi črtami (tab. 3):

Tab. 3. Významné črty kvartéru.

1.	Kvartér je jediné obdobie v geologickej histórii zeme, keď sú oba zemské póly pokryté ľadovcovými vrstvami (čiapkami).
2.	Toto obdobie je charakteristické opakovanými, relatívne pravidelnými cyklami klimatických zmien v rozsahu od stoviek tisíc (10^5) do menej než 100 (10^2) rokov
3.	Klimatické zmeny kvartéru je možné študovať v oveľa podrobnejšom rozlíšení ako v ktoromkoľvek inom geologickom období.

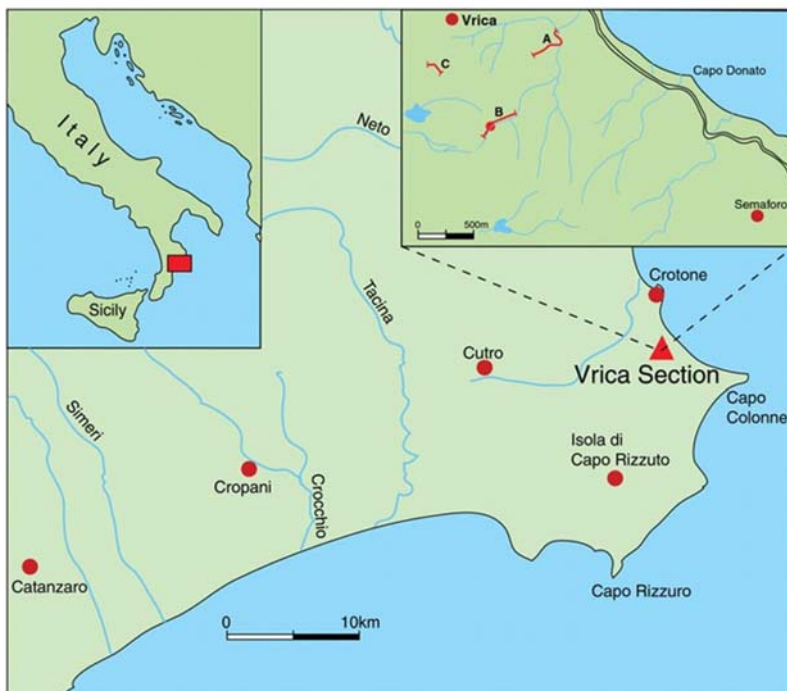
4.	Počas kvartérnej periódy sa vyvinul človek a rozšíril sa na všetky kontinenty, prakticky do každého typu prírodného prostredia, či už teplého alebo chladného, suchého či vlhkého.
5.	Mnoho tvarov reliéfu, druhov fauny a flóry je reliktom z glaciálnej doby, ktorá sa skončila približne pred 15 000 rokmi.
6.	Počas kvartéru sa formuje reliéf do súčasného stavu.
7.	Súčasný skúmané javy a procesy umožňujú spoznávať minulé procesy.
8.	Obdobie kvartéru stále pretrváva, takže porozumenie jeho minulosti pomáha v prognózach budúcich klimatických a ekologických zmien, ako aj geodynamiky ďalšieho vývoja (Wilson, Drury a Chapman, 2000).

2.3. Stratigrafia kvartéru

Kvartér predstavuje najmladšie obdobie geologickej histórie zeme, ktoré trvá do súčasnosti. Spoločne s terciárom tvorí kenozoikum. Z chronostratigrafického hľadiska predstavuje kvartér formálnu stratigrafickú jednotku na úrovni systému/periódy, delenú na dve série – **pleistocén** a **holocén**. Otázka spodnej hranice (pliocén/pleistocén) a presného trvania kvartérneho obdobia bola a je vo vedeckej sfére stále veľmi frekventovaná, pričom je predmetom početných vedeckých diskusií a názorov.

Podľa doterajšieho stratigrafického členenia sa začiatok kvartéru kládol do obdobia 1,8 milióna rokov BP (*before present* – pred súčasnosťou), a to na bázu marinných sedimentov *Vrica* v Talianskej Kalábrii (Aguirre a Pasini, 1985) a zároveň na bázu morského izotopového stupňa (MIS) 63 (obr. 8).

Podľa najnovšieho schváleného návrhu subkomisie pre európsku kvartérnu stratigrafiu (SEQS) a subkomisie pre kvartérnu stratigrafiu (SQS), ktoré pôsobia



Obr. 8. Lokalizácia pliocénno-pleistocénnej hranice (1,8 milióna rokov) – Vrica, Taliansko. A, B, C sú súčasťou subsekcii. Bod na subsekcii B predstavuje pozíciu stratotypu pliocénno-pleistocénnej hranice.

pri INQUA (kap. 1.1, str. 10), je však spodná hranica kvartéru (pleistocénu) umiestnená na súčasnej báze celosvetového stratotypového stupňa Gelasian a na báze MIS 103, ktoré boli kalibrované na vek ~ 2,6 mil. r.

Báza holocénu sa podľa SEQS a SQS kladie do obdobia pred 10 000 r. BP, presnejšie 11 650 kal. r. BP. Stratotyp je viacnásobne definovaný z ľadovcových jadier vrtoz z grónskeho ľadovca – prvý z hĺbky 1 492,45 m z jadra N-GRIP v rámci projektu *Greenland Ice-Core Project*, druhý z jadra GISP-2 v rámci projektu *Greenland Ice-Sheet Project* (Rasmussen et al., 2005). Stratotyp sa môže alternatívne definovať aj z ročne laminovanej jazernej sekvencie zo sz. časti Nemecka (Litt et al., 2001).

Uvedené údaje sú zhrnuté v najnovšej chronostratigrafickej tabuľke z roku 2007 (tab. 4).

2.3.1. Kyslíková izotopová stratigrafia

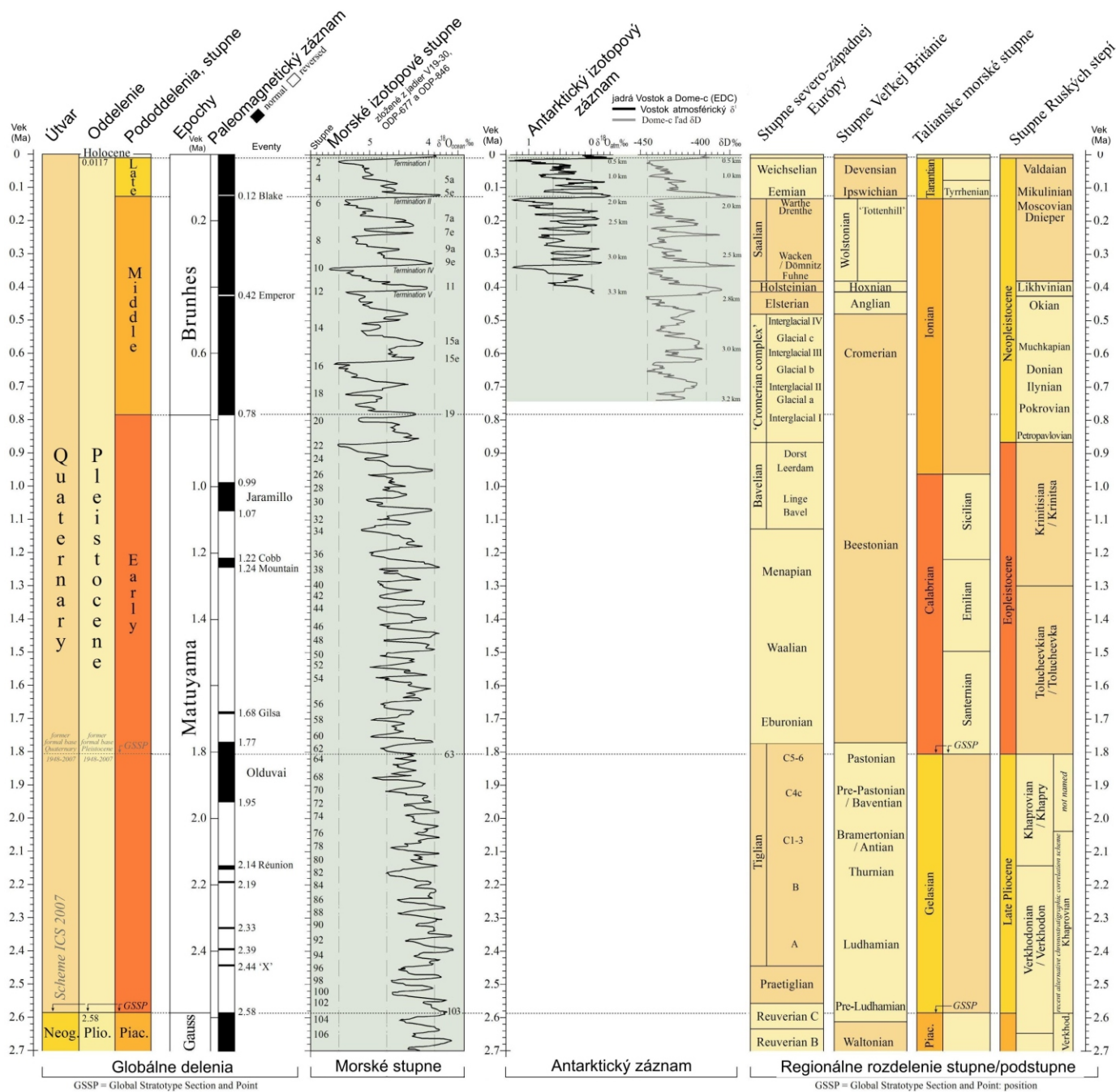
V hlbokooceánskych pelitických sedimentoch tvoria izotopy kyslíka *proxy* záznamy dlhotrvajúcich klimatických zmien. Prostredníctvom mikrofauny a flóry obsiahnutej v týchto sedimentoch je možné získať absolútny záznam meniacich sa izotopových pomerov v čase. Zmeny pomerov izotopov kyslíka poskytujú dôkazy o glaciálnych a interglaciálnych osciláciách a tvoria základ stratigrafického delenia a korelácie na veľké vzdialenosti.

Na základe vrtných jadier z rôznych lokalít sveta bola vypracovaná globálne použiteľná schéma a krivka kyslíkových izotopových stupňov – *marine isotope stages* (MIS) a *oxygen isotope stages* (OIS), ktoré zobrazuje tab. 5.

2.3.2. Klimatostratigrafia

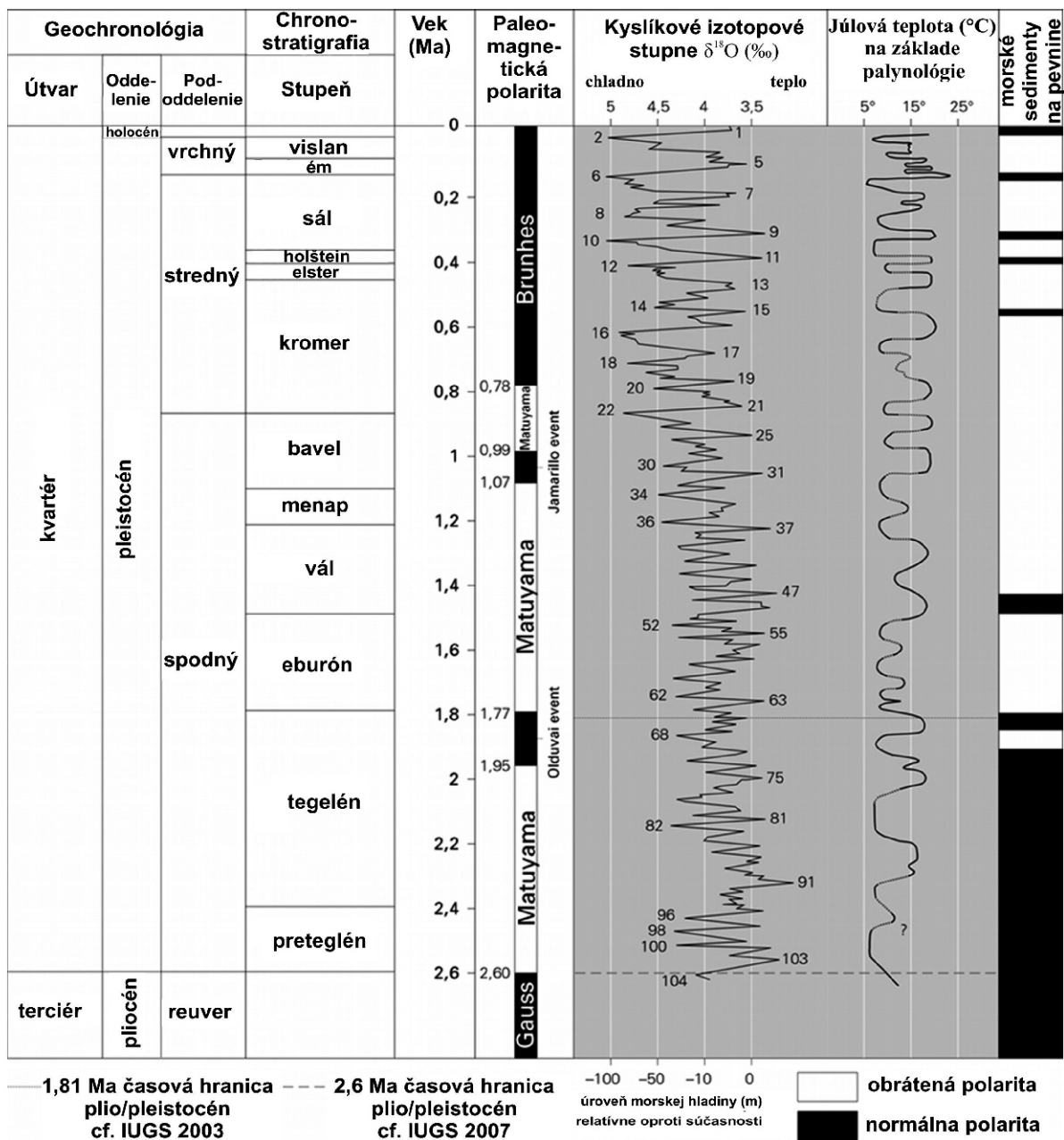
Obdobie kvartéru sa už tradične delí na obdobia glaciálov a interglaciálov. Glaciály predstavujú časovo predĺžené sumárne chladné klimatické fázy, pre ktoré je charakteristická významná expanzia kontinentálnych a horských ľadovcov. Detailnejšie sa členia na kratšie obdobia štádiálov a interštádiálov. Štádiály znamenali v rámci glaciálov kratšie chladné epizódy, počas ktorých sa vyskytli výraznejšie lokálne postupy ľadovcov, a interštádiály zasa relatívne krátkodobé a menej výrazné teplejšie epizódy. Interglaciály boli teplé, časovo predĺžené klimatické intervaly, počas ktorých teplota v teplotných maximách dosahovala hodnoty zhodné s tepelnými hodnotami počas holocénu alebo vyššie.

Paleobotanické rozlíšenie interglaciálu a interštádiálu sa v rámci rôznych geografických provincií javí ako nejasné, ba dokonca až zavádzajúce. Napríklad na Britských ostrovoch sa zo skorých kvartérnych chladných období nenachádza dôkaz o aktivite ľadovcov (Bowen et al., 1986). Tento prípad je typický aj pre mnohé iné časti sveta (Dawson, 1992). Pre tieto nezrovnalosti je výhodnejšie pre hlavné kvartérne klimatické epizódy používať termíny „chladné klimatické štádium“, resp. „mierne klimatické štádium“. Ani tieto termíny však nie sú celkom výstižné či dokonalé a taktiež sa pri nich vyskytujú problémy. Týkajú sa napr. kvantifikácie klimatických zmien, definovania hranice medzi teplými a chladnými epizódami alebo získavania protikladných *proxy* údajov o niekdajšej klíme a i. Ďalším problémom sa môže javiť aj to, že v aridných a semiaridných oblastiach sa klimatické zmeny počas kvartéru prejavovali iba suchými klimatickými epizódami interpluviálov v striedaní s obdobiami veľkých zrážok, tzv. pluviálov. V neposlednej miere je tu aj historický problém, keď sa objavujú prípady, že popri novej terminológii nie je možné vyhnúť sa ani tradičnej terminológii (Lowe a Walker, 1997).



Tab. 4. Globálna chronostratigrafická korelačná tabuľka Subkomisie pre stratigrafiu kvartéru (SQS), zostavená vo verzii 2007 b* za posledných 2,7 milióna rokov (Gibbard a Kolfshoten, 2005), zdroj IUGS (2007) – upravené.

*Pozn.: Plná verzia chronostratigrafickej tabuľky sa nachádza na webových stránkach SQS (www.quaternary.stratigraphy.org.uk/correlation/chart.html).

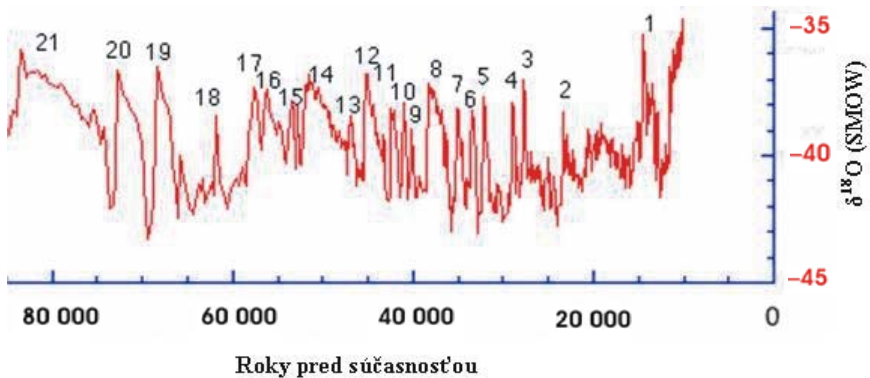


Tab. 5. Geochronológia, chronostratigrafia, paleomagnetizmus, kyslíkové izotopové stupne a júlová paleoteplota (na základe peľových analýz) v období kvartéru. Teplé klimatické fázy sú na krivke zobrazenej v tabuľke reprezentované nižšími hodnotami ‰ $\delta^{18}\text{O}$ a chladnejšie fázy vyššími hodnotami ‰ $\delta^{18}\text{O}$ (podľa Berendsena, 2004).

Medzi dôležité termíny, často využívané v kvartérnej terminológii, patria tzv. eventy. Ide o náhle krátkodobé klimatické výkyvy, trvajúce niekedy iba niekoľko desaťročí, počas ktorých nastávajú rozsiahle a markantné klimatické zmeny. Sú zaznamenané dokonca v ľadovcových jadrách vrtoz. K typickým príkladom eventov patrí napríklad mladší dryas na konci posledného glaciálu alebo tzv. event z obdobia pred 8 200 rokmi. Známe sú aj ďalšie a výraznejšie eventy, napr. Dansgaardove-Oeschgerove alebo Heinrichove eventy (Alley et al., 2003; Cox, 2005; Dressler a Parson, 2006; Richard, 2000).

Dansgaardove-Oeschgerove eventy

Pre klimatický záznam v priebehu strednej časti vislanského glaciálu sú charakteristické rýchle klimatické eventy tretieho rádu, tzv. Dansgaardove-Oeschgerove (D/O) oscilácie (obr. 9). Tieto oscilácie takmer úplne chýbajú v iniciálnej a terminálnej fáze glaciálneho maxima. Medzi 110 000 – 23 000 r. BP sa zaznamenalo až 24 takýchto fluktuácií, počas ktorých priemerná ročná teplota kolísala v rozmedzí okolo 5 – 8 °C. V oblasti severnej hemisféry majú eventy podobu rýchlych teplých epizód. Objavili sa náhle počas niekoľkých desaťročí a trvali zhruba 500 – 2 000 rokov. Teplotný rozdiel medzi teplými a studenými fázami dosahoval až 7 °C. Po každej epizóde nasledovalo postupné ochladenie počas dlhej periódy (Johnsen et al., 1992; Dansgaard et al., 1993; Grip, 1993; Grootes et al., 1993).



Obr. 9. Náhle teplé klimatické Dansgaardove-Oeschgerove eventy, zaznamenané v ľadovcových jadrách vrtoz z Grónska.

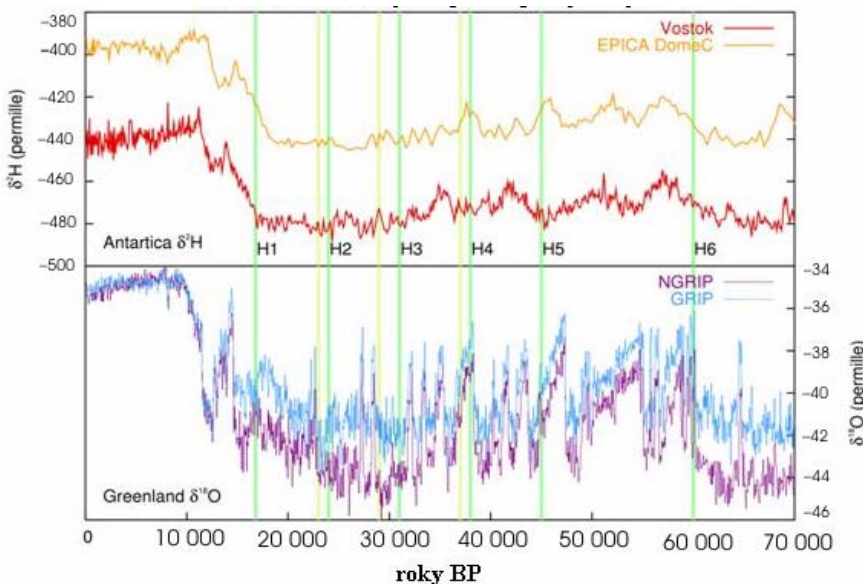
(www.ncdc.noaa.gov/paleo/abrupt/data_glacial2.html).

Heinrichove eventy

Ako Heinrichove eventy (obr. 10) sa označujú náhle klimatické epizódy, ktoré vznikali mnohonásobne v priebehu posledného, würmského (vislanského) glaciálu. Zistili sa na základe merania izotopov ^2H a ^{18}O z ľadovcových jadier vrtoz z Antarktídy a Grónska. Za hlavnú príčinu vzniku eventov sa pokladá tzv. telenie ľadovcov, t. j. ich vytápanie a enormný rozpad na okrajoch vo forme krých a blokov. Rýchle šírenie ľadovcov môže vyústiť do uloženia tenkých vrstvičiek sedimentov na povrchu aj v telesách. To znižuje albedo (odraz) slnečného žiarenia a zvyšuje topenie ľadovcov. Sedimenty z topiaceho sa ľadu ostávajú pri pobrežiach, resp. pri morskej hladine. Vplyvom topenia dochádza jednak k náhlemu globálnemu zvýšeniu morskej hladiny až o niekoľko metrov, ako aj k zvýšeniu teploty morskej vody v prúdoch a tým aj k náhlemu otepleniu sledovanej severnej hemisféry.

Následnou reakciou na takýto teplotný event môže byť zvýšenie prítomnosti atmosférických cyklón so zvýšenou vlhkosťou, čo sa prejavuje zvyšujúcou sa rýchlosťou akumulácie snehu. To mohlo umožniť opätovný nárast ľadovcov a ich návrat do predchádzajúcich plošných rozmerov. V dôsledku toho nastala nová chladná fáza (Heinrich, 1988; Bond et al., 1992).

Na obr. 10 sú na porovnanie zobrazené eventy z ľadovcových jadier vrtov Vostok, EPICA domeC, NGRIP a GRIP, pričom z posledných dvoch vrtov sú viditeľné aj záznamy lokalizovaných Dansgaardových-Oeschgerových eventov.



Obr. 10. Teplotné proxy údaje z antarktických (červená, oranžová) a grónskych (bordová, modrá) ľadovcových vrtov. Heinrichove eventy označujú zelené a žlté vertikálne čiary. Dansgaardove-Oeschgerove eventy sú zreteľnejšie viditeľné na vyhodnoteniach δ¹⁸O z grónskych vrtov NGRIP a GRIP (vyhotovenie: Leland McInnes s použitím Gnuplot a na základe nasledujúcich údajov):

[údaje Vostok (červená):

<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/vostok/deutnat.txt>; údaje EPICA DomeC (oranžová):

ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica_domec/edc_dd.txt; údaje

GRIP (modrá): <http://www.glaciology.gfz.ku.dk/data/grip-ss09sea-cl-50yr.stp>; údaje

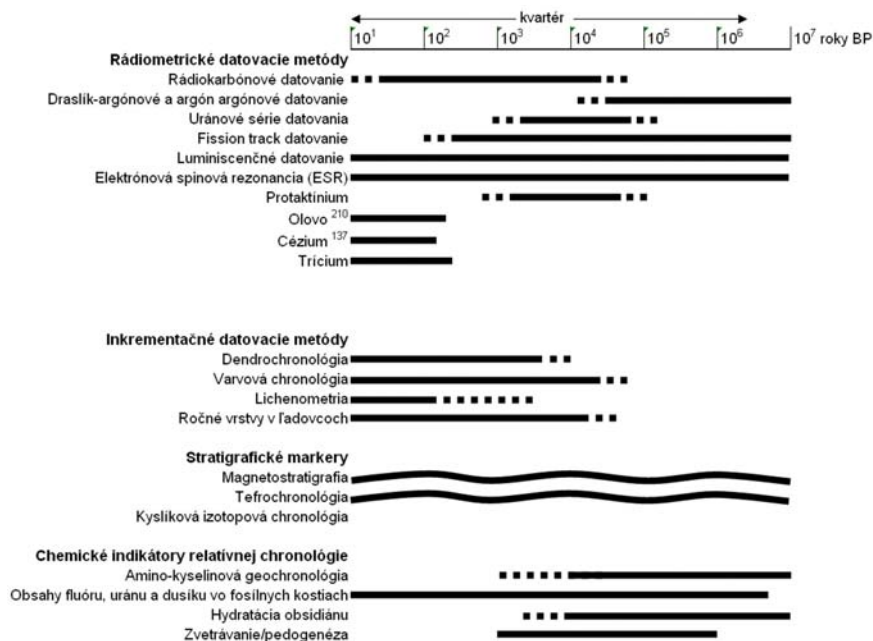
NGRIP (bordová): http://www.glaciology.gfz.ku.dk/data/NGRIP_d18O_50yrs.txt; zelená vertikála (Hemming, 2004); žltá vertikála (Bond a Lotti, 1995)].

2.4. Súčasná metódy datovania kvartéru

V tejto kapitole sú uvedené datovacie metódy (techniky), ktoré sa v súčasnosti vo svete používajú najviac. Využívajú sa najmä v geológii kvartéru (obr. 11). Je možné rozdeliť ich na nasledujúce tri základné kategórie:

1. **Metódy poskytujúce odhad veku.** – Zahŕňajú dva typy datovacích techník, ktoré umožňujú stanoviť vek sedimentov, fosílií alebo iných kvartérnych uloženín priamo v rokoch pred súčasnosťou (BP = *before present*). Prvým typom sú **rádiometrické metódy**, založené na rádioaktívnom rozpade určitých nestabilných chemických prvkov alebo sekundárnych fenoménov, ako je napríklad poškodenie kryštálových mriežok zapríčinené radiáciou. Druhým typom sú **inkrementačné metódy**, ktoré zahŕňajú merania pravidelnej akumulácie sedimentov alebo biologických materiálov v čase.

2. **Metódy stanovujúce vekovú ekvivalenciu.** – Sú založené na princípe identifikácie súvekých horizontov uložených v odlišných a často až veľmi odlišných sedimentárnych sekvenciách alebo na rôznych, často vzdialených miestach.



Obr. 11. Rozsah rôznych datovacích metód kvartéru. Prerušované línie predstavujú možné rozšírenie dosahu datovania. Zvlínené línie naznačujú, že datovanie je limitované na špecifické časové intervaly v rámci kvartéru (Lowe a Walker, 1997).

V niektorých prípadoch môžu byť tieto horizonty aj globálne synchronné. Pri metódach sa vychádza z predpokladu, že významný stratigrafický horizont datovaný niektorou rádiometrickou alebo inkrementačnou metódou sa dá korelovať s rovnakým horizontom na často veľmi vzdialenom mieste od danej lokality (nepriama korelácia).

3. **Metódy zisťujúce relatívny vek alebo relatívny vrstvový sled.** – Spolu s využitím štúdia fosílií sa pri tejto metóde využívajú zákony superpozície alebo morfolologickej postupnosti. Niekedy sa využíva aj stupeň degradácie alebo premeny látok spôsobený časovým činiteľom (Lowe a Walker, 1997).

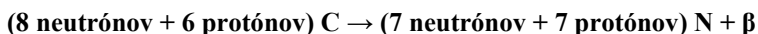
2.4.1. Rádiometrické datovacie metódy

Rádiometrické metódy sú založené na rádioaktívnych vlastnostiach izotopov prvkov, ktoré prekonávajú spontánne zmeny v atómovom usporiadaní s cieľom dosiahnuť stabilnejšiu atómovú formu. Niektoré rádioaktívne prvky ako napríklad urán sa vyskytujú prirodzene a sú hojne identifikované v kryštalických horninách, sedimentoch aj fosíliách. Rádioaktívny rozpad (atómová premena) je závislý od času. Pri známej rýchlosti rozpadu príslušného izotopu prvku je preto možné stanoviť vek hornín alebo fosílií, v ktorých je obsiahnutý. Rýchlosť rádioaktívneho rozpadu veľmi kolíše. Zatiaľ čo niektoré prvky sa rozpadajú v priebehu niekoľkých dní alebo dokonca sekúnd, iné prvky sa postupne rozpadávajú v časových škálach rádovo milióny rokov. V súčasnosti sa vyvíja veľké množstvo rádiometrických metód datovania, no na datovanie v kvartéri sa ich využíva len niekoľko.

Rádiouhlíkové datovanie

Ide o jednu z najstarších a zároveň najpoužívanějších rádiometrických metód. Jej princípy už počas 40. rokov 20. storočia postupne formuloval a technicky zdokonaľoval Libby (1955), ktorý sa zaoberal vysoko energetickým kozmickým žiarením v atmosfére.

Metodika je založená na meraní stavu rozpadu rádioaktívneho uhlíka izotopu ^{14}C na stabilný dusík ^{14}N . Rozpad sprevádza emisia častíc β :



Izotop ^{14}C kontinuálne vzniká vo vrchnej časti atmosféry a ukladá sa v rôznych globálnych rezervoároch. Atómy ^{14}C pomerne rýchlo oxidujú na CO_2 a spolu s inými molekulami $^{12}\text{CO}_2$ sa v atmosfére vzájomne miešajú, pričom ich pohlcuje hydrosféra (oceány, jazerá, vodné toky) a biosféra (živé organizmy). V priebehu stavby svojich tkanív všetky živé organizmy absorbujú CO_2 v takom pomere, ktorý je v izotopovej rovnováhe so súvekovú atmosférickou rovnováhou. Po odumretí organizmu izotop ^{14}C v organických tkanivách pokračuje v rozpade bez nahrádzania novým uhlíkom z atmosféry. Pri známej rýchlosti rozpadu ^{14}C je následne na základe merania reziduálnej aktivity ^{14}C možné vypočítať čas od smrti organizmu.

Aktivita ^{14}C v atmosfére je okolo 15 dpm/g (t. j. 15 rozpadov za minútu na 1 gram hmoty), pričom každých zhruba 5 700 rokov je táto aktivita polovičná. V súčasnosti je vďaka technologickému zdokonaleniu spresnená na $5\,570 \pm 30$ rokov (Mook, 1986).

Na meranie reziduálnej (zvyškovej) aktivity ^{14}C vo vzorkách sa používajú dve nasledujúce metódy:

Konvenčné rádiouhlíkové datovanie. – Zahŕňa detekciu a počítanie emisií častíc β z atómov ^{14}C v určenom čase s cieľom zistiť pomer emisií a aktivity vzorky. Pri tejto metóde sa využívajú dva laboratórne postupy: *plynové proporcionálne meranie* a *kvapalinová scintilačná spektrometria*. Čas od odumretia organizmu v rokoch (R) sa vypočíta z nasledujúcej rovnice:

$$R = 1/\lambda \times \log_e x (A_0/A)$$

(λ = rozpadová konštanta ^{14}C ; A_0 = aktivita ^{14}C súvekeho referenčného štandardu; A = meraná aktivita ^{14}C vo vzorke neznámeho veku).

Hmotnostná spektrometria – AMS (Accelerator mass spectrometry). – Je to novšia, široko využívaná metóda na detekciu atómov určitých prvkov na základe rozdielov v atómovej hmotnosti. Využívajú sa pri nej urýchľovače častíc, ako sú hmotnostné spektrometre, na spočítanie aktuálneho množstva atómov ^{14}C vo vzorke (Aitken, 1990; Bowman, 1990).

Na zistenie veku vzorky sa porovnáva pomer $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$ v meranej vzorke so štandardom, t. j. materiálom známej aktivity (napr. kyselina šťaveľová). Z pomeru vzorky a moderného štandardu je možné určiť jej vek v rokoch BP (Linick et al., 1989).

Výhodou datovania pomocou AMS oproti konvenčným metódam je pomerne veľká rýchlosť a početnosť analýz, nevýhodou je vysoká cena a malý počet laboratórií.

Medzi významné zdroje chýb v datovaní ^{14}C patrí dočasné kolísanie produkcie ^{14}C , izotopová frakcionácia (Harkness, 1979), cirkulácia morského uhlíka (Bard et al., 1987; 1991; Shackleton et al., 1988; Bard et al., 1994), kontaminácia (Peglar et al., 1989) a biogeochemia jazerných sedimentov (Petet et al., 1990).

Káliovo-argónové a argónovo-argónové datovanie

Vzhľadom na to, že sedimentárne horniny si neuchovávajú argón, technika K-Ar datovania umožňuje len meranie veku vulkanických a metamorfovaných hornín. Na kvartérne datovanie na Slovensku prichádzajú do úvahy vulkanické horniny bazaltových a bazanitových lávových prúdov.

Pri metodike^{*} sa využíva transformácia, resp. vetvený rozpad rádioaktívneho nuklidu ^{40}K na konečný ^{40}Ar , a to od času stuhnutia vulkanickej horniny. Prípadná vetva rozpadu $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ca}$ pomocou emisií β nie je na datovanie vhodná, pretože nedokáže oddeliť atómy ^{40}Ca vyprodukované rozkladom ^{40}K od atómov ^{40}Ca prítomných v hornine už v čase jej vzniku.

Transformácia $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ predstavuje tzv. akumulčné rádiometrické hodiny. Po stuhnutí horniny sa ^{40}Ar z rozkladu ^{40}K zachytáva vnútri kryštálovej mriežky a jeho množstvo s časom narastá. Metodika je teda založená na meraní množstva ^{40}Ar plynovej povahy vo vulkanických horninách. To umožňuje zistiť čas, ktorý uplynul od vzniku horniny. Táto metodika je však úspešná len za predpokladu, že pred stuhnutím horniny ^{40}Ar v hornine úplne chýbal, že systém bol pre ^{40}Ar aj ^{40}K po kryštalizácii úplne uzavretý a že hornina neobsahuje atmosférický Ar (Lowe a Walker, 1997). Preto na datovanie nie sú vhodné všetky vulkanické horniny.

Koncentrácia ^{40}K sa meria pomocou *atómovej absorpčnej spektrofotometrie* a množstvo izotopov Ar (^{36}Ar , ^{38}Ar a ^{40}Ar) sa zisťuje pomocou *plynovej izotopovej hmotnostnej spektrometrie* (Richards a Smart, 1991).

Novšia obdobná metóda Ar-Ar datovania (Hall a York, 1984) spočíva v ožarovaní vzorky rýchlymi neutrónmi v jadrovom reaktore s cieľom vzniku izotopu ^{39}Ar . Tento izotop je proporčný k izotopu ^{39}K , ktorý je, naopak, proporčný k izotopu ^{40}K . Metodika je založená na využití jednoduchšej analýzy pomocou *hmotnostnej spektrometrie*. Jej výhodou je možnosť merania na veľmi malých vzorkách (<10 g) (Richards a Smart, 1991). Najvhodnejšia je na datovanie vzoriek mladších ako 30 000 rokov (Gillot et al., 1982).

Uránové série datovania

Metodika datovania hornín je založená na meraní množstva vyprodukovaného stabilného izotopu Pb alebo množstva uvoľneného He z pôvodných izotopov ^{238}U , ^{235}U a ^{232}Th , ktoré sa rozkladajú cez rad prechodných nuklidov s veľmi rozdielnym polčasom rozpadu. Plyn He, ktorý vzniká emisiou častíc, sa môže zachytiť vnútri horniny, alebo môže pomaly unikať difúziou až do atmosféry. Tieto merania sú však obmedzené len na oveľa staršie horniny ako kvartérne (Jäger a Hunziker, 1979).

Na datovanie v kvartéri je možné využiť len niektoré prechodné nuklidy prvkov s relatívne krátkym polčasom rozpadu. Ani to sa však, najmä z praktického hľadiska, nevyužíva. Relevantné výsledky sa dajú získať len z hornín s neprerušným reťazovým rozkladom, v ktorom bol dosiahnutý rovnovážny stav materských a dcérskych izotopov, t. j. nuklidy tvorené rozkladom sa rozkladajú približne rovnako rýchlo, ako je ich produkcia materským nuklidom.

^{*}Pozn.: K-Ar datovanie sa využilo na zistenie chronológie najstarších hominidov vo východnej Afrike z lávy a súvisiacich usadenín (McDougall, 1981) s najstarším nálezom rodu *Homo* (2,4 mil. rokov) (Hill et al., 1992). Touto metódou bol datovaný aj vývoj spodno- a strednopleistocénnej glaciálnej chronostratigrafie na západe USA (Richmond a Fullerton, 1986) a strednopleistocénnych eventov v strednej Európe (Bogaard et al., 1989). Na Slovensku sa táto metóda použila pri datovaní lávových prúdov cerovej bazaltovej formácie, ako aj pri prvých datovaniach alkalického bazanitu z najmladšieho vulkánu na Slovensku v Brehoch (Šimon a Halouzka, 1996). Metodika poskytla aj porovnávaciu časovú škálu pre paleomagnetické stratigrafické sekvencie.

V kvartérnych horninách sa však často reťazec rozpadu preruší a systém zostáva v nerovnováhe až do jej obnovenia vďaka následnému rádioaktívnemu rozpadu (Smart, 1991). Skutočnosť, že rozklad U sa preruší a niektoré produkty jeho rozkladu sa selektívne odstránia, sa využíva pri metodikách nerovnovážneho datovania uránových radov.

Nerovnovážne metódy sú založené na princípe rozpustnosti a zrážanlivosti. Zatiaľ čo U a zvetrávacie produkty obsahujúce U sú silno rozpustné a zostávajú v roztoku, produkty reťazca rozpadu – izotopy ^{230}Th a ^{231}Pa – sú ľahko absorbovateľné, alebo sa spoločne zrážajú s inými soľami a akumulujú sa na dne jazier a v morských vrstvách. Takto vzniká nasledujúca selektívna separácia alebo frakcionácia produktov rozpadu uránu (tab. 6).

Tab. 6. Frakcionácia produktov rozpadu uránu.

Obsah U (nedostatok Th a Pa)	Obsah Th a Pa (nedostatok U)
karbonátové fosílie – zuby a kosti, schránky mäkkýšov, koralý	dnové morské a jazerné usadeniny
karbonátové vyzrážaniny – speleotémy a travertíny	

Vek jazerných alebo morských sedimentov sa môže zisťovať meraním rýchlosti rozpadu Th a Pa v rámci profilu. Vek karbonátových fosílií, speleotém, zubov a kostí sa zasa môže odvodiť od merania akumulácie produktov rozpadu U vnútri karbonátového matrixu (Smart, 1991).

Konvenčné meranie veku uránových radov sa robí pomocou *alfaspektrometrie*, ktorá nasleduje po chemickej extrakcii Th a U z materiálu vzorky. Súčasne sa na determináciu izotopových pomerov U začala využívať *tepelná ionizačná hmotnostná spektrometria* (TIMS) (Edwards et al., 1987). Metóda ponúka vyššiu úroveň analytickej presnosti, čo umožňuje napr. zisťovať vek neskoroglaciálnych až holocénnych sedimentov (Bard et al., 1990).

Pri datovaní sa využíva aj uvedená metóda AMS. Umožňuje to datovať nielen veľmi malé vzorky, ale aj získať výsledky merania ^{14}C a uránových radov a v rámci jednej vzorky tak priamo porovnávať dve časové škály^{*)}.

Rozsah časového využitia *nerovnovážnych metód* rozpadu uránových radov závisí od toho, ktorý nuklid sa sleduje. Praktický datovací rozsah pri využití konvenčných metód je 5 polčasov rozpadu a pomer $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ sa využíva na datovanie vzoriek s rozsahom 5 000 – 350 000 rokov. Pri U, $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ a $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ sú vrchné limity okolo 200 000 – 250 000 rokov. Dnešný rozvoj spektrometrickeho počítania však redukoval spodné limity $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ na menej ako 100 rokov (Lowe a Walker, 1997).

Uránové série datovania je možné využiť pri stanovovaní veku speleotém (Stringer et al., 1986), koralov (Smart, 1991), karbonátových usadenín, ako sú travertíny, usadeniny kriedy, jazerné vápnité íly, stromatolity, fosfáty a evapority (Kronfeld et al., 1988), mäkkýšov (Hearty, 1987), kostí (Smart, 1991) a dokonca aj rašelin (Walker et al., 1992).

Datovanie *fission track*

Metóda je založená na datovaní kryštálov s obsahom U, a to na základe počtu stôp poškodenia ich mriežky. V horninách obsahujúcich urán spôsobujú

^{*)} Pretože existuje dobrý predpoklad, že produkcia dcérskych nuklidov v rozpade uránových radov je konštantná, môže sa datovanie AMS využiť na kalibráciu datovania ^{14}C , ktoré bolo nevyhnutne ovplyvnené kolísaním produkcie atmosférického ^{14}C (Bard et al., 1990).

fragmenty štiepenia ^{238}U spontánne stopy poškodenia (porušenia) kryštálovej mriežky. Vzniknuté poškodenie je dôsledkom ionizácie atómov kryštálu, ktoré sa dostali do kontaktu s fragmentmi štiepenia. Stopy sú v kryštáloch hornín zachované milióny rokov a ich počet je funkciou obsahu U a funkciou času. Na základe limitujúcich faktorov, ako je množstvo U, schopnosť kryštálu zachovať stopy a hustota poškodenia, sa uvedená metodika dá využiť predovšetkým v prípade apatitu, zirkónu a skla (Naeser a Naeser, 1988).

V kvartérnej geológii je najvhodnejšie využitie tejto metódy v tefrochronológii, zvlášť pri vekovom rozsahu od zhruba 50 000 r. BP (vrchný limit rádiouhlíkového datovania) až do 500 000 r. BP (Walter, 1989). Zaujímavou aplikáciou je datovanie mikrotektitov terestrického i hlbokomorského pôvodu získaných z vrto (Gentner et al., 1970). Metóda *fission track* sa využila aj na datovanie archeologických nálezov vrátane pozície spodnopleistocénnych homínidov vo východnej Afrike (Gleadow, 1980), ale aj mladších archeologických nálezov v Mexiku (Steen-McIntyre et al., 1981) alebo na datovanie obsidiánových artefaktov v južnej Afrike (Miller a Wagner, 1981).

Metódu *fission track* nemožno používať tam, kde je hustota stôp štiepenia veľmi nízka (väčšina vzoriek mladších ako 100 000 rokov), resp. počítanie sa stáva nerealizovateľným. Vyberajú sa minerály s nižším obsahom U (napr. titán), ktoré môžu byť vhodnejším médiom na súčty (Naeser a Naeser, 1984). Skreslenie údajov (minimalizácia veku vzorky) môže vzniknúť vplyvom zahriatia vzorky alebo vplyvom spontánnej difúzie iónov v nej.

Luminiscenčné datovanie

Termoluminiscenčné datovanie (TL) vychádza z presného záznamu emisie svetla, ktoré je proporčné k počtu uvoľnených nestabilných elektrónov z minerálu vystaveného zahriatiu v podmienkach laboratórnej kontroly. Nestabilné elektróny sú súčasťou minerálov všetkých sedimentov a vulkanických hornín obsahujúcich rádioaktívne prvky U, Th alebo K. Takéto elektróny vznikajú v dôsledku neustáleho „bombardovania“ atómov iných prvkov časticami α , β a γ . To vedie k istému stupňu ionizácie v danej hornine a uchyteniu elektrónov vnútri kryštálovej mriežky. Termoluminiscenčné vlastnosti sa progresívne akumulujú vo vzorke vystavenej kontinuálnej radiácii uvedených prvkov (Aitken, 1985). Ak sa z príslušného sedimentu termoluminiscencia v minulosti už raz uvoľnila napr. vplyvom slnečného žiarenia, môže sa objaviť až po ďalšom vystavení radiácii U, Th a K.

Uvedené skutočnosti predurčujú TL datovanie na stanovenie absolútneho veku sedimentov obsahujúcich veľké množstvo kremeňa a živca, a to od času ich poslednej depozície. Najvhodnejšie na datovanie sú piesčité až siltovité frakcie, napr. eolické piesky a spraše a fluválne a proluviálne piesky terás a kužeľov (Wintle, 1990). TL datovanie sa používa aj v archeológii na datovanie pálených objektov, ako je keramika a rozličné nástroje.

Zdroje chýb pri TL datovaní sú rôzne: kalibrácia laboratórneho ožarovania, nerovnováha v rozpadovom uránovom reťazci, migrácia rádioaktívnych prvkov cez povrch usadenín či problémy spojené s neúplným vynulovaním TL signálu (Aitken, 1990).

Horný limit dosahu TL datovania pri kremení je asi 100 000 r. BP (Aitken, 1985), niekedy až 150 000 r. BP (Lu et al., 1987). Významne vyšší vek sa môže zistiť využitím živcov, a to viac ako 500 000 r. BP. Živce sú však teplotne nestabilné (Mejdahl, 1988). Pri speleotémach sa získali údaje až 100 000 r. BP a pri pálených kamenných nástrojoch sa zistil vek okolo 200 000 r. BP. V dolnom limite je keramika s vekom okolo 100 rokov.

Datovanie metódou opticky stimulovanej luminiscencie (OSL) vychádza z merania luminiscencie emitovanej z väčšiny svetlocitlivých elektrónových pas-cí minerálov po vystavení svetlu (Huntley a Birks, 1983; Aitken, 1995). Svetlocitlivé elektrónové pasce sa nachádzajú predovšetkým v kremeňi alebo v živ-coch. Optická stimulácia sa v prípade kremeňa robí použitím zeleného svetelného zdroja (resp. zeleného lasera) alebo v prípade živcov použitím infra-červeného svetelného zdroja (Wintle et al., 1994). Vek sedimentu sa pri OSL určuje ako čas, ktorý uplynul medzi dvomi ožiarzeniami denným svetlom.

Výhodou datovania metódou OSL je predovšetkým univerzálnosť. Materiál potrebný na datovanie (najmä mikrozrnká kremeňa a živcov) je vo vrstvách sedimentov prakticky všadeprítomný. Metódu OSL je možné uplatniť na vzorky staršie ako 50 000 rokov, čo je hranica použiteľnosti rádiouhlíka (Smith et al., 1990; Aitken, 1990).

Elektrónová spinová rezonancia (ESR)

Metóda zahŕňa priame meranie paramagnetických elektrónov indukovaných rádiáciou, zachytených v defektoch kryštalickej mriežky minerálov v hornine. Tieto „voľné“ elektróny vznikli pôsobením rádiácie α , β a γ z prirodzených rádioaktívnych prvkov (U, Th, K) a v priebehu času sa akumulovali v kryštálovej mriežke minerálov (Henning a Grün, 1983). Vystavenie vysokofrekvenčnému elektromagnetickému žiareniu v silnom magnetickom poli „excituje“ elektróny a ich rezonancia sa môže detegovať tým, ako sa mení magnetické pole. Elektromagnetická sila je absorbovaná v pomere k množstvu prítomných elektrónov v rezonancii, teda čím väčšie je množstvo elektrónov, tým väčšia je absorpcia. Rovnako ako pri TL datovaní je absorpcia odrazom veku. Označuje sa termínmi paleodávka, akumulačná dávka (AD), totálna dávka (TD) a ekvivalentná dávka (ED) (Smart, 1991). Na zistenie veku vzorky je potrebné získať ročný radiačný tok alebo dávkový pomer v určitej vzorke. To umožňujú ďalšie dávky žiarenia γ do vzorky v laboratóriu a porovnávanie s kalibrovanými štandardmi. Vek vzorky (v rokoch) sa získava zo vzťahu:

$$\text{vek} = \text{paleodávka} / \text{ročná dávka}.$$

Výhodou ESR oproti TL datovaniu je väčšie množstvo a rozmanitosť datovaného materiálu, napr. zubná sklovina, schránky mäkkýšov a koralov, ktoré nie sú vhodné na TL datovanie vzhľadom na nutnosť ich zahriatia (prakticky rozklad).

Využitie ESR: kalcity speleotém, travertíny, koralý, soľné sedimenty, kremenné zrná, vulkanické horniny, mäkkýše, foraminifery z hlbokomorských vr-tov, zubná sklovina, kosti a pálené nástroje (Aitken, 1990).

Iné rádiometrické metódy

Rádioaktívne izotopy s dlhou životnosťou sa čiastočne používajú aj na me-ranie veku v kvartéri. Je to najmä ^{36}Cl (polčas rozpadu 300 000 rokov), ^{26}Al (polčas rozpadu 730 000 rokov), ^{10}Be (polčas rozpadu 1,6 mil. rokov) a ^{41}Ca (polčas rozpadu 100 000 rokov) (Aitken, 1990).

Rádioaktívne izotopy s krátkou životnosťou sa využívajú na datovanie subrecentu a holocénu. Zahŕňajú ^{210}Pb (polčas rozpadu 22,26 rokov), ^{137}Cs (pol-čas rozpadu 30 rokov), ^{32}Si (polčas rozpadu asi 3 000 rokov) a ^3H (polčas rozpa-du 12,43 rokov) (Olsson, 1986).

2.4.2. Inkrementačné datovacie metódy

Inkrementačné datovacie metódy sú založené na pravidelnom raste organie-kého tkaniva alebo časti sedimentárnych sekvencií. Najvyužívanejšie metódy sú:

dendrochronológia (letokruhovú datovanie), varvová chronológia, lichenometria a metóda ročných prírastkov ľadu v ľadovcoch. Všetky tieto techniky sú obmedzené predovšetkým na holocén, hoci varvy a záznam vrstvičiek ľadu sa už v minulosti využili aj pri datovaní predholocénneho materiálu (Lowe a Walker, 1997).

Dendrochronológia

Metóda je založená na nerovnomernom raste buniek stromov, ovplyvnenom teplotnými a vlhkosťnými pomermi počas roka.

Pri väčšine drevín sa v priebehu každej rastovej sezóny objavujú na vonkajších okrajoch kmeňov nové bunky, citlivo reagujúce na prínos vody, živín a tepla. Nové bunky rastúce na jar sú viac tenkostenné a majú tendenciu byť väčšie ako bunky dorastajúce v priebehu neskorého leta. Je to dôsledok vyšších požiadaviek na zásobovanie vodou. Neskôr v priebehu roka sa bunky zmenšujú a ich steny hrubnú. Cyklické opakovanie ročných zmien má preto výrazný záznam v rastových prírastkoch (letokruhoch). Z ich počtu sa zisťuje vek dreviny (Schweingruber, 1988).

Röntgenová denzitometria je alternatívna metóda dendrochronológie. Spočíva v röntgenovaní rezov dreva a študujú sa presvetlené negatívy. Na základe množstva prepusteného svetla sa študuje hustota dreva, ktorá indikuje klimatické variácie často lepšie ako šírka letokruhov pri priamom pozorovaní (Schweingruber, l. c.).

Dendroklimatológia predstavuje rekonštrukciu minulých klimatických podmienok na základe letokruhov. Výhodou je, že paleoklimatologické interpretácie môžu byť na základe dendrologických štúdií pomerne dobre datovateľné. Kolísanie hustoty dreva môže poskytnúť jasnejšiu paleoklimatickú informáciu a lepšie rozlíšenie klimatických zmien ako jednoduché meranie šírky letokruhov (Hughes et al., 1982).

Izotopová dendroklimatológia je založená na pomere izotopov O₂, C a H. Vodíkové a kyslíkové izotopové zloženie rastlín je určené izotopovým zložením vody využívanej rastlinami. Existuje priamy vzťah medzi teplotou a pomermi D/H a ¹⁸O/¹⁶O v zrážkach. Preto sa môžu v letokruhoch využiť ako klimatické proxy indikátory δ²H, δ¹⁸O a δ¹³C (Bradley, 1985).

Varvová chronológia

Metóda je založená na odpočte tenko laminovaných drobno vrstvitých, subhorizontálne uložených sedimentov dna a okrajov ľadovcových jazier v danom profile, označovaných ako varvy. Rytmická sedimentácia vzniká striedaním vrstvičiek jemného piesku, siltu a ílu. Laminácia smerom nahor vzrastá v dôsledku ročného kolísania prísunu materiálu. V rámci vrstvy sa materiál smerom nahor zjemňuje. Pretože sa varvy ukladajú každoročne, môžu sa využiť na datovanie a je možné dať ich do súvislosti aj s kalendárnou časovou škálou. Jemnozrnné až pelitické vrstvičky tvoria niekedy pravidelne sa striedajúce dvojice (páry) s relatívne hrubozrnnými vrstvičkami. Takéto sedimenty sa nazývajú rytmity.

Glacilakustrické varvy vznikajú veľkým prínosom sedimentov jarného a letného topenia snehu. Sú deponované v proglaciálnych jazerách a plytkých moriach. Najskôr sa ukladajú najhrubšie časti, jemné častice sú v suspenzii. Počas zimy, keď voda v jazere alebo pri brehoch zamrzá, častice v suspenzii pomaly klesajú ku dnu a vytvárajú sa laminované vrstvičky, ktoré ostro kontrastujú s hrubšími vrstvičkami vzniknutými v priebehu jari. Túto metódu po prvýkrát využil De Geer (1912) pri švédskych jazerách. Počítanie varv sa uskutočňuje pomocou mikroskopu, röntgenu alebo skenera.

Iné varvové sedimenty – rytmity – sa každoročne tvoria aj v mnohých teplých oblastiach ďaleko od glaciálnej aktivity (O'Sullivan, 1983). Produkcia sedimentov a biomasy je výsledkom kolísania prírodných podmienok v jazerách. V mnohých jazerách sú úložné pomery sedimentov prepracované prúdmi alebo bioturbáciou a laminy nevznikajú (holomiktné jazerá). V hlbokých jazerách s nedostatkom kyslíka, kde je bentická fauna redukovaná a kde povrchové prúdy nedosahujú až na dno, vznikajú jemné laminy (meromiktné jazerá). Tam, kde sa v dôsledku striedania sezónnej klímy objavuje akumulácia organického detritu a vytvárajú sa dvojice, vznikajú organické varvy. V niektorých prípadoch sa vyzráža CaCO_3 . To vedie k vývoju svetlejších, letných vrstvičiek, ktoré sa striedajú s tmavými, zimnými vrstvičkami bohatými na organický humus (Peglar et al., 1984). Lamináciu podmieňuje aj sezónne kolísanie zrážania oxidov železa (Renberg, 1981).

Varvová chronológia sa využíva pri charakteristike regionálnej deglaciácie, pri datovaní ústupu pevninského ľadovca (Teller, 1995) alebo pri identifikácii dĺžky jednotlivých období počas kvartéru (Goslar et al., 1993). Využitie varvovej stratigrafie v kombinácii s datovaním pomocou ^{14}C , paleomagnetizmu a peľových analýz umožnilo napr. datovanie deglaciácie rôznych oblastí (Zbinden et al., 1989).

Lichenometria

Princípom lichenometrie je existencia priameho vzťahu medzi veľkosťou lišajníkov a ich vekom. Predpokladom použitia tejto metódy je povrch vystavený expanzii lišajníkov, známy mechanizmus rastu lišajníkov a tiež skutočnosť, že medzi odhalením povrchu hornín po ústupe ľadovcov a kolonizáciou lišajníkov neuplynul dlhý čas. Niektoré lišajníky, ako napr. *Rhizocarpon geographicum*, môžu rásť až niekoľko tisíc rokov, a preto je technika lichenometrie aplikovateľná na väčšiu časť holocénu. V praxi je však datovací limit lichenometrie v extrémne chladných a suchých oblastiach (napr. Grónsko) zhruba 4 500 rokov a vo väčšine ostatných prípadov je lichenometria použiteľná len zhruba do 500 rokov (Matthews, 1992).

Metóda sa využíva pri datovaní ústupu ľadovcov. Veľkosť lišajníkov sa najskôr zmeria na povrchu morén známeho veku, následne sa vytvorí rastová krivka lišajníka. Týmto spôsobom sa môže vytvoriť detailná deglaciačná chronológia určitej oblasti. Lichenometria sa v minulosti využila aj na datovanie „malej ľadovej doby“ v mnohých oblastiach sveta – v Škandinávii (Ballantyne, 1990), v severoamerických Kordillerách (Osborn a Luckman, 1988), na Aljaške (Calkin, 1988), v južnej Amerike (Rodbell, 1992) a na Novom Zélande (Gellatley, 1982).

Medzi ďalšie možnosti využitia lichenometrie možno zahrnúť: a) zistenie časovej škály na kolonizáciu rastlín v novo odkrytých substrátoch proglaciálnych oblastí (Matthews, 1992); b) štúdium vývoja chronológie zdvihnutých plážových usadenín a archeologických nálezov, ktoré sa na ne vzťahujú (Birkenmajer, 1981); c) relatívne datovanie proglaciálnych riečnych terás (Thompson a Jones, 1986); d) datovanie svahových usadenín a aktivity sutinových prúdov (André, 1986); e) datovanie povrchových štruktúr indukovaných zemetrasením (Smirnova a Nikonov, 1990).

Ročné vrstvy v ľadovcoch

Metóda je založená na odpočte identifikovateľných ročných prírastkov ľadu v danom profile (vrte). V ľadovcových vrtoch sa môže odpočtom prírastkov vytvoriť chronológia celého rozsahu vrtu. Okrem vizuálnych znakov sa môže iden-

tifikovať aj kolísanie ďalších parametrov, ako napr. ročné kolísanie v zastúpení izotopových pomerov $\delta^{18}\text{O}/\delta\text{D}$, kolísanie elektrickej vodivosti ľadu, obsahu prachu a mikročastíc či kolísanie prvkového zloženia (Budd et al., 1989).

Vo veľkej hĺbke ľadovca však ročné prírastky splývajú, preto je ich detegovanie obťažné. To znamená, že v prípade veľmi hrubého ľadovca prírastkovú metódu nie je možné využiť. V grónskom ľadovci, kde bola akumulácia snehu pomerne rýchla, sa v rámci projektu GRIP podľa jednotlivých rokov zistil od povrchu vek siahajúci až do 14 500 r. BP (Johnsen et al., 1992) a pomocou čiastočnej interpolácie pri starších vrstvách až do 40 500 r. BP. Naopak, v niektorých oblastiach antarktického ľadovca, kde sú ročné akumulácie snehu nízke, nastáva povrchový odnos a difúzia izotopov do firnu, čo sťažuje štúdium chronológie.

Najväčší potenciál má datovanie ľadovcových vrtvov spadajúcich do neskorého glaciálu (14 000 – 9 000 r. BP). V ľadovcovom vrte GISP2 sú klimatické zmeny sprevádzané kolísaním koncentrácie prachu (vzrastajúca eolická aktivita v priebehu chladných období) a zmenami v hrúbke ročných vrstiev ľadu, odrážajúcimi kolísanie akumuláčnej rýchlosti (napr. snehové zrážky). Z vrty sú jasne rozpoznateľné také klimatické epizódy, ako je prechod z najstaršieho dryasu do interštadiálu bölling (14 680 + 400 ľadovcových rokov BP), koniec mladšieho dryasu (11 640 + 250 r. BP) a trvanie mladšieho dryasu (štádiál; 1 300 + 70 r. BP) (Alley et al., 1993).

2.4.3. Stratigrafické markery

Vo viacerých typoch kvartérnych sedimentov je možné identifikovať typické určujúce horizonty, ktoré sú synchronne aj na veľké vzdialenosti, pričom vytvárajú polohy v rôznych sedimentárnych sekvenciách. Samotné určujúce horizonty sú síce nositeľom informácií o presnom veku, no na jeho určenie je potrebné využiť celý rad datovacích metód.

Ak sú určujúce horizonty už raz datované niektorou z uvedených metód (napr. rádiometricky alebo využitím prírastkových metód), môžu sa porovnávať pomocou nasledujúcich metód, a to všade tam, kde sa vyskytujú. Najvyužívanejšie metódy v súčasnosti sú paleomagnetizmus, tefrochronológia a kyslíková izotopová stratigrafia (Lowe a Walker, 1997).

Magnetostratigrafia

Ide o stratigrafickú metódu, ktorá je založená na korelácii striedania magnetickej polarizácie zaznamenananej v horninách. Z geologickej histórie vieme, že orientácia magnetických siločiar, a teda magnetického dvojpólu zeme sa v priebehu času mení (prevracia) z normálnej polarizácie na tzv. reverznú magnetickú polaritu. V období reverznej polarizácie smerujú magnetické siločiar od severného pólu k južnému a strelka kompasu ukazuje na juh. Podobne ako strelka kompasu sa orientujú aj niektoré feromagnetické a paramagnetické minerály, ktoré sú obsiahnuté v usadených alebo vyvretých horninách (najčastejšie hydroxidy Fe, hematit a magnetit).

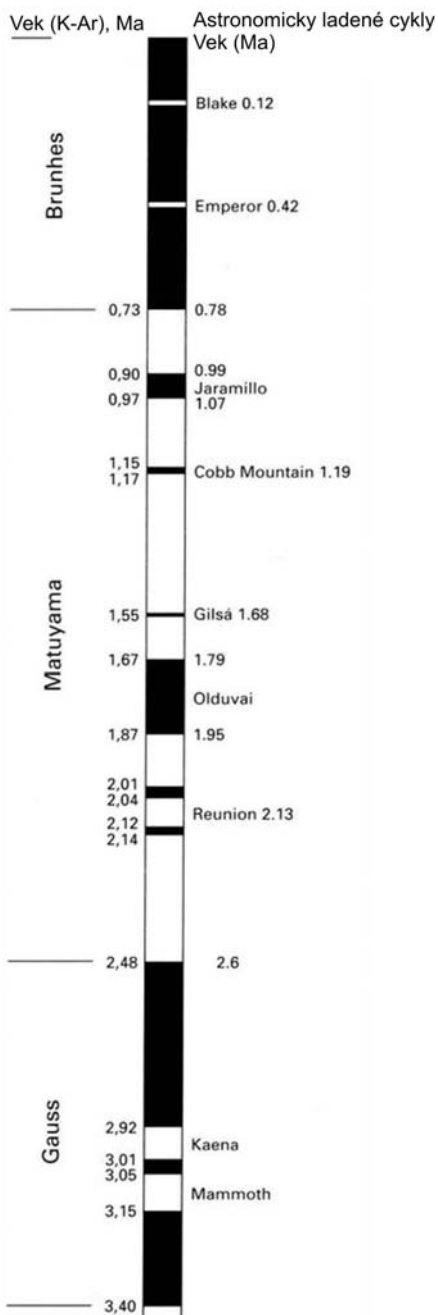
Tam, kde sa epochy polarizácie a eventov nachádzajú vo vulkanických horninách, môžu sa datovať aj pomocou K-Ar metódy (Tarling, 1983). Umožňujú stanoviť paleomagnetickú časovú škálu obdobia kvartéru a časť predkvartérnych sekvencií (obr. 12).

Obr. 12. Paleomagnetická časová škála posledných 3,5 mil. rokov. Tmavé úseky predstavujú periódy normálnej polarity, biele úseky predstavujú epizódy reverznej magnetickej polarity. Veky zistené K-Ar metódou sú znázornené na ľavej strane, astronomicky upravené veky sú na pravej strane (podľa Mankinena a Dalrypleho, 1979; Funnella, 1995).

Tefrochronológia

Táto metóda je založená na synchronizácii korelácie horizontov usadeného vulkanického prachu (tefry) v rôznych typoch sedimentov a sedimentárnych sekvencií pri použití iných datovacích metód.

Po vulkanickej erupcii sa vyvrhnutý vulkanický prach (tefra) v závislosti od atmosférických podmienok spravidla veľmi rýchlo rozptýli na relatívne veľké vzdialenosti a po usadení vytvára tenkú pokrývku na povrchu rozličných typov sedimentov. Tefry sú najlepšie zachované v močiarnych sedimentoch, sedimentoch jazerného dna, estuáriových sedimentoch riek, sedimentoch riečnych terás, eolických sprašových sedimentoch a i. Tenké vrstvičky prachu sa zistili aj v hlbokomorských sedimentoch. Vrstvy vulkanického prachu sa v uvedených typoch sedimentárnych súvrství výraznejšie opticky prejavujú často ako typicky svetlo zafarbené horizonty. Môžu sa detegovať tak z vrtoch, ako aj z odkrytov profilov súvrství rôznymi metódami – napr. granulometriou, rozborom petrografických a mineralogických vlastností a geochemickými rozborami (Einarsson, 1986). Týmito metódami je možné odhaliť nielen jednotlivé vrstvičky vulkanického prachu, ale aj zdrojovú oblasť vulkanickej činnosti. Napríklad v západnom Nórsku na lokalite Vedde a tiež v severoatlantických oceánskych vrtoch sa našiel vulkanický prach starý 10 600 rokov. Bol priradený k vulkanickému systému Katla-Eldgjá na juhu Islandu. Vek vrstiev vulkanického prachu bolo možné zistiť pomocou rádiouhlíkového datovania sprievodného organického materiálu (dreva, rašelin a jazerných sedimentov), staršie sedimenty boli datované využitím K-Ar a Ar-Ar metódy (Bogaard et al., 1989), *fission tracks* (Meyer et al., 1991), TL (Berger, 1988) a ESR (Imai et al., 1985). Ak sa tefra nachádza v ľadovcových vrtoch, jej vek sa môže zistiť spočítaním ročných vrstiev ľadu (Hammer et al., 1980).



V Európe bolo mnoho nálezov tefry opísaných z okolia Eifelu v juhozápadnom Nemecku. K-Ar/⁴⁰Ar-³⁹Ar datovania poukázali na strednepleistocénny vek (Brunnacker, 1975). Omnoho mladší vulkanický prach Laacherského jazera (datovanie ¹⁴C určilo vek 11 000 + 50 r. BP) z rovnakého vulkanického centra sa našiel v oblasti strednej a severnej Európy. Využil sa ako zodpovedajúci izochrónny horizont na štúdium neskoroglaciálnej jazernej sedimentácie (Bogaard a Schmincke, 1985).

Na Slovensku boli kvartérne tefry identifikované v rámci sprašovej série starej tehelne v Senci (Halouzka in Schmidt, 1969) a v sprašiach tehelne v Preseľanoch (Pristaš, 2000b). Oba horizonty boli metódou K-Ar a podľa pozície v rámci série fosílnych pôd datované do mladšej časti stredného pleistocénu.

Tefry poskytujú tak možnosť korelácie rôznych oceánskych vrto, ako aj korelácie medzi kontinentálnym a marínnym prostredím, prípadne rôznych kontinentálnych prostredí. Medzi najväčšie problémy tefrochronológie patrí priestorová obmedzenosť tefry na menšie plochy (Hunt a Hill, 1993).

Kyslíková izotopová chronológia

Metóda vychádza z kyslíkovej izotopovej stratigrafie opísanej v podkapitole 2.3.1. Je založená na tom, že izotopy kyslíka tvoria v hlbokooceánskych sedimentoch *proxy* záznamy dlhotrvajúcich klimatických zmien. Nositeľom záznamu meniacich sa izotopových pomerov v týchto sedimentoch je najmä mikrofauna a flóra. Záznam poskytuje dôkazy o glaciálnych a interglaciálnych osciláciách a je základom stratigrafického delenia a korelácie na veľké vzdialenosti.

Na základe vrtných jadier z rôznych lokalít bola vypracovaná globálne použiteľná schéma a krivka kyslíkových izotopových stupňov MIS (*marine isotope stages*) alebo OIS (*oxygen isotope stages*) (tab. 5). Teplé klimatické fázy sú na tejto krivke reprezentované nižšími hodnotami ‰ δ¹⁸O a chladnejšie fázy vyššími hodnotami ‰ δ¹⁸O.

2.4.4. Relatívna chronológia založená na procesoch chemickej alterácie

Všetky kvartérne sedimenty, ale najmä fosílie, ktoré sú v nich obsiahnuté, sú ovplyvnené množstvom chemických reakcií. Niektoré z nich sú závislé od času. Od času smrti organizmu sa tkanivá rozkladajú rôznymi chemickými procesmi, pri ktorých sa vytvárajú zlúčeniny s omnoho jednoduchšími chemickými štruktúrami. Povrch fosílií alebo minerálov môžu zmeniť tak procesy hydratácie, ako aj akumulácie zlúčenín a zrazenín určitých chemikálií v podzemnej vode. Na povrchu kryštalických hornín alebo sedimentov zasa pôsobia zvetrávacie a pedogenetické procesy, ktoré postupne spôsobujú aj opticky viditeľné zmeny. Vo všetkých prípadoch sa uvedené premeny časom zvyrazňujú, čo dáva predpoklady na relatívne datovanie (Lowe a Walker, 1997).

Aminokyselinová geochronológia

Kosti žijúcich organizmov obsahujú približne 23 % kolagénových vlákien, t. j. vlákien obsahujúcich proteín vnútri fosfátovo-kalcitového matrixu. Po smrti organizmu môžu proteíny prežívať vnútri kostí a schránok po veľmi dlhý čas, ale podliehajú veľkému množstvu zmien. Niektoré zo zmien sú závislé od času, takže vlastnosti určitých zvyškov proteínov môžu byť základom relatívnej chronológie z kvartérneho záznamu (Abelson, 1956).

Ak sa môžu aminokyselinové pomery kalibrovať pomocou iných metód (¹⁴C, uránového radu, TL, ESR), môže sa vytvoriť časová škála využiteľná na celé

obdobie kvartéru. Využitím tejto metódy sa podarilo napr. odlišiť eventy vysokej hladiny morskej vody v priebehu posledného interglaciálu a vytvoriť koreláciu oblastí juhozápadnej Británie (Bowen, 1991).

Obsah fluóru, uránu a dusíka vo fosílnych kostiach

Metóda sa využíva pri relatívnom datovaní kostí v sedimentoch a umožňuje aj identifikovať mladší alebo starší materiál vo fosílnych nálezoch (Haddy a Hanson, 1982; Demetsopoulos et al., 1983). Je založená na zistení, že hlavný minerál tvoriaci kosti a zuby – hydroxyapatit – postupne v priebehu času absorbuje fluór z podzemnej vody. Rýchlosť, akou obsah fluóru stúpa, síce na jednotlivých lokalitách varíruje, ale kosti, ktoré boli pochované v rovnakom čase v rovnakom type sedimentu, obsahujú približne rovnaké množstvo fluóru. Kosti pochádzajúce z mladších vrstiev obsahujú podstatne menej fluóru ako kosti zo starších, pozíčne nižších vrstiev.

Obdobným spôsobom ako metóda zisťovania obsahu fluóru sa využíva aj analýza uránu inkorporovaného do fosílnych kostí z podzemnej vody. Metóda analýzy uránu nevyžaduje na počítanie uránového vyžarovania deštrukciu materiálu kosti.

Relatívny vek nálezov fosílnych kostí je možné stanoviť aj analýzou obsahu dusíka v kostiach. Znižovanie obsahu dusíka odráža stúpajúci vek vzorky (Oakley, 1980).

Hydratácia obsidiánu

Metóda je založená na absorpcii vody čerstvo exponovaným povrchom obsidiánu z okolitého prostredia a vytvorení hydratovanej formy s príslušnou hrúbkou, známej ako perlit (Trembour a Friedman, 1984). Variácie v hrúbke hydratovaných vrstiev obsidiánu sa spočiatku využívali na stanovenie relatívneho veku ryolitových prúdov (Friedman, 1968), archeologických artefaktov (Michels a Bebrich, 1971) a glaciálnych eventov (Pierce et al., 1976). Pri tomto stanovovaní veku sa využívala chronológia závisiaca od kalibrácie s použitím vzorky známeho veku. Experimentálne práce v súčasnosti ukázali možnosť odvodenia veku priamo z merania hydratácie obsidiánu za predpokladu, že je možné stanoviť efektívnu teplotu deponovania a pochovania, ako aj rýchlosť hydratácie pri tejto teplote (Stevenson et al., 1989). Využitie metódy má časový dosah od 200 do 100 000 r. BP (Aitken, 1990).

Zvetrávacie vlastnosti horninových povrchov

Na odhadnutie najmä relatívneho veku horninových povrchov je možné využiť aj rozsah parametrov horninového zvetrávania (Brookes, 1982). Variácie v horninovom zvetrávaní sa široko využívajú pri stanovovaní neskorokvartérnej glaciálnej a glacifluviálnej chronológie (Colman a Pierce, 1986; Shiraiwa a Watanabe, 1991) za podpory iných datovacích techník, ako sú lichenometria, ¹⁴C datovanie alebo tefrochronológia.

Pedogenéza

Stupeň pedogenetického vývoja sa využíva ako základ relatívnej chronológie glaciálnych eventov. Využitím tejto metódy bolo možné stanoviť relatívny vek morénových sekvencií až do obdobia pred 140 000 r. BP (Colman a Pierce, 1986).

3. GEOLOGICKÁ STAVBA KVARTÉRU SLOVENSKA A JEHO VÝVOJ

Aj keď je obdobie kvartéru v porovnaní so staršími geologickými útvarmi extrémne krátke, jeho uloženiny majú na povrchu reliéfu dominujúce postavenie. Na regionálnych geologických mapách predstavujú viac ako 1/2 plochy územia Slovenska, no striktné vzaté, v premenlivej hrúbke pokrývajú takmer celé toto územie. Určitú výnimku tvoria len výstupy podložia v podobe skalných útvarov, výstupy na exponovaných svahoch, na medzidolinových a medziúvalinových chrbtoch alebo v nárazových brehoch tokov a miestami aj v ich korytách.

Nástup kvartérnej sedimentácie sa na celom území Slovenska vyznačuje depozíciou na už erodované predkvartérne podložie, takže štvrtohorné sedimenty sú na styku s ním uložené erozívne a diskordantne. Preto stratigrafická hranica bázy kvartérnych sedimentov vo vzťahu k podložíu na pozitívnych neotektonických štruktúrach je litologicko-petrograficky aj faciálne výrazná a ostrá. Na rozdiel od toho, pestrý litologicko-faciálny vývoj najmladších pliocénnych a najstarších kvartérnych vrstiev na negatívnych štruktúrach nížinných oblastí spôsobil, že prechod medzi oboma útvarmi je nezreteľný. V takýchto prípadoch býva hranica konvencionálna, resp. určuje sa na základe analógie s inými územiami. Dokonca sa predpokladá, že napr. na území centra *gabčíkovej depresie* (Podunajská rovina), v časti *zohorsko-marcheggskej depresie* (Borská nížina), ako aj v centrách *strážňanskej*, *trakanskej* a *michalovsko-sliepkovej depresie* (Východoslovenská nížina) kvartérna fluviaľná sedimentácia nadväzuje na finálne členy neogénnej sedimentácie a až do recentu vykazuje superpozíčný vývoj. V ostatných častiach územia Slovenska sa zaznamenal kvartérny fluviaľny, profluviaľny aj glacifluviaľny vývoj v systéme morfolologickej postupnosti, t. j. vo formách terás a terasovaných kužeľov.

Z hľadiska základných sledovaných parametrov kvartérnych uloženín, akými je okrem iného aj genetické určenie typu, jeho hrúbka a kvantitatívne zmeny v litologicko-faciálnom zložení, je možné konštatovať, že ich priestorové rozšírenie úzko súvisí s charakterom dominujúcich sedimentotvorných procesov. Tie sú ovplyvnené na jednej strane neotektonickým režimom morfoštruktúr okrajových paniev (rel. pokles) a hrastí Karpát (rel. zdvih) – teda reliéfom, na druhej strane špecifickou cyklickosťou kvartérnych klimatických zmien (Ložek, 1973).

Neotektonické formovanie hlavných morfoštruktúr Slovenska (ako aj ich čiastkových jednotiek) pokračovalo s rôznou intenzitou aj počas kvartéru. Od rôznej intenzity a mechaniky neotektonických pohybov záviselo nielen rozšírenie kvartérnych sedimentov, ale aj distribúcia a intenzita erózných, denudačných a akumuláčných procesov. Tektonické pohyby sa počas kvartéru prejavujú buď priamym, sukcesívnym neprerušeným pokračovaním pohybov z neogénu, alebo občasnou reaktivizáciou niektorých starších zlomov, prípadne miestami aj vznikom nových tektonických línií. Najsilnejšie sa kvartérne pohyby uplatňujú v oblastiach seizmicky aktívnych území Slovenska.

Na typologické a litologicko-faciálne zloženie kvartérnych sedimentov vrátane ich rozmiestnenia podstatne vplývali aj viacnásobné cyklické zmeny kvartérnej paleoklímy. Okrem toho, podľa intenzity a dĺžky klimatických oscilácií, prejavujúcich sa v podobe glaciálov, interglaciálov, štadiálov, interštadiálov a ročných klimatických cyklov v kombinácii s reliéfom, sa menila aj intenzita a charakter geologických procesov v jednotlivých oblastiach Slovenska. Určité klimatické podmienky napríklad vo vyšších horských polohách vyvolali vznik a následne podmienili zloženie glaciénných sedimentov. Na iných miestach sa

však vplyvom tých istých klimatických pomerov vytvorili vhodné podmienky na soliflukčné procesy, eolické procesy, prípadne na akumuláciu fluviaálnych sedimentov.

3.1. Charakteristika základných genetických typov kvartérnych uloženín

Kvartérne akumulácie sú na území Slovenska reprezentované najmä uloženiami kontinentálneho (terestrického) vývoja s prevahou subaerických prvkov depozície. Vznikali v zóne najintenzívnejšej interakcie činiteľov endogénneho a exogénneho pôvodu, teda na rozhraní litosféry a atmosféry, v najspodnejšom pleistocéne aj hydrosféry. Vytvárali sa často vo veľmi odlišných prostrediach ovplyvnených množstvom uvedených činiteľov, a preto sú veľmi rozmanité. Vyznačujú sa zložitou, v niektorých prípadoch veľmi zložitou geologickou stavbou a veľmi premenlivou hrúbkou, charakteristickou pre mladé nealpínske morfoštruktúry.

V tabuľke 7 je prehľad základných genetických typov kvartérnych uloženín územia Slovenska a ich vzájomných kombinácií, vyčlenených na základe dominantných prvkov genézy.

Ich petrografické a litologické zloženie je výrazne ovplyvnené lokálnymi podmienkami, najmä spôsobom a dĺžkou transportu, miestom a formou depozície, ako aj postsedimentačným klimatickým prostredím, v podmienkach ktorého nastávajú v kvartérnych sedimentoch často procesy diagenézy a epigenézy. Napríklad postsedimentačným zosprašnením, teda sekundárnym vylúčením CaCO_3 , sa vyznačuje vznik spraší na okrajových pahorkatinách Podunajskej a Východoslovenskej nížiny, v kotlinách južného Slovenska a na pahorkatinách niektorých vnútrohorských kotlin. Naopak, postsedimentačným zahlinením, vznikom oxyhydroxidov Mn a Fe a druhotným odvápnnením spraší sa vyvinuli sprašové hliny lemujúce výskyty spraší smerom na sever do vnútrohorských kotlin, prípadne lokálne zaberajúce vnútorné časti južnejších pohorí. Markantné sú aj zmeny v typológii fosílnych pôdnych komplexov nachádzajúcich sa v sprašových sériách.

Pomerne zložité sú aj úložné pomery kvartérnych sedimentov. V sprašových sériách sa striedajú vrstvy spraší a fosílnych pôd v subhorizontálnej, úvalinovitej alebo teleskopickej forme depozície. Naviate piesky sú deponované vo forme dún. Fluviaálne a proluviaálne sedimenty majú časté korytové, prúdové a krížové zvrstvenie. Významný je aj rozdiel v terasovom vývoji systému morfolologickej postupnosti na pahorkatinách a v pohoriach oproti superpozičnému vývoju na poklesových štruktúrach.

V odkryvoch aj vo vrtoch sa často vertikálne striedajú geneticky diferencované sedimenty. Napríklad v sprašiach a sprašových hlinách na úpätiach pohorí sú časté intraformačné vložky vrstiev proluviaálnych, fluviaálnych a deluviaálnych sedimentov. Z vrtovej je zasa známe, že vo výplniach lokálnych neotektonických depresii rozhrania Borskej nížiny a Malých Karpát sa viacnásobne striedajú proluviaálne až deluviaálno-proluviaálne (koluviálne) sedimenty s eolickými (naviatymi) pieskami a organickými rašelinovými sedimentmi. Známe sú aj lokality s niekoľkými vzájomne sa opakujúcimi cyklami vekovo odlišných sedimentov rovnakého genetického pôvodu (napr. 3 série fluviaálnych sedimentov vo výplni *gabčíkovskej depresie* Podunajskej roviny alebo sedimenty polygenetickej sutiny Veľkej žltej steny vo Vysokých Tatrách).

V nasledujúcej časti sú stručne opísané základné poznatky o hlavných genetických typoch kvartérnych uloženín (vrátane ich vzájomných kombinácií) podieľajúcich sa na kvartérnogeologickej stavbe územia Slovenska. Ich poradie v nasledujúcom texte, zostavené na princípe genetickej následnosti, resp. čias-

Tab. 7. Základné genetické typy kvartérnych uloženín územia Slovenska a ich kombinácie.

GLACIGÉNNE SEDIMENTY morén horského zaľadnenia Tatier a Nízkyh Tatier, prípadne iných pohorí, z ktorých boli neskôr denudované
GLACIFLUVIÁLNE SEDIMENTY proglaciálnych zón, kotlinového predpolia Tatier a dolín Nízkyh Tatier v terasách, kužeľoch a dnových výplniach
FLUVIÁLNE SEDIMENTY poriečnych nív, dnových akumulácií a terás pozdĺž dolín riek a potokov Slovenska vrátane kvartérnej sedimentárnej výplne nížinných depresíí
FLUVIÁLNO-LIMNICKÉ SEDIMENTY starých prietočných jazier v kvartérnych depresiách paniev a v reliktoch plošinových terás na pahorkatinných okrajoch nížin
PROLUVIÁLNE SEDIMENTY náplavových kužeľov úpätných pásiem pohorí a vyústenia bočných dolín do dolín hlavných tokov
FLUVIOORGANICKÉ až PALUSTRICKÉ SEDIMENTY mŕtvych ramien a močiarov na riečnych nivách
EOLICKÉ SEDIMENTY návejov spraší v rôznych varietách a naviate piesky vo forme presypov (dún)
FOSÍLNE PÔDNE KOMPLEXY v sprašových sériách a sprašových hlinách
EOLICKO-DELUVIÁLNE SEDIMENTY v podobe polygenetických sprašových hĺn
ELUVIÁLNE až ELUVIÁLNO-DELUVIÁLNE ZVETRANINY planín, plošín a iných zarovnaných povrchov
DELUVIÁLNE SEDIMENTY v množstve variet sutín a svahovín horských oblastí, no najmä úpätných častí svahov všeobecne
DELUVIÁLNO-FLUVIÁLNE SEDIMENTY v dnách suchých dolín, úvalín a dolín s občasným tokom
DELUVIÁLNO-PROLUVIÁLNE (KOLUVIÁLNE) SEDIMENTY výplavových (dejekčných) kužeľov vo vyústeniach suchých dolín a úvalín na úpätiach svahov
ORGANOGENNE SEDIMENTY slatinných mokradí a vrchovísk v podmáčaných zníženinách reliéfu
CHEMOGENNE až CHEMOGENNO-ORGANOGENNE SEDIMENTY penovcov a travertínov vo forme kôp, terás a údolných kaskád
LIMNICKÉ SEDIMENTY v dnách jazier, rybníkov, priehrad a iných stojatých vôd
JASKYNNÉ SEDIMENTY autochtónneho i alochtónneho pôvodu
VULKANOGENNE HORNINY v lávových prúdoch cerovej bazaltovej formácie a vulkánu Putíkov vršok
ANTROPOGENNE AKUMULÁCIE navážok, násypov, skládok a hald

točnej genetickej príbuznosti uloženín, zodpovedá zoznamu mapových značiek novej *Geologickej mapy kvartéru Slovenska 1 : 500 000* – mapy genetických typov kvartérnych uloženín – a schematickej litostratigrafickej kolónke kvartéru (kolónky 1 – 27).

Plochy s nesúvislým pokryvom kvartérnych uloženín, resp. miesta bez kvartérneho pokryvu sú na mape zobrazené formou plošného rozšírenia základných predkvartérnych štruktúrnych jednotiek (kolónky 28 – 35).

Kvôli lepšej prehľadnosti mapy je znázornenie plošného rozsahu jednotlivých vyčlenených genetických typov uloženín vzhľadom na jej mierku genera-

lizované a čiastočne účelovo upravené. Niektoré typy sedimentov s malými, resp. veľmi úzkymi plochami povrchového výskytu, ako sú napr. deluviálno-fluviálne sedimenty a i., na mape nie sú zobrazené. V takomto prípade sú zaradené len do schematickej litostratigrafickej kolónky kvartéru.

1 glaciénne sedimenty – piesky, úlomky hornín, balvany až bloky

Na území Slovenska boli glaciénne akumulácie vo forme morén doložené v štyroch samostatných vývojových stupňoch zodpovedajúcich štyrom výrazným zaľadneniam obdobia stredného a vrchného pleistocénu. Halouzka (in Nemčok et al., 1993) ich označuje ako *smokovský*, *štólsky*, *rakytovecký* a *štrbský stupeň* (*stupeň Štrbského plesa*). Všetky uvedené stupne reprezentujú len glaciénne sedimenty horského zaľadnenia, ktoré bolo obmedzené na severné časti územia Slovenska a zároveň na vyššie pásma klimaticky priaznivých pohorí Západných Karpát. Patria sem najmä Vysoké, Západné a Nízke Tatry. V niektorých ďalších pohoriach, ako napr. v Krivánskej Malej Fatre, Oravských Beskydách (Babia hora) a Veporských vrchoch, sa síce ľadovcové sedimenty vplyvom neskoršej denudácie nezachovali, ale niektoré formy reliéfu indikujú niekdajšiu možnú prítomnosť maloplošných ľadovcov a tým aj ich sedimentárnych produktov.

Glaciénne uloženiny sa v Tatrách a Nízkych Tatrách zachovali najmä vo forme čelných, ale aj ablačných, bočných a stredových morén. Plošne aj objemovo prevažuje práve glaciénny materiál (til) čelných morén, tvoriaci takmer ucelené pásma viac-menej výrazných valov situovaných v miestach vyústení glaciálnych tatranských dolín (trogov) na okraj ich kotlinového predpolia. Materiál ablačných, bazálnych a bočných morén (obr. 13a, b) sa zachoval vnútri pohoria, a to v dnách a na svahoch takmer všetkých väčších dolín.



Obr. 13. Hrubý blokovitý polostrohranný materiál vrchnopleistocénnej ablačnej morény na dne Velickej doliny (13a) a ostrohranný materiál súvekej bočnej morény toho istého ľadovca v okrajových svahoch nad Velickým plesom (13b) (foto M. Vlačíky).

Okrem tatranských glaciénnych sedimentov sú známe aj výskytu zo záverov dolín severnej úboče hlavného chrbta Nízkych Tatier, najmä z úseku Ďumbiera a Kráľovej hole. Litologický charakter sedimentov je obdobný ako v Tatrách, no petrograficky pribúdajú najmä ostrohranné úlomky až bloky metamorfítov.

Zatiaľ čo vo všeobecnosti glaciénne sedimenty morén pozostávajú z chaoticky uloženého nevytriedeného kamenito-blokovitého, kamenito-piesčitého až piesčitého, zväčša len málo opracovaného až neopracovaného, čerstvého aj zvet-

raného materiálu, jednotlivé uvedené stupne vykazujú už väčšie litologické a sedimentárno-petrografické rozdiely.

Sedimenty *smokovského stupňa* morén (*staršia časť stredného pleistocénu – mindel*) pozostávajú zo silne navetraných až rozpadavých, veľmi slabo vytriedených a takmer neopracovaných klastík granitoidov. Prevláda hrubá až veľmi hrubá frakcia s \varnothing 5 – 10 (15) cm. Významná je až 50-percentná prímes rozsypových pieskov a siltovitých hlín s úlomkami granitov, resp. až izolovanými zrnami kremeňa.

Sedimenty *štôlskeho stupňa* morén (*mladšia časť stredného pleistocénu – starší riss*) tvorí štrkovito-balvanovitý netriedený neopracovaný až úlomkovitý, resp. len nepatrne opracovaný, stredne navetraný materiál s časťami blokmi s \varnothing do 0,5 – 0,8 (1,2) m. Takmer výlučne prevládajú granitoidy, no v predpolí Tichej a Kôprovej doliny, ako aj doliny Kežmarskej Bielej vody sú obohatené o vápence a kremeň.

Rakytovecký stupeň morén (*mladšia časť stredného pleistocénu – mladší riss*) tvoria angulárne až slabo opracované nevytriedené navetrané granitoidové balvany (\varnothing 15 – 50 cm) až bloky s \varnothing 0,5 – 1,0 (1,5) m a drobnejšie „štrkové“ klasty (\varnothing 5 – 15 cm).

Najmladší *stupeň Štrbského plesa* (*vrchný pleistocén – würm*) tvoria morénové valy všetkých troch pleniglaciálnych štádií posledného glaciálu. Ich sedimenty sú štrkovito-balvanovito-blokovité, s veľkým výskytom blokov s \varnothing až do 1 – 5 m. Sú nenavetrané, netriedené, poloostrohranné až ostrohranné. Petrograficky prevládajú granitoidy, ale v doline Kežmarskej Bielej vody, Tichej a Javorovej doline sú prítomné aj karbonáty.

Finálne fázy posledného zaľadnenia vyznievali až v ranom holocéne. To predurčilo depozíciu glaciénnych sedimentov aj v karoch v podobe hruboklastických nevytriedených, takmer neopracovaných kamenito-blokovitých sedimentov.

V oblasti čelných morén a v dnách karov pri nedostatočnom odtoku vznikajú príadovcové jazerá – plesá. Pelitické sedimenty usadené v ich dnách označujeme ako glacialimnické varvity predstavujúce páskované íly.

2 glaciáluviálne sedimenty – piesky, piesčité štrky, úlomky hornín a balvany

Ide o sedimenty primárne glaciénneho pôvodu (til), ktoré boli následne po uložení redeponované do preglaciálnych zón predpolia morén vodami vytopeními z ľadovcov. Preglaciálne zóny sú na území Slovenska reprezentované širokými otvorenými plochami kotlinových predpolí Západných, Vysokých, Belianskych a Nízkyh Tatier, ako aj dolnými úsekmi primárne ľadovcových dolín (obr. 14).

Na okrajoch ľadovcov v Liptovskej, Popradskej a Oravskej kotline, prípadne Podtatranskej brázde, sa vyvinuli rozsiahle ploché, neskôr vložené a terasované viacgeneračné náplavové kužele a terasy. V súčasnosti zaberajú vyššie pozície medzidolinových a medziúvalinových chrbtov kotlín a dna plytkých dolín. Priamo v pohoriach sa zachovali hrubé dnové akumulácie so zvyškami stupňov *nízkyh terás* pozdĺž okrajov horských dolín. Bežné sú priame kontakty glaciáluviálnych sedimentov s morénami opísaného posledného zaľadnenia (*stupeň Štrbského plesa – würm*).

Podľa Halouzku (in Nemčok et al., 1993) vystupujú glaciáluviálne kužele a terasy zväčša v 6, lokálne až v 8 (graficky nerozlišených) morfológických podstupňoch. Je možné vekovo ich korelovať s fluviálnymi akumuláciami *vysokých, vrchných, stredných a nízkych terás*, ktoré vyčlenila Mazúrová (1978) a neskôr upravil Halouzka (1986).



Obr. 14. Glacifluviálne sedimenty v nárazovom brehu Velického potoka pri Tatranskej Polianke tvorí piesčito-kamenitý materiál. V prirodzenom odkryve označovanom ako *Veľká Žltá stena* vystupujú len najvrchnejšie (vrchnopleistocénne) členy zo súvrstvia hrubého asi 54 m (foto M. Vlačíky).

Najstarším, *vysokým terasám* a kužeľom zodpovedajú akumulácie troch vekových generácií, definovaných Halouzkom (in Nemček et al., 1993) ako *novolesnianske*, *hybské* a *gerlachovsko-východnianske* vrstvy.

Novolesnianske vrstvy (*donau – biber?*) tvorí prevažne hrubozrnný piesok s \varnothing zrn 1 – 4 mm, pochádzajúci z rozsypov rozvetraných granitoidov. Charakteristická je prítomnosť kaolinizovaných siltovitých hlín. Vedľajší frakčný podiel tvoria silno zvetrané až rozpadavé, rôzne opracované jemnozrnné až hrubozrnné štrky a úlomky.

Hybské vrstvy (*donau*) sú tvorené navetranými až zvetranými štrkovito-balvanovitými a hlinito-piesčitými, mierne stmelenými sedimentmi. Dominujú veľmi hrubé až balvanovité obliaky [\varnothing 10 – 20 (30) cm]. Petrograficky v štrkoch prevládajú granitoidy, prítomné sú aj žilné kremene a kremence.

Gerlachovsko-východnianske vrstvy (*günz*) reprezentujú štrky a piesky tvorené navetranými granitoidnými horninami s hojným pieskovým rozsypom žúl obsahujúcim aj siltovú frakciu.

Vrchným a stredným terasám (*mindel – riss*) zodpovedajú 2 až 4 stupne, označované dovedna ako *vavrišovské vrstvy*. Väčšina sedimentov tejto glacifluviálnej akumulácie pozostáva prevažne z mierne až stredne navetraných, veľmi rozdielne opracovaných hrubých (\varnothing 5 – 10 cm) až veľmi hrubých (\varnothing 10 až 15 cm), zle vytriedených piesčitých štrkov s obsahom balvanov až blokov (\varnothing 20 až 25 – max. 50 cm) a z hrubého rozsypového hrubozrnného piesku. Petrografické zloženie sedimentov úzko závisí od zdrojových oblastí.

Najmladšiu generáciu glacifluviálnych sedimentov zodpovedajúcu *nízkym terasám* a kužeľom (*würm*) tvoria slabo až stredne opracované, slabo vytriedené, chaoticky uložené, prevažne čerstvé hrubé (\varnothing 5 – 10 cm) až veľmi hrubé (\varnothing 10 až 15 cm) piesčito-štrkovité, štrkovité, štrkovito-balvanovité (\varnothing 15 – 20 cm) až balvanovito-blokovité (\varnothing 20 – 50 cm) akumulácie, ktoré sú v nivách prekryté tenkou vrstvou piesčito-hlinitých až štrkovito-hlinitých nivných náplavov (*holocén*). Akumulácie sú vždy silne zvodnené. Klasty sú lokálne petrograficky odliš-

né. Všeobecne prevládajú granitoidy, niekde doplnené o kryštalické bridlice, prípadne o karbonatické horniny, kremence a kremité paleogénne pieskovce (Halouzka in Nemčok et al., l. c.).

Fluviálne sedimenty

Uloženíny povrchových tečúcich vôd, od malých potokov až po veľké rieky Slovenska, predstavujú jeden z najdôležitejších kvartérnych typov sedimentov jednak z hľadiska ich plošne najväčšieho rozšírenia, jednak celkového objemu materiálu, možnosti morfostratigrafie či z hľadiska zásob podzemnej vody. V najvyšších pohoriach so znakmi horského zaľadnenia a na ich okrajoch geneticky nadväzujú na opísané akumulácie glacifluviálnych terás a kužeľov (kolónka 2). Vo väčšine prípadov je zaznamenaný ich pozvoľný vývoj od pramenných oblastí tokov a priama nadväznosť na deluviálno-fluviálne sedimenty (kolónka 21), resp. na proluviálne sedimenty náplavových kužeľov (kolónky 8, 9).

Fluviálne sedimenty sa vyskytujú vo všetkých horských dolinách, v dolinách kotlín a ich pahorkatín, v dolinách nížinných pahorkatín a na nížinných rovinách Slovenska tak, ako sú zobrazené na mape.

3 fluviálne sedimenty v terasovom vývoji – hlinité piesky, piesky, štrky, piesčité štrky a reziduálne štrky

Na pozitívnych neotektonických štruktúrach s rôzne intenzívnym relatívnym zdvihom, ako sú pohoria, vnútrohorské kotliny a pahorkatiny, vystupujú v systéme morfolologickej postupnosti, t. j. buď v podobe dnových akumulácií vrátane ich nivného pokryvu, alebo vo forme série riečnych terás na svahoch dolín.

Na negatívnych štruktúrach s poklesovou pohybovou tendenciou počas kvartéru, ako sú panvové depresie, na povrchu zodpovedajúce nížinným rovinám, je zaznamenaná sedimentácia v superpozičnom vývoji.

Fluviálny terasový systém Slovenska je morfopozične rozdelený na 7 – (9) terasových stupňov (Mazúrová, 1978; Halouzka, 1986). Najstaršie a morfopozične najvyššie sú fluviálne sedimenty jedného stupňa *plošinových terás* a dvoch stupňov *vysokých terás*. Pozične nižšie sa nachádzajú sedimenty dvoch, často zdvojených až splyvajúcich stupňov *vrchných terás*. Smerom nadol nasledujú celkovo plošne najrozsiahlejšie fluviálne akumulácie dvoch, na niektorých miestach kotlín a pahorkatín ojedinele až troch stupňov *stredných terás*. Najmladšie z terasových sedimentov sú fluviálne sedimenty jedného stupňa *nízkych terás*, vystupujúcich lokálne po okrajoch dolinných nív. *Nízke terasy* tvoria často len formu *dnovej akumulácie* tokov, svojím povrchom zaznamenávajúcu výšku úrovně pôvodnej, predholocénnej výplne dolín. *Nízke terasy* aj *dnové akumulácie* majú často totožnú, resp. len mierne odlišnú sedimentárnu bázu, ale samostatný vývojový podcyklus. Na povrchu *dnovej akumulácie* sa v postglaciáli v rozsahu nív všetkých tokov vrátane ich nížinných oblastí vytvoril holocénny nivný kryt.

Fluviálne sedimenty *plošinových a vysokých terás (spodný pleistocén – biber?, donau, Günz)* z pôvodných ucelených pásiem tiahnucich sa pozdĺž kotlinových, dolinných a nížinných úsekov všetkých hlavných tokov dnes vplyvom erózo-denudačných procesov sa zachovali už len na malých izolovaných plochách na medzidolinových chrbtoch. Štrky sú často rozvlečené a premiešané s hlinito-kamenitými svahovinami, prípadne boli pokryté svahovými hlinami, sprašovými hlinami a sprašami. Pôvodné terasové formy boli zväčša zahladené. Kompletnejší vývoj sedimentov pozorujeme najmä v kotlinách a na okrajových pahorkatinách nížin, prípadne v Lučenskej a Rimavskej kotline, kde sú tieto

sedimenty pokryté lávovými prúdmi cerovej bazaltovej formácie. Pristaš [in Vass a Elečko (eds.) et al., 1992b] ich označuje ako *husinské vrstvy*.

Na väčšine výskytov, okrem nížinných oblastí, sa v najvyššom podstupni terás vyskytujú prevažne strednozrné (\varnothing 2 – 5 cm) až hrubozrné (\varnothing 5 – 10 cm), v menšej miere veľmi hrubé (\varnothing 12 – 15 cm) až balvanovité (\varnothing do 25 cm) štrky takmer bez fluviálnej piesčitej frakcie. Obliaky sú opracované a výrazne navetrané, pri menej odolných horninách úplne rozpadavé. Prevládajú najmä kremence a silicity, resp. žilné kremene.

Pri dvoch nižších podstupňoch sa v štrkoch zvyšuje obsah fluviálnej piesčitej frakcie. Zrnitosť je obdobná. Obliaky sú opracované a selektívne výrazne navetrané až rozpadavé. Na nížinách je štrkový materiál veľmi zvetraný až limonitizovaný. Obsahuje polohy a preplástky svetlosivých ílov. Smerom k nadložíu štrky často prechádzajú do pieskov a ílovitých, resp. aj piesčitých povodňových hĺn, na ktorých sa sformovali rubifikované pôdy starších období pleistocénu a pokryvy spraší, sprašových hĺn a mladších fosílnych pôd (kolónka 6). Petrografické zloženie štrkov závisí od príslušnej proveniencie toku, ale všeobecne tiež prevládajú kremence a kremene.

Strednopleistocénne fluviálne sedimenty *vrchných (mindel)* a *stredných (riss)* terás tvoria často rozsiahle pásma prerušované bočnými prítokmi, vystupujúce striedavo obojstranne pozdĺž dolín všetkých hlavných tokov, no najmä v ich kotlinových a nížinných úsekoch. V niektorých kotlinách, ako je napr. Ilavská, Trenčianska, Zvolenská, Ipeľská, Lučenská, Rimavská a Košická kotlina, ale najmä na území okrajových pahorkatín Podunajskej nížiny, sú tieto terasy často pokryté súvrstvím spraší a sprašových hĺn hrubým 2 – 15 m (kolónka 6). Na Borskej nížine, Chvojnickej pahorkatine, v jv. časti Podunajskej nížiny a čiastočne na Východoslovenskej nížine nachádzame súveké terasy pokryté aj presypmi naviatych pieskov s maximálnou hrúbkou 10 m (kolónka 5).

Sedimenty *vrchných* a *stredných terás* sa vyznačujú polycyklickým vývojom. Väčšinou ich tvoria selektívne navetrané až zvetrané, len ojedinele čerstvé, zväčša dobre opracované suboválne až oválne piesčité štrky s polohami stredno- až hrubozrnných vytriedených pieskov. Subangulárne štrky sú častejšie v horných úsekoch tokov alebo v miestach vyústenia kratších prítokov (obr. 15). Bazálne časti akumulácií terás sú v dolných úsekoch hlavných tokov prevažne hrdzavosivej farby a obliakový materiál je stmelený železitým tmelom. V nížinách a vo flyšových územiach sú štrky zväčša zahľinené a v ich nadloží tu vystupujú ílovité, jemne piesčité nevápnité povodňové hliny sivej až sivozelenej farby s hnedými až červenohnedými a sivozelenými až škvrnitými zátekmi.

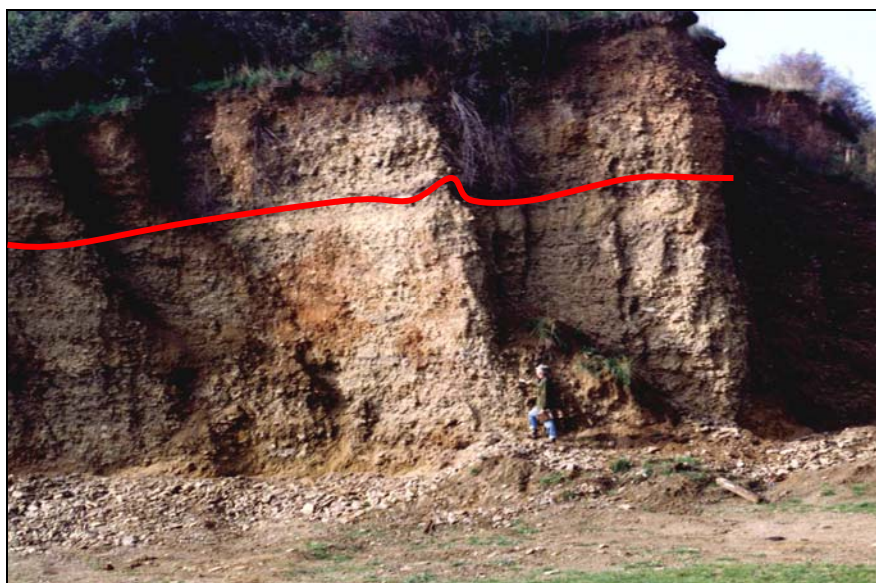
Pokiaľ ide o zrnitosť, prevažujú stredné až hrubé frakcie (\varnothing 2 – 5 cm s \varnothing max. do 10 cm), na horných úsekoch Váhu, Hornádu a Hrona veľmi hrubé až balvanovité (\varnothing do 25 cm). Drobnozrné štrky (\varnothing 1 – 2 cm) až hrubozrné piesky v *stredných* a *vrchných terasách* sú charakteristické pre nížinné úseky Myjavy, Nitry, Žitavy a Tople.

Petrografické zloženie štrkov *vrchných* a *stredných terás* hlavných tokov Slovenska je zväčša vysoko polymiktné a závisí od horninového zloženia príslušných znosových oblastí (obr. 16). Výnimku tvoria terasy tokov v oblasti vonkajšieho flyšu (Kysuca, Biela Orava, Topľa, Ondava a Laborec), kde je ich horninová náplň pomerne monotónna, zložená z rôznych druhov pieskocov a siltocov.

Sedimenty *dnovej akumulácie (würm)* tvoria prevažne štrkovito-piesčitú výplň dno dolín v rozsahu nív všetkých väčších tokov územia Slovenska. Absentujú len v dnách dolín horských potokov, kde sú spravidla v celom profile nahradené mladšími fluviálnymi sedimentmi holocénu, alebo v oblasti Tatier a Nízkych Tatier tiež opísanými glacifluviálnymi sedimentmi.



Obr. 15. Erózný kontakt bázy nižšej strednej terasy Rajčianky s podložným siltovcovo-pieskovcovým súvrstvom paleogénu severne od Rajca v Rajeckej kotline (foto J. Maglay).



Obr. 16. Polycyklický vývoj fluvialnej štrkopiesčitej akumulácie vyššej strednej terasy Váhu v umelom odkryve západne od Strečna v Žilinskej kotline. Petrograficky polymiktné piesčité štrky sú pokryté monomiktným hruboklastickým materiálom jeho malofátraných prítokov (foto J. Maglay).

Dnové akumulácie vystupujú priamo na povrch spod holocénneho nivného pokryvu povodňovej fácie najčastejšie v miestach umelých odkryvov, reprezentovaných ťažobnými jamami štrkovísk. Mimo rozsahu nív, spravidla po ich okrajoch, vystupujú sedimenty *dnovej akumulácie* na povrch len v erózných zvyškoch svojej pôvodnej akumulačnej úrovne, zachovanej vo forme jedného stupňa *nízkych terás*.

Nízke terasy sú v porovnaní so staršími terasami zastúpené v oveľa menšej miere. Najväčšiu rozlohu dosahujú len na okrajových pahorkatinách nížin Slo-

venska. Spravidla sú pokryté premenlivo hrubými vrstvami spraší, sprašových hĺn a splachov posledného štadiálu (kolónka 6). V Borskej a Východoslovenskej nížine ich pokryv tvoria miestami aj eolické piesky (kolónka 5).

Sedimenty *nízkych terás* sú litologicky aj petrograficky zhodné so sedimentmi *dnovej akumulácie* príslušných tokov. Vyznačujú sa polycyklickým vývojom. Väčšinou ich tvoria nezvetrané, čerstvé, len ojedinele selektívne navetrané, dobre opracované suboválne až oválne zvodnené piesčité štrky s polohami stredno- až hrubozrnných vytriedených pieskov. Tie v *dnovej akumulácii* hlavných tokov v oblasti rovín prechádzajú do *pieskov agradačných valov*. Pokiaľ ide o zrnitosť, prevládajú stredné až hrubé frakcie (\varnothing 2 – 7 cm), na báze miestami až veľmi hrubé (\varnothing do 10 cm). Smerom na povrch *dnovej výplne* a na povrch *terás* sa jednotlivé frakcie zjemňujú. Pribúdajú drobné žltosivé piesčité štrčky (\varnothing 1 až 2 cm) a rovnako pribúda aj piesčitej frakcie.

V nadloží piesčito-štrkových sedimentov *terás* zakrytých sprašami a sprašovými hlinami vystupujú vymyté škvornité, stredno- až hrubozrnné fluválne piesky obohatené piesčítym ílom. Nad touto vrstvou sa nachádza siltovito-ílovitá, slabo vápnitá až nevápnitá hlina prechádzajúca do nadložných spraší, prípadne na okraji rovín do prachovito-jemnopiesčitých až ílovito-prachovitých hĺn močiarových spraší.

Petrografické zloženie štrkov *dnovej akumulácie* a *nízkych terás* závisí od horninovej stavby znosových oblastí príslušných tokov, no vcelku je vysoko polymiktné. Rovnako ako v prípade opísaných *vrchných* a *stredných terás*, výnimku tvoria len terasy tokov v oblasti vonkajšieho flyšu. Tam ich horninová náplň pozostáva prevažne z rôznych druhov pieskovecov a siltovcov.

4 fluválne sedimenty nív – piesčité hliny, hliny, hlinité piesky a štrky

Nívné sedimenty (*holocén*) tvoria najmladšiu, *postglaciálnu* fluválnu akumuláciu. Vystupujú v podobe dolinných nív všetkých riek a potokov územia Slovenska a tvoria podstatnú časť povrchového krytu ich *dnovej akumulácie*. Na miestach, kde sa *dnová akumulácia* nezachovala, čo je časté v prípade horských potokov, nívné sedimenty vyplňajú celý priečny profil dna. V záveroch suchých alebo občas prietochných úvalinovitých dolín pahorkatín kontinuálne prechádzajú do deluviálno-fluviálnych splachov.

Najväčšie plošné rozšírenie nívných sedimentov je na Podunajskej a Východoslovenskej rovine a na Záhorských pláňavách. Akumulácie tu tvoria litofaciálne najpestrejšie a laterálne aj horizontálne rýchlo sa meniace súvrstvie. Jeho genéza je spätá so zmenou hydrodynamického režimu tokov a tým aj so zmenami hydrografickej siete a mikroreliefu nív.

Sedimenty nív sú zväčša tvorené povodňovými ílovitými až ílovito-piesčítymi hlinami, ktoré sú miestami preložené zvyškami mŕtvych ramien s fosilizovanou plytkou piesčito-hlinitou a kalovou sedimentáciou. Na miestach s hrubším vývojom (Dunaj, dolný tok Váhu, Latorica, Uh a i.) sa súvrstvie delí na bazálny horizont ílovitých hĺn hrubý 0,5 – 1,5 m a nadložný horizont nívnej fácie hrubý 0,5 – 2 m, pozostávajúci z hlinitých, prachovitých a ílovitých, obyčajne humózných sedimentov, lokálne s vložkami organických slatinných sedimentov (obr. 17). Rozhranie medzi oboma horizontmi tvorí humózný horizont pochovanej nívnej pôdy, hrubý maximálne 1 m. V pozícii tzv. nižšej nivy je v subfácii prikorytových plynčín možné vyčleniť aj litofaciálnu zložku jemne piesčitých hĺn až jemnozrnných pieskov.

Nívné sedimenty horských potokov buduje málo vytriedený, chaoticky uložený hlinito-štrkovitý materiál s povrchovými, nívnymi hlinami hrubými do 0,5 m.



Obr. 17. Ílovito-piesčité a prachovité humózne hliny, extrémne hrubé až 4 m, v nárazovom brehu nivy Latorice severne od Soľníčky na Východoslovenskej nížine (foto J. Maglay).

Sedimentáciu najmladších povodňových hĺn ako prirodzeného sedimentu najmä v prípade menších tokov čoraz častejšie ovplyvňujú antropogénne akcelerované javy (regulácia tokov, odlesňovanie, spôsob obrábania pôdy, erózia pôdy). Na holocénnych sedimentoch nív sú vyvinuté najmä fluvizeme a čiernice, lokálne v starých mŕtvych ramenách gleje a organozeme, v suchších častiach nív veľmi ojedinele aj černoze.

5 fluviálne sedimenty s pokryvom eolických pieskov

6 fluviálne sedimenty s pokryvom spraší a eolicko-deluviálnych sprašových hĺn

Z genetického hľadiska ide o kombinácie dvoch odlišných typov sedimentov, ktoré v zmysle najnovších trendov zobrazovania geologických jednotiek sú významené na mape na totožnej ploche*).

*Pozn.: Účelom takéhoto duálneho zobrazenia je zvýšiť výpovednú hodnotu mapy a podať komplexnejšiu informáciu o plošnom rozsahu každého z vybraných genetických typov sedimentov aj v miestach vzájomného prekryvu, pokiaľ to umožňujú zistené údaje. Na takéto zobrazenie sú najvhodnejšie použiteľné práve kombinácie fluviálnych a eolických sedimentov (kolónky 5, 6), resp. proluviálnych a eolických sedimentov (kolónky 10, 11).

Fluviálne štrky, piesčité štrky, piesky a hlinité piesky *stredných terás (mindel – riss)* a *nízkych terás (würm)* niektorých väčších tokov sú pokryté nerovnomerne hrubými presypmi eolických pieskov. Plošne najväčšie pokryvy naviatych pieskov (kolónka 13) sa nachádzajú na ľavobrežných terasách Moravy, kde v niektorých dunách dosahujú hrúbku až 10 m. Menšia hrúbka (do 3 m) sa zistila na *nízkych terasách* dolného úseku Myjavy, na *nižších stredných terasách* ľavobrežia Žitavy a Dunaja v úseku Hurbanovo – Kravany (do 5 m) a na *nízkych terasách* pravobrežia Ondavy v úseku Hraň – Zemplín s hrúbkou návejov pieskov do 6 m.

Oveľa rozsiahlejšie plochy súvekých riečnych terás sú pokryté premenlivo hrubými vrstvami spraší, resp. sprašových sérií (kolónka 14), sprašových hlín (kolónka 16) a čiastočne aj deluviálnych splachov. Najväčšiu rozlohu dosahujú terasy na okrajových pahorkatinách nížin Slovenska pokryté sprašami. Na Chvojnickej pahorkatine je to najmä ľavobrežný úsek Moravy medzi Skalicou a Holíčom, na Trnavskej pahorkatine (obr. 18) pravobrežné terasy Váhu medzi Novým Mestom nad Váhom a Sládkovičovom, na Nitrianskej pahorkatine terasy ľavobrežia Váhu a pravobrežia Nitry medzi Sereďou, Komjaticami a Novými Zámkami, na Hronskej pahorkatine terasy pravobrežia Hrona medzi Tekovským Hrádkom a Štúrovom, na Ipeľskej pahorkatine striedavo obojstranné terasy Ipeľa medzi Hrkovcami a Leľou a na Východoslovenskej pahorkatine najmä terasy na pravobreží Tople.



Obr. 18. Piesčité štrky nižšej strednej terasy Váhu pokryté vrchnopleistocénnymi sprašami (mladšia časť stredného pleistocénu) na lokalite Obtočník pri Hôrke nad Váhom (foto J. Maglay).

Pokryvy spraší a sprašových hlín na riečnych terasách sú známe aj z niektorých kotlín. Z tohto hľadiska je významná najmä Juhoslovenská kotlina (Ipeľská, Lučenská a Rimavská), kde sú veľké plochy takýchto terás okrem iného známe najmä z pravobrežia Ipeľa medzi Kalinovom a Lučencom a z ľavobrežia Rimavy medzi Rimavskou Sobotou a Rimavskou Sečou. V Košickej kotline dominujú najmä terasy Hornádu a Torysy pokryté sprašami. V rámci vnútrokarpatských kotlín sú takéto riečne terasy známe z doliny Váhu v Žilinskej, Bytčianskej, Ilavskej a Trenčianskej kotline a z doliny Hrona vo Zvolenskej kotline.

Pokryvy spraší, sprašových hĺín a splachov na fluviálnych terasách sú výrazne nerovnomerné. Najmenšiu hrúbku dosahujú vo vnútrokarpatských kotlinách (0,5 – 5 m), najväčšiu na okrajových pahorkatinách Podunajskej nížiny (2 až 15 m) (kolónka 6).

7 fluviálno-limnické až fluviálne sedimenty v superpozičnom vývoji (len v litostratigrafickej kolónke)

Fluviálno-limnické sedimenty tvoria pravdepodobne kontinuálny prechod finálnej jazernej sedimentácie neogénu do najstaršej riečno-jazernej sedimentácie kvartéru, ktorý však nie je spoľahlivo doložený. Predpokladá sa najmä v mieste najviac poklesnutej centrálnej časti *Podunajskej panvy – v gabčíkovej prepadline*, kde sa prechodné sedimenty podľa geofyzikálnych meraní nachádzajú približne v hĺbke 450 – 500 m (Pristaš et al., 1993). Ide o vrstvy postupne vyznievajúcich riečno-jazerných sedimentov na úkor riečnych. Ich presný litologický opis nie je známy, no na základe uvedených meraní a odvodením z vrstu PA-1 Palkovičovo (Pristaš et al., 1996) možno predpokladať, že prechodné a najspodnejšie vrstvy kvartéru sa vyznačujú cyklickým striedaním pestrých piesčito-štrkovitých polôh s častými hrubými polohami sivých, sivohnedých a pestrých ílov.

Obdobná situácia sa predpokladá aj vo výplni *kútskej a zohorsko-marcheggskej depresie Viedenskej panvy* (Baňacký a Sabol, 1969; Baňacký et al., 1996). V oboch prípadoch ide o jemnozrnné, vysoko sľudnaté piesky, na ktoré smerom do nadložia litofaciálne nadväzujú tenké vrstvy drobnozrnných kremítých štrkov s medzivrstvami sľudnatých pieskov. Uvedené prechodné pliocénno-pleistocénne súvrstvia paniev nikde nevystupujú na povrch. Sú znázornené len v schematickej litostratigrafickej kolónke.

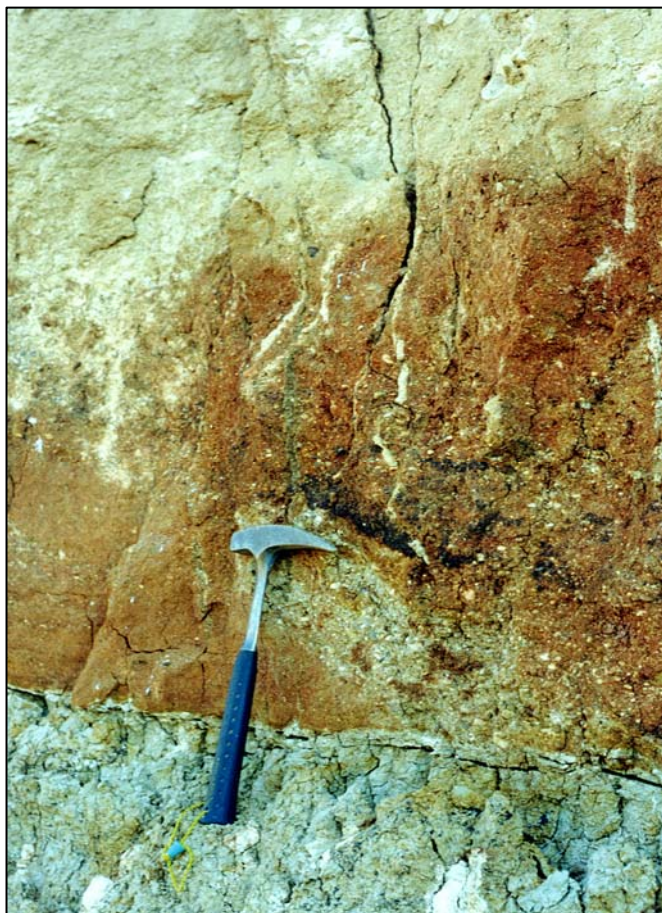
Súveké riečno-jazerné sedimenty sa sporadicky vyskytujú aj na okrajových pahorkatinách nížin, kde spravidla zaberajú morfológicky najvyššie pozície medziúvalinových chrbtov. Na rozdiel od súvrství deponovaných v panvách, tieto sedimenty sú subaericky zvetrané, výrazne erodované a denudované. Dnes sú spravidla pokryté sprašami, sprašovými hlinami, resp. svahovinami. Na povrch vystupujú zriedkavo, zväčša len na malých plochách.

Litologicky ide o opticky výrazné hrdzavé, tmavočervené, červenohnedé až bordové piesčité hĺiny a limonitizované drobnozrnné zahlinené štrky *lukáčovských vrstiev* (Maglay et al., 1998; Maglay in Pristaš et al., 2000b; Šarinová a Maglay, 2002), ktoré sú buď rovnomerne rozptýlené, alebo sústredené na báze. Materiál štrkov a pieskov s povlakmi hydroxidov Fe a Mn pozostáva z 88 % kremeňa a kremenca (obr. 19).

Litologickým a stratigrafickým ekvivalentom *lukáčovských vrstiev* sú *strekovské vrstvy* opísané z Hronskej pahorkatiny, prináležiace k *strekovsko-svodínskej terase* (Harčár a Schmidt, 1965; Schmidt a Halouzka, 1970). Akumuláciu tvoria veľmi navetrané a periglaciálne porušené drobné obliaky hrdzavočervenej až čokoládovej farby a strednozrnné piesky. Sedimenty obsahujú železité konkrécie a zvyšky fauny vertebrát.

Spoločným a charakteristickým znakom oboch akumulácií je ich subhorizontálne uloženie a výlučne erozívny kontakt a diskordantné uloženie na sedimentoch *volkovského súvrstvia* pliocénu.

Korelatívne, ale litofaciálne odlišné akumulácie sa zachovali aj v Bratislave na východných okrajoch Lamačskej brány (Vaškovský, 1988; Pristaš in Tkáčová et al., 1996). Sedimenty na báze tvorí sivý až sivomodrý piesčitý íl prechádzajúci do svetlosivých hrubozrnných pieskov a drobnozrnných piesčitých štrkov. Smerom do nadložia pribúdajú nevytriedené piesčité štrky (Ø 2 – 30 cm) s ílovito-piesčitým matrixom. Obliaky granitov sú silno zvetrané až rozpadavé. Kremence



Obr. 19. Typické hrdzavočervené hrubopiesčité až droбноštrkovité vrstvy *lukáčovských vrstiev* (spodný pleistocén) v ostrom erozívnom kontakte s podložnými ílmi *volkovského súvrstvia* (vrchný pliocén) na lokalite Lukáčovce v Nitrianskej pahorkatine (foto J. Maglay).

sú navetrané slabšie. Vrchné časti tvoria slabo opracované až neopracované klasty granitov dosahujúcich veľkosť balvanov až blokov (Ø 30 – 50 cm).

V niektorých častiach nížin vyznačujúcich sa subsidenciou aj počas kvartéru boli fluvialne sedimenty, na rozdiel od terasového vývoja (kolónka 3), deponované v superpozičnom vývoji. Na území Podunajskej roviny (s. l. Žitný ostrov), presnejšie v centrálnej depresii *Podunajskej panvy*, označovanej ako *gabčíkovská prepadlina*, budujú celú jej kvartérnu piesčito-štrkovú výplň. Janáček (1967) tieto sedimenty rozdelil na *spodný*, *stredný* a *vrchný komplex*, resp. *súvrstvie*. Zatiaľ čo v *spodnom súvrství* (*pliocén/pleistocén – spodný pleistocén*) ide o cyklické striedanie vrstiev pestrých piesčito-štrkovitých sedimentov s menšou hrúbkou s častými a typickými ílovitými a hlinitými polohami s väčšou hrúbkou, v *strednom súvrství* (stredný až vrchný pleistocén) je to opačne. Prevláda piesčito-štrková výplň s tenšími a menej početnými vrstvami ílov a hĺn. *Vrchné súvrstvie* zodpovedá holocénnemu nivnému krytu.

Na Záhorskej nížine, najmä v jej čiastkovej *kútskej* a *zohorsko-marcheggskej depresii*, kvartérnu sedimentárnu výplň tvoria jemno- až strednozrné fluvialne sfudnaté piesky a piesčité štrky. V pokračovaní *zohorsko-marcheggskej depresie* na SV, ktorú Baňacký (in Maglay et al., 1999) označuje ako *zohorsko-plavecká depresia*, sa na jej výplni podieľajú prevažne proluvialne sedimenty v striedaní s eolickými pieskami. V oblasti Východoslovenskej nížiny sa na podstatnej časti

kvartérnej výplne jej lokálnych neotektonických depresii (*michalovsko-sliepkovskej, strážňanskej a trakanskej*) podieľajú prevažne tekuté piesky a drobné štrky (Baňacký, l. c.). Žiadne z uvedených sedimentov kvartérnej výplne depresii nevystupujú na povrch a sú zobrazené len v schematickej litostratigrafickej kolónke.

Proluviálne sedimenty

Tieto sedimenty predstavujú popri fluviálnych akumuláciách (kolónky 3, 4) ďalší z veľmi významných kvartérnych typov, či už z hľadiska plošného rozšírenia, možnosti morfostratigrafie, indikácie neotektonického režimu, alebo z hľadiska zásob podzemnej vody. Sú úzko geneticky späté so vznikom riečnych terás a dnových akumulácií tokov vrátane ich nívneho pokryvu.

Miesta, resp. pásma výskytu náplavových kužeľov indikujú línie tektonickej diskontinuity a pohybovú tendenciu hlavných štruktúrno-tektonických blokov Západných Karpát a Panónskej panvy. Vyvinuli sa a zachovali najmä po obvode pohorí v miestach vyústenia tokov do kotlín a nížinných pahorkatín, ale aj priebežne v miestach vyústenia tokov bočných dolín do dolín, resp. dolinných nív hlavných tokov.

Obdobne ako fluviálne sedimenty terás, aj proluviálne sedimenty kužeľov sa morfostratigraficky označujú ako *vysoké, vrchné, stredné, nízke, nadnívne* a *nívne* (Halouzka, 1986). Dnes sú zachované na rôznych plochách výskytu, od izolovaných až reziduálnych zvyškov až po vejárovité telesá mohutných plošných rozmerov dlhé viac ako 10 km. Aj formy kužeľov a ich vzájomné morfológické pozície sú rôzne. Väčšinou ide o viacgeneračné vloženie a terasované kužeľe, no z okrajov subsidenčných oblastí (napr. *zohorsko-plavecká depresia* v Borskej nížine) sú známe aj viacgeneračné naložené kužeľe. Z miest vyznačujúcich sa výraznou energiou odnosu sú doložené prevažne mladé jednogeneračné kužeľe.

Vo vnútornej stavbe telies kužeľov môžeme všeobecne vidieť striedavé prúdové, korytové, križové a rozsypové zvrstvenie s rôznym sklonom vrstiev. Vytriedenie materiálu a jeho opracovanie sú taktiež rôzne. Často sa striedajú polohy opracovaných obliakov piesčitých štrkov s polohami ostrohranných úlomkov. Striedajú sa aj ílové, piesčité a kamenité frakcie. Všeobecne sa materiál kužeľov od ich vrcholov (apikálne zóny) až na periférie (distálne zóny) zjemňuje.

8 terasované a naložené proluviálne sedimenty – piesčité štrky s úlomkami hornín

Sedimenty *vysokých kužeľov (spodný pleistocén v celku)* tvoria najstaršiu zachovanú kvartérnu proluviálnu akumuláciu. Niekde vystupujú vo dvoch samostatne odlišiteľných morfostratigrafických úrovniach a im zodpovedajúcich formách (*donau, günz*). Vo všetkých zdvojených výskytoch ide o vloženie terasované kužeľe. Najpočetnejšie výskyty sú zaznamenané z okrajových pahorkatín nížin, najmä z Chvojnickej pahorkatiny (Baňacký et al., 1996), Trnavskej pahorkatiny (Maglay et al., 2006) a Nitrianskej pahorkatiny (Pristaš et al., 2000b). Zostatky ich pôvodne rozsiahlych vejárov tam tvoria medzidolinové a medziúvalinové chrby, resp. izolované vrcholy, siahajúce často veľmi ďaleko od pohorí.

Zostatky akumulácií pozostávajú zo štrkov a reziduí štrkov až blokov zložených z hrubých, nízko sférických suboválnych obliakov aj takmer neopracovaných angulárnych úlomkov. Medzištrkovú výplň tvorí hrubozrná piesčitá frakcia. Na okrajoch vnútrohorských kotlín sú sedimenty zložené zo zahlienených piesčitých, silno zvetraných štrkov a úlomkov hornín. Materiál je nevytriedený, chaoticky uložený, s náznakom medzipolôh zahlienených pieskov sivohnedej až

hnedej farby. Štrky a úlomky po obvodě výskytu často prechádzajú do deluviálnych hlinito-štrkovitých sedimentov, prípadne sú pokryté sprašovými hlinami, resp. sprašami.

Vrchné a stredné kužele (stredný pleistocén v celku) tvoria dovedna štyri morfostratigrafické generácie. Morfológicky lepšie sú však zachované najmä dvojgeneračné telesá mladších, *stredných kuželov (riss)*. Tie sú vo väčšine prípadov postgeneticky terasované, vložené do telies starších kuželov, laterálne erodované a vlastnými tokmi delené na viaceré vetvy. Naložené kužele odrážajúce výraznejšiu subsidenciu neotektonických štruktúr sú zriedkavejšie.

Plošne najrozsiahlejšie a z hľadiska objemu najmohutnejšie vejáre *vrchných* a *stredných* kuželov sa zachovali napr. na západnom predpolí Malých Karpát medzi Rohožníkom a Jablonovým, na celom východnom predpolí Malých Karpát a v západnej časti Trnavskej pahorkatiny (obr. 20a), v južnej časti Turčianskej kotliny (*diviacky kužel*), na východnom a sz. úpätí Slanských vrchov, v južnom predpolí Vihorlatu, jz. predpolí Popriečneho, v južnej časti Košickej kotliny (obr. 20b), vo Zvolensko-slatinskej kotline a i. Naložené viacgeneračné kužele sú známe najmä z lokálnych depresii západného predpolia Malých Karpát a z Hornonitrianskej kotliny z predpolia Vtáčnika.



Obr. 20. „Vejáre“ strednopleistocénnych proluviálnych akumulácií malokarpatských tokov zasahujúce do vzdialenosti až 10 km od pohoria pokrývajú úlomkami kremencov rozsiahle plochy západnej časti Trnavskej pahorkatiny (20a). Typické šikmé, prúdové a korytové zvrstvenie v proluviálnych náplavoch Idy pri Seni v južnej časti Košickej kotliny (20b) (foto J. Maglay).

Obliakový materiál kuželov je prevažne hrubý, poloopracovaný, v horných úsekoch málo triedený a chaoticky uložený. Obsahuje hlinité a piesčité polohy, prípadne rozptýlený piesok. Petrografické zloženie sedimentov závisí od zdrojovej oblasti príslušného toku.

Väčšina sedimentov proluviálnych akumulácií okrajových pahorkatín nížin a niektorých južnejších kotlín je pokrytá vrstvami vrchnopleistocénnych sprašových sérií, prípadne sprašových hĺn hrubými až do 15 m a pri úpätiach pohorí aj svahovinami. V oblasti Borskej nížiny tvoria pokryv kužeľov eolické piesky, dosahujúce v zónach presypov hrúbku až do 20 m. Kužele s pokryvom spraší a sprašových hĺn sú tvorené prevažne zahľinenými piesčitými, selektívne zvetranými štrkami a úlomkami s hrúbkou 2 – 15 m. Pri naložených kužeľoch výplní lokálnych depresii ich hrúbka extrémne narastá až na 50 m.

Sedimenty deponované vo forme *nízkyh kužeľov (vrchný pleistocén – würm)* majú na území Slovenska častý výskyt, hoci jednotlivé telesá sú zväčša maloplošné, izolované a nepravidelne roztrúsené. Napríklad niektoré nízke kužele sú vložené do telies starších kužeľov, iné ich obtekajú, prípadne úplne nahrádzajú staršie kužele. Väčšina z nich je postgeneticky terasovaných a delených vlastnými tokmi na viaceré vetvy, prípadne v holocéne miestami laterálne erodovaných. Povrch rozsiahlejších kužeľov je nízky a plochý, morfológicky nápadnejšie sú kratšie a strmšie kužele. Nízke kužele kontinuálne prechádzajú do nív, resp. nadnivných terás a prstovito zasahujú do sedimentov dnovej akumulácie tokov.

Náplavy všetkých nízkych kužeľov pozostávajú prevažne zo zahľinených polohrubých (\varnothing asi 5 cm) až hrubých (\varnothing 5 – 10 cm), v strmších a rozlohou menších kužeľoch v pohoriach z veľmi hrubých až balvanovitých (\varnothing 10 – 25 cm) poloopracovaných až opracovaných a chaoticky uložených klastov, štrkov a hrubozrnných pieskov. V distálnych častiach rozlohou veľkých kužeľov alebo v kužeľoch nížinných pahorkatín sú sedimenty zložené z dobre vytriedeného zahľineného piesčitého štrku jemnejších frakcií, prípadne len zo zahľinených hrubozrnných pieskov a drobných štrčikov. Všeobecne smerom na povrch telies pribúda piesčitých hĺn.

Petrografické zastúpenie horninového materiálu kužeľov zodpovedá petrografickému zloženiu lokálnych hornín jednotlivých znosových oblastí.

9 nivné proluviálne sedimenty – hliny, piesčité hliny, piesky s úlomkami a štrkami

Nadnivé, resp. vyššie nivné kužele (vrchný pleistocén – holocén) sa najlepšie vyvinuli a zachovali pozdĺž nivy Váhu na území Bytčianskej, Ilavskej a Trenčianskej kotliny, kde sa morfológicky spájajú do vyššieho nivného stupňa. Všetky kužele sú ploché a rozľahlé, len vo vrchných apikálnych častiach sú morfológicky *výraznejšie* a strmšie. Niektoré ich distálne a stredové časti sú postgeneticky mierne terasované, väčšinou však plynulo prechádzajú do nív hlavných tokov.

Povrch kužeľov tvoria piesčité hliny s množstvom drobnozrnných úlomkov. Obliakový materiál vnútra telies je prevažne poloopracovaný až opracovaný, obsahuje veľa hrubozrnného piesku, s ktorým je chaoticky premiešaný.

Najmladšie a pozične najnižšie sú *nivé kužele (holocén)*. Nachádzajú sa priebežne v miestach zmien spádovej krivky tokov, pri vyústení potokov do nív väčších tokov, v ústových častiach sporadicky tečúcich tokov alebo na styku nížinných a kotlinových pahorkatín s pohoriami. Morfológicky sú málo výrazné a splývajú so sedimentmi nív, pričom kužele buď prekrývajú nivný kryt, alebo sa doň prstovito vklíňujú.

Nivé kužele obsahujú na povrchu veľa hlinitej zložky a od nivných sedimentov sa často odlišujú len vizuálne, prípadne prítomnosťou preplavených drobných úlomkov hornín, resp. drobných obliakov. Distálne zóny nivných kužeľov sú často podmáčané a ich okolie je v nivách poznačené prítomnosťou hnílokalových hĺn.

10 proluviálne sedimenty s pokryvom eolických pieskov

11 proluviálne sedimenty s pokryvom spraší a eolicko-deluviálnych sprašových hlín

Podobne ako pri kolónkach 5 a 6, aj v tomto prípade ide o kombinácie dvoch odlišných genetických typov sedimentov vyznačených na mape na totožnej ploche*).

Proluviálne sedimenty (pozri kolónka 8) prevažne *stredných (mindel – riss)* a *nízkych kuželov (würm)* sú v oblasti Borskej nížiny pokryté presypmi eolických (naviatych) pieskov hrubými do 7 – 15 m (kolónka 13). Plošne najväčšie pokryvy pieskov sa zachovali v distálnych zónach pásma kuželov vyúsťujúcich z Malých Karpát do Podmalokarpatskej zníženiny s pokračovaním ďalej do oblasti Boru.

Súveké proluviálne sedimenty s hrubým pokryvom spraší a sprašových hlín (obr. 21) sú známe z Trnavskej pahorkatiny, a to najmä z pásma medzi Podmalokarpatskou pahorkatinou a Trnavskou tabuľou s pokračovaním na sever po Vrbové. Rozsiahle kužele s pokryvom sprašových hlín sú známe aj z Košickej kotliny, najmä z jej južnej časti (Košická rovina), ale aj z pásma vyústenia potokov zo Slanských vrchov do Toryskej pahorkatiny.



Obr. 21. Hruboklastické proluviálne sedimenty západného úpätia Považského Inovca v odkryve pri Sokolovciach sú pokryté deluviálnymi hlinito-piesčitými splachmi, ktoré smerom do nadložia prechádzajú do eolických spraší vrchného pleistocénu (foto J. Maglay).

*) Pozn.: Účelom takéhoto duálneho zobrazenia ako v prípade kolónok 5 a 6 je zvýšiť výpovednú hodnotu mapy a podať komplexnejšiu informáciu o plošnom rozsahu každého z vybraných genetických typov sedimentov v miestach vzájomného prekrytia.

Pozdĺž okraja Východoslovenskej nížiny sa vyvinulo pásma kužel'ov, strie-
davo, resp. nerovnomerne pokrytých sprašovými hlinami. Výrazné sú najmä ku-
žeľe potokov vyúsťujúcich do nížiny z Vihorlatu a Popriečneho.

12 fluvioorganické až palustrické sedimenty – íly, piesčité íly, humózne hliny a hnilokaly

Na povrchu riečnych nív väčšiny hlavných tokov Slovenska bola pôvodne
vyvinutá sieť mŕtvych ramien. Ich vývoj úzko súvisel so zmenou tokov spôsobe-
nou ich častým divočením, bifurkáciou a meandrovaním. Väčšina týchto ramien
je v súčasnosti rekultivovaných, takže úplne zanikli, prípadne sa zachovali iba
ich zvyšky nachádzajúce sa v rôznom štádiu zrelosti. Vaškovský a Vaškovská
(1977) rozlišujú 4 základné typy mŕtvych ramien: erozívne ramená, prechodné
ramená s tenkou sedimentačnou výplňou, akumuláčn é ramená a pochované mŕt-
ve ramená. Na území Slovenska sa dodnes zachovali najmä posledné dva typy.

Prevahu majú najmä mladé mŕtve ramená vyplnené prachovito- až piesčito-
-ílovitými, slabo humóznymi hlinami. V týchto sedimentoch prevláda pôvodná
zložka ílov a hĺn s prím esou polorozloženej organickej hmoty – sapropelu.
V spodných polohách sú často oglejené.

Staršie mŕtve ramená vyplňajú na báze najmä íly a piesčité íly, miestami
piesčité hliny. Hlavnú zložku výplne ramien však tvoria hnilokalové hliny čier-
nosivej až čiernej farby a iné, silne humózne sedimenty s veľkým množstvom
nedostatočne rozloženej organickej hmoty.

V močiarnych sedimentoch je situácia obdobná, no glejový horizont narastá
na hrúbku v rozmedzí 0,5 – 1,5 m a v nadloží pribúda humózných až rašelinov-
ých hĺn, ktoré sú často pokryté stojatou vodou. Okraje nad hladinou vody mô-
žu lokálne prechádzať aj do slatinných rašelinísk.

Najväčšie rozšírenie majú mŕtve ramená v nížinných nívách Moravy (obr. 22),
Dunaja a Malého Dunaja, Váhu, Nitry, Žitavy a Hrona, známe sú výskyty v ní-
vách Bodrogu, Latorice, Uhu, Tisy a i.



Obr. 22. Bujná vegetácia na veľmi humózných palustrických sedimentoch tvorených hni-
lkalovými piesčito-ílovitými hlinami, na okrajoch až rašelinovými hlinami, vo výplni
mŕtveho ramena Moravy pri Suchohrade (foto K. Fordinál).

Najmladšie hnilokalové piesčité hliny vznikajú aj v miestach prechodu riečnych nív do stojatej vody vodných nádrží, resp. v dnách starých vypustených nádrží.

Eolické sedimenty

Predstavujú špecifický fenomén činnosti vetra v podmienkach glaciálnej a periglaciálnej aridnej klímy. V závislosti od dĺžky transportu častíc unášaných vetrom a charakteru horninového prostredia deflačnej oblasti sa deponované eolické sedimenty zrnitostne delia na 2 základné druhy líšiace sa veľkosťou zrna. Bližšie k deflačnému zdroju deponovali hrubozrnnejšie častice v podobe pieskov a ďalej od zdroja vyvíjajú jemnozrnnejšie v podobe prachov. Súborne sa označujú ako *naviate^{*)} piesky a spraše*.

13 jemnozrné naviate piesky

Tvoria osobitný prvok reliéfu územia Slovenska. Najčastejšie sú deponované v rôznych tvaroch presypov. Ich pokryvy dominujú najmä v centrálnom pásme Borskej nížiny (obr. 23), v západnej časti Chvojnickej pahorkatiny, ale aj v jv. a sv. časti Podunajskej roviny a na Východoslovenskej nížine v širšom okolí Stredy nad Bodrogom a Kráľovského Chlmca. Morfológicky vytvárajú systémy súvislých presypovo-dunových komplexov. Okrem predkvartérneho podlažia, budovaného zväčša sedimentmi neogénu, pokrývajú aj distálne časti náplavových kužeľov, prípadne aj riečne terasy a dnové akumulácie.



Obr. 23. Umelý odkryv jemnozrných kremitých eolických pieskov v dunách pri Plaveckom Štvrtku na Borskej nížine (foto M. Moravcová).

Naviate piesky všeobecne pozostávajú prevažne z pórovitých a sypkých jemnozrných žltých, svetlohnedých, často druhotne vybielených a miestami zvrstvených pieskov (prúdové zvrstvenia) s prevládajúcou frakciou 0,15 – 0,25 mm. Zrná piesku sú všeobecne dobre opracované a ich vytriedenie sa zvyšuje s dĺžkou transportu prevažne v smere od západu na východ. Vrstvovitosť je zvý-

^{*)} Pozn.: V staršej literatúre sa eolické piesky uvádzajú ako „viate piesky“.

raznená zrnitosným zložením a zložkou oxidov Fe. Na okrajoch dún sa môžu piesčité vrstvy striedať s vrstvami spraší alebo ležia na nich. Na východnom okraji Boru v Borskej nížine sú najmladšie postglaciálne časti dún deponované na organogénne sedimenty holocénnych slatinných rašelin. Pri povrchu dún sa občas vyskytujú kratšie úseky mladých fosílnych pôd, dokumentujúcich zmeny klimatických podmienok.

14 prachovité (sporadicky jemne piesčité) hliny – spraše

Spraše, resp. sprašové série (komplexy) dosahujú na území Slovenska veľké plošné aj objemové rozmery, ich rozšírenie je však nerovnomerné. Najsúvislejšie pokryvy zaberajú na okrajových pahorkatinách Podunajskej nížiny, najmä na Trnavskej, Nitrianskej (obr. 24) a Hronskej pahorkatine, na pahorkatinách Juho-slovenskej kotliny, v Košickej kotline vrátane Bodvianskej pahorkatiny a na okrajových pahorkatinách Východoslovenskej nížiny. Sprašami sú čiastočne pokryté aj priľahlé úbočia okolitých pohorí, ako sú Malé Karpaty, Považský Inovec, Tribeč, Pohronský Inovec, Cerová vrchovina, Slanské vrchy, Vihorlat a i. Okrem uvedených oblastí sú čiastočné pokryvy spraší aj na Chvojnickej a Myjavskej pahorkatine, v Trenčianskej, Ilavskej a lokálne aj v Bytčianskej kotline, v prievidskej časti Hornonitrianskej kotliny, v Žilinskej kotline, prípadne v Žiarskej a Zvolenskej kotline a lokálne aj v dolinách všetkých väčších tokov (Hornád, Poprad, Hron, Topľa, Ondava, Laborec a i.).



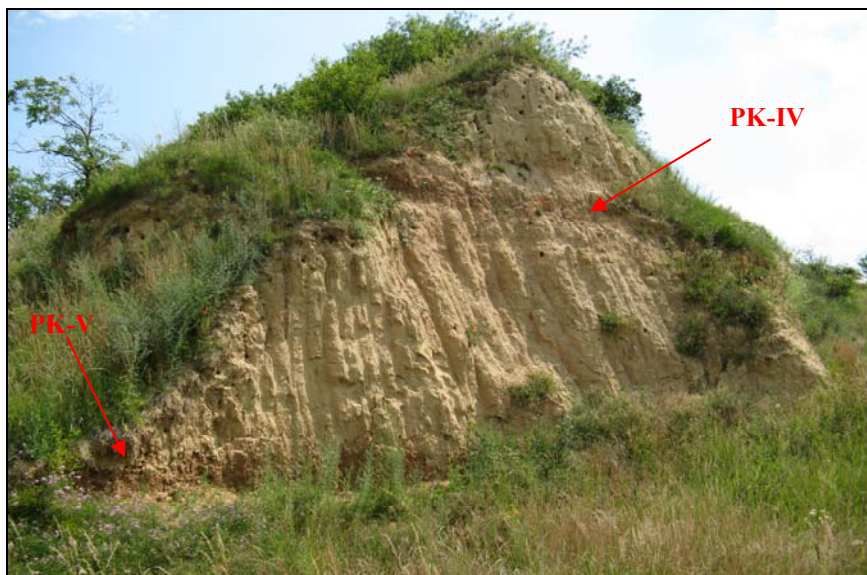
Obr. 24. Sprašové série v úvoze poľnej cesty jz. od Dvorník na Nitrianskej pahorkatine (foto J. Maglay).

Spraše, obdobne ako uvedené naviate piesky, sú svojim zložením a výskytom nezávislé od podložia. Prevažne sú deponované na horniny predkvartérneho podložia, ale aj na staršie kvartérne sedimenty. Zatiaľ čo na povrchu riečnych terás a náplavových kužeľov sú spraše uložené subhorizontálne až horizontálne, s približne konštantnou hrúbkou, na svahoch a ostatných viac exponovaných častiach pahorkatín a pohorí majú akumulácie spraší už zložitejši, šupinovitý až úvalinovitý charakter depozície, s veľmi premenlivou hrúbkou (obr. 25). Spraše celkovo tvoria zložité komplexy, v ktorých sa striedajú vrstvy typických spraší, resp. ich derivátov s vrstvami fosílnych pôd, prípadne svahových sedimentov v podobe splachov.



Obr. 25. Šupinovitý až úvalinovitý charakter depozície spraší a ich derivátov na svahoch Považského Inovca sv. od Hlohovca (foto J. Maglay).

Najrozšírenejšie sú spraše najmladšieho klimaticko-sedimentačného cyklu. Tvoria hlavnú, povrchovú časť sprašového komplexu vo všetkých výskytoch. V priemere ide o homogénne, slabo humózne nevrstvomité vápnité až veľmi vápnité presadavé piesčito-prachovité hliny s obsahom CaCO_3 11,5 – 26 %, veľmi jemného piesku 15 – 30 %, hrubého prachu 35 – 56 % a obsahom ílovitej frakcie do 13 %. Karbonáty majú v sprašiach rôznu podobu výskytu. Buď sú rovnomerne rozptýlené, alebo sa koncentrujú vo forme konkrécií (cicvárov) a pseudomycélií. Farba spraší sa všeobecne pohybuje od svetlosivej cez sivožltú a svetložltú až po výrazne žltú. V miestach odkrytov si spraše zachovávajú kolmé steny so stĺpovitou (hranolovitou) odlučnosťou.



Obr. 26. Fosílné pôdne komplexy PK-IV a PK-V (stredný pleistocén) v sprašovej sérii vo Farnej na Hronskej pahorkatine (foto J. Maglay).

15 fosílné pôdne komplexy (len v litostratigrafickej kolónke)

Pre spraše, resp. sprašové série (kolónka 14) je typická prítomnosť fosílnych pôdnych horizontov, pre ktoré je charakteristický zvýšený obsah humusu (obr. 26). Podobné telesá sa v menšej miere zaznamenali aj v sériách eolicko-deluviálnych sprašových hĺn (kolónka 16).

Z typologického hľadiska ide prevažne o hnedozeme a v južnejších častiach aj o karbonátové černoze. Staršie, strednopleistocénne pôdne horizonty reprezentujú rubifikované hnedozeme a spodnopleistocénne pôdy až rubifikované pôdy. Fosílné pôdy môžu byť lokálne erodované, prípadne zachované vo forme splachov. Niekedy sú indikované len na základe zníženého obsahu CaCO_3 v profile, resp. naopak, v podobe vrstvy konkrécií, sústredených v mieste iluviálneho horizontu.

Fosílné pôdy (pôdne komplexy) sprašových sérií sú indikátorom minulých paleoklimatických zmien a významným stratifikovateľným prvkom kvartérnej geológie od spodného pleistocénu po recent.

16 eolicko-deluviálne sedimenty – sprašové hliny

Ide o prechodný typ sedimentov medzi opísanými eolickými sprašami a polygenetickými (deluviálnymi) hlinami. Označujú sa ako *sprašové hliny*^{*)}. Popri sprašiach majú pomerne veľké plošné rozšírenie a často aj pozvoľna laterálne prechádzajú do spraší. Najzreteľnejšie je to najmä na pahorkatinách, kde sprašové hliny zaberajú vyššie polohy a prevažne severne exponované svahy chrbtov. Vyskytujú sa aj v priúpätných pásmach južnejších pohorí, ako sú Malé Karpaty, Považský Inovec, Tribeč, Slanské vrchy, Vihorlat a i. Okrem predkvartérneho podložia pokrývajú aj časti kvartérnych náplavových kužeľov a riečnych terás (obr. 27). Hrúbka sprašových hĺn je veľmi variabilná. Najväčšia je na úpätiach svahov, kde sprašové hliny tvoria aj súvislé pokryvy.



Obr. 27. Sprašové hliny na pravobreží Tople v Kurime tvoria pokryvy jej vrchnopleistocénnej štrkovej terasy hrubé viac ako 5 m (foto J. Maglay).

^{*)} Pozn.: Do skupiny eolicko-deluviálnych sedimentov je možné zaradiť aj tie spraše, ktoré sú najmä pri povrchu modifikované postgenetickými deluviálnymi procesmi, prevažne ronóm. Vápňité splachy sa v sprašiach prejavujú rôznofarebnou drobnou vrstvitosťou až tenkou lamináciou. Sedimenty sa označujú termínom *sprašovité hliny*.

Sprašové hliny majú morfológiu i habitus podobné sprašiam, ale ich genéza má čiastočne odlišný charakter. Po eolickej depozícii nenastala následná postsedimentačná diagenéza zosprašnením (lessiváciou – ilimerizáciou), ale zahlinením. Prevládali najmä pedogenetické zmeny so zvýšením podielu ílovej hmoty a s odvápnením, pričom CaCO_3 bol nahradený FeO_3 .

Farba sedimentov je žltosivá, žltohnedá, hnedá až hrdzavosivá. Štruktúra je listovitá, hrudkovitá a hranolčekovitá. Hojne sa v nich nachádzajú drobné konkrécie oxyhydroxidov Fe a Mn. Prítomné sú sivé povlaky, klíny a záteky, podmienené procesmi illimerizácie. Vrchná, humusovo-hlinitá časť je výsledkom pôsobenia subrecentných pedogenetických procesov, pretvorená na hnedozem (Ložek, 1973; Šajgalík a Modlitba, 1983).

Dominujúcou zložkou v sprašových hlinách je ílovitá frakcia a frakcia prachu až hrubého prachu. Miestami majú sprašový charakter alebo celkovo obsahujú prachovité polohy. Stĺpcovitá odlučnosť a presadavosť typická pre spraše v nich však absentuje. Majú malú pórovitosť. V dôsledku cyklického opakovania procesov erózie a sedimentácie a s tým súvisiaceho pravidelného obnažovania podložia sú sprašové hliny do značnej miery poznačené litologickým zložením podložných sedimentov. Hojný je v nich výskyt solifluovaných polôh neogénnych pieskov, drobných štrkov, a najmä ílov. Aj v spodnej časti obsahujú vložky „svahovín“, reprezentovaných vrstvami úlomkov podložných predkvartérnych hornín v kombinácii s pieskami.

17 eluviálne až eluviálno-deluviálne zvetraniny – ílovité hliny, hlinité piesky a piesky

Tvoria primárne autochtónne, resp. nepatrne premiestnené zvetraninové plášte väčšinou na zarovnaných povrchoch tvorených tak pevnými, ako aj čiastočne spevnenými a sypkými horninami. Vplyvom postgenetických, resp. syngenetických procesov eróznodenučačného charakteru sú dnes pôvodné zvetraniny zachované len na malých plochách, v malej hrúbke a výrazne nerovnomerne. Zriedkavé výskyty kôr zvetrania, obmedzené na menšie plochy vrcholových častí hrebeňov, medzidolinových chrbtov, plošín a planín, sa zachovali najmä v Malých Karpatoch, Tribeči, Považskom Inovci (obr. 28), Slovenskom rudohorí, v Kremnických a Štiavnických vrchoch, na Krupinskej planine, v Slovenskom kráse, Slovenskom raji a inde. Okrem pohorí sa elúviá lokálne zachovali aj na pahorkatinných stupňoch kotlín a tiež na samotných kvartérnych sedimentoch najstarších riečnych terás Váhu, Hrona, Ipl'a, Rimavy a i.

Litologické zloženie kvartérnych elúvií závisí od zloženia podložných hornín, z ktorých sa vyvinuli. Z hľadiska zrnitosti pozostávajú z klastov rôznych frakcií, od hrubozrnných až po najjemnejšie ílovité hliny. Vo vertikálnom profile zvetranín na pevných horninách sa na báze najčastejšie vyskytuje zvýšená puklinovitosť horniny a jej čiastočné zvetranie po týchto puklinách. Smerom do nadložia sa hornina úplne rozpadáva na nerovnomerne navetrané klasty rôznej veľkosti a hrúbky. V celku sa rozmery klastov smerom nahor znižujú a medzery sú vyplnené jemnozrnným produktom zvetrávania, najčastejšie siltom až ílom. Vrchné časti profilu tvoria piesčito-úlomkovité, piesčité alebo piesčito-ílovité zvetraniny s recentným pôdnym pokryvom.

Na flyšoidných horninách (pieskovce, ílovce a siltovce) sú elúviá prevažne piesčito-hlinité až piesčito-ílovité, prevažne tmavohnedé a svetlosivo šmuhované, s náznakom pôvodnej vrstvitosti. Na granitoidných horninách prevláda sivý, svetlosivý až biely hrubozrnný sľudnatý piesok s hrdzavými a okrovými pruhmi. Na karbonatických horninách sa okrem starých hrdzavých, červených až bordových predkvartérnych kôr lateritického zvetrávania v kvartéri zachovali len zvyškové produkty zvetrávania a korózie. Reprezentujú ich svetlosivé až svetlo-

okrové hlinité piesky, ílovité hliny až hliny s úlomkami karbonátov. Na vulkanických horninách planín prevládajú žlté až hrdzavé piesky a smerom do úvalinovitých dolín pribúda hlinitá zložka.



Obr. 28. Eluviálne hrubopiesčité zvetraniny z granitov tatrika sz. od Hlohovca v Považskom Inovci tvoria bázu nadložných eluviálno-deluviálnych piesčito-kamenitých sedimentov obsahujúcich úlomky granitov (foto J. Maglay).

Elúviá tvoria základnú hmotu deluviálnych sedimentov, prípadne pozvoľna prechádzajú do deluviálno-fluviálnych splachov.

Deluviálne sedimenty

Z hľadiska celkového objemu hmoty, plochy a početnosti výskytov tvoria svahové sedimenty najčastejší a najrozšírenejší genetický typ terestrických kvartérnych uloženín. Vyskytujú sa takmer všade na povrchu akéhokoľvek predkvartérneho podložía, okrem nížinných rovín a miest s priamym výstupom pevných hornín podložía. Sú deponované aj na povrchu iných genetických typov štvrtohorných uloženín alebo intraformačne priamo v nich. V horských oblastiach Slovenska (obr. 29), ale aj na mnohých pahorkatinách sú rozličné svahoviny a sutiny okrem aluviálnej výplne dnen dolín potokov často jediným reprezentantom kvartérnych uloženín^{*)}.

Deluviálne sedimenty tvorí pestrá litologická škála uloženín s množstvom zrnitostných variet v závislosti od charakteru reliéfu – najmä sklonu a priebehu svahov, od petrografie podložných hornín, formy depozície a celého radu ďalších, najmä klimatických faktorov.

Všeobecne sú deponované najmä na úpätiach svahov, prípadne v celých úpätných pásmach na rozhraní kotlín a prilahlých pohorí, kde spolu s deluviálno-proluviálnymi sedimentmi (kolónka 22) tvoria kolúviá. Nachádzajú sa tak na strmších formách reliéfu, na miestach v okolí priamych výstupov predkvartérnych podložných hornín pod skalnými stenami, ako aj na miernych svahoch pahorkatinných úvalín.

^{*)} Pozn.: V posledných troch desaťročiach sa pre deluviálne sedimenty (svahoviny a sutiny) horských oblastí zriedkavo používa aj Vaškovským (1977) zavedený neformálny termín „horský kvartér“.



Obr. 29. Hlinito-kamenité sedimenty sú najrozšírenejší druh deluviálnych sedimentov v horských oblastiach Slovenska (foto J. Maglay).

Deluviálne sedimenty tvoria základný zdroj horninového materiálu následnej denudácie.

Z pestrej litologickej škály delúvií a z množstva ich zrnitostných variet sú vyčlenené len 3 skupiny, pričom na prehľadnej geologickej mape kvartéru sú vzhľadom na jej mierku zobrazené iba najväčšie plochy ich rozšírenia s hrúbkou väčšou ako 2 m.

18 litofaciálne nerozlíšené svahové sedimenty – hliny, piesky a úlomky hornín

Najčastejší a plošne aj objemovo najrozšírenejší druh deluviálnych sedimentov sú hlinito-kamenité, hlinito-piesčité až hlinité uloženiny. Hliny a piesčité hliny obsahujú premenlivé množstvo skalných úlomkov až blokov, ktoré často prevažujú. Sú vyvinuté na všetkých typoch hornín predkvartérneho podložia, okrem ílov, pieskov, ílovcov a slieňovcov, na rozsiahlejších plochách vnútrohorských svahov, kde tvoria zriedkavo aj celé vnútrohorské pokryvy (obr. 30).

Významné sú aj hlinito-štrkovité až piesčito-štrkovité sedimenty lemujuce výskyty tak kvartérnych fluviálnych terasových akumulácií (kolónka 3), ako aj starších, napr. pliocénnych fluviálno-limnických štrkov, resp. zlepencov marginálnych transgresívnych fácií neogénu a paleogénu.

19 svahové hliny a piesčité hliny (sporadicky s úlomkami)

Tento druh deluviálnych, prípadne polygenetických sedimentov sa vyvinul prevažne na svahoch hladko modelovaného reliéfu nížinných pahorkatín, prípadne maloplošne aj na svahoch kotlinových pahorkatín a brázd. Predpokladom ich vzniku je slabá morfológická odolnosť podložných pelitických až jemne piesčitých hornín – ílov, pieskov, ílovcov, siltovcov a slieňovcov, resp. ich predispozícia na rýchlejšie zvetrávanie.

Z uvedeného druhu sedimentov je najrozšírenejšia varieta hlinito-piesčitých delúvií (obr. 31), prípadne až výlučne hlinitých, označovaných aj ako polygenetické svahové hliny.



Obr. 30. Rozsiahle pokryvy hlinito-kamenitých deluviálnych uloženín dominujú na západnom úpätí Malých Karpát medzi Kuchyňou a Pernekom (foto K. Fordinál).



Obr. 31. Hlinito-piesčité deluviálne sedimenty s obsahom drobných ílovitých závalkov na svahoch Stupavského predhoria v Stupave (foto K. Fordinál).

20 svahové úlomky hornín, piesky, balvany až bloky

Na exponovaných svahoch s výstupom skalného podložia, resp. na miestach skalného rútenia sa v podobe zlomísk a osypových kužeľov nachádzajú kamenité až kamenito-piesčité delúviá. Obsahujú rôzne veľké skalné úlomky s prevahou hrubých blokov. Sú zväčša produktom skalného rútenia, opadu alebo mechanického mrazového zvetrávania a následného rozvlečenia blokovo zvetrávajúcich hornín. V extrémnych polohách tvoria druhotne soliflukčne rozvlečené balvanovito-blokovité sedimenty produktov mrazového zvetrávania prechádzajúce až do lokálnych „kamenných morí“. Výhradne gravitačné delúviá, zvlášť kamenité sutinové osypy tvoriace osypové kužele pod skalnými stenami, sú ovplyvnené formou rozpadu horninového materiálu. Môžu byť kamenité, kamenito-piesčité až piesčité.

Do tejto skupiny sa zaraďujú aj deluviálno-soliflukčné kamenité, kamenito-piesčité až piesčité svahové prúdy, ktoré za vhodných podmienok dosahujú veľkú hrúbku a rozsiahle plošné rozmery najmä na svahoch horských dolín a na úpätiach pohorí (obr. 32).



Obr. 32. Prevažne kamenito-piesčité až balvanovité materiály deluviálno-soliflukčných prúdov v povrchovej časti sedimentárnej výplne Lamačskej brány v západnej časti Bratislavy (foto J. Maglay).

Osobitnú skupinu deluviálnych sedimentov tvoria kryhové, plošné a prúdové zosuvy, viazané najmä na pohoria s flyšovou horninovou stavbou, ale aj na pahorkatiny s pieskovcovo-ílovcovými až ílovcovými a ílovito-piesčitými súvrstviami neogénu (obr. 33). Z oblastí slovenských neovulkanitov sú známe časté blokové zosuvy.

Uloženie tvorí chaotická zmes prevažne hlinito-kamenitého materiálu, občas aj s balvanmi a blokmi.

21 deluviálno-fluviálne sedimenty – ílovité a piesčité hliny s úlomkami a štrkami (len v litostratigrafickej kolónke)

Ide o prechodnú fáciu medzi opísanými deluviálnymi (kolónky 18, 19) a fluviálnymi nivnými sedimentmi (kolónka 4). Tieto akumulácie tvoria bezprostredné pokračovanie horných úsekov nív do úvalín a záverov úvalinovitých dolín



Obr. 33. Odrhová hrana kryhového zosuvu na Trnavskej pahorkatine v Pezinku (foto J. Maglay).

či suchých dolín. Vyskytujú sa najmä na okrajových pahorkatinách nížin pokrytých sprašami a sprašovými hlinami, na pahorkatinách niektorých kotlin a na veľkoplošných fluvialných terasách pokrytých sprašami, resp. sprašovými hlinami, ako napr. na Trnavskej a Nitrianskej tabuli, pravobreží Hrona medzi Kalnou nad Hronom a Štúrovom, na terasách Ipľa východne od Lučenca, terasách Rimavy a Slanej v Rimavskej kotline a na mnohých ďalších miestach v rámci povrchu riečnych terás vnútrohorských kotlin. Deluviálno-fluviálne sedimenty tvoria prevažne dnovú výplň úvalín. Sú tak sústredené do nepravidelných, často veľmi dlhých a úzkych línií. Okrem území so sprašovým pokrývkom sa tieto sedimenty nachádzajú aj v dnách dolín bez stáleho toku alebo plošne rozsiahlejšie na úpätiach miernych svahov.

Väčšinou ide o akumulácie jemných, plošne (ronovo) spláchnutých častí vyššie položeného pôdneho pokrývku, ale aj jeho materského substrátu (spraše, sprašovitá a sprašové hliny, hliny, piesky a íly, štrky a úlomky hornín) v miestach recentnej výmoľovej erózie. Na krátku vzdialenosť môžu byť splachmi premiestnené aj deluviálne sedimenty, prípadne sedimenty pochádzajúce zo starších kvartérnych fluvialných a proluviálnych akumulácií.

Deluviálno-fluviálne sedimenty sú tvorené prevažne ílovitými hlinami až piesčitými hlinami s prímiesou premiestnených spraší, miestami s polohami pochovaných pôd (obr. 34). Na vyšších pahorkatinách a v pohoriach vo všeobecnosti pribúdajú piesčité hliny, štrky a úlomky hornín. V niektorých prípadoch štrky a úlomky dominujú.

Určitým extrémom sú výplne dien krátkych a strmých suchých dolín, tvorené kamenitým až kamenito-piesčitým drobnoulomkovitým až blokovitým, slabovo vytriedeným materiálom občasných prívalových vôd.

22 deluviálno-proluviálne sedimenty – ílované hliny, piesčité hliny, hlinité štrky a úlomky hornín (len v litostratigrafickej kolónke)

Sedimenty dejekčných kužeľov majú na území Slovenska pomerne početné, ale zväčša maloplošné výskyty. Nachádzajú sa najmä v miestach s vysokou dynamikou reliéfu, ako sú napr. vyústenia strží, bočných suchých dolín, úvalín, žľabov a výmoľov do nív väčších dolín, prípadne aj na povrch fluvialných terás (obr. 35).



Obr. 34. Deluviálno-fluviálne sedimenty na východnom úpätí Považského Inovca v Tepličkách sú tvorené spláchnutými piesčitými hlinami s prímесou drobnozrnných štrkov a preplavených spraší (foto J. Maglay).



Obr. 35. Umelý odkryv deluviálno-proluviálnych sedimentov výnosového kužeľa pravostranného prítoku Ilavského potoka v Strážovských vrchoch. Klasty rôznych veľkostí pozostávajúce z karbonatických hornín sú v spodnej časti druhotne stmelené vápnitým tmelom do brekcií, pri povrchu kužeľa sú zahlinené a nespevnené (foto K. Fordinál).

Morfologicky sa prejavujú ako strmé výplavové kužele väčšinou malých rozmerov. Všetky kužele sú produktom sporadických prívalových vôd vynášajúcich soliflukčno-deluviálny a deluviálno-fluviálny materiál na krátku vzdialenosť. Litologický obsah telies dejekčných kuželov je totožný s obsahom deluviálno-fluviálnych splachov výplne dien úvalín, suchých dolín a výmoľov, na ktoré deluviálno-proluviálne sedimenty geneticky nadväzujú.

V oblasti okrajových sprašových pahorkatín Podunajskej a Východoslovenskej nížiny, ako aj v Juhoslovenských kotlinách a na Chvojnickej pahorkatine výplavové kužele tvorí prevažne hlinitý, hlinito-ílovitý až hlinito-piesčitý materiál. Vo vyšších častiach uvedených pahorkatín a na úpätiach pohorí sa charakter sedimentov mení. Pri zakončeníach úvalín vedúcich zo starých kuželov pleistocénu, zlepcov a štrkov neogénu dejekčné kužele tvorí hlinito-štrkovitý, chaoticky uložený materiál a pri zakončeníach úvalín a dolín pohorí ich tvorí hlinito-kamenitý až hlinito- a piesčito-kamenitý, taktiež chaoticky uložený úlomkovitý materiál. Okrem primárnych štrkov je materiál kuželov neopracovaný.

23 organogénne sedimenty – slatiny, rašelininy a rašelininy slatinného typu

Ide o špecifický typ sedimentov (prírodných organických hmôt) pozostávajúci z viac ako 50-percentného obsahu organických látok v sušine. Rozhodujúcim faktorom vzniku a vývoja organogénnych sedimentov je charakter hydrologického režimu vo vzťahu k teplote ovzdušia (nadmorskej výške) a k ďalším determinujúcim faktorom, ako je napr. reliéf a okolité horninové prostredie. Podľa zdroja vôd ich možno rozdeliť na *slatiny*, *rašeliniská* a *prechodné rašeliniská*, resp. *rašeliniská slatinného typu*.

Slatiny – minerotrofné topogénne rašeliniská a prechodné rašeliniská – sa vyvinuli prevažne na rovinách v rozsahu riečnych nív, na brehoch jazier a v iných terénnych depresiách, zvlášť na nepriepustných ílovitých a hlinitých sedimentoch, kde reliéf spôsobuje zamokrenie, a to najmä trvalo vysokou hladinou spodnej vody, ktorá zasahuje až na povrch. Väčší rozsah majú slatiny v mladých podhorských depresiách na styku pohorí a kotlin, resp. rovín. V kotlinách a nížinách sú vyvinuté najmä medzi proluviálnymi sedimentmi náplavových kuželov, ktoré sú väčšinou podmáčané (telurickou) vodou s vysokým obsahom rozpustných minerálnych látok (šúry). V slatiniskách prevažujú ostricovo-trstinové subtypy s charakteristickým neúplným rozpadom hmoty a s významným podielom rašelinníka (*sphagnum*), lúčnych tráv a krovitých rastlín.

Vrchoviská – ombrotrofné rašeliniská – vznikli na nepriepustnom podloží, v zosuvných zónach, na plochých horských chrbtoch, prevažne v chladnejších humídnych horských oblastiach Slovenska, no najmä na miestach s prevahou zrážok nad výparom. Jediným zdrojom vody v sedimentoch sú zrážky, t. j. voda chudobná na minerálne látky. Rašelina vzniká v kyslom prostredí.

Vrchoviská pozostávajú najmä z ulmifikovaných rastlinných tiel rašelinotvornej vegetácie. Podľa dominantného rastlinného druhu na ich tvorbu sa rašelininy delia na ostricové (caricetové), trstinové (phragmitetové), páperníkové (eriophorové), rašelinníkové (sphagnové), prípadne v kombináciách napr. machovo-ostricové.

Okrem vlastných, výrazne vyvinutých rašelin sa tvoria aj zmiešané ložiská, v ktorých prevláda minerálny materiál, ale humus má rašelinnú povahu. Ide o zrašelinené pôdy horských lesov a rozličné močiarne sedimenty – vápnité aj nevápnité.

Väčšia časť slatín a vrchovísk začala vznikať v období preboreálu, najviac však v období *atlantiku*. Farba slatinnej rašelininy je tmavohnedá až čierna. Jej hrúbka sa v plytkých zamokrených depresiách pohybuje medzi 1 až 2,5 m.

Väčšina rašelinísk na území Slovenska je okrem niekoľkých exploatovaných lokalít objektom ochrany prírody. Kvôli ich významnej floristickej a faunistickej hodnote je zaradená v kategórii prírodných rezervácií. Ich zoznam podrobne uvádza *Štátny zoznam osobitne chránených častí prírody* (www.uzemia.enviroportal.sk).

Medzi najznámejšie rašeliniská a slatiniská na Slovensku patrí Klokočov v Turzovskej vrchovine, Suchá hora a Klin v Oravskej kotline, Slaná voda, Beňadovo (obr. 36), Mútne v Oravských Beskydách, viaceré chránené rašeliniská na Záhorskej nížine (Šajdíkové Humence, Rohožník, Bahno, Zelienska, Kostolište, Abrod a i.), na Podunajskej rovine (Jurský Šúr, Pusté Úľany, staré ramená Dunaja na Žitnom ostrove), Hrhov v Slovenskom krase, Liptovský Sv. Ján v Liptovskej kotline, rašeliniská v Popradskej a Hornádskej kotline, vo Vihorlate, na Východoslovenskej rovine a i. Ich podrobný zoznam uvádza Stanová (2000).



Obr. 36. Rašelinisko vrchoviskového typu v Beňadove na rozhraní Oravských Beskyd a Hornooravskej kotliny je jedným z mnohých obdobných rašelinísk v tejto oblasti flyšového pásma (foto J. Maglay).

24 chemogénne až chemogénno-organogénne sedimenty – sladkovodné vápence (penovce a travertíny)

Kvartérne sedimenty pramenných sladkovodných vápencov – *penovcov* a *travertínov* (zriedkavo tiež *vápnitých tufov*) – spolu so sedimentmi *jazernej kriedy*, vápnitých *slietov* a močiarnych *almov* prináležia do širšej skupiny vápenatých uloženín pevninských vôd (Ivan, 1943; Ložek, 1973).

Pramenné vápence majú na území Slovenska významné rozšírenie. Ich množstvo, ale maloplošné výskyty sú známe z vonkajších Západných Karpát z oblasti flyšu (Biele Karpaty, Oravské Beskydy, Nízke Beskydy a i.), ako aj z *centrálnokarpatského paleogénu podtatranskej skupiny* (Levočské vrchy, Bachureň, Šarišská vrchovina a i.). Pramenné vápence uvedených oblastí pochádzajú prevažne z vápenatých vôd puklinových a vrstvomých prameňov. Tvoria ich najmä inkrustované pôdy, vápnité sinte a sypké a štruktúrne penovce. Najčastejšie sa nachádzajú v dnách dolín, kde vystupujú vo forme vrstvomých a zriedkavejšie aj hradených stupňov, ale aj na svahoch ako svahové prúdy a malé kopy. V dôsledku malej mierky mapy nie sú na nej maloplošné výskyty zobrazené.



Obr. 37. Kvartérne pramenné vápence majú na území Slovenska veľmi početné zastúpenie. Vyznačujú sa rôznymi formami výskytov. Na obr. 37a je skalná veža pri Bešeňovej pozostávajúca zo stredno- až vrchnopleistocénnych masívnych travertínov a na obr. 37b subrecentná až recentná penocová kopa na lokalite Sivá Brada pri Spišskom Podhradí (foto M. Vlačíky).

Veľkoplošné výskyty alebo pásma výskytov pramenných vápencov sa viažu na priebeh alebo križovanie výrazných zlomových línií, najčastejšie po obvode vnútrohorských kotlín, prípadne na svahoch a v dňoch výrazne tektonicky predisponovaných dolín. Sedimenty prameňov založených na hlbokých zlomoch

vystupujú v podobe morfoloicky výrazných svahových a údolných kôp, terás a kaskádových stupňov na dne dolín s aktívnym tokom alebo len v podobe menej morfoloicky výrazných výplní zníženín s prechodom do močiarnych a jazerných vápencov, almov a inkrustovaných pôd v blízkosti prameňov.

Horninová náplň pramenných sladkovodných vápencov je pestrá a má širokú škálu. Pozostáva z vápnitých sintrov, inkrustovaných pôd, zo sypkých, zemitých až pieskovcových penovcov, štruktúrnych penovcov a piesčitých, doskovitých, penovcových a kompaktných pevných masívnych svetlosivých, sivých až bielych travertínov (Kovanda, 1971). Pramenné vápence podliehajú diagenéze. Hornina sa tak stáva úplne pevným kompaktným vápencom – travertínom.

Sedimenty pramenných vápencov sú veľmi významné z hľadiska paleontologického a archeologického výskumu a datovania. V sedimentárnom zázname pomerne spoľahlivo odzrkadľujú predchádzajúce paleoklimatické zmeny a na základe fyto- a zoocenóz, ktoré sú v nich obsiahnuté, možno študovať peleoekologické prostredia v rôznych etapách ich vzniku.

Medzi najznámejšie lokality, resp. skupiny lokalít výskytov sladkovodných pramenných vápencov na Slovensku patria Bojnice, Čerín, Biely Potok – Jazierce, Dudince, Santovka, Slatina, Levice, liptovské travertíny (Lúčky, Bešeňová – obr. 37a, Liptovský sv. Ján, Liptovské Sliače, spišské travertíny (Sivá Brada – obr. 37b, Sobotisko, Dreveník), Hranovnica, Rojkov, Ružbachy, Gánovce – Hôrka-Ondrej a mnoho ďalších.

25 limnické sedimenty – íly, hliny, piesky, štrky a úlomky (len v litostratigrafickej kolónke)

Tieto subkvatické sedimenty sa na území Slovenska vyskytujú zriedkavo a sú obmedzené len na plochu rozsahu stojatej vody. Tvoria výplne dien hradebných jazier (Morské oko a Vinianske jazero vo Vihorlate, Jazero Izra v Slanských vrchoch), nižšie položených tatranských ľadovcových jazier (plies) a rôznych umelých vodných nádrží (priehrad, tajchov, rybníkov). V starých ramenách a nivných močiaraoch tvoria často len tenké intraformačné vložky vo fluvialno-organických sériách.

Limnické sedimenty majú tesné genetické vzťahy s palustrickými, chemo-génno-organogénnymi a organogénnymi sedimentmi. Pozostávajú najmä z materiálu premiestneného do jazier z okolia, a to buď priamo vodnými tokmi, alebo ronóm, splachom, soliflukciou, prípadne vetrom. Ich hlavnou zložkou je najmä hlina, íl, piesok, štrk, úlomky, ale aj sedimenty tvorené chemickým vyzrážaním rôznych látok z vodného roztoku za súčinnosti mikroorganizmov a rastlín. CaCO_3 tvorí inkrustácie tiel vodných rastlín, ale aj schránky mäkkýšov a lastúrnatiek. Sedimenty sa hromadia na dne s prevahou ílovitej frakcie ako jazerný slieň. Je tu aj vysoký podiel odumretých tiel organizmov a produktov ich čias-točného rozkladu.

Limnické sedimenty nie sú na mape zobrazené vzhľadom na jej mierku.

26 vulkanogénne horniny – bazalty a bazanity a pemzové tufy

Horniny kvartérneho vulkanizmu sa na Slovensku zachovali najmä v Cerovej vrchovine, kde prislúchajú k *cerovej bazaltovej formácii* (Vass a Kraus, 1985), a v západnej časti Štiavnických vrchov. Tvoria ich lávové prúdy, ktoré sa vyliali na vtedajšie dnové štrkovo-piesčité fluvialne akumulácie kvartérnych vodných tokov.

Najlepšie to dokumentujú lávové prúdy kvartérnych alkalických bazaltov zo širšieho okolia Filakova (Belince, Trebeľovce, Husiná), kde sa pod nimi zachovali typické, na povrchu kontaktne tepelne metamorfované riečne piesčité štrky

s termicky pozmenenými a redeponovanými rubifikovanými pôdami, prípadne andosolmi. Lávové prúdy sa vyliali v troch vzájomne odlišiteľných vekových etapách obdobia pliocénu/pleistocénu až spodného pleistocénu. Najstaršie bazalty sa spolu s podložnými fluviaálnymi sedimentmi a pôdami označujú ako *belinské vrstvy* (vrchný pliocén – najspodnejší pleistocén), o niečo mladšie sú *trebelovské vrstvy* (spodný pleistocén – biber?) a najmladšie *husinské vrstvy* (spodný pleistocén – donau) [Pristaš in Vass a Elečko (eds.) et al., 1992]. Vďaka väčšej odolnosti bazaltov proti erózii tvoria dnes lávové prúdy najvyššie časti povrchu územia Cerovej vrchoviny.

Mladšie ako uvedené vulkanické prejavy sú výlevy nefelinického bazanitu pri Novej Bani-Brehoch (obr. 38). Svojou okrajovou časťou pokrývajú riečne terasové štrky mladšej časti stredného pleistocénu (*mladší riss*) v doline Hrona a tiež ich čiastočne kontaktné metamorfujú (Šimon a Halouzka, 1996; obr. 39).

Kvartérny vulkanizmus na Slovensku sa skončil explozívnymi prejavmi, počas ktorých sa vytvorili krátery (maary). V nich sa v jazernom prostredí usadili charakteristické vrstvovité maarové sedimenty – piesky, pemzové tufy a bazaltové bomby (Fiľakovský hrad).



Obr. 38. Lávový prúd nefelinického bazanitu v Novej Bani-Brehoch bol datovaný do obdobia stredného pleistocénu (102 000 r. BP) a predstavuje najmladší prejav vulkanizmu na Slovensku (foto L. Šimon).

27 antropogénne akumulácie – navážky, haldy a skládky

Ide o stratigraficky najmladšie kvartérne uloženiny, ktoré majú oproti všetkým predchádzajúcim sedimentom výnimočné postavenie v tom, že sú produktom ľudskej činnosti. Na geologickej mape kvartéru sú vyznačené len tie antropogénne akumulácie, ktoré svojim plošným rozsahom, hrúbkou, tvarom, resp. charakterom obsiahnutého materiálu výraznejšie ovplyvňujú pôvodné geologické a geomorfologické, ako aj súčasné ekologické pomery. Do úvahy sa pritom neberú sedimenty uložené v rámci sídelných plôch alebo stavieb cestných, železničných a iných líniových komunikácií, ako sú napríklad protipovodňové hrádze, umelé kanály potokov a riek (Morava, Váh, Latorica a i.) a násypy priehradných múrov.

Najrozsiahlejšie navážky a haldy tvorené piesčitými štrkami, štrkami a pieskami sú situované pri opustených aj aktívnych štrkoviskách viazaných na dnové akumulácie tokov v rozsahu nív vrátane plôch nížinných rovín.



Obr. 39. Kontakt nefelinického bazanitu s podložnými fluvialnými sedimentmi nižšej strednej terasy Hrona (mladšia časť stredného pleistocénu) v N. Bani-Brehoch (foto J. Maglay).

Navážky a haldy tvorené piesčitými a ílovitými hlinami až ílmi sú situované v opustených aj aktívnych hliniskách tehelní. Piesčito-kamenitý a kamenitý materiál hald a násypov sa nachádza najmä v rôznych povrchových lomoch.

Plošne rozsiahlejšie a objemom hmoty veľké haldy a odkaliská tvorené hlušinou zo spracovaných rúd sú známe zo Serede – Dolnej Stredy, Hliníka nad Hronom, Istebného, Podrečian, Sloviniek, Rudnian, Dobšinej, Jelšavy, Nižnej Slanej, Smolníka, Gelnice, Bankova pri Košiciach a inde.

Ekologickým problémom sa javia drobné neorganizované (divoké) skládky domového odpadu, zaznamenané takmer vo všetkých hlbších výmoľoch a úvozoch vrátane umelých priehlbín, v dnách suchých dolín a jarkov, na okrajoch poľných ciest a vedľajších ciest nižších tried a na iných miestach v intravilánoch obcí.

Ω Jaskynné sedimenty

Jaskynné sedimenty zahŕňajú širokú škálu akumulácií, ktoré sa ukladajú v prostredí podzemných krasových dutín. Ich výskyt sa viaže najmä na horninové prostredie vápencov, prípadne dolomitov. V odlišných prípadoch, ako napr. pri dutinách v kremencoch, pieskovochoch, či granitoidoch atď., sa používa termín *pseudokras*. Celkovo ide o sedimenty, ktorých plochy výskytu a celkový objem sú limitované rozsahom podzemných priestorov vhodných na sedimentáciu. Ich výskyt však nie je obmedzený len na prevažne erozívne, korozívne a gravitačné dutiny krasových oblastí Slovenska, ale tvoria aj výplň dŕven pseudokrasových dutín, vzniknutých prevažne selektívnym odnosom hornín, ako aj výplň otvorených puklín, trhlín a rozsadlín.

Na území Slovenskej republiky sa nachádza viacero krasových území s viac ako 5 500 jaskyňami, jaskynnými systémami a priepasťami (Bella, 2007). Odlišné podmienky dávajú možnosť vzniku a vývoju pestrej palety jaskýň so špecifickými podmienkami, genézou a formou povrchových, ako aj podpovrchových krasových fenoménov.

Formovanie jaskynných priestorov sa viaže spravidla na viaceré fázy, ktoré sú odrazom okolitých podmienok daného územia (intenzita tektonických pohybov, klimatické zmeny atď.). K iniciálnym fázam patrí vytvorenie, prehĺbenie a rozšírenie priestorov, najčastejšie vyvolané činnosťou tečúcej vody a korózie, prípadne kombináciou týchto činiteľov. V ďalších fázach prebieha ich zapĺňanie, teda akumulácia sedimentov. Táto akumulácia nemusí byť vždy kontinuálna, ale aj viacnásobná. Pri viacnásobnej akumulácii sa strieda sedimentácia s odnosom – vyprázdňovaním – materiálom. Akumulovaný materiál v jaskynných priestoroch môže mať autochtónny, ako aj alochtónny charakter.

Pod autochtónnou výplňou sa rozumie akumulácia vzniknutá priamo v jaskyni, t. j. opadom materiálu zo stropov a stien (sutiny a odrobiny), speleotémy (široká paleta kvapľovej výzdoby a sintrovej hmoty), nerozpustné klasty a rezíduá, jaskynný ľad, výkvet, rozkladné plyny, kondenzovaná voda z pár atď. (Příbyl et al., 1992).

Pod alochtónnou výplňou sa rozumie cudzorodý materiál transportovaný do jaskynného priestoru rôznymi činiteľmi (voda, vzduch, ľad). Alochtónny pôvod majú aj akumulácie guána, kostrové pozostatky fauny a človeka, ako aj archeologické artefakty.

Samotné výplne jaskýň – jaskynné sedimenty – sú veľmi rôznorodé. Závisia od špecifických podmienok tej-ktorej krasovej oblasti. Faktory ako kvalita horninového prostredia, klimatické podmienky, tektonická predispozícia, aktívna činnosť vodného toku, ľadu, pôdneho pokryvu a iné vplyvajú nielen na vývoj, morfológiu a polohovú situáciu, ale aj na genetický typ jaskynného sedimentu.



Obr. 40. Kombinácia alochtónnych štrkopiesčitých sedimentov fluvialneho pôvodu s autochtónnymi sintrovými nátekmi na okraji podzemného riečiska Demänovky v Jaskyni slobody v Nízkych Tatrách (foto M. Vlačiky).

V jaskynnom prostredí je materiál akumulovaný tak vo vstupných častiach, ako aj hlbšie v prostredí teplotne a vlhkosťne vyrovnaných podmienok (vnútrojaskynné prostredie). Vo vstupnej časti jaskynných priestorov je väčšie množstvo sutiny a úlomkov z opadu, vzniknutých namŕzaním prevlhčených stien. Smerom hlbšie dovnútra jaskynných priestorov sa akumulovaný materiál stáva monotónnym, obvykle však viacnásobne premiestneným, pričom si zachováva svoje špecifické vlastnosti. Určitou výnimkou sú komíny (priepasti) vyúsťujúce na povrch, kadiaľ sa dostáva materiál do stabilného jaskynného prostredia.

Z jaskynných sedimentov sú najhojnejšie alochtónne sedimenty fluviálneho pôvodu, väčšinou stálych podzemných tokov, ale aj občasnej prívalovej a povodňovej vody. Hydrologický režim určuje transportačnú schopnosť a veľkosť transportovanej frakcie. Typické sú štrky a piesky. Vo veľkej miere sú zastúpené aj akumulácie jemných – prachových a najmä ílových – sedimentov (hliny). Tieto akumulácie bývajú prekryté, prípadne prevrstvené sintrovými nátekmi (obr. 40). V niektorých prípadoch, najmä v tzv. sedimentačných pasciach, sú prítomné akumulácie kostrových pozostatkov. Veľmi cenné sú aj pozostatky po človeku, či už ide o ľudské kostrové pozostatky, pozostatky ulovených zvierat, artefakty, ohniská alebo iné.

Štúdium jaskynných sedimentov má veľký význam pri rekonštrukcii paleo-prostredia, často presahujúceho z časového hľadiska obdobie kvartéru. Vzájomné korelácie „zakonzervovaných“ sedimentov s povrchovými usadeninami vedú mnohokrát k lepšiemu pochopeniu podmienok a procesov sedimentácie v geologickej histórii. Na výskume jaskynného prostredia participuje mnoho vedných odborov, ktorých metodiky a techniky sa často vzájomne dopĺňajú a prelínajú.

Nesúvislý kvartérny pokryv na predkvartérnych štruktúrnych jednotkách

Napriek tomu, že kvartérne uloženiny uvedených typov (kapitola 3.1) pokrývajú v premenlivej hrúbke takmer celé územie Slovenska, na regionálnych geologických mapách mierky 1 : 50 000, z ktorých prevažne nová geologická mapa kvartéru Slovenska vychádza, sú zobrazené len na viac ako 1/2 plochy jeho územia. Zvyšnú časť zaberajú odkryté predkvartérne štruktúrne jednotky (prekambrického až neogénneho veku^{*)}. Na nich sa vyvinuli rozličné druhy deluviálnych aj eluviálnych sedimentov menšej hrúbky a holocénnych fluviálnych výplní dnen dolín, ktoré sú na mapách zobrazené len čiastočne.

Nasledujúca časť podáva stručný litologický opis deluviálnych a čiastočne aj eluviálnych sedimentov nachádzajúcich sa na vyčlenených predkvartérnych štruktúrnych jednotkách.

28 neogénne sedimenty

Predstavujú širokú škálu litostratigrafických jednotiek – súvrství a vrstiev tvoriacich sedimentárne výplne dnešných panví a niektorých kotlín Slovenska (Vass, 2002). Rudimentárne, prevažne v marginálnom vývoji súvrství, sa nachádzajú aj na okrajoch pohorí.

Nespevnené aj spevnené sedimentárne horniny neogénu (íly a silty, piesky, štrky, ílovce, siltovce, pieskovce, zlepenec, brekcie a i.) tvoria významný zdroj náplne kvartérnych delúvií. Na nížinných pahorkatinách prevládajú hlinité, hlinito-piesčité až piesčité delúviá s občasnými drobnými štrkami. V kotlinách a na okrajoch pohorí v delúviách pribúdajú hrubšie frakcie. Popri hlinito-piesčitých delúviách sú to najmä hlinito-štrkovité až piesčito-hlinito-štrkovité a na brekciách hlinito-kamenité delúviá.

^{*)} Pozn.: Takýto stav zobrazenia kvartéru na regionálnych geologických mapách nezodpovedá úplne skutočnosti a má rôzne, najmä historické príčiny. Tie vyplývajú jednak z vývoja poznania kvartéru a jeho uplatňovania pri tvorbe máp, jednak z postupne sa meniacich spoločenských požiadaviek, odborných noriem a smerníc pre obsahovú náplň a zostavovanie geologických máp. Preto majú najmä staršie regionálne geologické mapy horských regiónov, vydané v rokoch 1972 – 1983 (pozri kap. 1.4 – tab. 1), kvartérne uloženiny v rôznej miere redukované až eliminované v prospech starších predkvartérnych štruktúrnych jednotiek. Okrem toho, na odkrytých plochách sa pre malú mierku a kvôli zlepšeniu čitateľnosti geologickej mapy kvartéru uskutočnila generalizácia. Maloplošné a veľmi úzke útvary sa odstránili. Zohľadnila sa len hrúbka deluviálnych sedimentov väčšia ako 2 m a širšie úseky nív potokov.

29 neovulkanity

Tvoria osobitnú skupinu hornín neogénneho obdobia. Výlevné (vulkanické) a sedimentárne (vulkanoklastické) horniny prislúchajúce k jednotlivým strato-vulkánom sú rozčlenené na veľké množstvo formácií. Litologická náplň pevných aj nespevných hornín vo formáciách je veľmi pestrá. Pevné horniny lávových prúdov tvoria ryodacity, ryolity, rozličné andezity, dacity (ojedinele), bazanity a bazalty. Spevnené a polospevnené horniny tvoria vulkanoklastiká. Ide najmä o širokú škálu tufov a čiastočne epiklastických tuftov.

Eluviálne zvetraniny a deluviálne sedimenty vyvinuté na neovulkanitoch majú širokú škálu variet. Na vulkanických plošinách a planinách vznikli ílovitopiesčité a hlinito-piesčité zvetraninové plášte. Deluviálne sedimenty s podobným zložením sú aj na jemnozrnnejších vulkanoklastikách a pelitických tufoch. Hrubozrnnejšie vulkanoklastiká s obsahom väčších klastov a sopečných bômb produkujú hlinito-kamenitý až hlinito-piesčito-kamenitý materiál delúvií. Pod okrajmi lávových prúdov, najmä v gravitačne destabilizovaných zónach, sa vyskytujú piesčito-kamenité, kamenito-balvanovité až blokovité delúviá v podobe kamenných prúdov a kamenných morí. Na týchto miestach často dochádza aj k okrajovým rozpadom a blokovým zosuvom.

30 sedimenty vnútrokarpatského paleogénu

Vnútrokarpatský paleogén na väčšine územia reprezentuje *podtatranská skupina*, len okrajovo na južné Slovensko zasahujú sedimenty jeho *budínskeho vývoja*. Sedimentárne horniny sú začlenené do šiestich súvrství s niekoľkými, najmä okrajovými členmi (Gross et al., 1984) a od okraja panvy ich reprezentujú zlepenca (brekcie), ílovce, rytmické striedanie ílovcov, siltovcov a pieskovcov (flyš) a masívne pieskovce.

Kvartérne deluviálne pokryvy na týchto horninách sú prevažne hlinito-kamenité, s veľkým počtom variet, len v oblastiach s výstupom ílovcových súvrství prevládajú polygenetické svahové hliny a hlinito-piesčité sedimenty. Na okrajových faciách súvrství sa vyvinuli hlinité a hlinito-piesčité štrky. V oblasti flyšových hornín sú časté zosuvy a na okrajoch pieskovcového vývoja zasa gravitačné rozpady. Ich soliflukčne rozvlečené bloky postupne prechádzajú do piesčito-kamenitých delúvií.

31 sedimenty vonkajšieho flyšového pásma

Paleogénne a sčasti kriedové flyšové formácie vonkajších Západných Karpát prislúchajú k *magurskej skupine* čiastkových bezkorenných príkrovov. Strmo uklonené vrstvom sledy v závislosti od súvrství, ku ktorým prislúchajú, tvoria širokú škálu ílovcov, siltovcov, pieskovcov a zriedkavejšie aj zlepenecov. Vzhľadom na časté striedanie vrstiev hornín rôznej morfolologickej odolnosti vo flyšovom pásme sú kvartérne deluviálne sedimenty na nich vyvinuté pomerne monotónne a v zásade sa dajú charakterizovať ako hlinito-kamenité. V závislosti od početnosti vrstiev pieskovcov v danom súvrství sa v delúviách mení aj zastúpenie kamenitej zložky. Výnimku tvoria dlhé úzke pásma výstupov ílovcov, na ktorých sa v kvartéri vyvinul hladko modelovaný reliéf s deluviálnymi hlinami až piesčitými hlinami.

32 horniny bradlového pásma

Odzrkadľujú jeho veľmi zložitú, ale charakteristickú štruktúrno-tektonickú stavbu prejavujúcu sa variabilným vývojom dvoch základných a viacerých prechodných jursko-kriedových sekvenčí a flyšovým vývojom vnútrobradlového paleogénu. Morfologicky odolnejšie bradlá tvorené šošovkami rozličných vá-

pencov (krinoidové, hľuznaté, pelagické a i.) prenikajú cez menej odolné kriedové a paleogénne slieňovcové a flyšové súvrstvia s obsahom konglomerátov.

Kvartérny pokryv tvoria hlinito-kamenité delúviá, na konglomerátoch aj hlinito-štrkovité. Okolie bradiel je obkolesené kamenitými osypmi. Na slieňovcoch v deluviálnych hlinách pribúda ílovitá zložka, na flyši hlinito-piesčitá. V niektorých častiach bradlového pásma, najmä v Považskom podolí, sú medzi bradlami okrem deluviálnych sedimentov vyvinuté aj tenké pokryvy sprašových hlin a polygenetických hlin.

33 mezozoické horninové komplexy

Ide o litologicky najpestrejšiu škálu hornín zoskupených do horninových komplexov, ktoré prináležia k hlavným alpínskym tektonickým jednotkám. Vo vzťahu k svojmu kryštalinickému fundamentu vystupujú tak v pozícii jeho sedimentárneho obalu, ako aj v príkrovovej pozícii, kde sú súčasťou horninových sledov sústavy superficiálnych príkrovov.

Súčasťou obalových mezozoických sekvencií sú najmä kremence, kremenné a arkózové pieskovce, ale aj ílovité vápnité bridlice. Príkrovové mezozoické horninové komplexy reprezentujú najmä rozličné druhy masívnych, rohovcových, kryštalických, bridličnatých, organodetritických a iných vápencov (guttensteinské, steinalmské, wettersteinské, schreyeralmské, reiflinské, dachsteinské a i.) a dolomitov (hlavné, ramsauské, wettersteinské, dachsteinské a i.). Okrem hlavných horninových typov sú zastúpené aj slieňovce, siltovce, vápnité ílovce, vápnité pieskovce, zlepenca a brekcie.

Prevažujúcim druhom deluviálnych sedimentov na mezozoických horninových komplexoch sú hlinito-kamenité až kamenité svahoviny. Na miestach s prevahou slieňovcov a ílovcov pribúda v delúviách ílovito-hlinitá zložka. Na okrajoch krásových planín sú časté kamenité sutiny, ktoré môžu byť druhotne vápnitým matrixom spevnené do brekcií. Zvláštnym fenoménom je aj okrajový gravitačný rozpad morfologicky odolnejších krých vápencov a dolomitov *hronika* ležiacich na slieňovcoch *fatrika*, pri ktorom vznikajú až balvanovito-blokovité delúviá.

34 horninové komplexy mladšieho paleozoika

Horniny karbónskeho a permského veku sú súčasťou väčšiny hlavných alpínskych tektonických jednotiek vnútorných Karpát, no najväčšie zastúpenie majú na báze horninových komplexov *hronika*. Pozostávajú najmä z pieskovcov, ílovitých bridlic, bázických vulkanitov vrátane vulkanoklastík a sporadicky zo zlepenecov. Vo *veporiku* (*fatriku*) je zastúpenie hornín mladšieho paleozoika takmer totožné, ale obsahovo menšie. Rozdiel v horninovom zastúpení je len vo vulkanitoch. Bázické vulkanity sú nahradené kyslými (ryolitovými) vulkanitmi a vulkanoklastikami.

Kvartérne deluviálne sedimenty na horninových komplexoch paleozoika sú prevažne hlinito-kamenité, v oblastiach s výstupom paleovulkanitov až balvanovité a na miestach s výstupom rozličných bridlic viac hlinité.

35 metamorfity a magmatity kryštalínika

Tvoria základnú stavebnú jednotku väčšiny jadrových pohorí Západných Karpát, len v Slovenskom rudohorí dominujú metamorfity (metapieskovce, fylity, bázické metavulkanity, lydity, zlepenca, zriedkavo kryštalické karbonáty a metabazalty). V ostatných pohoriach sú metamorfity (ruly, pararuly, ortoruly, svory, fylity, amfibolity) a magmatity (rozličné granodiority, granity a granitoidy) zastúpené rovnomerne.

Na kryštálických bridliciach sú vyvinuté prevažne hlinito-kamenité deluviálne sedimenty, na magmatických horninách piesčito-kamenité a niekde len piesčité (elúviá na granitoch).

3.2. Hrúbka kvartérneho pokryvu

Geologická mapa kvartéru Slovenska – mapa hrúbky kvartérneho pokryvu – zobrazuje v mierke 1 : 500 000 ďalší zo základných parametrov celkovej charakteristiky opísaných genetických typov kvartérnych uloženín (pozri podkap. 3.1), a to ich hrúbku a jej zmeny v priestore. Táto veličina poskytuje primárne údaje na základné morfometrické analýzy akumuláčnych foriem reliéfu, intenzitu sedimentácie, na výskum, stanovenie a prognózy geodynamického vývoja územia a v neposlednej miere aj stanovenie hydrogeologických pomerov a ich analýzu.

Z výsledkov regionálneho geologického mapovania kvartéru Slovenska v mierke 1 : 50 000, ako aj zo spracovania komplexnej databázy údajov z HG a IG vrto, z geofyzikálnych a kvartémogeologických rezov, sond a iných zemných technických prác vyplýva, že hrúbka kvartérnych uloženín je v priestore výrazne odlišná a nerovnomerná a prevažne závisí od stavu iniciálneho predkvartérneho reliéfu. Ten už svojimi základnými črtami, ako je na jednej strane jeho pomerne vysoká členitosť v horských oblastiach a na druhej strane nižšia v priľahlých vnútrohorských kotlinách či okrajových kotlinách a panvách, poukazuje na základné tendencie vývoja hlavných morfotektonických štruktúr (pozri neotektonickú schému).

Morfoštruktúry horských oblastí Karpát, vyznačujúce sa prevažne pozitívnou pohybovou tendenciou, vykazujú všeobecne menšiu hrúbku kvartérneho pokryvu, ako je to napr. v priľahlých kotlinách, pretože ide prevažne o znosové oblasti poznačené silnou eróziou a denudáciou. Na rozdiel od toho, prejavy kvartérneho vývoja vyznačujúce sa väčšou až extrémne veľkou hrúbkou kvartérneho pokryvu sú významné predovšetkým na výrazne depresných a prechodných morfoštruktúrach, reprezentovaných medzihorskými kotlinami, okrajovými pahorkatinami a nížinami panví, kde je málo členitý reliéf výsledkom kompenzácie mladých tektonických pohybov akumuláčnymi procesmi.

Hoci je z územia Slovenska známe veľké množstvo náhlych anomálií hrúbky kvartéru, vo všeobecnosti sa táto hrúbka zväčšuje zo severu na juh z horských oblastí do oblastí mladých neotektonických depresií okraja *Panónskej panvy*. Najväčšie hodnoty dosahuje na rovinách nížin, tektonicky reprezentujúcich čiastkové a lokálne depresie (prepadliny).

Na väčšine územia Slovenska sa hrúbka kvartérneho pokryvu pohybuje v rozmedzí 2 – 20 m. Tomu zodpovedá aj škála izolínií hrúbky, zvolená v tomto hĺbkovom rozsahu v 5-metrových intervaloch. Výnimkou sú len prvé dva intervaly s hodnotami 0 – 2 a 2,1 – 5 m, zvolené na základe častých zmien hrúbky deluviálnych sedimentov „*horského kvartéru*“, pohybujúcich sa najčastejšie v hodnotách ± 2 m. Hrúbka v rozmedzí 21 – 40 m, čomu zodpovedá kvartérna výplň menších čiastkových neotektonických depresií, je na mape znázornená izolíniami v intervaloch po 10 m. Hrúbka v rozmedzí 41 – 100 m zodpovedá prechodným zónam okrajov hlbokých kvartérnych depresií a kvôli lepšej vizualizácii je rozložená na intervaly izolínií po 20 m. Následne v rozmedzí 101 až 200 m je zvolený interval hrúbky po 50 m a hrúbka väčšia ako 200 m je na mape znázornená v intervaloch po 100 m.

Každému z uvedených intervalov vytvárajúcich na mape rôzne polygóny je priradený príslušný farebný odtieň a číselný údaj s cieľom lepšej vizualizácie a čitateľnosti mapy.

Z mapy je zrejmé, že maximálne hodnoty hrúbky kvartéru na Slovensku sú doložené z centrálnej časti *Podunajskej panvy* reprezentovanej *gabčíkovskou*

prepadlinou. Územie tejto prepadliny geograficky zodpovedá Podunajskej rovine, presnejšie širšiemu rozsahu Žitného ostrova. Podľa geofyzikálnych meraní dosahuje kvartérna fluviálna až fluviálno-limnická piesčito-štrková výplň *gabčíkovej prepadliny* v oblasti Baka – Gabčíkovo – Sap hodnotu okolo 550 m. Južnejšie na území Maďarska sa táto hodnota zvyšuje až na 600 m (Halouzka in Maglay et al., 1999). Naopak, od centra prepadliny smerom k jej okrajom, t. j. k pahorkatinným častiam a k pohoriu Malých Karpát, sa hrúbka kvartérnych uloženín postupne znižuje, no ešte stále dosahuje hodnoty 20 – 50 m.

V poradí druhá najväčšia hrúbka kvartérnych uloženín, v hodnotách extrémne až do 400 m, sa paradoxne zaznamenala v horskej oblasti Západných Karpát na rozhraní morfolofotektonických štruktúr Vysokých Tatier a Popradskej kotliny v pásme od širšieho okolia Štrbského Plesa cez Vyšné Hágy po Tatranskú Lomnicu. Túto anomáliu tvoria hrubé uloženiny glaciogénneho a glaci-fluviálneho materiálu čelných morén deponované do lokálnych depresii *podtatranskej kotliny* (Vaškovský in Hanzel et al., 1984).

Významná je hrúbka kvartérnych uloženín aj v oblasti *Východoslovenskej panvy*, geograficky zodpovedajúcej Východoslovenskej nížine. Najväčšie hodnoty hrúbky sa tu zaznamenali najmä v jej lokálnych kvartérno-tektonických depresiách (Baňacký in Maglay et al., 1999). V *michalovsko-sliepkovej* depresii s.-j. orientácie dosahujú uloženiny fluviálnych pieskov a štrkov Laborca hrúbku až 80 m. V *hranianskej prepadline* dosahujú rovnaké uloženiny Tople hrúbku do 60 m a v južnej časti nížiny v *strážňanskej a trakanskej depresii* náplavy Bodrogu, Latorice a Tisy zhodne hrúbku do 70 – 80 m.

Veľká hrúbka kvartéru je doložená aj zo západného okraja Slovenska z čiastkových depresii *Viedenskej panvy*, ktorú geograficky reprezentuje najmä Borská nížina. V jej sz. časti sa nachádza *kútska depresia* s výplňou fluviálnych sedimentov Moravy hrubou 30 m. Z ďalších poklesových štruktúr Borskej nížiny je známa *zohorsko-plavecká depresia* pozostávajúca zo *sološnickej a perneckej čiastkovej depresie*. Obe sú vyplnené proluviálnymi sedimentmi s polohami naviatych pieskov a delúvií v celkovej hrúbke 70 – 90 m, resp. 70 – 110 m. *Zohorsko-plavecká depresia* pokračuje smerom na JZ čiastkovou *zohorsko-marcheggskou depresiou*, kde sa hrúbka fluviálnych sedimentov pohybuje v rozmedzí od 35 m vo východnej časti po 75 – 80 m v západnej časti na území Rakúska (Baňacký a Sabol, 1969; Baňacký et al., 1996).

Z ostatných lokálnych depresii vyznačujúcich sa zvýšenou hrúbkou kvartérnych sedimentov vyniká mladá *kozmalıovská depresia*, geograficky zodpovedajúca Čajkovskej zníženine. Nachádza sa v sv. časti Podunajskej nížiny v doline Hrona medzi Tlmačmi, Čajkovom, Novým Tekovom a Veľkými Kozmalıovcami. Fluviálna kvartérna akumulácia tu dosahuje hrúbku 38 – 40 m (Halouzka in Nagy et al., 1998). Na rozhraní južného úpätia Vihorlatu a Východoslovenskej roviny sa nachádza menej známa *podvihorlatská depresia* zložená zo *širavskej a úbrežskej čiastkovej prepadliny*. Obe prepadliny sú vyplnené proluviálnymi sedimentmi s maximálnou hrúbkou 30 – 40 m (Baňacký in Maglay et al., 1993).

Z hľadiska kvartérneho geodynamického vývoja Západných Karpát a Panónskej panvy je okrem uvedených výplní neotektonických depresii významná najmä hrúbka proluviálnych a fluviálnych sedimentov uložených vo forme kužel'ov, terás a dnových akumulácií všetkých väčších riek a potokov Slovenska.

Hrúbka piesčitých štrkov dnovej akumulácie v rozsahu riečnych nív a *nízkych terás* je medzi jednotlivými tokmi často mierne rozdielna. Dokonca aj v rámci jedného toku je vplyvom nerovností jeho dna a povrchu výraznejšie variabilná. V danom úseku závisí od pomeru erózie k akumulácii – teda od tektonického režimu, odolnosti hornín proti erózii, od časti celkovej spádovej krivky a od klimatických pomerov. Najväčšie hodnoty dosahuje na okrajoch Podunajskej roviny (15 – 25 m), na Východoslovenskej rovine (10 – 25 m), v pahorkatinných

úsekoch dolín väčších tokov sa napríklad v prípade Váhu pohybuje medzi 9 až 15 m, v prípade Nitry a Hrona zhodne medzi 4 – 10 m. Na ostatných kotlinových a stredných úsekoch dolín väčších tokov sa pohybuje v rozmedzí asi 3 až 9 m a lokálne v *nízkych terasách* narastá na 10 – 12 m. Na horných úsekoch väčších tokov sa hrúbka dnovej akumulácie pohybuje medzi 2 – 5 m a v nízkych terasách dosahuje buď tie isté hodnoty, alebo zvýšené zhruba o 1 – 4 m.

Hrúbka akumulácií fluvialnych piesčitých štrkov *stredných a vrchných terás* bez pokryvu spraší a sprašových hĺn či splachov je taktiež pre uvedené príčiny veľmi variabilná. V miestach najvyššie položených báz terás, teda v prelomových úsekoch dolín, je spravidla najmenšia (0,5 – 3 m). V kotlinových a nížinných úsekoch dolín dosahuje hodnoty 2 – 15 (20) m. Na rozdiel od toho, *vysoké terasy* majú často len reziduálne výskyty sedimentov a veľká väčšina nepresahuje hrúbku 2 m.

Na všetkých okrajových pahorkatinách nížin, prípadne v juhoslovenských kotlinách, v Košickej kotline a niektorých vnútrohorských kotlinách Karpát sú fluvialne sedimenty terás pokryté rôzne hrubou vrstvou spraší (sprašových sérií), sprašových hĺn a deluviálnych sedimentov. Najväčšia hrúbka sprašových pokryvov terás sa zistila na Trnavskej pahorkatine (do 25 m), a najmä na Hronskej pahorkatine (do 38 m). Spolu s podložnými fluvialnymi a proluviálnymi sedimentmi tak celková hrúbka kvartéru na týchto územiach dosahuje až 40 m. Na ostatných terasách v kotlinových úsekoch dolín Váhu, Nitry, Ipľa, Hornádu, Torusy, Tople, Ondavy a i. je hrúbka pokryvov menšia, takže celková hrúbka kvartéru tu dosahuje hodnoty do 20 (25) m.

Obdobná situácia je aj pri proluviálnych sedimentoch uložených vo forme náplavových kužeľov na úpätiach pohorí či po stranách dolín. Proluviálne sedimenty sú sedimentačne späté s fluvialnymi sedimentmi terás. Hrúbka pozíčne najnižších *nívných kužeľov* sa pohybuje v rozmedzí 1 – 8 m. Aj hrúbka náplavov *nízkych kužeľov* silno varíruje, no prevažne sa pohybuje v rozmedzí 1 – 15 m. *Stredné a vrchné kužele* majú najväčšiu hrúbku, do 20 až 25 m, a hrúbka súčasných akumulácií najvyšších kužeľov sa pohybuje v rozmedzí 0,5 – 8 m.

Väčšina sedimentov proluviálnych akumulácií okrajových pahorkatín nížin a niektorých južnejších kotlín je obdobne ako v prípade fluvialnych sedimentov terás pokrytá vrstvami sprašových sérií, prípadne sprašových hĺn hrubými až do 15 (20) m a pri úpätiach pohorí aj svahovinami. Celková hrúbka kvartérnych sedimentov v takých prípadoch dosahuje hodnoty do 30 m. Pri naložených kužeľoch to môže byť extrémne až do 45 (50) m.

Aj hrúbka eolických (naviatych) pieskov uložených v podobe dún a presypov dosahuje veľké hodnoty. Na Lakšárskej pahorkatine Borskej nížiny aj v Bore sú to priemerne hodnoty medzi 20 – 30 m, no v jednotlivých dunách aj 40 m. Pri pieskoch deponovaných na proluviálnych výplniach okraja *zohorsko-plaveckej depresie* celkovo tieto hodnoty narastajú až na 50 m.

Veľkú časť pohorí územia Slovenska pokrývajú deluviálne sedimenty. Ich hrúbka je veľmi premenlivá a závisí od charakteru reliéfu, najmä od jeho členitosti, sklonitosti, priebehu svahov a celého radu ďalších, najmä klimatických faktorov. Vo vrcholových úsekoch, na hrebeňoch a rázsochách, na strmých svahoch, v nárazových brehoch a erózných úsekoch tokov zväčša úplne chýbajú. Na plošinách, rovinách a planinách sa miestami zachovali eluviálne až eluviálno-deluviálne sedimenty vytvárajúce kôry zvetrávania s hrúbkou maximálne do 4 – 8 m.

Deluviálne sedimenty rôznych druhov sú všeobecne uložené na miernejších svahoch, resp. v ich úpätných častiach až celých úpätných pásmach, kde spolu s proluviálnymi výplavmi tvoria kolúviá. Ich hrúbka sa na väčšine územia pohybuje okolo 2 m, no v úpätných častiach až do 5 m. Na hladšie modelovanom reliéfe sa vyskytujú aj svahoviny s hrúbkou 5 – 10 m.

4. ZÁVER

Nová *Geologická mapa kvartéru Slovenska v mierke 1 : 500 000* tvorí účelovú syntézu kvartérnogeologických poznatkov získaných dlhodobým a cieľavedomým výskumom kvartéru na Slovensku. Formou prehľadného a účelového grafického vyjadrenia obsahovej náplne, ako aj výstižne spracovaným textom poskytuje základný prehľad o najnovšom stave aktuálnych poznatkov týkajúcich sa geologickej stavby a vývoja kvartéru nášho územia.

Predpokladá sa, že mnohostranné praktické využitie, ako aj širšie hospodárske uplatnenie bude mať táto mapa okrem iného napr. pri tvorbe účelových nadväbových máp geofaktorov životného prostredia a pri iných komplexných štúdiách s environmentálnym zameraním, pri tvorbe vedeckých štúdií iných vedných odborov, pri poskytovaní základných orientačných údajov pre projektovanie všetkých druhov stavieb a komunikácií a tvorbu iných, najmä ekologických projektov. Primárne orientačné údaje obsiahnuté na takejto mape môžu výrazne zefektívniť vodohospodárske, pôdohospodárske a ekologické investície.

Mapa sa môže využiť aj v ďalších výskumných a prieskumných aktivitách rôznych geologických, geografických a ekologických organizácií, pri aktivitách v rámci prognózneho zhodnocovania celkového potenciálu krajiny s cieľom prispieť k využitiu nerastného bohatstva vymedzením prognózných zdrojov nerudných stavebných surovín (štrkov a pieskov) a zároveň prispieť k ochrane a tvorbe životného prostredia. S tým úzko súvisia aj jej predpokladané prínosy v didaktickej oblasti školstva a vedy, kde sa predpokladá jej využitie ako základný orientačný materiál na geologické, geografické, ekologické, urbanistické, stavebné a iné štúdie a projekty, ako aj mapy a plány populárno-vedeckého charakteru. Mapa môže slúžiť aj ako základný orientačný podklad na zostavovanie hydrogeologických a inžinierskogeologických máp a poskytnúť aj základné informácie o neotektonike a zákonitostiach kvartérnogeologického a geomorfologického vývoja územia Slovenska.

5. LITERATÚRA

- Abelson, P. H., 1956: Palaeo-biochemistry. *Scientific American*, 195, 85 – 92.
- Adhémar, J., 1842: Evolutions de la mer: déluges périodiques. Paris, Carilian-Goery & Dalmont.
- Agassiz, L., 1840: Etudes sur les glaciers; par L. Agassiz. Ouvrage accompagné d'un atlas de 32 planches. Neuchâtel, Jent et Gassmann.
- Aguirre, E. a Pasini, G., 1985: The Pliocene-Pleistocene boundary. *Episodes*, 8, 116 – 120.
- Aitken, M. J., 1985: Thermoluminescence Dating. London – New York, Academic Press.
- Aitken, M. J., 1990: Science-based Dating in Archeology. London, Longman.
- Alley, R. B., Meese, D. A., Shuman, C. A., Gow, A. J., Taylor, K. C., Grootes, P. M., White, J. W. C., Ram, M., Waddington, E. D., Mayewski, P. A. a Zelinski, G. A., 1993: Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event. *Nature*, 362, 527 – 529.
- Alley, R., Marotzke, J., Nordhaus, W. D., Overpeck, J. T. M., Peteet, D., Pielke Jr., R. A., Pierrehumbert, R. T., Rhines, P. B., Stocker, T. F., Talley, L. D. a Wallace, J. M., 2003: Abrupt Climate Change. *Science*, 299, 5 615, 2 005 – 2 010.
- Andel, T. H. van a Davies, W. (ed.), 2003: Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glacial glaciation. Cambridge, McDOnals institute monographs, 265 s.
- André, M. F., 1986: Dating slope deposits and estimating rates of rock wall retreat in northwest Spitsberg by lichenometry. *Geografiska Annaler*, 68A, 64 – 75.
- Arduino, G., 1760: Due lettere del Sig. Giovanni Arduino sopra varie sue osservazioni naturali. Al chiaris. Sig. Antonio Vallisneri Vicenza. Nuovo raccolto d'opuscoli scientifici e filologici, 6, 99 – 180.
- Arnold, A. S., van Andel, T. H. a Valen, V., 2002: Extent and dynamic of the Scandinavian ice sheet during Oxygen Isotope Stage 3 60 000 – 20 000 yr BP. *Quat. Res.*, 57, 38 – 48.
- Bajanik, Š., Ivanička, J., Mello, J., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vozár, J. a Vozárová, A., 1984: Geologická mapa Slovenského rudohoria – východná časť 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Ballantyne, C. K., 1990: The Holocene glacial history of Lyngshalvöya, northern Norway: chronology and climatic implications. *Boreas*, 19, 93 – 119.
- Bañacký, V. a Sabol, A., 1969: Základný geologický výskum kvartéru Záhorskej nížiny. Záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Bañacký, V. a Sabol, A., 1973: Geologická mapa Záhorskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Bañacký, V., 1988a: Geologická mapa severnej časti Východoslovenskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Bañacký, V., Elečko, M., Potfaj, M. a Vass, D., 1996a: Geologická mapa Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Bañacký, V. (ed.), Elečko, M., Vass, D., Potfaj, M., Slavkay, M., Iglárová, E. a Čechová, A., 1996b: Vysvetlivky ku geologickej mape Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 7 – 144.
- Bañacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Lexa, J., Straka, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1988b: Geologická mapa južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Bard, E., Arnold, M. a Duplessy, J.-C., 1991: Reconciling the sea level record of the last deglaciation with the $\delta^{18}\text{O}$ spectra from deep-sea cores. In: Lowe, J. J. (ed.), 1991: Radiocarbon Dating: Recent Applications and Future Potential. *Quat. Proceedings*, 1, *Quat. Res. Assoc.*, Cambridge, 67 – 73.
- Bard, E., Arnold, M., Mangerud, J., Paterne, M., Labeyrie, L., Duprat, J., Meliers, M.-A., Sonstegaard, E. a Duplessy, J. C., 1994: The North Atlantic atmosphere-sea surface ^{14}C gradient during the Younger Dryas climatic event. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 126, 275 – 287.
- Bard, E., Arnold, M., Duprat, J., Moyes, J. a Duplessy, J. C., 1987: Reconstruction of the last deglaciation: deconvolved records of $\delta^{18}\text{O}$ profiles micropaleontological variations and accelerator mass spectrometric ^{14}C dating. *Climate Dynamics*, 1, 2, 101 – 112.

- Bard, E., Hamelin, B. R., Fairbanks, G. a Zindler, A., 1990: Calibration of the ^{14}C timescale over the past 30 000 years using mass spectrometric U-Th ages from barbados. *Nature*, 345, 405 – 410.
- Began, A. (ed.), Hanáček, J., Mello, J. a Salaj, J., 1984: Geologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Bella, P., Hlaváčová, I. a Holúbek, P. (ed.), 2007: Zoznam jaskýň Slovenskej republiky, stav k 30. 6. 2007. Liptovský Mikuláš, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Správa slovenských jaskýň, Slovenská speleologická spoločnosť, 361 s.
- Berendsen, H. J. A., 2004: De vorming van het land. Inleiding in de geologie en de geomorfologie. Fysische geografie van Nederland. Vierde geheel herziene druk met CD-ROM. Assen, Koninklijke Van Gorcum.
- Berger, G. W., 1988: Dating Quaternary events by luminescence. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, 227, 13 – 49.
- Bezák, V. (ed.), Broska, I., Ivanička, J., Reichwalder, P., Vozár, J., Polák, M., Havrila, M., Mello, M., Biely, A., Plašienka, D., Potfaj, M., Konečný, V., Lexa, J., Kaličiak, M., Žec, B., Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Pereszlényi, M., Marko, F., Maglay, J. a Pristaš, J., 2004: Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. 1. vyd. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Bezák, V. (ed.), Dublan, L., Hraško, L., Konečný, V., Kováčik, M., Madarás, J., Plašienka, D. a Pristaš, J., 1999: Geologická mapa Slovenského rudohoria – západná časť 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Bezák, V. (ed.), Hraško, L., Kováčik, M., Madarás, J., Siman, P., Pristaš, J., Dublan, L., Konečný, V., Plašienka, D., Vozárová, A., Kubeš, P., Švasta, J., Slavkay, M. a Liščák, P., 1999: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – západná časť 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 7 – 178.
- Bezák, V. (ed.), V., Broska, I., Elečko, M., Havrila, M., Ivanička, J., Janočko, J., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, M., Plašienka, D., Polák, M., Potfaj, M. a Vass, D., 2004: Vysvetlivky k tektonickej mape Slovenskej republiky 1 : 500 000. 1. vyd. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Bezák, V., Broska, I., Ivanička, J., Reichwalder, P., Vozár, J., Polák, M., Havrila, M., Mello, J., Biely, A., Plašienka, D., Potfaj, M., Konečný, V., Lexa, J., Kaličiak, M., Žec, B., Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Pereszlényi, M., Marko, M., Maglay, J. a Pristaš, J., 2005: Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Biely, A., Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Klinec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M. a Vozár, J., 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Biely, A. (ed.), Bezák, V., Elečko, M., Gross, P., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenska 1 : 500 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR, Vyd. D. Štúra, 1 – 78.
- Biely, A. (ed.), Bezák, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1996: Geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. 1. vyd. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Biely, A., 1974: Geologická mapa Tribeča 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Birkenmajer, K., 1981: Lichenometric dating of raised marine beaches at Admiralty Bay, King George Island South Shetlands, West Antarctica. *Bull. Acad. Sci., Ser. Sci. Terre.*, 292, 119 – 128.
- Bogaard, P. van den a Schmincke, H.-U., 1985: Laacher See Tephra: a wide spread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, 1 554 – 1 571.
- Bond, G. a Lottí, R., 1995: Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation. *Science*, 267, 1 005 – 1 010.
- Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S. a Simet, C., 1992: Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period. *Nature*, 360, 6 401, 245 – 249.

- Boogard, P. van den, Hall, C. M., Schmincke, H.-U. a York, D., 1989: Precise single-grain $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of a cold to warm climate transition in Central Europe. *Nature*, 342, 523 – 525.
- Bowen, D. Q., 1991: Time and space in the glacial sediment systems of the British Isles. In: Ehlers, J., Gibbard, P. L. a Rose, J. (eds.): *Glacial Deposits in Great Britain and Ireland*. Rotterdam, Balkema, 3 – 11.
- Bowen, D. Q., Rose, J., McCabe, A. M. a Sutherland, D. G., 1986: Correlation of Quaternary glaciations in England, Ireland, Scotland and Wales. *Quat. Sci. Rev.*, 5, 299 – 340.
- Bowman, S., 1990: *Radiocarbon Dating*. London, British Museum.
- Bradley, R. S., 1985: *Quaternary Paleoclimatology*. London – Boston, Allen and Unwin.
- Broecker, W. S. a Denton, G. H., 1990: What drives glacial cycles? *Scientific Amer.*, 262, 42 – 50.
- Brookes, I. A., 1982: Dating methods of Pleistocene deposits and their problem. VIII, *Weathering. Geosci.*, Canada, 99 s.
- Brunnacker, K., 1975: The Mid-Pleistocene of the Rhine Basin. In: Butzer, K. W. a Isaac, G. L. (eds.): *After the Australopithecines*. The Hague, Mouton Press, 189 – 224.
- Buckland, W., 1819: Description of the Quartz Rock of the Lickey Hill in Worcestershire, and the strata immediately surrounding it; with considerations on the evidence of a recent Deluge, afforded by the gravel beds, and state of the plains and vallies of Warwickshire, and the north of Oxfordshire; and of the valley of the Thames from Oxford downwards to London; and an Appendix, containing analogous proofs of diluvian action. Collected from various authorities. London, *Trans. Geol. Soc.*, 5, 516 – 544.
- Desnoyers, J. P. F. S., 1829: Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine, et constituant une formation géologique distincte; précédées d'un aperçu de la nonsimultanéité des bassins tertiaires. *Ann. sci. natur.*, 16, 171 – 214, 402 – 491.
- Budd, W. F., Andrews, J. T., Finkel, R. C., Fireman, E. L., Graf, W., Hammer, C. U., Jouzel, J., Raynaud, D., Reeh, N., Shoji, H., Stauffer, B. a Weertman, J., 1989: Group Report. How can an ice core chronology be established? In: Oeschger, H. a Langway, C. C. (eds.): *The environmental record in glacier and ice sheets*. Wiley, 177, 192.
- Calkin, P. E., 1988: Holocene glaciation of Alaska and adjoining Yukon Territory, Canada. *Quat. Sci. Rev.*, 7, 159 – 184.
- Colman, S. M. a Pierce, K. L., 1986: Glacial sequence near McCall, Idaho: Weathering rinds, soil development, morphology, and other relative age criteria. *Quat. res.*, 25, 25 – 42.
- Cox, J. D., 2005: *Climate Crash: Abrupt Climate Change and What It Means for Our Future*. Washington DC, Joseph Henry Press, 224.
- Dansgaard, W., 1964: Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 16, 436 – 468.
- Dansgaard, W., Johnsen, S., Clausen, H., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Hammer, C., Hvidberg, C., Steffensen, J., Sveinbjornsdottir, A., Jouzel, J. a Bong, G., 1993: Evidence for general instability in past climate from a 250 kyr ice-core record. *Nature*, 364, 218 – 220.
- Dawson, A. G., 1992: *Ice Age Earth: Late Quaternary Geology and Climate*. London, Routledge, 293 s.
- De Geer, G., 1912: A geochronology of the last 12.000 years. Xi th International Geological Congress, Stockholm, 1, 241 – 253.
- Demetsopolous, J. C., Burleigh, R. a Oakley, K. P., 1983: Relative and absolute dating of the human skeleton from Galley Hill, Kent. *J. Archaeol. Sci.*, 10, 12 – 134.
- Desnoyers, J. P. F. S., 1829: Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine, et constituant une formation géologique distincte; précédées d'un aperçu de la nonsimultanéité des bassins tertiaires. *Ann. sci. natur.*, 16, 171 – 214, 402 – 491.
- Dressler, A. E. a Parson, E. A., 2006: *The science and politics of global climate change: a guide to the debate*. Cambridge, Cambridge University Press, 190 s.
- Dublan, L. (ed.), Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Hraško, E. Vozárová, A. a Vozár, J., 1997: *Geologická mapa Poľany 1 : 50 000*. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Edwards, R. L., Chen, R. H., Ku, T.-L. a Wasserburg, G. J., 1987: Precise timing of the last interglacial period from mass spectrometric determination of ^{230}Th in Corals. *Science*, 236, 1 547 – 1 553.

- Einarsson, T., 1986: Tephrochronology. In: Berglund, B. E. (ed.): Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Chichester – New York, Wiley, 329 – 342.
- Elečko, M. (ed.), Gaál, L., Lexa, J., Mello, J., Pristaš, J., Vass, D. a Vozárová, A., 1985: Geologická mapa Rimavskej kotliny a priľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Emiliani, C., 1955: Pleistocene temperatures. *J. Geol.*, 63, 538 – 578.
- Fejfar, O. a Sekyra, J., 1964: Periglaciální sedimenty a fauna tatranských velehorských jeskyní. *Čsl. Kras*, 16, 57 – 66.
- Forbes, E., 1846: On the connexion between the distribution of the existing fauna and flora of the British Isles, and the geological changes which have affected the area, especially during the epoch of the Northern Drift. *Mem. Geol. Surv. Great Britain Mus. Econ. Geol. London*, 1, 336 – 403.
- Friedman, I., 1968: Hydration rate dates rhyolite flows. *Science*, 159, 878 – 880.
ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica_domec/edc_dd.txt
<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/vostok/deutnat.txt>
- Funnell, B. M., 1995: Global sea-level and the pen- insularity of late Cenozoic Britain. In: Preece, R. C. (ed.): *Island Britain: A Quaternary perspective*. *Geol. Soc., Bath*, 3 – 14.
- Fusán, O., Kodym, O., Matějka, A., Urbánek, L., Biely, A., Buday, T., Cícha, I., Čepka, L., Důdek, A., Holubec, J., Chaloupský, J., Chlupáč, I., Kaiser, T., Kopecký, L., Kuthan, M., Malech, A., Malkovský, M., Pešek, J., Seneš, J., Soukup, J., Svoboda, J., Tásler, R., Vaškovský, I. a Zoubek, V., 1967: Geologická mapa ČSSR (východ) 1 : 500 000. Praha, Ústř. Úst. geol.
- Gašparik, J. (ed.), Halouzka, R., Bujnovský, A., Fojtík, I., Gorek, J., Haško, J., Lexa, J., Miko, O., Polák, M. a Rakús, M., 1993: Geologická mapa Turčianskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Geikie, J., 1894: *The Great Ice Age and Its Relation to the Antiquity of Man*. London, Edward Stanford, 850 s.
- Gellatley, A. F., 1982: The use of lichenometry as a relative-age dating method with specific reference to Mount Cook National Park, New Zealand. *New Zealand j. Bot.*, 20, 343 – 353.
- Gentner, B., Glass, B. P., Storzer, D. a Wagner, G. A., 1970: Fission Track Ages and Ages of Deposition of Deep-Sea Microtektites. *Science*, 168, 3, 59 – 361.
- Gervais, P., 1867: Zoologie et paléontologie générales. Nouvelles recherches sur les animaux vertébrés et fossiles. Paris, 263 s.
- Gibbard, P. L. a van Kolfschoten, T., 2005: The Quaternary System. The Pleistocene and Holocene Series. In: Gradstein, F., Ogg, J. a Smith, A. (eds.): *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, 441 – 452.
- Gillot, P. Y., Chiesa, S., Pasquare, G. a Vezzoli, L., 1982: <33000-yr K-Ar dating of the volcano-tectonic horst of the Isle of Ischia, Gulf of Naples. *Nature*, 299, 242 – 244.
- Gleadow, J. W., 1980: Fission track age of the KBS Tuff and associated hominid remains in northern Kenya. *Nature*, 284, 225 – 230.
- Goslar, T., Kuc, T., Ralska-Jasiewiczowa, M., Rozanski, K., Arnold, M., Bard, E., Van Geel, B., Pazdur, M. F., Szeroczyńska, K., Wicik, B., Wieckowski, K. a Walanus, A., 1993: High-resolution lacustrine record of the Late Glacial/Holocene transition in Central Europe. *Quat. Sci. Rev.*, 12, 295 – 305.
- Graham, R. W., 1990: Evolution of New Ecosystems at the End of the Pleistocene. A New Perspective on the Extinction Debate. *Megafauna & Man. Discovery of America's Heartland. Sci. Pap.*, 1, Hot Springs, 54 – 60.
- Grečula, P., Bartalský, J., Cambel, B., Herčko, I., Kaličiak, M., Matula, M., Melioris, L., Polakovič, D., Slavkay, M., Sombathy, L. a Šefara, J., 2002: História geológie na Slovensku. Zväzok I. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 748 s.
- GRIP Greenland Ice-Core Project Members, 1993: Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. *Nature*, 364, 203 – 207.
- Grotes, P. M., Stuiver, M., White, J. W. C., Johnsen, S. J. a Jouzel, J., 1993: Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland Ice cores. *Nature*, 366, 552 – 554.
- Gross, P. (ed.), Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Karoli, S., Maglay, J., Nagy, A., Halouzka, R., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Jetel, J., Kubeš, P., Kováčik, M., Žáková, E., Mello, J., Polák, M. a Jacko, S., 1999: Geologická mapa Popradskej kotliny,

- Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Gross, P. (ed.), Filo, I., Halouzka, R., Haško, J., Havrila, M., Kováč, P., Maglay J., Mello, J. a Nagy, A., 1994: Geologická mapa južnej a východnej Oravy 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Geol. Úst. D. Štúra.
- Gross, P., Köhler, E. a Samuel, O., 1984: Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatiského paleogénu. Geol. Práce, Spr., 81, 103 – 117.
- Gross, P. (ed.), Vaškovský, I. a Halouzka, R., 1979: Geologická mapa Liptovskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Haddy, A. a Hanson, A., 1982: Nitrogen and fluorine dating of Moundville skeletal samples. *Archaeometry*, 24, 37 – 44.
- Hall, C. M. a York, D., 1984: The applicability of dating young volcanics. In: Mahaney, W. C. (ed): *Quaternary Dating Methods*. Amsterdam, Elsevier, 67 – 74.
- Halouzka, R., 1969: Mikrolitofaciálny popis sprašového profilu Senec. In: Schmidt, Z., 1969: Paleontologické vyhodnotenie kvartérnych mäkkýšov profilu SE-1 v Senci. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 24 s.
- Halouzka, R., 1986: Z nových poznatkov o stratigrafii kvartéru terasových náplavov riek Západných Karpát – Stredné Pohronie, Orava a Turiec. New informations on Quaternary stratigraphy of terrace deposits of rivers in West Carpathians Middle Hron river area, Orava, Turiec. Spr. Výsk. Geol. Úst. D. Štúra, 21, 167 – 175.
- Hammer, C. U., Clausen, H. B. a Dansgaard, W., 1980: Greenland ice-sheet evidence of post-glacial volcanism and its climatic impact. *Nature*, 288, 230 – 235.
- Hanzel, V., Gazda, S. a Vaškovský, I., 1984: Hydrogeológia južnej časti Vysokých Tatier a ich predpolia. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol., 5, 7 – 208.
- Harčár, J. a Priechodská, Z., 1988: Vysvetlivky ku geologickej mape sv. časti Podunajskej nížiny. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 114 s.
- Harčár, J. a Schmidt, Z., 1965: Kvartér v okolí Strekova na Hronskej pahorkatine. Geol. Práce, Zoš., 34, 143 – 152.
- Harkness, D. D., 1979: Radiocarbon dates from Antarctica. *British Antarctic Surv. Bull.*, 47, 43 – 59.
- Haško, J. a Polák, M., 1978: Geologická mapa Kysuckých vrchov a Krivánskej Malej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Hearty, P. J., 1987: New data on the Pleistocene of Mallorca. *Quat. Sci. Rev.*, 6, 245 – 258.
- Heinrich, H., 1988: Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quat. Res.*, 29, 142 – 152.
- Hemming, S. R., 2004: Heinrich events: Massive late pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Rev. Geophys.*, 42, RG1005.
- Henning, G. J. a Grün, R., 1983: ESR dating in Quaternary geology. *Quat. Sci. Rev.*, 2, 157 – 238.
- Horusitsky, H., 1904: Über die agrogeologischen Verhältnisse des Gebietes zwischen dem Vágflusse und der kleinen Donau. *Jber. Kön. ung. geol. Reichsanst.*, Budapest, 298 – 320.
- Hughes, M. K., Kelly, P. M., Pilcher, J. R. a LaMarche, V. C. (eds.), 1982: *Climate from tree rings*. Cambridge, Cambridge University Press, 223 s.
- Hunt, J. B. a Hill, P. G., 1993: Tephra geochemistry: a discussion of some persistent analytical problems. *Holocene*, 3, 271 – 278.
- Huntley B. a Birks H. J. B., 1983: *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0 – 13,000 years ago*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Imai, N., Shimokawa, K. a Hirota, M., 1985: ESR dating of volcanic ash. *Nature*, 314, 81 – 83.
- International Union of Geological Sciences IUGS: <http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk/meetings/task.html>
- Ivan, L., 1943: Výskyty travertínov na Slovensku. *Práce Št. geol. Úst.*, 9, 71 s.
- Ivanička, J. (ed.), Havrila, M., Kohút, M., Kováčik, M., Madarás, J., Olšavský, M., Hók, J., Polák, M., Filo, I., Elečko, M., Fordinál, K., Maglay, J., Pristaš, J., Buček, S. a Šimon, L., 2007: Geologická mapa Považského Inovca a jv. časti Trenčianskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Ivanička, J. (ed.), Hók, J., Polák, M., Határ, J., Vozár, J., Nagy, A., Fordinál, K., Pristaš, J., Konečný, V., Šimon, L., Kováčik, M., Vozárová, A., Fejdiová, O., Marcin, D.,

- Liščák, P., Macko, A., Lanc, J., Šantavý, J. a Szalaiová, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Tribeča 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, 7 – 236.
- Ivanička, J. (ed.), Polák, M., Hók, J., Határ, J., Greguš, J., Vozár, J., Nagy, A., Fordinál, K., Pristaš, J., Konečný, V. a Šimon, L., 1998: Geologická mapa Tribeča 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Janáček, J., 1967: Stratigrafické poznatky v mladých sedimentoch centrálnej časti Podunajskej panvy, dielčia záverečná správa za roky 1965 – 1966 (česky). Názov úlohy v perspektívnom pláne: Výskum tektoniky južnej časti Podunajskej nížiny s ohľadom na výstavbu vodného diela Dunaj (česky). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 50 s.
- Janočko, J. (ed.), Gross, P., Jacko, S. ml., Buček, S., Karoli, S., Žec, B., Polák, M., Rakús, M., Potfaj, M. a Halouzka, R., 2000: Geologická mapa Spišskej Magury 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Jäger, E. a Hunziker, J. C., 1979: Lectures in Isotope Geology. Berlin – New York, Springer-Verlag.
- Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dansgaard, W., Fuhrer, K., Gundestrup, N., Hammer, C. U., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B. a Steffensen, J. P., 1992: Irregular Glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature*, 359, 311 – 313.
- Káčer et al., 2005: Káčer, Š., Antalík, M., Lexa, J., Zvara, I., Fritzman, R., Vlachovič, J., Bystrická, G., Brodianska, M., Potfaj, M., Madarás, J., Nagy, A., Maglay, J., Ivanička, J., Gross, P., Rakús, M., Vozárová, A., Buček, S., Boorová, D., Šimon, L., Mello, J., Polák, M., Bezák, V., Hók, J., Teťák, F., Konečný, V., Kučera, M., Žec, B., Elečko, M., Hraško, L., Kováčik, M. a Pristaš, J., 2005: Digitálna geologická mapa Slovenskej republiky v M 1 : 50 000 a 1 : 500 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, L. a Spišák, Z., 1991: Geologická mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – severná časť 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Janočko, J., Karoli, S., Petro, L., Spišák, Z., Vozár, J. a Žec, B., 1996: Geologická mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – južná časť 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Bodnár, J., Dubéciová, A., Jacko, S., Janočko, J., Jetel, J., Karoli, S., Petro, L., Spišák, Z., Syčev, V., Zlinská, A. a Žec, B., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slanských vrchov a Košickej kotliny – južná časť 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, 206 s.
- Klinec, A., 1976: Geologická mapa Slovenského rudohoria a Nízkych Tatier 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Konečný, V. (ed.), Bezák, V., Halouzka, R., Stolár, M. a Dublan, L., 1998a: Geologická mapa Javoria 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Konečný, V. (ed.), Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Šimon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M. a Pristaš, J., 1998b: Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronskeho Inovca 1 : 50 000. Bratislava, GS SR.
- Konečný, V. (ed.), Pristaš, J. a Vass, D., 1978: Geologická mapa Ipeľskej kotliny a južnej časti Krupinskej planiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Köppen, W. a Wegener, A., 1924: Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin, Borntraeger, 1 – 255.
- Koráb, T., 1983: Geologická mapa Nízkych Beskyd – východná časť 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Kovanda, J., 1971: Kvartérny vápence Československa. Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 7, 7 – 236, tab. I – XX, př. I – II.
- Kronfeld, J., Vogel, J. C., Rosenthal, E. a Weinstein-Evron, M., 1988: Age and palaeoclimatic implications of the Bet Shean travertines. *Quat. Res.*, 30, 298 – 303.
- Lexa, J., Bezák, V., Elečko, M., Mello, J., Polák, M., Potfaj, M., Vozár, J., Schnabel, G. W., Pálenský, P., Császár, G., Ryľko, W., Mackiv, B., Eliáš, M., Konečný, V., Less, Gy., Mandl, W., Pelikán, P., Radócz, Gy., Stránik, Z., Vass, D., Zelenka, T., Biely, A., Čtyroký, P., Kaličiak, M., Kohút, M., Kovács, S., Maglay, J., Nemčok, J., Nowotny, A., Pentelényi, L., Rakús, M. a Vozárová, A., 2000: Geologická mapa Západných Karpát a priľahlých území 1 : 500 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Lexa J., Bačo, P., Chovan, M., Petro, M., Rojkovič, I. a Tréger, M., 2004: Metalogenetická mapa Slovenskej republiky 1 : 50 0 000.

- Lexa, J. (ed.), Halouzka, R. a Havrila, M., 1998: Geologická mapa Kremnických vrchov 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Lexa, J., Bezák, V., Elečko, M., Eliáš, M., Konečný, V., Less, Gy., Mandl, G. W., Mello, J., Pálenský, P., Pelikán, P., Polák, M., Potfaj, M., Radócz, Gy., Rylko, W., Schnabel, G. W., Stráňik, Z., Vass, D., Vozár, J. a Zelenka, T., 2000: Geological map of Western Carpathians and adjacent areas. Eds.: Lexa, J., Bezák, V., Elečko, M., Mello, M., Polák, M., Potfaj, M., Vozár, J., Co-eds.: Schnabel, G. W. (Austria), Pálenský, P. (Czech Republic), Császár, G. (Hungary), Rylko, W. (Poland), Mackiv, B. (Ukraine). Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Libby, W. F., 1955: Radiocarbon Dating. 2nd ed. Chicago, University of Chicago Press.
- Linick, T. W., Damon, P. E., Donahue, D. J. a Jull, A. J. T., 1989: Accelerator mass spectrometry: the new revolution in radiocarbon dating. *Quat. International*, 1, 1 – 6.
- Litt, T., Brauer, A., Goslar, T., Merkt, K., Balaga, K., Müller, H., Ralska-Jasiewiczowa, M., Stebich, M. a Negendank, J. F. W., 2001: Correlation and synchronisation of lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. *Quat. Sci. Rev.*, 20, 1 233 – 1 249.
- Lowe, J. J. a Walker, M. J. C., 1997: Reconstructing Quaternary Environments. 2nd ed. Edinburgh, Pearson Education, 446 s.
- Ložek, V., 1973: Příroda ve čtvrtohorách. Praha, Academia, 372 s.
- Lu, Y., Mortlock, A. J., Price, D. M. a Readhead, M. L., 1987: Thermoluminescence dating of coarse-grain quartz from the Malan Loess at Zhaitang section, China. *Quat. Res.*, 28, 3, 356 – 363.
- Lukniš, M., 1955: Geomorfológia a kvartér Studenovodskej doliny v Tatrách. *Geogr. Čas.*, 7, 1 – 2, 45 – 72.
- Maglay, J. a Pristaš, J., 1998: Kvartér. In: Stanková, V. (ed.): Povodie Váhu – dolná časť. Relevantné abiotické prvky životného prostredia. Záver. spr. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Maglay, J. (ed.), Pristaš, J., Nagy, A., Fordinál, K., Buček, S., Havrila, M., Kováčik, M., Elečko, M. a Baráth, I., 2006: Geologická mapa Trnavskej pahorkatiny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Maglay, J. (ed.), Pristaš, J., Nagy, A., Fordinál, K., Elečko, M., Buček, S., Havrila, M., Kováčik, M., Hók, J., Kernátsová, J., Baráth, I., Kubeš, P., Kucharič, L., Malík, P., Zuberec, J., Baláz, P., Klukanová, A., Ondrášik, M., Čurlík, J. a Šefčík, P., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape Trnavskej pahorkatiny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 322 s.
- Maglay, J., Baňacký, V., Halouzka, R., Horniš, J. a Pristaš, J., 1993: Geodynamický vývoj regiónov Slovenska v období vrchný pliocén – kvartér. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Maglay, J., Halouzka, R., Baňacký, V., Pristaš, J. a Janočko, J., 1999a: Neotektonická mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000. Bratislava, GS SR.
- Maglay, J., Halouzka, R., Baňacký, V., Pristaš, J., Janočko, J. a Hók, J., 1999: Vysvetlivky k neotektonickej mape Slovenska v mierke 1 : 500 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra.
- Mahel', M. a Cambel, B., 1972: Geologická mapa Malých Karpát 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Mahel', M., Kahan, Š., Gross, P., Vaškovský, I. a Salaj, J., 1981: Geologická mapa Strážovských vrchov 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Mankinen, E. A. a Dalrymple, G. B., 1979: Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0 to 5 m. y. B. P. *J. Geophys. Res.*, 84, 615 – 626.
- Markova, A. K., Simakova, A. N. a Puzachenko, A. Yu., 2002: Ecosystems of Eastern Europe in the Late Glacial Maximum of the Valdai Glaciation 24 – 18 ka B. P. Based on Floristic and Theriological Data. *Dokl. Earth Sci.*, 387, 8, 925 – 928.
- Matthews, J. A., 1992: The Ecology of Recently Deglaciated terrain. Cambridge Stud. Ecol., Cambridge, Cambridge University Press.
- Matula, M., 1963: Synoptická inžinierskogeologická mapa Slovenska 1 : 500 000.
- Mazúr, E. a Jakál, J. (eds.), 1980: Atlas SSR. Bratislava, Slov. Akad. Vied.
- Mazúrová, V., 1978. Terasy riek čs. Karpát a ich vzťah k terasám Dunaja. *Geogr. Čas.*, 30, 4, 281 – 301.
- Mejdahl, V., 1988: Long-term stability of the TL signal in alkali feldspars. *Quat. Sci. Rew.*, 7, 357 – 360.

- Mello, J. (ed.), Elečko, M., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D. a Vozárová, A., 1996: Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Mello, J. (ed.), Filo, I., Havrila, M., Ivanička, J., Madarás, J., Németh, Z., Polák, M., Pristaš, J., Vozár, J., Koša, E. a Jacko, S. ml., 2000: Geologická mapa Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Mello, J. (ed.), Potfaj, M., Teťák, F., Havrila, M., Rakús, M., Buček, S., Filo, I., Nagy, A., Salaj, J., Maglay, J., Pristaš, J. a Fordinál, K., 2005: Geologická mapa Stredného Považia 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Meyer, C. E., Sarna-Wojcicki, A. M., Hillhouse, J. W., Woodward, M. J., Slate, J. L. a Sorg, D. H., 1991: Fission-track age 400,000 yr of the Rockland tephra, based on inclusion of zircon grains lacking fossil fission tracks. *Quat. Res.*, 35, 367 – 382.
- Michels, J. W. a Bebrich, C. A., 1971: Obsidian hydration dating. In: Michael, H. N. a Ralph, E. K. (eds.): *Dating Techniques for the Archeologist*. Cambridge, MIT Press.
- Milankovitch, M., 1920: *Theorie Mathematique des Phenomenes Thermiques produits par la Radiation Solaire*. Paris, Gauthier-Villars.
- Miller, D. S. a Wagner, G. A., 1981: Fission track ages applied to obsidian artifacts from South America using the plateau annealing and the track size age-correction techniques. *Nuclear Tracks*, 5, 147 – 155.
- Minár, J., Barka, I., Bonk, R., Bizubová, M., Čerňanský, J., Faltán, V., Gašpárek, J., Kolény, M., Kožuch, M., Kusendová, D., Machová, Z., Mičina, L., Mičietová, E., Michalka, R., Novotný, J., Ružek, I., Švec, P., Tremboš, P., Trizna, M. a Zaťko, M., 2001: Geoeologický komplexný fyzickogeografický výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. *Geogr. spektrum*, 3, Bratislava, Geo-grafika, 1 – 210.
- Mook, W. G., 1986: Recommendations/resolutions adopted by the Twelfth International Radiocarbon Conference. *Radiocarbon*, 28, 2A, 799 s.
- Morlot, A., 1854: Über die quaternaren Gebilde des Rhonegebiets. *Verh. Schweiz. Gesell. Naturwiss.*, 39, 161 – 164.
- Naeser, C. W. a Naeser, N. D., 1988: Fission-track dating of Quaternary events. *Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.*, 227, 1 – 11.
- Naeser, N. D. a Naeser, C. W., 1984: Fission-track dating. In: Mahaney, W. C. (ed.): *Quaternary Dating Methods. Developments in Paleontology and Stratigraphy*, 7, Elsevier, 87 – 100.
- Nagy, A. (ed.), Halouzka, R., Konečný, V., Dublan, L., Havrila, M., Lexa, J. a Pristaš, J., 1998: Geologická mapa Podunajskej nížiny – východná časť 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Nemčok, J., 1990: Geologická mapa Pienin, Čergova, Lubovnianskej a Ondavskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Nemčok, J. (ed.), Bezák, V., Biely, A., Gorek, A., Gross, P., Halouzka, R., Janák, M., Kahan, Š., Kótaňski, Z., Lefeld, J., Mello, J., Reichwalder, P., Rackowski, W., Roniewicz, P., Ryka, W., Wiczorek, J. a Zelman, J., 1994: Geologická mapa Tatier 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Geol. Úst. D. Štúra, MOSZNL, PIG.
- Nemčok, J., Bezák, V., Janák, M., Kahan, Š., Ryka, W., Kohút, M., Lehotský, I., Wiczorek, J., Zelman, J., Mello, J., Halouzka, R., Rczkowski, W. a Reichwalder, P., 1993: Vysvetlivky ku geologickej mape Tatier 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 135 s.
- Oakley, K. P., 1980: Relative dating of the fossil hominids of Europe. *Bull. Brit. Mus. natu. Hist., Geol.*, 34, 1 – 69.
- Olsson, I. U., 1986: Radiometric dating. In: Berglund, E. B. (ed.): *Handbook Of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. New York, John Wiley, 273 – 312.
- Osborn, G. a Luckman, B. H., 1988: Holocene glacier fluctuations in the Canadian Cordillera Alberta and British Columbia. *Quat. Sci. Rev.*, 7, 115 – 128.
- O'Sullivan, P. E., 1983: Annually-laminated lake sediments and the study of Quaternary environmental changes – a review. *Quat. Sci. Rev.*, 1, 245 – 313.
- Peglar, S. M., Fritz, S. C. a Birks, H. J. B., 1989: Vegetation and land-use history at Diss, Norfolk, UK. *J. Ecol.*, 77, 203 – 22.
- Peglar, S. M., Fritz, S. C., Alapieti, T., Saarnisto, M. a Birks, H. J. B., 1984: Composition and formation of laminated sediments in Diss Mere, Norfolk, England. *Boreas*, 13, 13 – 28.

- Penck, A. a Brückner, E., 1909: Die Alpen im Eiszeitalter. Bd I – III. Leipzig, 1 199 s.
- Peteet, D. M., Vogel, J. S., Nelson, D. E., Southon, J. R., Nickmann, R. J. a Heusser, L. E., 1990: Younger Dryas climatic reversal in northeastern USA? AMS ages for an old problem. *Quat. Res.*, 33, 219 – 230.
- Pierce, K. L., Obradovich, J. D. a Friedman, I., 1976: Obsidian Hydration Dating and Correlation of Bull Lake and Pinedale Glaciations Near West Yellowstone, Montana. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87, 703 – 710.
- Pilcher, J., 1991: Radiocarbon dating. In: Smart, P. L. a Francis, P. D. (ed.): *Quaternary Dating methods – a User's Guide. Technical Guide 4. Quat. Res. Assoc.*, Cambridge, 16 – 36.
- Polák, M. (ed.), Bujnovský, A., Kohút, M., Filo, I., Pristaš, J., Havrila, M., Vozár, J., Mello, J., Rakús, M., Buček, S. a Lexa, J., 1997: Geologická mapa Veľkej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Polák, M. (ed.), Filo, I., Havrila, M., Bezák, V., Kohút, M., Kováč, P., Vozár, J., Mello, J., Maglay, J., Elečko, M., Olšavský, M., Pristaš, J., Šiman, P., Buček, S., Hók, J., Rakús, M., Lexa, J. a Šimon, L., 2003: Geologická mapa Starohorských vrchov, Čierťaž a severnej časti Zvolenskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Polák, M., Jacko, S., Vozár, J., Vozárová, A., Gross, P., Harčár, J., Sasvári, T., Zacharov, M., Baláž, B., Kaličiak, M., Karoli, S., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J., Spišák, Z., Žec, B., Filo, I. a Janočko, J., 1996: Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1 : 50 000. Bratislava, GS SR.
- Porter, S. C. (ed.), 1989: Late Quaternary Environments of the United States, Vol. 1, The Late Pleistocene. London, Longman.
- Potfaj, M. (ed.), Maglay, J., Šlepecký, T. a Teťák, F., 2002: Geologická mapa regiónu Kysúc 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Pristaš, J., Horniš, J., Halouzka, R., Tkáčová, H. a Šefara J., 1993: Litogenetická mapa a mapa hrúbok kvartéru. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Pristaš, J. (ed.), Elečko, M., Maglay, J., Fordinál, K., Šimon, L., Gross, P., Polák, M., Havrila, M., Ivanička, J., Határ, J., Vozár, J., Mello, J. a Nagy, A., 2000a: Geologická mapa Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Pristaš, J., Elečko, M., Maglay, J., Fordinál, K., Šimon, L., Gross, P., Polák, M., Havrila, M., Ivanička, J., Határ, J., Vozár, J., Tkáčová, H., Tkáč, J., Liščák, P., Jánová, V., Švasta, J., Remšík, A., Žáková, E. a Töröková, I., 2000b: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 1 – 250.
- Pristaš, J., Halouzka, R., Horniš, J., Elečko, M., Konečný, V., Lexa, J., Nagy, A., Vass, D. a Vozár, J., 1996: Povrchová geologická mapa Podunajsko – Danreg 1 : 100 000, M-33-143. In: Kováčik, M., Tkáčová, H., Caudt, J., Elečko, M., Halouzka, R., Hušták, J., Kubeš, P., Malík, P., Nagy, A., Petro, M., Pristaš, J., Rapant, S., Remšík, T., Šefara, J. a Vozár, J.: Podunajsko – Danreg. Záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Příbyl, J., Ložek, V. a Kučera, B. (eds.), 1992: *Základy karsologie a speleologie*. Praha, Academia, 354 s.
- Rakús, M., 1993: Geologická mapa Lúčanskej Malej Fatry 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Rasmussen, S. O., Andersen, K. K., Scensson, A. M., Steffensen, J. P., Vinther, B. M., Clausen, H. B., Siggaard-Andersen, M.-L., Johnsen, S. J., Larsen, L. B., Dahl-Jensen, D., Bigler, M., Röthlisberger, R., Fischer, H., Goto-Azuma, K., Hansson, M. E. a Ruth, U., 2006: A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *J. geophys. Res.*, s. 111.
- Raymo, M. E. a Ruddiman, W. F., 1992: Tectonic forcing of late Cenozoic climate. *Nature*, 359, 117 – 121.
- Renberg, I., 1981: Formation, structure and visual appearance of iron-rich varved lake sediments. *Verh. Int. Vereinig. Limnol.*, 21, 94 – 101.
- Richard, B. Alley, 2000: Ice-core evidence of abrupt climate changes. *PNAS* 97, 4, 1 331 – 1 334.

- Richards, D. A. a Smart, P. L., 1991: Potassium-argon and argon-argon dating. In: Smart, P. L. a Frances, P. D. (eds.): *Quaternary Dating Methods – A Users Guide*. Technical Guide, 4. Cambridge, UK, Quat. Res. Assoc., 37 – 44.
- Rodbell, D. T., 1992: Lichenomitic and radiocarbon dating of Holocene glaciation, Cordillera Blanca, Peru. *Holocene*, 2, 1 – 10.
- Ruddiman, W. F., 2008: *Earth's climate: past and future*. New York, W. H. Freeman, 388 s.
- Shackleton, N. J. a Opdyke, N. D., 1973: Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28 – 238: oxygen isotope temperatures and ice volume on a 105 and 106 year scale. *Quat. Res.*, 3, 39 – 55.
- Shackleton, N. J., Berger, A. a Peltier, W. R., 1990: An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, 81, 251 – 261.
- Shackleton, N. J., Duplessy, J. C., Arnold, M., Maurice, P., Hall, M. A. a Cartlidge, J., 1988: Radiocarbon age of last glacial Pacific deep water. *Nature*, 335, 6 192, 708 – 711.
- Shiraiwa, T. a Watanabe, T., 1991: Late Quaternary glacial fluctuations in the Langtang valley, Nepal Himalaya, reconstructed by relative dating methods. *Arctic and Alpine Res.*, 23, 404 – 416.
- Schmidt, Z. a Halouzka, R., 1970: Nová fauna vertebrát villafranchieniu zo Strekova na Hronskej pahorkatine, Podunajská nížina. *Geol. Práce, Spr.*, 51, 173 – 183.
- Schweingruber, F. H., 1988: *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology*. Dordrecht, Reidel.
- Smart, P. L., 1991: Uranium series dating. In: Smart, P. L. a Frances, P. D. (eds.): *Quaternary dating methods – a User's Guide*. Technical guide 4. Cambridge, Quat. res. Assoc.
- Smirnov, T. Y. a Nikonov, A. A., 1990: A revised lichenometrics method and its application to dating past earthquakes. *Arctic and Alpine Res.*, 22, 375 – 388.
- Smith, B. W., Rhodes, E. J., Stoker, S., Spooner, N. A. a Aitken, M. J., 1990: Optical dating of sediments: initial quartz results from Oxford. *Archaeometry*, 32, 19 – 21.
- Soergel, W., 1919: *Löße, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Löße*. Jena.
- Soergel, W., 1939: *Das diluviale System I: Die geologischen Grundlagen der Vollgliederung des Eiszeitalters*. *Forschr. Geol. Paläont.*, Berlin, 12, 39.
- Stanová, V. (ed.), 2000: *Rašelinská Slovenska*. Bratislava, DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 194 s.
- Steen-McIntyre, V., Fryxell, R. a Malde, H. E., 1981: Geologic evidence for age of deposits at Hueyatlaco archaeological site, Valsequillo, Mexico. *Quat. Res.*, 16, 1 – 17.
- Stevenson, C. M., Carpenter, J. a Scheetz, B. E., 1989: Obsidian Dating: Recent Advances in the Experimental Determination and Application of Hydration Rates. *Archaeometry*, 31, 193 – 206.
- Stringer, C. B., Curren, A. P., Schwarcz, H. P. a Collcutt, S. N., 1986: Age of Pleistocene faunas from Bacon Hole, Wales. *Nature*, 320, 59 – 62.
- Subcommission on Quaternary Stratigraphy SQS: <http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk/about/history.html>
- Šajgalik, J. a Modlitba, I., 1983: *Spraše Podunajskej nížiny a ich vlastnosti*. Bratislava, Veda.
- Šarinová, K. a Maglay, J., 2002: Sedimentology and petrography of Lukáčovce Mb. in the Nitrianska Pahorkatina Upland. *Slovak Geol. Mag.*, 1, 3 – 11.
- Šimon, L. a Halouzka, R., 1996: Pútikov vršok volcano – the youngest volcano in the Western Carpathians. *Slovak Geol. Mag.*, 2, 103 – 123.
- Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Pristaš, J., Halouzka, R., Konečný, V., Gross, P., Kohút, M., Mello, J., Polák, M., Havrila, M. a Vozár, J., 1997: *Geologická mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000*. Bratislava, MŽP SR – GS SR.
- Tarling, D. H., 1983: *Palaeomagnetism*. London, Chapman and Hall.
- Teller, J. T., 1995: History and drainage of large ice-dammed lakes along the Laurentide ice sheet. *Quat. Int.*, 28, 83 – 92.
- Thompson, A. a Jones, A., 1986: Rates and causes of proglacial river terrace formation in southeast Iceland: an application of lichenometric dating techniques. *Boreas*, 15, 231 – 246.

- Tkáčová, H., Kováčik, M., Caudt, L., Elečko, M., Halouzka, R., Hušták, J., Kubeš, P., Malík, P., Nagy, A., Petro, L., Piovarči, M., Pristaš, J., Rapant, S., Remšík, A., Šefara, J. a Vozár, J., 1996: Podunajsko – Danreg – národný projekt – geofyzikálny prieskum, vypracovanie máp a štúdií. Čiastk. záver. spr. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Trembour, F. a Friedman, I., 1984: The present status of obsidian hydration dating. In: Mahaney, W. C. (ed.): Quaternary Dating Methods. Developments in Paleontology and Stratigraphy, 7. New York, Elsevier, 141 – 151.
- Trimmer, J., 1847: On the geology of Norfolk. J. Roy. Agric. Soc. England, 7, 444 – 485.
- Vass, D., 2002: Litostratigrafia Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén (Lithostratigraphy of Western Carpathians: Neogene and Buda Paleogene). Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 202 s.
- Vass, D. (ed.), Bezák, V., Elečko, M., Konečný, V., Lexa, J., Pristaš, J., Straka, P. a Vozárová, A., 1992a: Geologická mapa Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Vass, D. a Elečko, M. (eds.), Bezák, V., Bodnár, J., Pristaš, J., Konečný, V., Lexa, J., Molák, B., Straka, P., Stankovič, J., Stolár, M., Škvarka, L., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1992b: Vysvetlivky ku geologickej mape Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 7 – 196.
- Vass, D., Began, A., Gross, P., Kahan, Š., Krystek, I., Köhler, E., Lexa, J., Nemčok, J., Růžička, M. a Vaškovský, I., 1988: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR, mapa 1 : 500 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Vass, D. a Kraus, I., 1985: Dvojaký vek bazaltov na južnom Slovensku a ich vzťah k poltárskemu súvrstviu. In: Miner. slov., 17, 5, 435 – 440.
- Vaškovský, I., 1977: Kvartér Slovenska (Quaternary of Slovakia). Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 247 s.
- Vaškovský, I. a Halouzka, R., 1976: Geologická mapa Podunajskej nížiny – juho-východná časť 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovský, I., Bárta, R., Hanzel, V., Halouzka, R., Harčár, J., Karolus, K., Pristaš, J., Remšík, A., Šucha, P., Vass, D. a Vaškovská, E., 1982: Vysvetlivky ku geologickej mape juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 115 s.
- Vaškovský, I. a Vaškovská, E., 1977: Regionálny kvartérno-geologický výskum Žitného ostrova. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovský, I., 1973: Geologická mapa kvartéru Slovenska. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovský, I., 1988: Geologická mapa Bratislavy a okolia v mierke 1 : 25 000. Bratislava, Slov. geol. úrad – Geol. Úst. D. Štúra.
- Walker, M. J. C., Merrit, J. W., Auton, C. A., Coope, G. R., Field, M. H., Heijnis, H. a Taylor, B. J., 1992: Allt Odhar and Dalcharn: two pre-late Devensian/Late Weichselian sites in northern Scotland. J. Quat. Sci., 7, 1, 69.
- Walter, R. C., 1989: Application and limitation of fission-track geochronology to Quaternary tephtras. Quat. Int., 1, 35 – 46.
- Wilson, R. C. L., Drury, S. A. a Chapman, J. L., 2000: The Great Ice Age. Climate Change and Life. London, Routledge and Open university, 268 s.
- Wintle, A. G., 1990: A review of current research on TL dating of Loess. Quat. Sci. rev., 9, 385 – 397.
- Wintle, A. G., Lancaster, N. a Edwards, S. R., 1994: Infrared stimulated luminescence IRLS dating of late-Holocene aeolian sands in the Mojave Desert, California, USA. Holocene, 4, 74 – 78.
- www.apvv.sk
www.archeol.sav.sk
www.edu.ukf.sk
www.enviro.gov.sk
www.euromam.cnr.it
www.fphil.uniba.sk
www.geography.sav.sk
www.geol.sav.sk

www.geology.sk
www.glaciology.gfy.ku.dk/data/grip-ss09sea-cl-50yr.stp
www.glaciology.gfy.ku.dk/data/NGRIP_d18O_50yrs.txt
www.icsu.org
www.inqua.tcd.ie
www.inqua-seqs.org
www.ipcc.ch
www.iugs.org
www.minedu.sk
www.minedu.sk
www.mzv.sk
www.ncdc.noaa.gov/paleo/abrupt/data_glacial2.html
www.pages.unibe.ch
www.snm.sk
www.ssj.sk
www.truni.sk
www.unesco.org/science/earth/igcp
www.unfccc.int
www.uzemia.enviroportal.sk

Zbinden, H., Andree, M., Oeschger, H., Ammann, B., Lotter, A., Bonani, G. a Wolfli, W., 1989: Atmospheric Radiocarbon at the End of the Last Glacial – an Estimate Based on Ams Radiocarbon-Dates on Terrestrial Macrofossils from Lake-Sediments. *Radiocarbon*, 31, 3, 795 – 804.

Žec, B. (ed.), Gazdačko, L., Kováčik, M., Kobulský, J., Bóna, J., Pristaš, J. a Potfaj, M., 2006: Geologická mapa Nízkyh Beskýd – stredná časť 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Žec, B. (ed.), Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Jacko, S. ml., Karoli, S., Baňacký, V., Potfaj, M., Rakús, M., Petro, Ľ. a Spišák, Z., 1997: Geologická mapa Vihorlatských a Humenských vrchov 1 : 50 000. Bratislava, MŽP SR – GS SR.

**VYSVETLIVKY KU GEOLOGICKEJ MAPE
KVARTÉRU SLOVENSKA**

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2011
Vedúci odd. Vydavateľstva ŠGÚDŠ a propagácie: RNDr. Ladislav Martinský
Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová
Grafická úprava a technické spracovanie: Gabriela Šípošová
Tlač a knihárske spracovanie: ŠGÚDŠ Bratislava

ISBN 978-80-89343-54-6

ISBN 978-80-89343-54-6