

Geologická exkurze

z Machnína na vrchol Ještědu

Horninový archiv dokumentující více než 600 milionů let
geologického vývoje Liberecka



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Integrovaný regionální operační program



JABLONEC
NAD
NISOU



► Ještědský hřbet

je výrazná morfologická struktura sz.-jv. směru, která se táhne od Jítravského sedla na SZ k sedlu Rašovka u Šimonovic na JV, kde navazuje na Kozákovský hřbet.

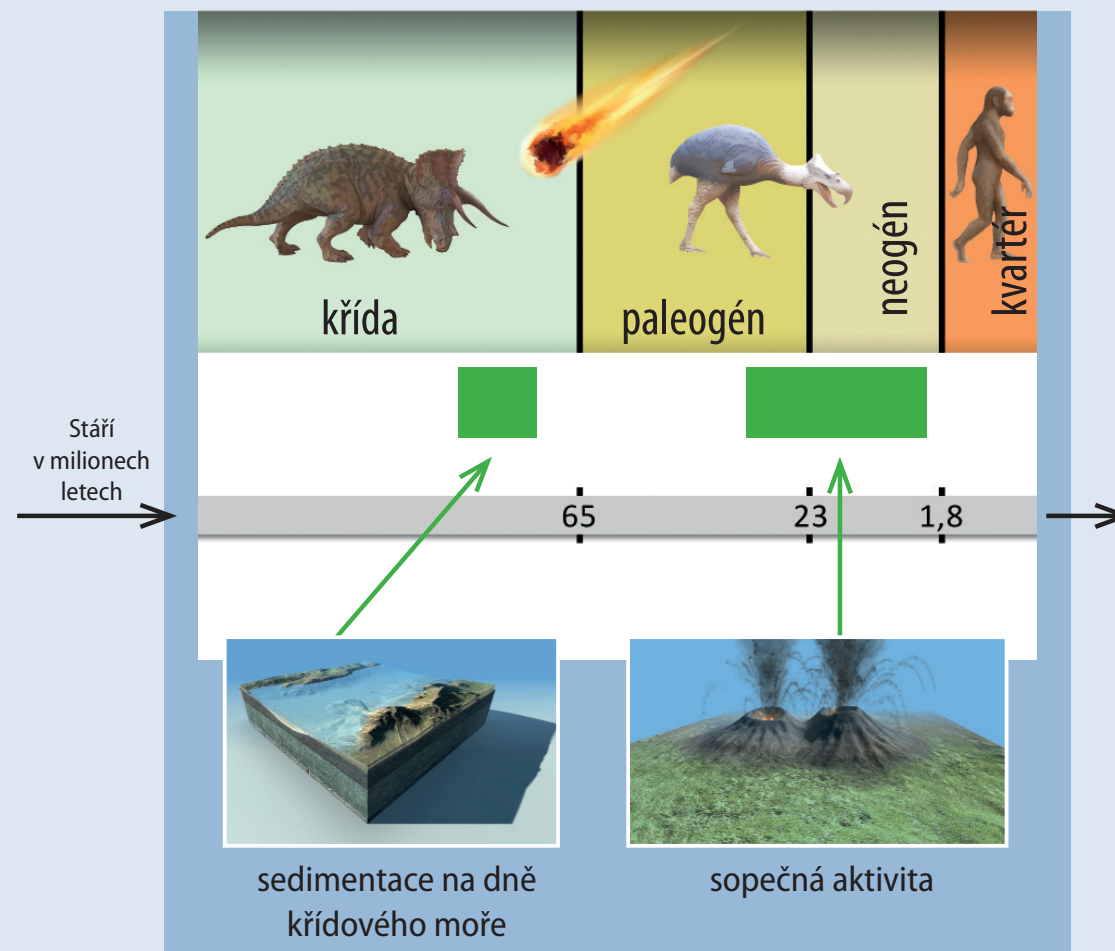
► Délka celého hřbetu

je 17 km a v nejširším místě dosahuje šířky přes 5 km.

► Nadmořská výška

stoupá od Jítravského sedla z výšky kolem 450 m až k vrcholu Ještědu (1012 m n. m.), pak opět klesá směrem k sedlu Rašovka do výšky přes 400 m. Na úroveň reliéfu v české křídové pánvi i Liberecké kotlině je tedy vyzvednuta ve své nejvyšší části o 400–500 m.

► **Rozeklaný reliéf** rozčleňuje hluboká krátká údolí potoků se strmými spádovými křivkami, která se rozšiřují až na úpatí hřbetu při vyústění do Liberecké kotliny na SV, nebo české křídové pánve na J a JZ. Spolu s hojně rozšířenými kvartérními výplavovými kužely a terasovými uloženinami řeky Nisy ukazuje na to, že výzdvih Ještědského hřbetu je **z geologického pohledu relativně mladý**: začal až po uložení sedimentů české křídové pánve (teprve před asi 70 miliony let) a pokračuje v několika etapách až do současnosti. **Svědčí o tom i slabá seizmická aktivita, která se čas od času v této oblasti projevuje.**





↗ Obr. 1. Výchozy křemenců (přeměněných křemenných pískovců) ve vrcholové části Ještědu.

► Výrazné morfologické stupně reliéfu

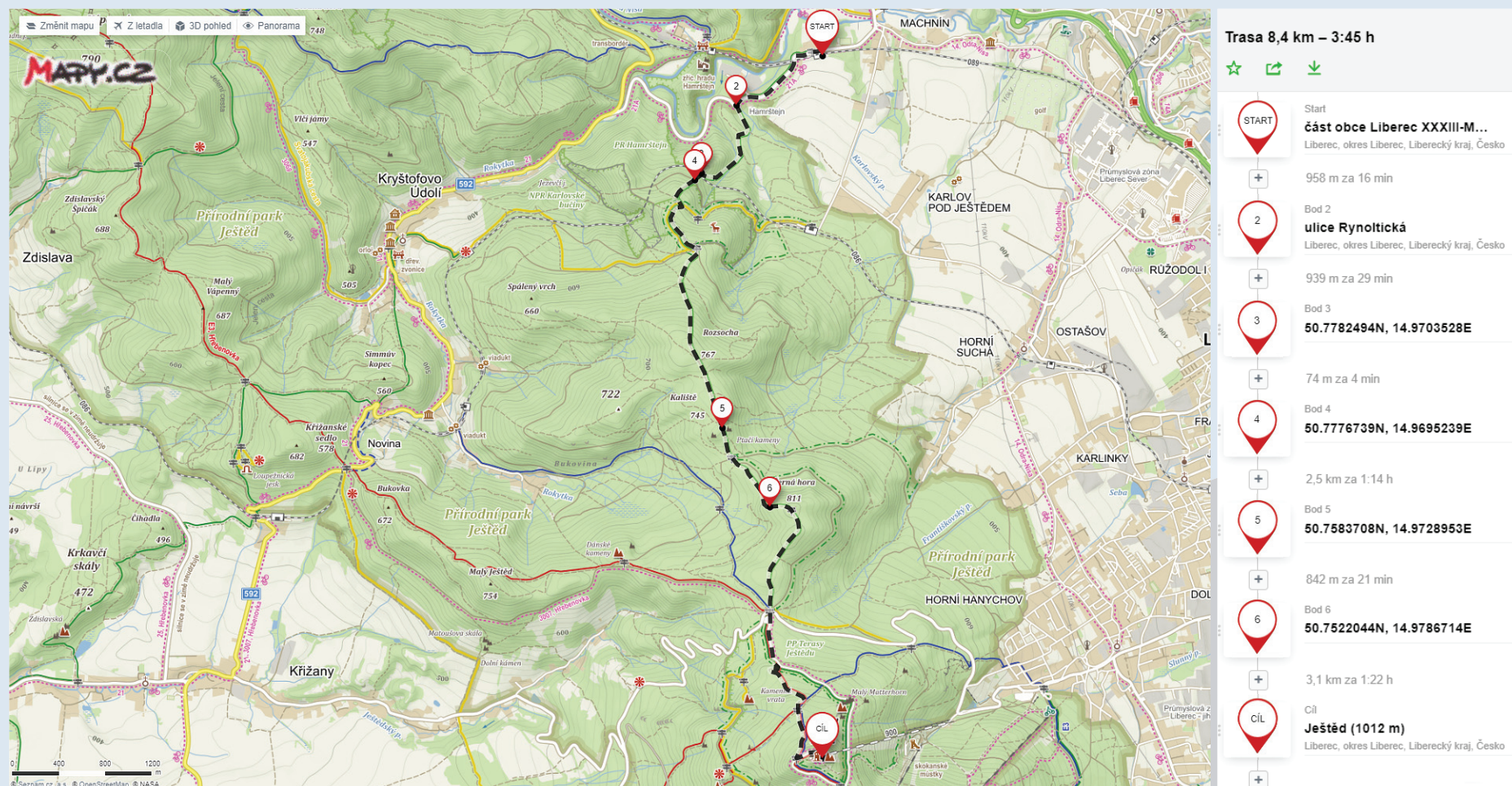
mezi Jítravou, Křižany a Rašovkou na J a Machnínem a Šimonovicemi na SV ukazují, že pohyby se odehrávaly zejména na dvou geologických zlomech, na tzv. lužickém zlomu na JZ a machnínském zlomu na SV.

► Pohyby na obou zlomech způsobily,

že v prostoru dnešního Ještědského hřbetu byly v průběhu třetihor až čtvrtohor odkryty prekambrické (starohorní) a staropaleozoické (prvohorní) horniny. Před tím je alespoň zčásti překrývaly uloženiny a vulkanity permokarbonu, sedimenty české křídové pánve a na severní straně hřbetu též třetihorní uloženiny výběžků hrádecké hnědouhelné pánve.

► Přestože Ještědský hřbet

je výrazně protažen ve směru SZ-JV, horninové pruhy na něm mají směr přibližně kolmý, tj. SV-JZ. Je to způsobeno hlavně tím, že starohorní a prvohorní horniny na Ještědu byly při variském vrásnění stlačeny ve směru SZ-JV, přičemž vznikly vrásy a zlomy sv.-jz. směru. Tato stavba způsobuje, že se pruhy zejména kvarcitů a krystalických vápenců často střídají s pruhy jemně provrásněných fylitů (břidlic) a často jsou v těsném sousedství odkryty horniny různého stáří.



➤ Obr. 2. Trasa geologické exkurze z Machnína na vrchol Ještědu s vyznačením jednotlivých zastávek.

► **Nejstarší starohorní horniny,**

metadroby (přeměněné pískovce s vysokým podílem úlomků živců), s polohami břidlic vystupují na SZ v údolí Nisy a jejích přítoků, kde jimi pronikají přibližně 540 milionů let staré granitoidy lužického masivu. Na nich spočívá silně zvrásněný komplex přeměněných paleozoických hornin, jejichž původní stáří (před metamorfózou) se pohybuje v rozsahu od kambria do spodního karbonu.

► **Kambrickými fylity** pronikají tělesa granitů, starých kolem 500 milionů let. Tyto granity byly spolu se sedimenty silně přeměněny, drceny a zbřidličnatěny v průběhu variské orogeneze, která se odehrávala od svrchního devonu do spodního karbonu (před 380–340 miliony let). Ve střední části Ještědského hřbetu v okolí vrcholu Ještědu jsou na devonské horniny tektonicky nasunuty starší, ordovické a silurské horniny (křemence, grafitické břidlice, slídnaté břidlice) s polohami vápenců obsahujících silurské fosilie.



► **Nejmladší karbonské horniny** vystupují v nadloží staropaleozických hornin v sz. části Ještědu mezi Jítravským sedlem a Kryštofovým Údolím (obr. 3).

► **Přesné určení hornin**

a jejich stáří velmi znesnadňuje jejich intenzivní provrásnění a metamorfóza, omezené množství paleontologických nálezů i minerálů použitelných pro laboratorní určení stáří hornin na základě radioaktivních rozpadů.

» Obr. 3.
*Geologická
mapa
Ještědského
hřbetu*

Bližší představu o geologické stavbě Ještědského hřbetu nám dá pěší exkurze orientovaná přibližně v příčném směru k předpokládaným horninovým pruhům.

Na trasu exkurze se dostaneme vlakem nebo autobusem a vystoupíme v Machníně na sz. okraji Liberce. Cestou z nádraží využijeme nejprve silnici na Kryštofovo Údolí a pak zeleně značenou turistickou trasu až k sedlu Výpřež sz. od Ještědu. Z tohoto sedla pak budeme pokračovat po červené značce až k vrcholu Ještědu. K návratu můžeme použít lanovky z Ještědu nebo značených turistických cest směrem k okrajovým částem Liberce – Horního Hanychova.





Zastávka č. 1

Granity krkonošsko-jizerského plutonu, metamorfované prekambriické sedimenty, terasové šterky řeky Nisy, terciérní písky hrádecké pánve, machnínský zlom



⚡ Obr. 4. Vzorky různých granitů v okolí Liberce.

a) Liberecký biotitický porfyritický granit z lomu Ruprechtice: výrazné růžové krystaly jsou draselné živce, bílé sodno-vápenaté živce, křemen je šedý a šedočerné jsou lupínky biotitu, tmavé slídy;

b) dvojslídný tanvaldský granit z lomu Černá Studnice: světle krémové jsou živce, křemen je šedý, drobné černé lesklé lupínky jsou biotit (tmavá slída) a muskovit (světlá slída).

Hned u nádraží (bod START v mapě na obr. 2) si můžeme všimnout nápadných rozdílů v morfologii reliéfu. Východně od nádraží převládá nižší zarovnaný reliéf, pokrytý zbytky třetihorních písků výběžků hrádecké pánve, které jsou odkryty v několika zarostlých pískovnách a na fotbalovém hřišti. Dále k východu je pak povrch modelován v narůžovělém libereckém granitu s typickými velkými růžovými vyrostlicemi draselného živce (ortoklasu) s bělavými albitovými lemy. Granit intrudoval do prvohorních hornin ve svrchním karbonu před asi 312 miliony let. Na pravém břehu Nisy pak vystupuje o něco starší (320 mil. let starý) dvojslídny tanvaldský granit pleťové barvy, který na rozdíl od předchozího granitu nemá tak dobře omezené vyrostlice draselných živců. Třetihorní písky a liberecký granit pak ještě překrývají hrubší štěrkopísky několika výškových úrovní teras řeky Nisy a kvartérní svahové sedimenty. Dobře opracované valouny

terasových štěrků nižších terasových úrovní můžeme najít po pravé straně silnice v lese před železničním přejezdem na silnici do Kryštofova Údolí.

Všimneme si, že široká říční niva Nisy se při hranici granitů a terciérních písků rychle zužuje. Vytváří úzké zařízlé meandry v mnohem odolnějších metamorfovaných a podrcených granitech (kambrického stáří) a v ještě starších prahorních metasedimentech (metadrobách) s vložkami břidlic, do kterých tyto metamorfované granity pronikly. Výrazný morfologický stupeň ovlivňuje machnínský zlom, který probíhá v. od nádraží ve směru SZ-JV a oděluje granity i reliktu třetihorních sedimentů od mnohem starších prvohorních hornin vyzvednuté části Ještědského hřbetu.

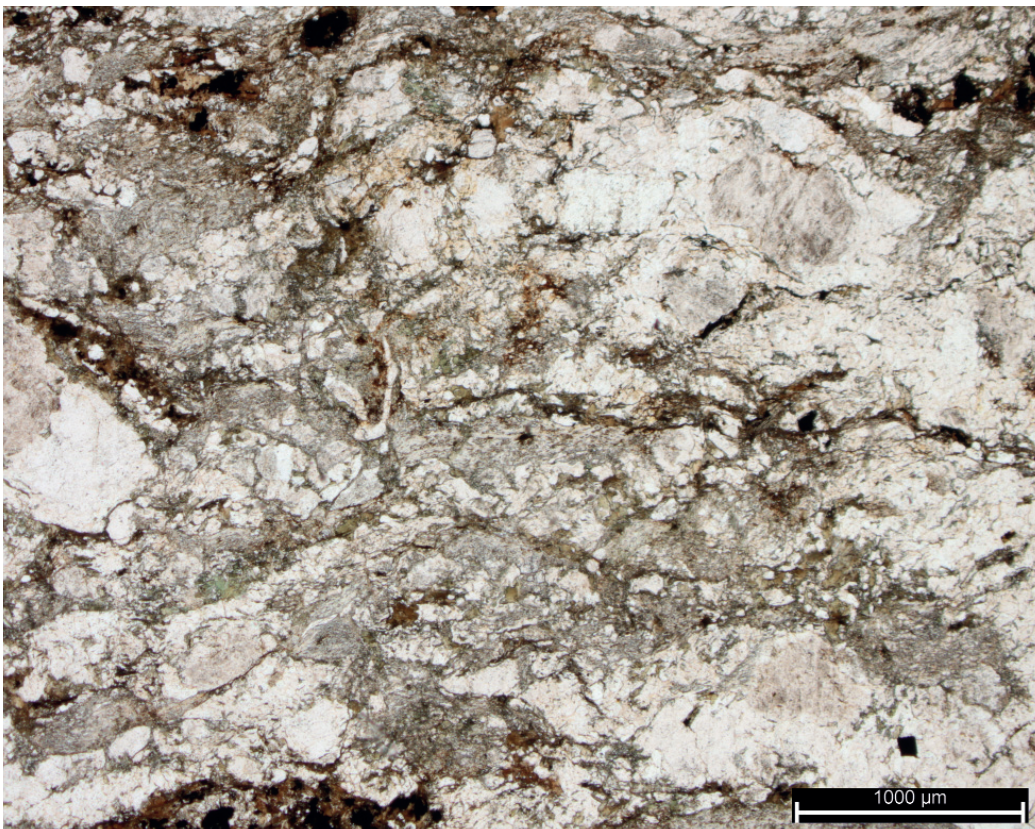


Geologická encyklopedie:
granit



Zastávka č. 2

Kambrické drcené metagranity, staré přibližně 505 milionů let



Ze silnice v lese odbočíme vlevo na zelenou turistickou značku. Na hřbetu můžeme nalézt úlomky silně varisky deformovaných světle šedých až šedohnědých metamorfovaných granitů kambrického stáří. Původní všesměrné uspořádání granitu bylo během variského vrásnění zastřeno přeměnou, během níž došlo k rozdrčení většiny původních minerálů a vznikla jemnozrná páskovaná (břidličnatá) hornina s občasnými reliktly vyrostlic nerozdrčených živců (obr. 5).

« Obr. 5. Silně deformovaný metagranit kambrického stáří jz. od Machnína (zastávka 2). Drcená a částečně rekrystalizovaná zrna křemene a živců v jemnozrnném sericitickém matrixu s reliktly biotitu. Procházející polarizované světlo.

Výchozy (bod 2 v obr. 2) těchto hornin najdeme pod elektrickým vedením na souřadnicích 50,7829292°N a 14,9723536°E, když sejdem po vrcholu hřbetu z turistické stezky k SSZ.

Otázky k zastávce:

- ? 1. Jaké minerály jsou typické pro granit (žulu)?
- ? 2. Jak budou omezeny krystaly minerálů, které krystalizují jako první, a jak minerály, které krystalizují jako poslední?
- ? 3. Vznikají granity mělce (desítky metrů) nebo hluboko (kilometry) pod povrchem? Jak se dostávají na povrch?



Geologická encyklopedie:
kambrium

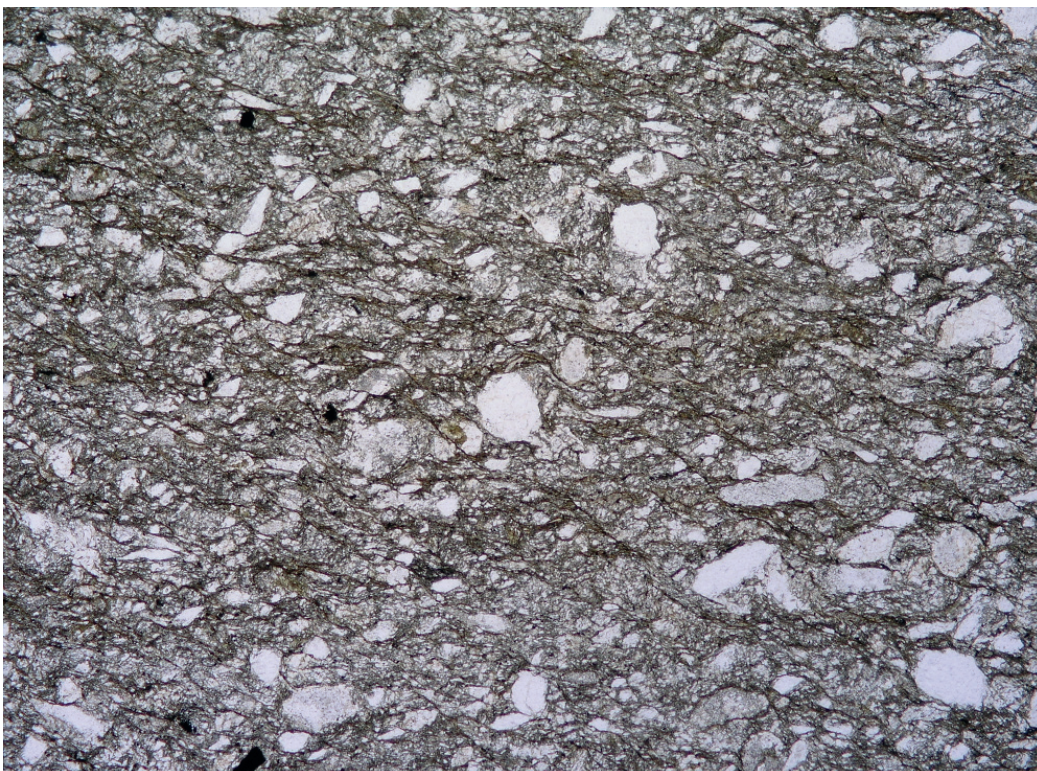


⚡ Obr. 6. Skalní odkryv přeměněných a deformovaných granitů v Kryštofově Údolí.



Zastávka č. 3

Drobný výchoz machnínské metadroby na hřbetu vpravo od železniční trati do Kryštofova Údolí (50,7784572N, 14,9709456E)



Ve svahu po trase zelené značky od zastávky č. 2 můžeme v úlomcích pozorovat jemnozrnné šedé, šedohnědě zvětrávající původně sedimentární horniny (droby), které byly slabě přeměněny v průběhu variského vrásnění na metadroby (obr. 7). Jemnější břidličné vložky byly metamorfovány na fylitické horniny s typickými povlaky jemných lupínků světlé slídy (muskovitu).

« Obr. 7. Slabě metamorfovaná metadroba machnínské skupiny starohorního stáří. Procházející polarizované světlo.

Komplex drob a fylitických břidlic se vyznačuje rytmickým střídáním hrubších a jemnějších poloh, které odráží mechanismus jejich sedimentace v dynamickém prostředí, srovnatelném například s dnešním dnem Tichého oceánu mezi Chilským příkopem a kontinentálním svahem jihoamerických And. **Tyto horniny jsou nejstaršími horninami Ještědského hřbetu.** Jejich stáří je větší než stáří vmístění žul takzvaného lužického plutonu, které do těchto hornin pronikají jz. od Chrastavy.

Stáří lužického plutonu bylo určeno na základě měření rozpadu uranu na olovo v zirkonech na 537 milionů let. V oblasti Machnína však do nich vnikají o několik desítek milionů let mladší kambrické granity, přeměněné během variského vrásnění na metagranity.

Otázky k zastávce:

- ?** 1. Jaké jsou rozdíly mezi sedimentárními a vyvřelými horninami?
- ?** 2. Křemen je vůči zvětrávání a rozpadu při transportu ze všech minerálů nejodolnější. Pokud tedy srovnáme křemenný pískovec a drobu, která usazenina prodělala delší transport?

Pokus k zastávce:

U Zkuste v potoce nebo kádi rozvířit sediment. Které částičky rozvířeného sedimentu o různé zrnitosti se budou v kádince ukládat nejdříve a proč?

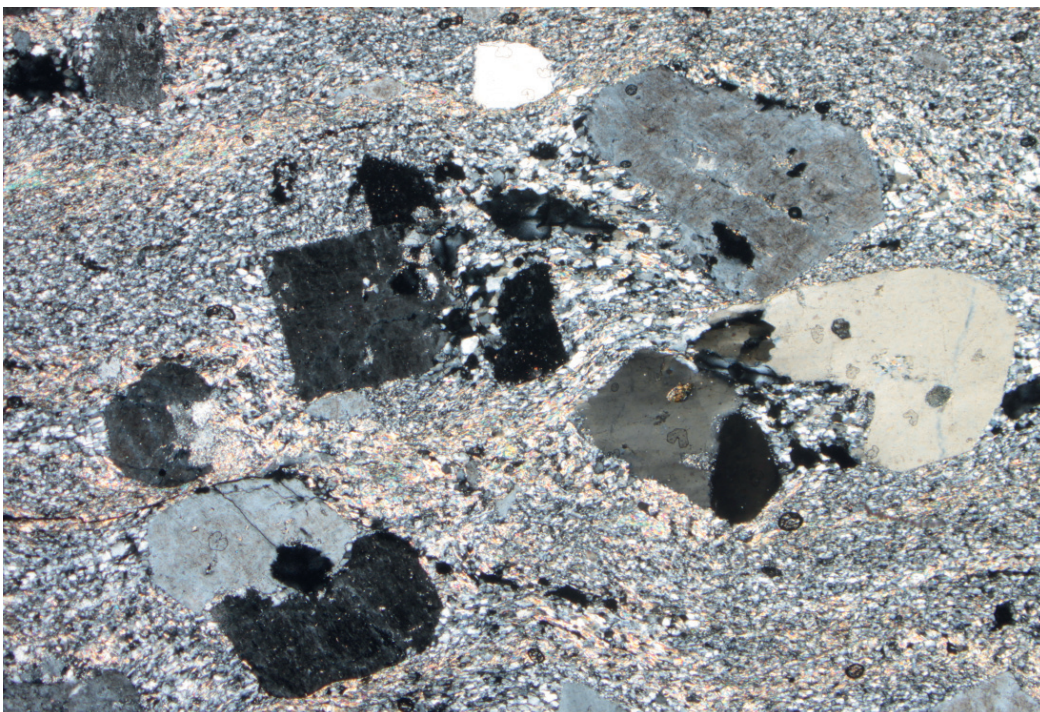


Geologická encyklopedie:
droba



Zastávka č. 4

Výchozy v zářezu cesty ve svahu Pod srním sedlem. Jemnozrnné šedé, šedorůžové, pleťově žlutohnědé kyselé metavulkanity (přeměněné sopečné horniny) kambrického stáří (50,7776156N, 14,9694647E)



V ohybu zářezu štěrkové cesty nad železniční tratí jsou odkryty drobné výchozy i suť velmi jemnozrnných hornin. Mikroskopicky (případně chemickou analýzou) je lze určit jako metavulkanity (metaryolity – přeměněné sopečné horniny s vysokým obsahem křemíku). Ty se vyznačují přítomností pravidelně omezených

« Obr. 8. Metaryolit s deformovanými a částečně rekrystalizovanými vyrostlicemi živců a křemene, obklopenými jemnozrnnou základní hmotou tvořenou křemenem, sericitem (jemným muskovitem), chloritem a živci. Snímek pořízen v mikroskopu s dvěma polarizačními filtry (jeden pod preparátem a jeden nad ním, vzájemně otočené o 90°).

vyrostlic křemene a živců (draselných i plagioklasů) a velmi jemnozrnnou základní hmotou tvořenou týmiž minerály a slídami (obr. 8). Tato struktura je typická pro rychle chladnoucí výlevné horniny nebo žíly, které pronikly mělce pod povrchem do již chladných hornin.

Stáří těchto hornin bylo laboratorně určeno na 505 milionů let. Tyto horniny se střídají se dvěma poměrně mocnými polohami krystalických vápenců (mramorů) patrně téhož stáří, doprovázených tenkými polohami vápnitých břidlic. Krystalické vápence jsou místy zkrasovělé a vznikají v nich krátké chodby, někde i se sintrovou nebo krápníkovou výzdobou. Nadložní poloha krystalických vápenců (mramorů) končí až u Srního sedla. V jejím nadloží se opět objevuje poloha kambrických silně drcených metagranitů.

Na severním svahu kóty 767 m n. m. (Rozsocha) pak přejdeme hranici metagranitů a fylitů (břidlic). Při kontaktu se střídají žlutozelené fylity s tmavě šedými až šedočernými grafitickými fylity, které obsahovaly větší příměs organické hmoty. Ta byla přeměněna na grafitickou substanci.

Výskyty žlutozelených fylitů pokračují až k Ptačím kamenům, kde se už ve fylitech objevují mocnější polohy metabazitů (přeměněných bazaltů), které vytvářejí až několik metrů vysoké skalní výchozy (zastávka č. 5).

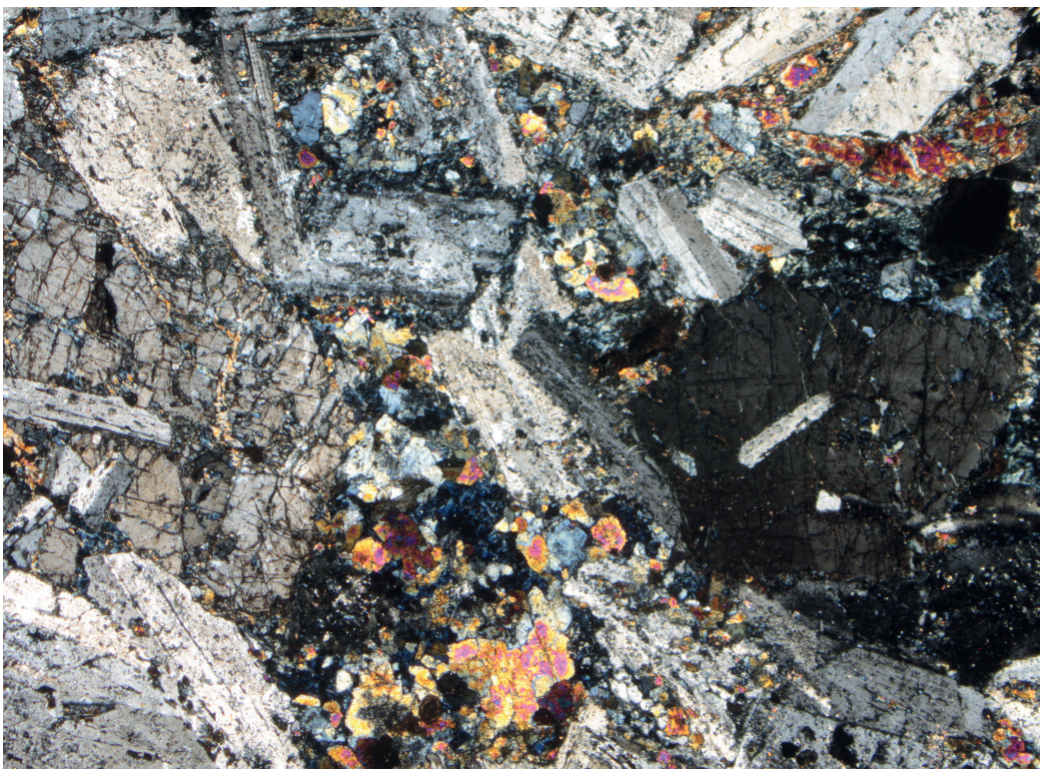


Geologická encyklopedie:
ryolit



Zastávka č. 5

Ptačí kameny – výchozy metabazitů, tzv. metadiabasů, přeměněných žilných bazaltů (50,7581442N, 14,9737683E)



Metadiabasy (přeměněné žilné bazalty) tvoří pravděpodobně zvrásněnou polohu o mocnosti prvních desítek metrů. Původně však pronikly do okolních sedimentárních hornin jako intruze, nejspíš jako ložní žíly. Následně byly během variské orogeneze zvrásněny a metamorfovány (přeměněny)

« Obr. 9. Hrubozrnný metadiabas s relikty původních magmatických minerálů (hnědavých pyroxenů a černých ilmenitů). Ptačí kameny. Snímek je pořízen v mikroskopu s dvěma polarizačními filtry (jeden pod preparátem a jeden nad ním, vzájemně otočené o 90°).

na tzv. **zelené břidlice** (podle zeleně zbarvených minerálů chloritu, aktinolitu, případně zelenožlutého epidotu). V mocnějších polohách jsou zachovány reliktů původních magmatických minerálů – pyroxenu, ilmenitu a hnědého amfibolu (obr. 9).

Většina původních magmatických minerálů je však během metamorfózy přeměněna za nižších teplot na sekundární metamorfní minerály jako jsou aktinolit, chlorit a epidot, bazické plagioklasy pak na albit.

V silněji rekrystalovaných partiích se vytváří metamorfní břidličnatost, což jsou plochy, podle nichž se horniny štípou. Mezi Ptačími kameny a Černou horou pak budeme procházet grafitickými fylity obsahujícími vložky bohaté na křemen, pyrit a organickou hmotu, která zabarvuje bulžníky do

černa. Posléze je vystřídají fylity s tenkými pásy kvarcitů, přecházejících směrem k vrcholu Černé hory do masivních kvarcitů.

Otázky k zastávce:

? Metabazity jsou přeměněné vulkanické horniny. Zkuste načrtnout jednoduchý komiks vzniku takové horniny, ve kterém by byly znázorněny hlavní události v historii vzniku metabazitu.



Geologická encyklopedie:
žíla



Zastávka č. 6

Kvarcity (metamorfované křemenné pískovce), kvarcitické fylity sz. od Černé hory (50,7523069N, 14,9784461E)

Vrcholové partie Černé hory (kóta 811) jsou tvořeny masivními, deskovitě či lavicovitě odlučnými kvarcity (metamorfovanými křemennými pískovci). V nezvětralém stavu mají většinou světle šedé barvy, v případně navětrání hnědožluté až okrové. Příměsí oxidů železa místy zbarvují kvarcity do červeno-hnědavých barev. Kvarcity tvoří vložkové polohy v chlorit-sericitických fylitech zejména v centrální části Ještědského hřbetu mezi Černou horou a Černým kopcem sz. od chaty na Pláních. V těchto původně dobře vytríděných sedimentech převažují křemenná zrna, světlá slída muskovit je v podřízeném množství. Přítomnost takto zralých sedimentů, neobsahujících úlomky nestabilních

minerálů jako jsou živce, a jejich velmi dobré vytrídění dokládají vznik v mělké vodě s vysokou dynamikou vlnění či proudů.

Intenzivně zvrásněné polohy kvarcitů jsou patrné zejména na výchozech v okolí Ještědu, kde se často vyskytují ležaté vrasy, které dokumentují stlačování ve směru SZ-JV během variské orogeneze. Stáří kvarcitů není přesně zjištěno. **Pískovce** obecně obsahují málo zkamenělin a metamorfóza navíc všechny případné stopy dávného života zahladila. Z geologických vztahů se však zdá, že kvarcity představují přeměněné pískovce původně ordovického stáří.

» Obr.10. Mohutná
vrása v kvarcitech
odkrytá v zatáčce
silnice na Ještěd.



Animace:
Ještěd –
geologický
vývoj





Zastávka č. 7

Vrchol Ještědu, kvarcity, kvarcitické fylity, vrásky v kvarcitech, kamenná moře (50,7326278N, 14,9842278E)

Vrchol Ještědu podobně jako vrchol Černé hory tvoří polohy světle šedých, bělošedých a okrově žlutošedých kvarcitů, místy jemně provrásněných. Jelikož jde, v porovnání s fylity, o velmi odolné horniny, vytvářejí velmi často až několik metrů vysoké skalní útvary a jejich nahromadění předurčilo Ještěd k tomu, že je nejvyšší horou hřbetu.

Kromě vrás v kvarcitech lze na svazích pod výchozy kvarcitů pozorovat rozsáhlá suťoviště, místy až charakteru kamenných moří. Jsou výsledkem mrazového rozpadu kvarcitů v chladných obdobích čtvrtohor.

Z vrcholu Ještědu je za příznivého počasí možné směrem k J a JZ pozorovat sedimenty české křídové pánve, pronikané řadou těles (žil, lakolitů, vypreparovaných sopouchů atd.) třetihorních vulkanitů (reliktů vyhaslých sopek). Na rozdíl od zvrásněných metasedimentů Ještědského hřbetu nebyly uloženy křídového moře zvrásněny a metamorfovány. Na kontaktu s lužickým zlomem bývají nakloněny, ojediněle až překoceny. Při pohledu k severu vidíme Libereckou kotlinu, kterou tvoří liberecká žula a v okolí Machnína též tanvaldská žula (granit). Nad Libereckou kotlinou se zvedají Jizerské hory, jsou tvořené odolnějším hrubozrnnějším jizerským granitem.

Otázky k zastávce:

- [?]** 1. Dokážete vysvětlit nebo názorně demonstrovat vznik vrás?
- [?]** 2. Když vezmete dvě různě tuhé látky, např. gumu a hadr, která se snáze ohýbá? Ve které můžete vytvořit jemné provrásnění, zatímco druhá vytvoří jen jednoduchý ohyb?

» Obr. 11. Sutě na svazích Ještědu vznikaly mrazovým zvětráváním během čtvrtohor.

Odborná náplň: doc. RNDr. Václav Kachlík, CSc.,
Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
Fotografie: Václav Kachlík, Pavla Gürtlerová, Věra Kadlecová,
Kateřina Rapprichová
Grafický design: Eva Šedinová, jazyková redakce: Vlasta Čechová

Pro město Jablonec nad Nisou
vydala Česká geologická služba, 2018



Geologická encyklopedie:
moře kamenné



www.geology.cz

