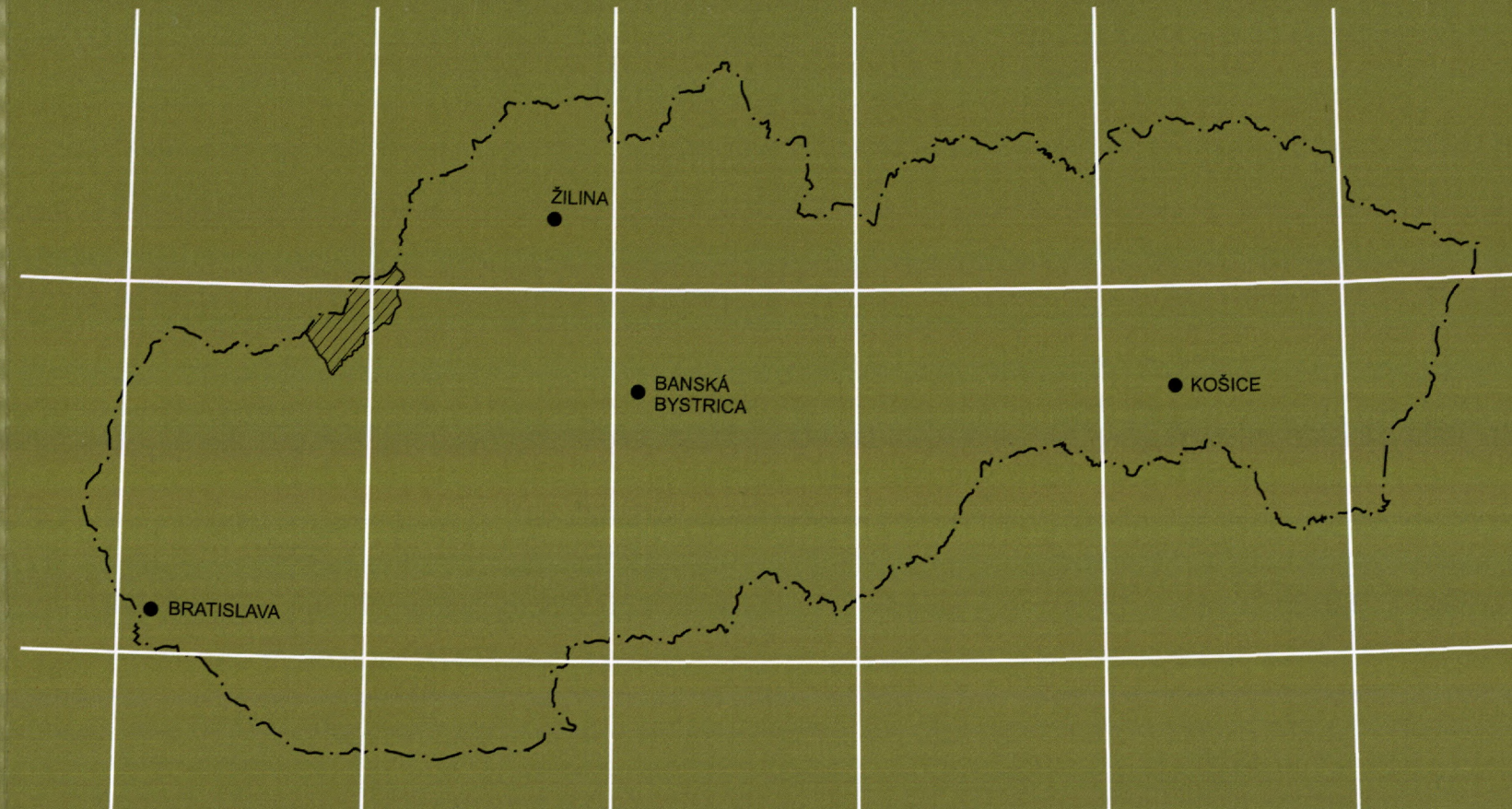




Vydalo Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava 2021. Tematický obsah spracoval Štátny geologický ústav Dionýza Štúra: Mgr. Ivana Pešková, PhD., RNDr. František Tefák, PhD., Mgr. Ondrej Pelech, PhD., Mgr. Michal Sentpetery, PhD., RNDr. Mário Olšavský, PhD., Ing. Martin Kováčik, RNDr. Juraj Maglay, PhD., a Mgr. Martin Vlačíky, PhD. Aprobácia mapy 15. 6. 2021. Vedúci projektu: Mgr. Ivana Pešková, PhD., a RNDr. František Tefák, PhD. Technický redaktor: Roman Fritzman. Technická príprava čistokresby: Mgr. Ivana Pešková, PhD., a RNDr. František Tefák, PhD. Kartograficky a počítačovo spracovali: Jozef Vlachovič a Ing. Miroslav Antalík. Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová. Preklady do angličtiny: RNDr. Pavel Liščák, CSc.

Schválené Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky č. MŽP-5.1/61501/20-1.
Mapový podklad: ZBG/ISD, Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky,
č. GKÚ 124-102-2708/2016, č. MŽP SR 148/2016-1.16.
Tlač: POLYGRAFICKÉ CENTRUM, www.polygrafcentrum.sk. 1. vydanie. Náklad 300 kusov.

Topografický podklad: © Úrad geodézie, kartografie a katastra SR 2011
© Ministerstvo životného prostredia SR, Štátny geologický ústav D. Štúra

ISBN 978-80-8174-055-8



REGIONÁLNE GEOLOGICKÉ MAPY SLOVENSKA

1 : 50 000

I. PEŠKOVÁ & F. TEŤÁK ET AL., 2021

GEOLOGICKÁ MAPA BIELYCH KARPÁT (SEVERNÁ ČASŤ)

GEOLOGICAL MAP OF THE BIELE KARPATY MTS. (NORTHERN PART)

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA

Geologická stavba a vývoj regiónu Biele Karpaty (severná časť)

Geologická mapa poskytuje zjednodušený obraz priestorového rozšírenia a vzájomnej pozície geologických jednotiek podieľajúcich sa na geologickej stavbe regiónu. Vychádza z nového podrobného geologického mapovania, výskumu, analýzy množstva vzoriek a syntézy starších geologických prác. Prináša nové poznatky a podnety na diskusiu a ďalší výskum. Nevyníma si právo na jedinu možnú interpretáciu geologickej stavby, ale predkladá základné informácie potrebné na komplexné riešenie geologických problémov a pochopenie geologického vývoja Západných Karpát.

Skúmaný región sa nachádza v západnej časti Slovenska na styku Vonkajších Západných Karpát a Vnútorných Západných Karpát. Z regionálneho geologického hľadiska sú tu prítomné flyšové pásmo, bradlové pásma a príkrovové jednotky Vnútorných Západných Karpát.

Magurský príkrov flyšového pásma je zastúpený svojou najintiernejšou, bielokarpatskou jednotkou. Predstavuje vrchnokriedovo-paleogénny akrečný klin v čele Západných Karpát nasúvaný smerom na severozápad. Nesie v sebe najmä horniny „flyšového“ charakteru – v rôznom pomere sa striedajúce vrstvy pieskovcov a ílovcov.

Bradlové pásma v zobrazenom regióne tvoria spolu s drietomskou jednotkou tektonicky komplikovanú zónu so znakmi transpresnej deformácie na kontakte flyšového pásma a vnútorných jednotiek Západných Karpát. Tvoria ho jursko-spodnokriedové bradlá umiestnené v komplexoch „flyšového“ charakteru. Drietomská jednotka tvorí samostatný element. Predstavuje intenzívne zvrásnený sled od vrchného triasu po spodnú juru. S okolitými jednotkami je v tektonickom styku.

Príkrovové jednotky Vnútorných Západných Karpát zastúpené fatrikom a hronikom predstavujú najstaršiu časť alpinského príkrovového systému v regióne. Dominantne ich tvoria karbonátové a menej siliciklastické sedimenty triasového až kriedového veku.

Trenčianska kotlina a ľavská kotlina reprezentujú poprikrkovové kenozoické panvy so sedimentárnou výpňou, tvorenou hlavne siliciklastickými sedimentmi spodného miocénu. Kvartérne sedimenty zastupuje pestrá škála genetických typov – svahové sedimenty, zosuvy a fluválne a proluviálne akumulácie, miestami prekryté sprašami.

Flyšové pásma – bielokarpatská jednotka

Oblasť Bielych Karpát tvorí komplex príkrovov „flyšových“ súvrství patriacich k bielokarpatskej jednotke magurského príkrovu Vonkajších Západných Karpát. Bielokarpatskú jednotku v regióne zastupuje **bošácky príkrov** (hlúcká skupina/vývoj) a nad ním ležiaci **javorinský príkrov** (vlárska skupina/vývoj). V severovýchodnej časti regiónu vystupuje spod javorinského príkrovu **zubácky príkrov** (tiež vlárska skupina/vývoj). Litostratigrafická náplň bielokarpatskej jednotky je pomerne jednoduchá. Vychenené litostratigrafické jednotky sa navzájom líšia pomerom a charakterom pieskovcov a ílovcov.

Monotónny litologický charakter súvrství nedovoľuje detailnejšie poznanie geologickej stavby. Výnimkou sú najmä červené ílvice ondrášoveckých vrstiev, vďaka ktorým je možné detailne zdokumentovať zložitú stavbu bázy javorinského príkrovu s množstvom blokov hornín z podložia príkrovu, včlenených doň počas jeho presúvania. Litofaciálne sú výrazné aj záplemce drietomických vrstiev a chabovské vrstvy. Na tektonickom kontakte s bradlovým pásmom vystupuje úzky nesúvislý pruh ondrášoveckých vrstiev.

Bradlové pásma

Bradlové pásma Západných Karpát tvoria úzku, ale mimoriadne zložitú tektonickú zónu vnútorne od flyšového pásma a externe od vnútrokarpatských jednotiek. Svojou štruktúrou pozíciou, osobitým tektonickým vývojom, ako aj charakterom sedimentárnych sledov sa odlišuje od susedných pásiem. V regióne vystupujú jednotky bradlového pásma sensu stricto, tzv. oravikum, tvorené jurskými až vrchnokriedovými (miestami až paleogénnymi) horninami. Oravické sledy sú dezintegrované, pričom jurské a spodnokriedové vápence vytvárajú samostatné šošovky – bradlá vystupujúce uprostred menej kompetentných, spravidla vrchnokriedových súvrství pozostávajúcich z pieskovcov a/alebo ílovcov tvoriacich tzv. bradlový obal. Dezintegrácia bradiel a ich obalu bola spôsobená hlavne tektonicky v priebehu kompresnej až transpresnej deformácie. V menšom množstve majú bradlá aj eróznio-sedimentárny a gravitačný pôvod.

V skúmanom regióne oravické sledy reprezentuje čorštýnská, kysucká a pruská sukcesia. Tieto sukcesie sú individualizované ako samostatné jednotky. **Čorštýnská jednotka** je charakteristická prítomnosťou jurských krinoidových vápencov, čorštýnskych vápencov a miestami aj krásinskej brekcie. Absentujú jurské hlbokovodné litofácie, pieninské vápence sú prítomné v malej hrúbke alebo celkom chýbajú. Bradlá čorštýnskej jednotky sú v skúmanej oblasti pomerne málo rozšírené a netvoria morfoloicky väčšie bradlá (najväčšie bradlo je Krasín pri Dolnej Súči).

V skúmanom regióne prevládajú bradlá **kysuckej jednotky**, pre ktorú je charakteristický hlbokovodný jurský sled so škvritvými vápencami a slieňovcami, rádiolaritmi a rádiolárovými vápencami a spodnokriedovými pelagickými vápencami. Tvorí morfoloicky i plošne najväčšie bradlá v regióne (Ihriská-Žlab, Horné Bradlo, Boháčovec). Z juhu sú bradlá kysuckej jednotky v kontakte s pruhom tektonicky nezarađených litostratigrafických jednotiek. Časť tektonicky nezarađených vrchnokriedových pieskovcov a ílovcov je takmer určite pokračovaním sledu kysuckej sukcesie, ich vzájomné rozšírenie pri súčasnom odkrytí terénu však nie je možné.

Pruská jednotka je ďalšia oravická sukcesia, ktorú možno vyčleniť v skúmanom regióne. Vyznačuje sa prítomnosťou jurských krinoidových vápencov, miestami striedajúcich sa s tmavými bridlicami, ako aj rádiolaritov, čím vytvára prechodný typ medzi čorštýnskou a kysuckou sukcesiou. Tvorí rozsiahly hrebeň bradiel východne od Krasína, bezmenné bradlá medzi Trenčianskou Závadou a Skalou nad Váhom a bradlá v doline Chochoľnice (Sokolí kameň). Bradlá pruskej jednotky často vystupujú v asociácii s vrchnokriedovými pestrými slieňovcami.

Horninové sekvencie, ktoré nebolo možné jednoznačne priradiť k vyššej tektonickej jednotke, boli v skúmanom regióne označené ako **tektonicky nezarađené litostratigrafické jednotky**. Patria sem litologicky pestré bradlá obklopené albsko-vrchnokriedovými „flyšovými“ sedimentmi.

Styk bradlového pásma s bielokarpatskou jednotkou je tektonický. Miestami sa na styku nachádza zóna menších bradiel vtláčených do ondrášoveckých vrstiev. Osobitým fenoménom je šupina čakanovských bradiel a analogická štruktúra v oblasti Boľešovskej doliny na severovýchode územia, ktorá predstavuje šupinu bradlového pásma zavrásnenú medzi príkrový bielokarpatskej jednotky. Styk s drietomskou jednotkou, fatrikom, manínskou jednotkou a kenozoickou výpňou Trenčianskej panvy a ľavskej panvy na juhu regiónu je taktiež tektonický.

Drietomská jednotka predstavuje sukcesiu vrchnotriasových až spodnojurských sedimentov. Vrstvový sled zastupujú sedimenty súvrstvia karpatského keuperu s charakteristickými karbonátovými zlepencami, organodetritickými vápencami rétu a pestrou paletou hornín spodnej jury. Nadváznosť/prítomnosť mladších súvrství je otázna. Drietomská jednotka je sčasti tektonicky začlenená do stavby bradlového pásma a považuje sa za súčasť tektonických jednotiek Vnútorných Západných Karpát. V skúmanej oblasti medzi dolinou Klanečnice a Trenčínom tvoria jeho podstatnú časť.

Vnútrokarpatské príkrovy

Horninové komplexy oravických jednotiek, tektonicky nezarađených litostratigrafických jednotiek a drietomskej jednotky (teda bradlové pásma *sensu lato*) sú z juhu, resp. juhovýchodu obmedzené horninovými sekvenciami, ktoré možno zaradiť do zliechovského vývoja fatrika, manínskej jednotky a hronika.

Fatrikum vystupuje v skúmanom území v pruhu od doliny Klanečnice po dolinu Chochoľnice. Pre horninový sled so stratigrafickým rozsahom od spodnej jury po spodnú kriedu je charakteristická prítomnosť hlbokovodných facií algaúškého a ždiarskeho súvrstvia, typického pre zliechovský vývoj fatrika. Na SZ sa tektonicky styka s horninami drietomskej jednotky. V jeho nadloží na JV vystupujú triasové karbonáty hronika.

Horniny zaraďované do **manínskej jednotky** vystupujú okrajovo pri Skalke nad Váhom.

Tvorí horninový sled od spodnej jury po spodnú kriedu, s charakteristickým komplexom spodnojurských piesčito-krinoidových vápencov a organodetritických vápencov spodnej kriedy (apt). Na SZ sa tektonicky styka s tektonicky nezarađenými litostratigrafickými jednotkami. Kontakt prekrywajú egenburské sedimenty.

Hronikum buduje oblasť na JZ územia medzi Novým Mestom nad Váhom a Haluzicami. Jeho horninový sled tvoria najmä stredno- až vrchnotriasové karbonáty a miestami aj spodnojurské krinoidové vápence. Vystupuje vo viacerých šupinách rozdelených na dva čiastkové príkrovy (spodný hrušovský a vrchný považský príkrov). Tvorí nadložie fatrika a predstavuje štruktúrne najvyššiu alpínsku tektonickú jednotku v oblasti. V eróznych reliktoch pri Novom Meste nad Váhom sa v nadloží hronika nachádzajú spodnomiocénne sedimenty.

Kenozoické sedimenty

Spodnomiocénne až kvartérne sedimenty vystupujú v najväčšej hrúbke v oblasti Trenčianskej kotliny a ľavskej kotliny. Do regiónu okrajovo zasahuje aj blatnianska priehlbina Dunajskej panvy pri Novom Meste nad Váhom. Spodnomiocénna transgresia nastupuje na rozčlenené predkenozoické podložie tvorené bradlovým pásmom a vnútrokarpatskými jednotkami po skončení presunu ich príkrovov. Výplň priľahlých častí Trenčianskej kotliny a ľavskej kotliny tvoria z veľkej časti spodnomiocénne klastické sedimenty, hlavne čausianske súvrstvie egenburského veku. Vo vrte HVJ-25 boli potvrdené aj sedimenty závodského súvrstvia karpatského veku. Zachovali sa aj fluválne sedimenty pliocénneho veku (Skalka pri Ivanovciach). Trenčianska kotlina aj ľavská kotlina v spodnom miocéne pôvodne tvorili jeden sedimentačný priestor prepojený so severnou časťou Viedenskej panvy, severnou časťou blatnianskej priehlbiny, Bánovskou kotlinou, Hornonitrianskou kotlinou a južnou časťou Turčianskej kotliny, ktorý bol v priebehu stredného miocénu a neskôr dezintegrovaný výzdvihom jadrových pohorí a pokračovaním subsidencie niektorých čiastkových paniev.

Kvartérne sedimenty v skúmanom území zastupuje pestrá škála genetických typov. Najrozšírenejšie sú svahové sedimenty, najmä hliny a hlinito-kamenité uloženyin. Mimoriadny rozsah majú zosuvy, nezriedka s plochou vyše 1 km², ktoré sú vyvinuté najmä v oblasti bielokarpatskej jednotky. V širokej nive Váhu a popri jeho pravostranných prítokoch Klanečnice, Bošáčky, Chochoľnice, Drietomice, Súčanky a Vláry sú vyvinuté kvartérne fluválne aj proluviálne akumulácie. Na svahoch popri nive Váhu sú zachované fluválne sedimenty riečnych terás. Tieto svahy v hojnom množstve pokrývajú akumulácie spraší a sprašových hĺn. Pozoruhodne rozšíreným fenoménom sú penovce vytvárajúce menšie kopy.

Geologický vývoj

Horninové celky budujúce región geologickej mapy Bielych Karpát (severná časť) majú prevažne sedimentárny pôvod. Vznikali v období od stredného triasu pred takmer 250 miliónmi rokov až po dnešok ako súčasť rôznych tektonických jednotiek.

Geologicky najstaršie celky sú stredno- až vrchnotriasové karbonátové komplexy hronika. Horniny mladšieho triasu až spodnej jury sú prítomné v sekvencii hrušovského príkrovu tvoriaceho spodnú časť. Považský a hrušovský príkrov, ktoré majú svoje pokračovanie v širšej oblasti mimo regiónu geologickej mapy, predstavujú fragmenty sedimentačných paniev s mieme odlišným vývojom. Zatiaľ čo v považskom príkrove počas celého triasu prevládala plytkovodná sedimentácia (mojtínsko-harmanecká karbonátová plošina stredného triasu), hrušovský príkrov má zachované mladšie členy s odlišným pelagickým vývojom jury. K štrukturalizácii príkrovových komplexov hronika došlo pravdepodobne už v tomto období. V období spodnej kriedy sa hronikum presunulo so svojho

pôvodného sedimentačného priestoru (v dnešných súradniciach) generálne z juhovýchodu na severozápad do nadložia fatrika.

Fatrikum predstavuje ďalšiu príkrovovú jednotku, ktorá sa však od nadložného hronika odlišuje prítomnosťou širšej palety jurských a tiež spodnokriedových hornín, ktoré sa usadzovali v tzv. zliechovskej panve, existujúcej od staršej jury do začiatku mladšej kriedy. Staršie triasové celky fatrika v skúmanom regióne nevystupujú. Fatrikum sa na svoje predpolie nasúvalo v priebehu konca staršej kriedy až najstaršej časti mladšej kriedy podobne ako hronikum, generálne z juhovýchodu na severozápad (v dnešných súradniciach). Fatrikum je v tektonickom kontakte s celkami bradlového pásma, tektonicky nezarađenými jednotkam a drietomskou jednotkou.

Bradlové pásma v širšom zmysle budujú hlavne horniny jursko-kriedového, miestami až paleogénneho veku. O predjurskom vývoji presné informácie chýbajú. V priebehu jury sa bradlové pásma (oravikum) rozčlenilo na oblasti s plytkovodnou sedimentáciou (neskorší čorštýnsky chrbát) na severe (v dnešných súradniciach) a tzv. kysuckú panvu s hlbokovodnou sedimentáciou na juhu. Priestory bradlového pásma sa pri kolízii s vnútrokarpatskými jednotkami v priebehu vrchnej kriedy postupne nasúvali z juhu na sever. Všeobecne sa usudzuje, že najprv sa nasunula južnejšia, pieninská (kysucko-pieninská sukcesia) jednotka na severnejšiu, subpieninskú jednotku (čorštýnská a pruská sukcesia). Dnešnú podobu bradlového pásma s typickými odolnými jursko-kriedovými bradlami obklopenými menej odolnými, hlavne kriedovými sekvenciami, tzv. bradlovým „obalom“, dotvorilo pokračovanie konvergencie. Ovplynnil ho reologický kontrast horninových sledov, ako aj presun bradlového pásma do nadložia flyšového pásma. Mladšie, paleogénne a ranomiocénne tektonické procesy, v ktorých pravdepodobne dominoval sinistrálny strih paralelný s priebehom bradlového pásma, spôsobili dodatočnú deformáciu, vzčtenie a dezintegráciu sledov do pomerne komplikovanej štruktúry. Tá z veľkej časti zotrlela pôvodnú príkrovovú stavbu oravika a okolitých jednotek.

Súvrstvia zaraďované do **drietomskej jednotky**, na rozdiel od sekvencií bradlového pásma (oravika), majú zachované aj vrchnotriasové súvrstvia. Ich vývoj sa principiálne neodlišuje od fatrika alebo fatrika. Štruktúrne predstavuje prechodný element medzi menej deformovaným fatrikom a silne deformovanými celkami oravika.

Bielokarpatskú jednotku flyšového pásma tvoria akumulácie klastických sedimentov hrubej stovky metrov. Usadzovali sa v hlbokomorskom prostredí magurského bazéna alebo na svahu jeho šelfu. Striedaním vrstiev pieskovcov a ílovcov sa vytvoril ich typický „flyšový“ charakter. Vývoj ich sedimentácie možno v regióne sledovať od mladšej kriedy do stredného eocénu, hoci vo zvyšku magurského bazéna sedimentácia prebiehala až do najstaršieho miocénu. Najstaršími sedimentmi bielokarpatskej jednotky v regióne sú ondrášovecké vrstvy. V nich obsiahnuté ílvice majú plastický charakter, čo umožnilo odlepenie javorinského a zubáckeho príkrovu a ich presunutie na externejší bošácky príkrov. V rámci javorinských, drietomických a chabovských vrstiev výrazne prevládajú pieskovce nad ílovcami, preto tieto súvrstvia tvoria pevnú kostru príkrovov.

Dnešný obraz geologickej stavby na povrchu je výsledkom erózie trvajúcej milióny rokov, ktorá odstránila stovky až niekoľko tisíc metrov hornín. Mladšiu etapu vývoja územia Bielych Karpát reprezentuje vývoj kenozoických, hlavne spodnomiocénnych, pravdepodobne nesených paniev. **Spodnomiocénne sedimenty** sa nachádzajú v nadloží hronika, ale aj bradlových jednotiek. Najväčšia hrúbka je zachovaná v priestore Trenčianskej kotliny (do 1 000 m) a ľavskej kotliny (do 250 m), ktoré poklesli v dôsledku neskorejšej strednomiocénnej a mladšej subsidencie. Od mladšieho miocénu pozorujeme v celých Západných Karpatoch postupné ukončenie morskej sedimentácie. Lokálne zachované pliocénne sedimenty predstavujú už výhradne kontinentálnu sedimentáciu, ktorá pretrváva do súčasnosti. Od pliocénu do súčasnosti sa v regióne výrazne prejavila erózna a akumulčná činnosť rieky Váh. V priebehu **kvartéru** sa miestami usadili v značnej hrúbke viate spraše a dochádzalo k akumulácii svahových zvetranín. Hlavne na sedimentoch bielokarpatskej jednotky a bradlového „obalu“ sa vyvíjali rozsiahle zosuvy. Najmä v oblasti bielokarpatskej jednotky vznikli desiatky menších akumulácií sladkovodných vápencov – penovcov.

Geological setting and evolution of the region Biele Karpaty (Northern Part)

The geological map provides a simplified picture of the spatial distribution and mutual position of geological units involved in the geological setting of the region. It is based on a new detailed geological mapping, research, analysis of a number of samples and synthesis of older geological works. It brings new knowledge and stimuli for discussion and further research. It does not reserve the right to the only possible interpretation of the geological structure, but presents the basic information necessary for a comprehensive solution to geological issues and an understanding of the geological evolution of the Western Carpathians.

The investigated region is located in the western part of Slovakia at the junction of the Outer Western Carpathians and the Inner Western Carpathians. From the regional geological point of view, there are present Flysch Belt, Klippen Belt and nappe units of the Inner Western Carpathians.

The Magura Nappe of the Flysch Belt is represented by its innermost, Biele Karpaty unit. It represents an Upper Cretaceous-Palaeogene Western Carpathian accretionary wedge thrustured towards the northwest. It mainly contains rocks of a “flysch” character – alternating layers of sandstones and claystones in various proportions.

The Klippen Belt in the region, along with the Drietoma unit, forms a tectonically complicated zone with signs of transpressional deformation at the contact of the Flysch Belt and the units of the Inner Western Carpathians. It consists of Jurassic-Lower Cretaceous klippen bedded in complexes of a “flysch” character. The Drietoma unit forms a separate element. It is an intensely folded sequence of the Late Triassic to the Early Jurassic age. It is in tectonic contact with the surrounding units.

The nappe units of the Inner Western Carpathians, represented by Fatricum and Hronicum, are the oldest part of the Alpine nappe system in the region. They are predominantly composed of carbonate and less siliciclastic sediments of the Triassic to Cretaceous age.

The Trenčianska kotlina Basin and the ľavská kotlina Basin represent post-nappe Cenozoic basins filled mainly by siliciclastic sediments of the Early Miocene age. Quaternary sediments are represented by a diverse range of genetic types – colluvial sediments, landslides and fluvial and proluvial accumulations, in places covered by loess.

Flysch Belt – Biele Karpaty unit

The area of the Biele Karpaty Mts. forms a nappe complex of “flysch” formations belonging to the Biele Karpaty unit of the Magura Nappe of the Outer Western Carpathians. The Biele Karpaty unit in the region is represented by the **Bošáca Nappe** (Hluk group) and the **Javorina Nappe** above it (Vlára group). In the north-eastern part of the regio, a **Zubák Nappe** (Hluk and Vlára groups) is exposed below the Javorina Nappe. The lithostratigraphic content of the Biele Karpaty unit is relatively simple. Separated lithostratigraphic units differ from each other in the ratio and character of sandstones and clayey shales.

The monotonous lithological character of the formations does not allow a more detailed knowledge of the geological setting. An exception are the red claystones of the Ondrášovec Mb., thanks to which it is possible to document in detail the complex structure of the base of the Javorina Nappe with a number of rock blocks from the nappe bedrock incorporated into it during its movement. The lithofacially conspicuous are also conglomerates of the Drietomica Mb. and the Chabová Mb. At the tectonic contact with the Klippen Belt, a narrow discontinuous strip of the Ondrášovec Mb. emerges.

Klippen Belt

The Klippen Belt of the Western Carpathians forms a narrow but extremely complex tectonic zone separated internally from the Flysch Belt and externally from the Inner Carpathian units. Thanks to its structural position, specific tectonic evolution, as well as the character of sedimentary sequences, it differs from neighbouring zones. In the region, there are units of the Klippen Belt sensu stricto, the so-called Oravicum, formed by Jurassic to Upper Cretaceous (sometimes even Palaeogene) rocks. The Oravic sequences are disintegrated, while Jurassic and Lower Cretaceous limestones form separate lenses – klippen protruding amidst less competent, usually Upper Cretaceous formations consisting of sandstones and/or claystones forming the so-called “klippes cover”. The disintegration of the klippes and their cover was caused mainly tectonically in the course of compressive to transpressive deformation. In smaller quantities, the klippes also have an erosive-sedimentary and gravitational origin.

In the examined region, the Oravic sequences are represented by the Czorsztyn, Kysuca and Pruské successions. These successions are individualized as separate units. The Czorsztyn unit is characterized by the presence of Jurassic crinoidal limestones, Czorsztyn limestones and in some places also Krasín Breccia. Jurassic deep-water lithofacies are absent, Pieniny limestones are present in small thickness or are completely absent. The klippes of the Czorsztyn unit are relatively uncommon in the studied area and do not form morphologically larger klippes (the largest klippe is Krasín near Dolná Súča).

The studied region is dominated by the klippes of the Kysuca unit, which is characterized by a deep-water Jurassic sequence with spotted limestones and marlstones, radiolarites and radiolarian limestones and Lower Cretaceous pelagic limestones. They form the morphologically and spatially largest klippes in the region (Ihriská-Žlab, Horné bradlo, Boháčovec). From the south, the klippes of the Kysuca unit are in contact with a strip of tectonically unclassified lithostratigraphic units. Part of the tectonically unclassified Upper Cretaceous sandstones and claystones is almost certainly a continuation of the sequence of the Kysuca succession, but their mutual differentiation is not possible under recent conditions of the terrain exposure.

The **Pruské unit** is another Oravic succession that can be singled out in the region under study. It is characterized by the presence of Jurassic crinoidal limestones, alternating with

dark shales at places, as well as radiolarites, thus creating a transitional succession type between the Czorsztyn and Kysuca successions. It forms an extensive ridge of klippes east of Krasín, nameless klippes between Trenčianska Závada and Skalka nad Váhom and klippen in the Chochoľnica Valley (Sokolí kameň). The klippes of the Pruské unit often occur in association with the Upper Cretaceous variegated marlstones.

Rock sequences that could not be unambiguously assigned to a higher tectonic unit were designated as **lithostratigraphic units with uncertain tectonic affiliation** in the studied region. These include lithologically variegated klippen encompassed by Albian-Upper Cretaceous “flysch” sediments.

The contact of the Klippen Belt with the Biele Karpaty unit is of a tectonic nature. In some places, there is a zone of smaller klippen indented into the Ondrášovec Mb. at the junction. A special phenomenon is a slice of the Čakanov klippen and an analogous structure in the area of the Boľešov Valley in the north-east of the territory, which represents the slice of the Klippen Belt folded in-between the nappes of the Biele Karpaty unit. The contact with the Drietoma unit, the Fatricum, the Manin unit and the Cenozoic fill of the Trenčianska kotlina Basin and the ľavská kotlina Basin in the south of the region is also of a tectonic nature.

The **Drietoma unit** represents the succession of the Upper Triassic to Lower Jurassic sediments. The sequence is represented by sediments of the Carpathian Keuper Fm. with characteristic carbonate conglomerates, organodetritic limestones of Rhaetian and a diverse range of Lower Jurassic rocks. The continuity/presence of younger formations is questionable. The Drietoma unit is partly tectonically integrated into the structure of the Klippen Belt and is considered to be part of the tectonic units of the Inner Western Carpathians. In the studied area between the Klanečnica Valley and Trenčín, it forms its substantial part.

Inner Carpathian nappes

The rock complexes of the Oravic units, the tectonically unclassified lithostratigraphic units and the Drietoma unit (i.e. the Klippen Belt *sensu lato*) are limited from the south, or southeast by rock sequences that can be included in the Zliechov succession of the Fatricum, the Manin unit and the Hronicum.

Fatricum is exposed in the studied area in the strip from the Klanečnica Valley to the Chochoľnica Valley. The rock sequence with a stratigraphic range from the Lower Jurassic to the Lower Cretaceous is characterized by the presence of deep-water facies of the Algaú and Ždiar Fms., typical for the Zliechov succession of the Fatricum. In the NW, it is in tectonic contact with the rocks of the Drietoma unit. In its hangingwall on the SE, the Triassic carbonates of the Hronicum crop out.

The rocks included in the **Manin unit** emerge marginally at Skalka nad Váhom. They form a rock sequence from the Lower Jurassic to the Lower Cretaceous, with a characteristic complex of Lower Jurassic sandy-crinoidal limestones and organodetritic limestones of the Lower Cretaceous (Aptian). In the NW, it is in tectonic contact with the tectonically unclassified lithostratigraphic units. The contact is overlapped by the Eggenburgian deposits.

Hronicum makes up an area on the SW of the region between Nové Mesto nad Váhom and Haluzice. Its rock sequence consists mainly of the Middle to Upper Triassic carbonates and in some places also the Lower Jurassic crinoidal limestones. It emerges in several slices divided into two partial nappes (lower Hrušové Nappe and upper Považie Nappe). It forms the hangingwall of the Fatricum and is structurally the highest Alpine tectonic unit in the area. In the erosive relics near Nové Mesto nad Váhom, Early Miocene sediments are present in the Hronicum overburden.

Cenozoic sediments

The Early Miocene to Quaternary sediments occur in the greatest thickness in the area of the Trenčianska kotlina Basin and the ľavská kotlina Basin. The Blatné Depression of the Danube Basin near Nové Mesto nad Váhom also extends marginally into the region. The Early Miocene transgression begins on a fragmented pre-Cenozoic bedrock formed by the Klippen Belt and Inner Carpathian units after the end of the nappe-stacking. The filling of the adjacent parts of the Trenčianska kotlina Basin and the ľavská kotlina Basin is largely formed by the Early Miocene clastic sediments, mainly the Čausa Fm. of the Eggenburgian age. Sediments of the Karpatian Závod Fm. were also confirmed in well HVJ-25. Fluvial sediments of the Pliocene age (near Ivanovce) have also been preserved.

Both the Trenčianska kotlina Basin and the ľavská kotlina Basin originally formed in the Early Miocene sedimentation area connected with the northern part of the Vienna Basin, the northern part of the Blatné Depression, the Bánovská kotlina Basin, the Hornonitrianska kotlina Basin and the southern part of the Turčianska kotlina Basin. This sedimentary basin was disintegrated during the Middle Miocene and later by the uplift of the Core Mountains and the continued subsidence of some sub-basins.

Quaternary sediments in the studied area are represented by a diverse range of genetic types. The most common are colluvial sediments, especially clayey and loamy-stony deposits. Landslides have an extraordinary extent, often exceeding an area of 1 km²; they are developed mainly in the area of the Biele Karpaty unit. Quaternary fluvial and proluvial accumulations are developed in the wide Váh floodplain and along its right-hand tributaries Klanečnica, Bošáčka, Chochoľnica, Drietomica, Súčanka and Vlára rivers. Fluvial sediments of river terraces are preserved on the slopes at the rim of the Váh floodplain. These slopes are frequently covered by a large number of accumulations of loess and loess loams. A remarkably widespread phenomenon are calcareous tufas forming smaller mounds.

Geological evolution

The rock units forming the region of the geological map of Biele Karpaty (Northern Part) are of sedimentary origin, mostly. They originated almost 250 million years ago in the period from the Middle Triassic to the present day as parts of various tectonic units.

The geologically oldest units are the Middle to Upper Triassic carbonate complexes of the **Hronicum**. The rocks of the Upper Triassic to the Lower Jurassic are present in the sequence

of the Hrušové Nappe forming the lower part. The Považie and Hrušové nappes, which have their continuation in a wider area outside the region of the geological map, represent fragments of sedimentary basins with a slightly different development. While the Považie nappe was dominated by shallow-water sedimentation (Mojtín-Harmanec carbonate platform of the Middle Triassic), the Hrušové Nappe had preserved younger members with different pelagic developments of the Jurassic. The structuring of the Hronicum nappe complexes probably took place already in that period. During the Lower Cretaceous, the Hronicum was displaced from its original sedimentary basin, generally from southeast to northwest (in today's coordinates), thus thrustured over the Fatricum.

Fatricum represents another nappe unit, which, however, differs from the overlying Hronicum by the presence of a wider range of Jurassic and also Lower Cretaceous rocks, which were deposited in the so-called Zliechov Basin, existing from the Lower Jurassic to the beginning of the Upper Cretaceous. Older Triassic Fatricum formations are not present in the examined region. The Fatricum overthrusting onto its foreland occurred during the end of the Upper Cretaceous to the earliest part of the Upper Cretaceous, similarly to the Hronicum, generally from the southeast to the northwest (in today's coordinates). The Fatricum is in tectonic contact with the units of the Klippen Belt, the tectonically unclassified units and the Drietoma unit.

The **Klippen Belt** in the broadest sense is built mainly by Jurassic-Cretaceous rocks, sometimes even the Palaeogene ones. Exact information on pre-Jurassic evolution is lacking. During the Jurassic, the Klippen Belt (Oravicum) was divided into areas with shallow water sedimentation (later Czorsztyn ridge) in the north (in today's coordinates) and the so-called Kysuca Basin with deep-water sedimentation in the south. The areas of the Klippen Belt were gradually overthrusted from south to north during the collision with the Inner Carpathian units in the course of the Upper Cretaceous. It is generally accepted that the southern, Pieniny (Kysuca-Pieniny successions) unit first overthrusted onto the northern, sub-Pieniny unit (Czorsztyn and Pruské successions). Today's form of the Klippen Belt with typical morphologically positive Jurassic-Cretaceous klippes surrounded by less resistant, mainly Cretaceous sequences, the so-called “envelope” was completed during the continuation of convergence. It was influenced by the rheological contrast of the rock sequences, as well as the overthrusting of the Klippen Belt onto the Flysch Belt. Younger, Palaeogene and Early Miocene tectonic processes, in which the sinistral shear parallel to the course of the Klippen Belt probably predominated, caused additional deformation, steepening and disintegration of the sequences into a relatively complicated structure. It largely obliterated the original nappe structure of the Oravicum and surrounding units.

The strata included in the **Drietoma unit**, in contrast to the sequences of the Klippen Belt (Oravicum), have also preserved the Upper Triassic formations. Their evolution is not fundamentally different from the Fatricum or Tatricum. Structurally, it represents a transition element between the less deformed Fatricum and the strongly deformed Oravic units.

The **Biele Karpaty unit of the Flysch Belt** consists of accumulations of clastic sediments hundreds of meters thick. They deposited in the deep sea environment of the Magura Basin or on the slope of its shelf. By alternating layers of sandstones and claystones, their typical “flysch” character was formed. The development of the sedimentation in the region can be traced from the Upper Cretaceous to the early Eocene, although in the rest of the Magura Basin sedimentation took place up to the earliest Miocene. The oldest sediments of the Biele Karpaty unit in the region are the rocks of the Ondrášovec Mb. The claystones contained in the complex have a plastic character, which enabled the detachment of the Javorina and Zubák Nappes and their overthrusting onto the more external Bošáca Nappe. Within the Javorina, Drietomica and Chabová Mbs., sandstones significantly predominate over claystones, therefore these complexes form a solid body of nappes.

Today's image of a geological structure exposed on the surface is the result of erosion lasting millions of years, which removed hundreds to several thousand meters of rocks. The younger stage of the development of the Biele Karpaty Mts. is represented by the formation of Cenozoic, mainly Early Miocene, probably piggyback basins. **Early Miocene sediments** overlie the Hronicum, but also of the Klippen Belt units. Their largest thickness is preserved in the area of the Trenčianska kotlina Basin (up to 1,000 m) and the ľavská kotlina Basin (up to 250 m), due to the later middle Miocene and younger subsidence. Since the late Miocene, we observe a gradual cessation of marine sedimentation in the entire Western Carpathians. Locally preserved Pliocene sediments already represent exclusively continental sedimentation, which has persisted to the present day. From the Pliocene to the present, the erosion and accumulation activity of the Váh River has been significantly reflected in the region. During the **Quaternary**, in some places a large thickness of aeolian loess deposited and an accumulation of weathered scree on the slopes has taken place. Extensive landslides developed, especially on the sediments of the Biele Karpaty unit and the “klippes envelope”. Especially in the area of the Biele Karpaty unit, dozens of smaller accumulations of freshwater limestones – calcareous tufa mounds