GEOLOG

odznak odbornosti

Vydala
česká ústřední rada
PO SSM
v nakladatelství
Mladá fronta

odznak
odbornosti

GEOLOG

odznak
odbornosti

GEOLOG

Rady a návody
k plnění a získání
odznaku odbornosti
Geolog

Vydala
česká ústřední rada PO SSM
v nakladatelství Mladá fronta
Praha 1988

© Michal Kováč, Soňa Pilková, 1988
Illustration © Michal Kováč, 1988
Photography © Bohuš Král, 1988

Milý pionýre, milá pionýrko!

Rozhodl jsi se plnit podmínky odznaku odbornosti Geolog. Líbí se ti rozeklané strmé skalní stěny vysokých hor, přitahuje tě tajuplnost jeskyň, začal jsi sbírat krystaly nerostů nebo zkameněliny. Rád čteš ilustrované publikace o pravěku Země, chceš vědět, jak vznikají sopky, co je příčinou zemětřesení. Odpověď na všechny tyto otázky čekáš od geologie.

Rozhodl ses správně. Ale nesmíš zapomenout, že geologie nejsou jenom zajímavosti, ale také kus poctivé práce a postupné získávání vědomostí. Při odpovědi na jednotlivé otázky se ti vynoří hned další. Zjistíš například, že mnoho dějů v neživé přírodě spolu navzájem souvisí a jeden bez druhého se nedají pochopit. Uvědomíš si, jak je věda o neživé přírodě vlastně až příliš živá.

Při poznávání neživé přírody se neobejdeš bez znalostí jejích nejzákladnějších zákonů. Budeš se muset doslova prokousat popisem některých nerostů a hornin — ale to všechno proto, abys je lépe poznal. Hned zpočátku tě zavalí množství názvů, které se budeš muset naučit. Ale jakmile všechno zvládneš, najednou ti každý kousek kamene začne vyprávět svoji historii a tím i historii Země. Už před tebou nebude skála jako skála. Na některé poznáš, že vznikla ztuhnutím žhavých mas z hlubin země. Jiná zase ukládáním nánosů na dně pravěkých moří. Každý potok či řeka se v tvých očích promění v geologického tvůrce.

Když si osvojíš všechno, co je v této knížce, budeš umět nejen sobě, ale i spolužákům vysvětlit, proč se například na březích řeky ukládají nánosy, a naopak, proč jinde voda břehy podemílá. Když se skloníš k lesní studánce anebo k prameni, určitě budeš chtít zjistit, jaký má původ, zda vyvěrá z hornin, anebo jen protéká sutí. Když se dostaneš do některé z pískoven s výskytem mořských lastur, pískovna se před tvýma očima promění v mořské pobřeží, kde lastura klesá na dno a zanáší ji písek přílivu. Staneš se téměř

detektivem, který umí číst z usazených hornin, dokáže určit i podmínky a prostředí, v kterých usazeniny vznikaly

Dostaneš-li se o prázdninách trošku dál od domova, třeba i překročíš hranice republiky a octneš se na mořském pobřeží, nebudeš už jen obdivovat jeho krásu a radovat se z koupání. Budeš si představovat složité geologické děje, které pobřeží vytvořily. Rozlišíš činnost příboje na skalnatém pobřeží od účinku vln na písečných plážích.

V našich nejvyšších horách, ve Vysokých Tatrách, v Krkonoších či Jeseníkách, zase zpozoruješ činnost mrazu na skalách a najdeš stopy po ledovcích z minulých geologických dob.

Pochopíš funkci živých organismů v neživé přírodě a jejich úzkou spojitost s ní, s prostředím, v kterém žijí. Rostliny čerpají z půdy živiny, svými kořínky chrání horniny před jejich splavením a tím i před účinky eroze. Na druhé straně však zase jejich kořeny rozrušují skály. Mnohé organismy se významně zúčastňují na tvorbě usazených hornin, které často vznikají nahromaděním jejich schránek anebo odumřelých těl, ať již to jsou vápence nebo hořlavé usazeniny, jako rašelina, uhlí či ropa.

Bude-li třeba rodičům, sousedům, babičce a dědečkovi nebo spolužákům na školním pozemku poradit, jaká je půda na zahradě, zda kyselá či zásaditá a jak je možné půdu zkvalitnit, budeš moci svými znalostmi pomoci. Zároveň poznáš, jak se má s úrodnou půdou dobře hospodařit a jak lze zabránit škodám, které jí může způsobit nešetrné zacházení.

Naučíš se cenit si i nerostného bohatství našeho státu a poznáš jeho význam pro národní hospodářství. Poznáš, jak je lidstvo v současné etapě svého vývoje závislé na nerostném bohatství. A také pochopíš, kolik staletí, kolik milionů let trvá, než vzniknou výtvory neživé přírody, které člověk může svou nepromyšlenou činností v krátkém čase snadno zničit. Naučíš se mít rád přírodu, vážit si jí a chránit životní prostředí.

Autor

MYŠLENKOU A KLADIVEM

Co zkoumá **geologie?** Z názvu, který vznikl z řeckých slov gé = zem, logos = věda, by vyplývalo, že je to věda o Zemi. Ve skutečnosti je však rozsah zájmů geologie trochu užší. **Geologie se zabývá studiem zemské kůry,** nejvrchnější částí zemského tělesa, jejím stavem dnes i v minulosti. Zjišťuje její nerostné a horninové složení, studuje účinky sil, kterým byla zemská kůra vystavená, ať již zevnitř či zvenku, usiluje o rekonstrukci jejich dějin a vývoje. Při studiu jevů a dějů zemské kůry přicházejí geologům na pomoc další vědní obory. Země jako vesmírné těleso je předmětem studia **astronomie.** Mnohé děje a jevy na Zemi podléhají zákonům **matematiky, fyziky** nebo **chemie.** Poznání života v minulosti pomáhají objasnit dnešní poznatky z **botaniky** a **zoologie.**

Člověk již v pravěku často nacházel úkryt před nepřízní počasí ve skalách, v kterých si začal budovat obydlí. Těžil a využíval rudy a jiné suroviny k výrobě nástrojů. Přesto je však geologie jako věda velmi mladá. Za předchůdce geologů můžeme považovat středověké horníky. Ti již trochu poodhalili tajemství skrývající se pod povrchem Země, ale trvalo ještě dlouho, než se zrodila věda nezávislá na náboženských představách o stvoření světa. Na vědeckém základě se začíná geologie rozvíjet až koncem 18. století, když byly definovány základní zákony o vztahu hmoty, pohybu a energie. O co je geologie mladší než jiné vědní obory, o to rychlejší je její vývoj. Heslo: **Myšlenkou a kladivem,** kterou vyslovili první geologové, by už dnes v mnohých odvětvích geologie znělo trochu jinak. Kladivo se v rukách geologů změnilo na složité přístroje a zařízení. S nimi mohou vědci zkoumat hluboké dno oceánů. S jejich pomocí se z letadel a družic dělají snímky Země, nebo porovnávají horniny zemské kůry s horninami Měsíce. Na druhé straně

se před geologem otvírá svět neviditelných struktur, protože elektronkový řádkovací mikroskop může až 500 000 až 1 000 000krát zvětšovat. Rentgenové metody umožňují nahlédnout do vnitřní stavby nerostů. Objevení poločasu rozpadu uranu a výzkumu izotopů pomáhají stále přesněji stanovit skutečný věk hornin. Vrty na pevnině pronikají až do hloubky 12 000 metrů, a dostaly se až na dno oceánů. O složení Země a zemské kůry se dozvídáme na základě geofyzikálních měření. Právě geofyzika byla koncem padesátých let iniciátorkou zrodu nové geologické koncepce — teorie litosférických desek (o nich se dočteš v další kapitole).

Na rozdíl od jiných věd, jejichž předmětem je poznávání neživé přírody v současném stavu, se geologie zajímá i o její minulost. Pojem času je pro geologa jiný než pro ostatní lidi. Pracuje s milióny let stejně, jako my uvažujeme v hodinách, dnech nebo měsících. Zdánlivě nehybná skála, nezměněná po staletí, v mysli geologa ožívá. Před jeho očima vzniká, podléhá nejrozličnějším změnám až po svůj zánik. Geolog ví, jak krystalizují nerosty v hlubinách Země, jak se tvoří mohutné soubory hornin z náplavů, vrásní se, vznikají pohoří, která jsou vzápětí rozrušena. Pevniny jsou zality mořem, vznikají a zanikají nejrůznější druhy pravěkých živočichů a rostlin.

Jevy, které se vyskytují na Zemi a čerpají energii z nitra Země anebo je způsobují vnější geologičtí činitelé, se zabývá **všeobecná geologie.** Složení a stavbu těles horninových mas zemské kůry zkoumá **strukturní geologie.** Vznikem, vlastnostmi a přeměnami hornin se zabývá petrografie, nauka o horninách. Uložením hornin a poruchami rušícími uložení hornin zkoumá tektonika. O vzniku nerovností na zemském povrchu a jejich zarovnávání nás poučuje dynamická geologie. Jestliže jsou předmětem jejího studia jevy, které způsobují vnitřní geologičtí činitelé (například sopečná činnost, zemětřesení, horotvorné děje), nazývá se endodynamika. Vnitřní geologičtí činitelé způsobují vznik nerovností na zemském povrchu. Proti vnitřním geologickým čini-

telům působí vlivy vnějších geologických činitelů, jež svou rušivou, přepravnou a tvořivou činností zemský povrch zarovnávají. Část všeobecné geologie, která se zabývá činností vnějších geologických činitelů, nazýváme exodynamika. Předmětem jejího studia je zejména účinek ovzduší, vody a organismů v přírodě.

Dějiny zemské kůry, rozsah pevnin a moří, změny podnebí v závislosti na horotvorných dějích zkoumá **historická geologie.** Její neoddělitelnou součástí je nauka o vyhynulých organismech, o jejich vývoji a přeměnách — paleontologie. Věk a posloupnost uložení vrstev usazených hornin je předmětem studia stratigrafie. Rekonstrukci povrchu Země v jednotlivých obdobích geologické minulosti nám přináší paleogeografie.

Geologické poznatky o určitém území shrnuje **regionální geologie.** Popisuje jeho stavbu, horninové složení, tektoniku, výskyt ložisek a tak dále.

Geologie přímo navazuje na práci mnohých vědních oborů. Geomorfologie je věda studující tvary zemského povrchu, pedologie zase nauka o půdách. Vědní obor, který se zabývá studiem nerostů, jejich chemickými a fyzikálními vlastnostmi se nazývá mineralogie. Popisem tvaru nerostů a zákonitostmi jejich vzniku se zabývá krystalografie.

Z hlediska praxe je velmi důležitá **užitá geologie.** Vždyť právě ona zaručuje chod báňského, těžebního, chemického a stavebního průmyslu. Podle zaměření rozeznáváme geologii ložisek rudných a nerudných surovin, inženýrskou geologii a hydrogeologii.

Věta Mente et malleo — Myšlenkou a kladivem — stručně, ale výstižně charakterizuje práci geologů. Jestli se chceš zabývat geologií, i ty se jí budeš muset řídit.

Nejprve se musíš prokousat mnohými geologickými poučkami a termíny. Potom začni zkoumat tajemství, které před tebou skrývá neživá příroda v nejbližším okolí tvého bydliště. A potom vyjdeš do přírody. Mnohé jevy a děje, ať je to vzhled hornin, uložení vrstev a nebo působení vnějších

geologických činitelů — vody, větru, moře a podobně, musíš poznat na vlastní oči, budeš si je muset doslova ohmatat. Právě zde načerpáš hodně poznatků a zkušeností, které tě podnítí k tvé další činnosti a studiu.

SRÁŽKA KONTINENTŮ

DO HLUBIN ZEMĚ

Země — planeta, na které žijeme, se odlišuje od ostatních, našemu pozorování dostupných planet. O jejích rozmanitých tvarech hovoří už jen letmý pohled na mapu světa. Vidíme, že se na jejím povrchu střídají modré plochy moří a oceánů s obrysy jednotlivých kontinentů.

Pevniny, podobně jako dna oceánů, jsou rozbrázděné pásmy pohoří a oceánskými hřbety, hlubokými údolími, kaňony a příkopy. O tom, že Zem žije a dýchá, svědčí k nebi se tyčící žhavé krátery sopek. Zprávy ze světa přinášejí informace o katastrofálních účincích zemětřesení.

Jak je možné vysvětlit rozmístění pevnin a oceánů na zemském povrchu, jak zdůvodnit vznik vysokých pohoří či podmořských kaňonů a příkopů? Odkud se bere energie dodávající sílu vulkánům či zemětřesením, dějům, které vytvořily a vytvářejí naši planetu?

Zodpovídat tyto otázky není jednoduché. Těžko bychom na ně hledali odpověď na povrchu pevnin nebo na dně oceánů, i když právě zde se nacházejí první stopy. Budeme-li je sledovat, povedou nás do nitra Země, neboť právě zde je ukrytý zdroj jejího života a stálé přeměny.

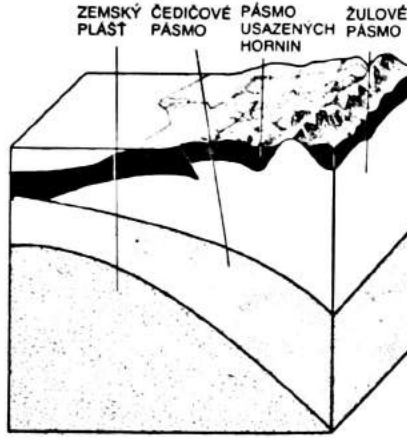
Naše možnosti přímého pozorování složení Země směrem do hloubky jsou velmi omezené. Vždyť nejhlubší vrt na světě v Murmanské oblasti dosáhl 11 662 m. U nás v Československu máme u Lakšarské Nové Vsi vrt hluboký 6405 m a na Moravě u Jablůnkova máme vrt hluboký 6407 m. Z poněkud větších hloubek nám přinášejí informace sopky. Láva, která z nich vytéká, může pocházet až z hloubek 400 km. Na první pohled se zdá, že je to mnoho. Ale jakmile tuto hloubku srovnáme s poloměrem Země 6370 km, zjistíme, že se

pohybujeme jen v tenké skořepině na povrchu zemského tělesa. O tom, co je hlouběji, usuzujeme zatím jen na základě nepřímých důkazů.

Povrchovou část Země tvoří zemská kůra. Je složena z nerostů a hornin, s kterými se seznámíš blíže v následující části této knížky.

Geologové zjistili, že zemská kůra v oblasti pevnin se svým složením odlišuje od kůry v oblasti oceánů. Zemská kůra pevnin má mocnost 30—40 km. Pod mladými pásmovými pohořími, například pod Himálajem dosahuje mocnost až 80 km. Na dně oceánů má však jen 6—15 km mocnosti.

Zemská kůra pevnin, **pevninská (kontinentální) kůra** se skládá na povrchu z **pásma**, kde převládají **usazené horniny**. Pod ním je pásmo hornin, jejichž složení můžeme přirovnat k žule (vyvřelé a přeměněné horniny), proto má název žulové pásmo. Nejhlouběji je pásmo podobné čediči — čedičové pásmo.



Na dně oceánů, kde chybí **žulové pásmo,** se pod tenkou vrstvou usazenin nachází přímo **čedičové pásmo.** Tento druh zemské kůry nazýváme **oceánská kůra.**

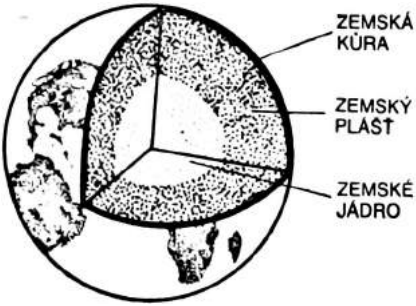
Pevniny nekončí u břehu moře, ale pokračují pod jeho hladinou. Hloubka moře na okraji pevnin není velká, má nejvíce 200 m. Sklon mořského dna je tu mírný. Tuto oblast nazýváme **pevninským šelfem.** Na konci šelfu se začne dno moře prudce svažovat do hloubky. Tuto oblast nazýváme pevninským svahem. Podobně jako šelf, i **pevninský svah** tvoří kůra pevninského (kontinentálního) typu. Za pevninským svahem už dno oceánu vytváří **oceánská zemská kůra.**

K poznání hlubin Země byl učiněn velký krok vpřed objevem **šíření zemětřesných vln** na povrchu a v nitru zemského tělesa. Zemětřesné vlny reagují při přechodu horninovými masami na jejich složení. Na rozhraní, kde se mění látkové složení hornin, mění vlny svůj směr, lámou se. Na základě jejich studia vyčlenili geofyzikové několik rozhraní — **ploch nespojitosti,** oddělujících jednotlivá pásma Země.

Plocha, která na pevninách odděluje lehčí žulové pásmo od čedičového, se nazývá podle svého objevitele **Conradova plocha.** Ještě významnější je plocha, která odděluje zemskou kůru (pevninskou a oceánskou) od zemského pláště. Tato se nazývá Monorovičičiova plocha, zkráceně plocha MOHO.

Několik dalších ploch ještě rozděluje **zemský plášť** na vrchní a spodní část, pod kterou se v hloubce 2900 km nachází **zemské jádro.**

O složení zemské kůry ještě leccos víme. Horší je to s naším poznáním spodních pásem zemského tělesa — zemského pláště a jádra. Zde nám opět přicházejí na pomoc vědomosti o šíření zemětřesných vln a úlomky z jiných planet dopadající na zemský povrch. Tyto úlomky nazýváme meteority a v zásadě je můžeme rozdělit na kamenné a železné. Kamenné **meteority** se svým složením podobají vrchním částem Země. Na základě složení železných meteoritů usuzuje-



me, že **zemské jádro** (jeho poloměr je 3470 km) se skládá zejména z železa a niklu, proto se pro ně často používá i název NiFe. A protože ta část zemětřesných vln, která se nešíří kapalinami, zemským jádrem neprochází, usuzujeme, že jádro je ve žhavém tekutém stavu.

Teplota směrem do nitra Země stoupá. V oblasti zemského jádra se odhaduje na 6000 °C. Odkud se vzala tato teplota, co je zdrojem její energie? Část energie Země získala už při svém zrodu před 4,7 miliardami lety, kdy se působením gravitačních sil shlukly kosmické částice. Druhým významným **zdrojem vnitřní energie Země** je ustavičně probíhající **rozpad radioaktivních prvků**, a konečně i Slunce, jehož záření dopadá na zemský povrch.

Hmota **zemského pláště** (jeho horní část) se skládá zejména z křemičitanů, ze železa a hořčíků. Na složení spodní části je více názorů. Podle jedné skupiny geologů se svým složením podobá vrchní části. Podle druhé se skládá zejména z oxidů a sulfidů železa, hořčíků a jiných kovů.

Geofyzikálními měřeními byly v hloubkách 100—150 km pod povrchem zachyceny tepelné a gravitační rozdíly oproti zemskému povrchu. Geologové je vysvětlují pohybem natavených mas **vrchní části zemského pláště**. Tento pohyb nazýváme konvekční proudění. Podobá se pohybu vody

v baňce při zahřívání. Ve středu baňky, kde je voda teplejší, vystupuje na povrch, u stěn se naopak ochlazuje a klesá na dno.

Natavená hmota vrchní části pláště vystupuje na povrch v oblasti **středooceánských hřbetů.** Ty se táhnou dnem oceánů v podobě rozeklaných valů. Svůj název dostaly od podmořského hřbetu, který prochází středem Atlantského oceánu. Tam, kde se hřbet vynoří nad hladinu, nacházíme ostrovy, k nimž patří i Island. Na středooceánských hřbetech se z žhavého magmatu, složením podobnému čedičům, vytváří nová oceánská kůra. Přibýváním nového magmatu ve středu oceánského hřbetu se starší vrstvy dna rozestupují. Na tomto pohybu se zúčastňuje konvekční proudění. Na bocích oceánského hřbetu vznikají nové a nové pruhy oceánské kůry. Ty se dále rozpínají na obě strany. Dno oceánu narůstá. Složitými geologickými měřeními se zjistilo, že Atlantský oceán se začal dostávat do své dnešní podoby asi před 125 milióny lety.

Teď si jistě položíš otázku: Když se dno oceánu rozšiřuje, zvětšuje se tím i velikost poloměru Země? Odpověď zní: Ne. Tak jako vznikala na středooceánských hřbetech nová oceánská kůra, jsou na zemském povrchu v oceánech místa, kde dochází k jejímu zániku. Je tomu tak v oblasti, kde se na místech sestupných proudů konvekčního proudění oceánská kůra noří do hloubky.

Spolu s oceánskou kůrou se pohybuje i **pevninská kůra.** Nepřímé důkazy tohoto pohybu přinesli badatelé již dávno. Například A. Wegner (1912) poukázal ve svých pracích na podobnost východního okraje obou Amerik se západním okrajem Evropy a Afriky. O tom, že tyto kontinenty původně souvisely, přinesli geologové celou řadu důkazů. Kromě výskytu stejných hornin patří k velmi důležitým svědectvím nálezy stejných zkamenělin (glossopterisová flóra). Ty se staly dokladem původní sounáležitosti těchto pevnin ještě v čase prvohor. Jižní Amerika, Afrika, Indie, Austrálie a Antarktida tehdy tvořily na jižní polokouli pevni-

nu nazývanou Gondwana. Na severní polokouli, oddělena praoceánem Paleotethys, se rozprostírala pevnina Labrasia, která se skládala z dnešní Severní Ameriky, Evropy a Asie.

Obě pevniny vznikly rozpadem předprvohorní prapevniny **Pangea.**

Na první pohled je celistvá zemská kůra rozčleněna na 12 větších a několik menších **litosférických desek** o mocnosti 30—250 km. Tvoří je pevninská a oceánská kůra a doslova plavou jako kry na natavených vrstvách zemského pláště — astenosféře. Pohyb těchto desek způsobuje konvekční proudění a rychlost jejich pohybu je až několik centimetrů za rok.

Novou **teorii o pohybu litosférických desek** nazvali geologové **teorií globální tektoniky.**

OHNIVÝ ŘETĚZEC

Zdánlivě pomalý pohyb litosférických desek se čas od času projevuje obrovskými ničivými účinky. Všichni si ještě pamatujeme zprávu o silném zemětřesení 19. září 1985

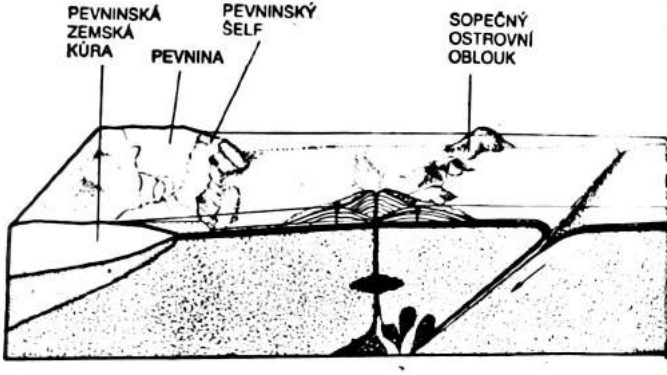
v hlavním městě Mexika, kde se část největšího města na světě proměnila v rozvaliny. Při zemětřesení v roce 1923 v Japonsku bylo podobně zničené Tokio, Jokohama a deset dalších velkých měst. Na mnohých místech se mořské dno zdvihlo nad hladinu a velké části souše zalilo moře. Zemětřesení v San Francisku (duben 1906) doslova přemodelovalo krajinu. Byly tu zaznamenány posuny půdy až o 4 metry a v zemi se otvíraly trhliny široké až 20 metrů. Jak došlo k těmto zemětřesením?

Katastrofu v Mexiku způsobil tlak dvou proti sobě se pohybujících litosférických desek. Na západním pobřeží Mexika se oceánská deska (Kokosová deska) ponořila pod pevninskou desku severoamerické pevniny. Mezi deskami vzniklo silné tření. Jejich pohyb se na určitý čas zastavil. Tlak však neustával, naopak se zvětšoval. Když dosáhl potřebné síly na překonání tření, oceánská deska se posunula o 25 centimetrů. Tento pohyb vyvolal obrovské otřesy v zemské kůře — zemětřesení.

Zemětřesení v San Francisku způsobily jiné příčiny. Podél zlomu San Andreas se tu stýkají dvě pevninské desky, které jejich vzájemné tření spojuje dohromady. Občas se však prudce pohnou, což má za následek silné otřesy v těchto místech.

Pohyb litosférických desek má kromě **zemětřesení** za následek často i **sopečnou činnost**.

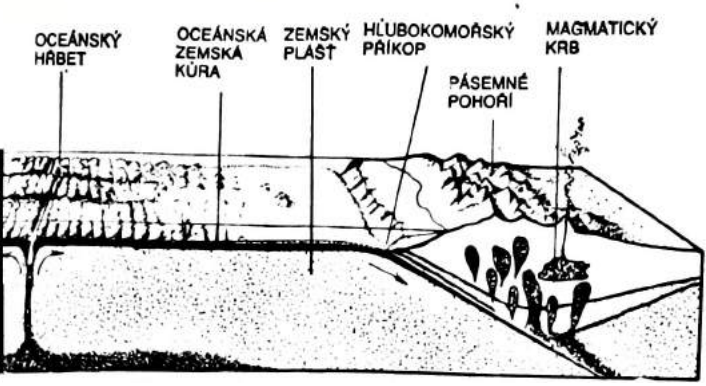
13. října 1985 zaznělo do večerního ticha nad zasněženými vrcholy And několik dunivých výbuchů. Téměř současně s nimi vystřelil nad vrcholem sopky Nevado del Ruiz ohnivý jazyk do výšky 25 000 metrů. Při prvním výbuchu se z kráteru sopky vyvalily oblaky páry a několik tun popelu, nevytékala však láva. Mračno dýmu a popelu vystoupilo do výšky 14 000 metrů. Jeho clona zahalila slunce, přičemž teplota rychle klesla z 25 °C na 13 °C. Při druhém výbuchu, který byl zřetelně slyšet až do vzdálenosti 220 kilometrů, se dostávalo do vzduchu další obrovské množství žhavého popelu a rozpálených balvanů. Vysoké teploty



Oceánská kůra vzniká na oceánských hřbetech a zaniká v oblasti hlubokomořských příkopů

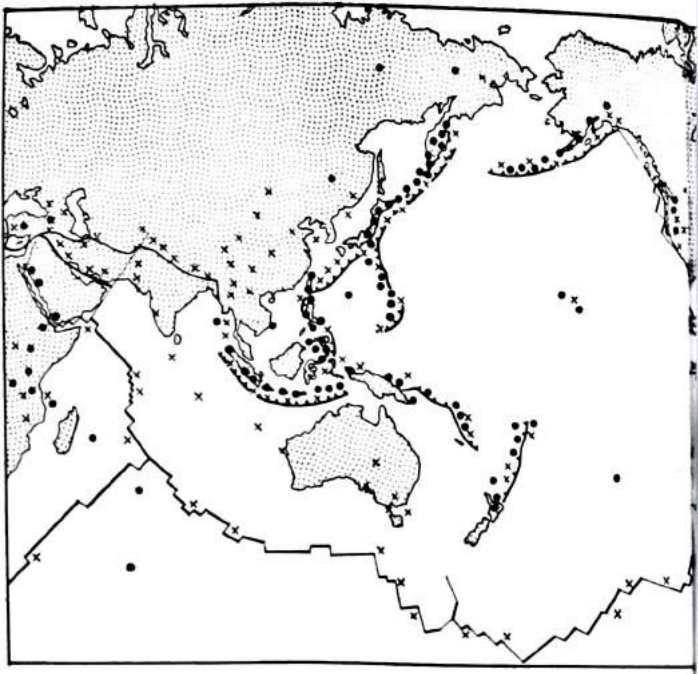
v okolí sopečného kužele vykonaly své dílo. Sníh a ledovce, které pokrývaly vrchol sopky, začaly roztávat. Měnily se v divokou řeku unášející všechno, co se jí postavilo do cesty. Už to nebyla voda, ale jakási bahenní lavina, místy až 15 metrů vysoká. Proudy bahna unášející též obrovské balvany se řítily po svazích sopky rychlostí 50 kilometrů za hodinu. Zaplnily údolí řeky Languilly a jejich rychlost se zvětšila na 80 kilometrů za hodinu. Novými přívaly bahenní masy nabýval proud na síle i rychlosti. Není divu, že před touto divokou bestií nebylo úniku. Zákeřně přepadla a pochovala město Armero, v němž padlo za oběť více než 27 000 obyvatel. Kolumbijská katastrofa se řadí mezi jeden z největších a nejvražednějších sopečných výbuchů v historii lidstva.

Podobně jako zemětřesení v Mexiku i výbuch sopky Nevado del Ruiz v Kolumbii způsobil pohyb oceánské desky dna Tichého oceánu, která se posouvá pod západní okraj



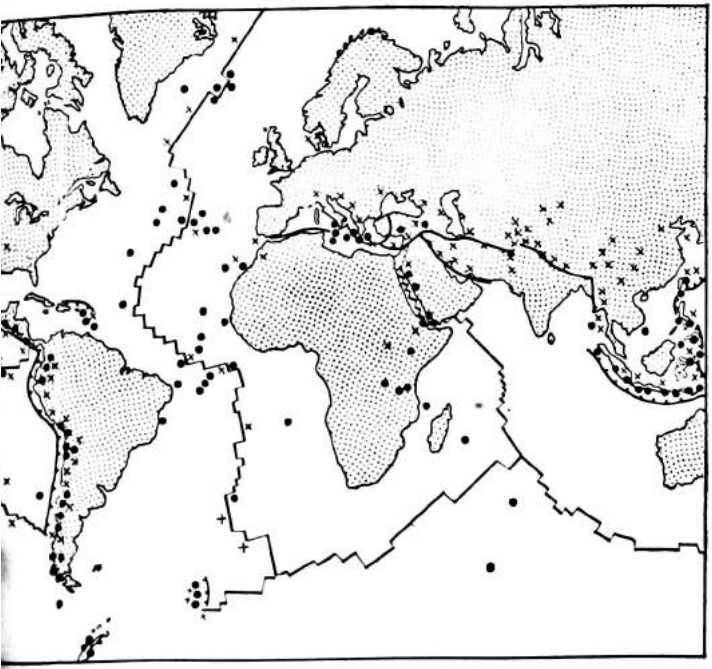
celé americké pevniny. Ponořující se deska se v hloubce 80—250 kilometrů za vysokých teplot a tlaků roztaví. Tato tavenina — magma obohacené vodou z usazenin mořského dna je lehčí než okolní horniny, proto začne vystupovat nahoru. Na své cestě roztavuje horniny, kterými prochází, a v hloubce okolo 30 kilometrů se začne vytvářet velké množství plynů a par. Pokud je magma v hloubkách, plyny a páry nemohou uniknout. Ale jakmile vystoupí k povrchu, do oblasti nižšího tlaku, začnou se plyny a páry rychle uvolňovat. Nastane výbuch sopky.

Podíváš-li se na mapu světa, zjistíš, že většina činných sopek se nachází v pruzích podél okrajů pevnin. Jeden, který se nazývá Velkým ohnivým řetězcem, se táhne podél západního pobřeží Severní a Jižní Ameriky, přes Aljašku, přechází na Aleuty, dále východním pobřežím Asie. Druhý sleduje v rovníkovém směru jižní okraj Evropy a přes Malou Asii pokračuje k ostrovům Indonésie, kde se spojí s Velkým ohnivým řetězcem. Další sopky se nacházejí na středooceánských hřbetech, například na Islandu.



Rozmístění pásem ● *činné sopky* x *zemětřesení*

Na západním pobřeží Severní a Jižní Ameriky se oceánská kůra podsouvá přímo pod okraj pevniny. Pásemná pohoří jsou prostoupena magmatickými masami. Na povrchu je řada činných sopek (například Hora sv. Heleny, Nevado del Ruiz). Jiná situace je na jihovýchodním okraji Asie. Zde v oblasti Aleutských ostrovů, Kamčatky, Kurilských ostrovů, japonských ostrovů, Filipín, Indonésie, Nové Guine-

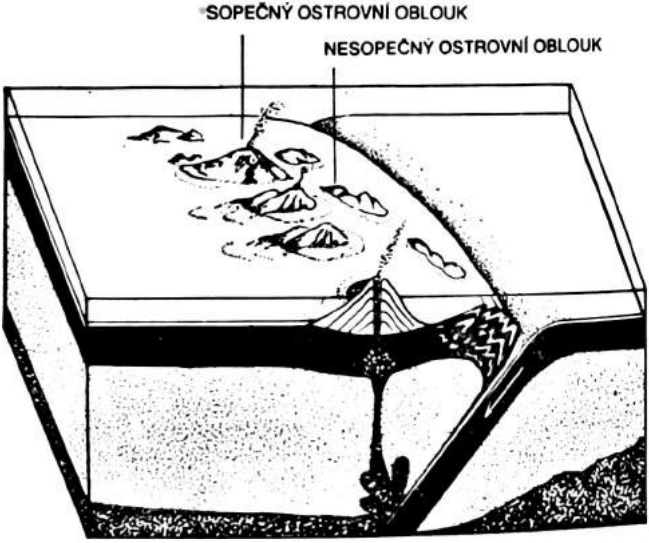


oblasti oceánských hřbetů *oblasti podsouvání*

je a tak dále, se oceánská kůra v hlubokomořských příkopech, jako jsou aleutské, kurilské, mariánské, podsouvá pod jinou část oceánské kůry. Roztavením hornin v hloubkách vzniká magma, které vystupuje v podobě lávy na povrch. Vznikají sopečné ostrovy. Jsou uspořádané v obloukovitých řetězcích, které nazýváme **sopečné ostrovní oblouky** (vulkanické ostrovní oblouky).

Složení magmatu v oblasti sopečných ostrovních oblouků už není čedičové jako na středooceánských hřbetech. Magma se tu obohatilo o látky z natavených usazených hornin. Proto sopečné ostrovní oblouky mají už zčásti pevninový typ kůry. V oblasti sopečné činnosti, ať již v pásmových pohořích nebo ostrovních obloucích, pevninská kůra narůstá, podobně jako narůstá oceánská kůra v oblasti středooceánských hřbetů.

Ale jak vlastně ostrovní oblouk vypadá zblízka? Směrem od oceánu se oceánské dno svažuje do hlubokomořského příkopu. Jeho dno není pokryté usazeninami, protože ty mizí v hlubinách Země. Na opačné straně příkopu se nachází nejprve řada ostrůvků nebo vyvýšenin mořského dna. Jsou složené z usazených i přeměněných hornin. Připomína-



jí často těsto seškrábnuté nožem z misky, v níž se zadělávalo na koláče. Za tímto **nesopečným obloukem** se nachází **sopečný oblouk.**

Víme, že zemětřesení vzniká uvolněním napětí v zemské kůře. Takovéto uvolnění se projevuje nejčastěji pohybem horninových celků zemské kůry. Proto při podsouvání oceánských desek často dochází ke vzniku zemětřesení. Sledováním ohnisek zemětřesení se zjistilo, že jsou rozmístěná na ploše, která se odklání od hlubokomořského příkopu směrem pod sopečný ostrovní oblouk. Zemětřesení vlastně provází podsouvající se desku až do hloubek, kde se deska úplně roztaví. Tuto plochu nazýváme na počest jejího objevitele **Wadattiho-Benioffova plocha.**

Zemětřesení často souvisí s místy styku litosférických desek, mohou být však způsobena i výbuchem sopek, zřícením klenby jeskyň, nebo zavalením starých báňských chodeb. V porovnání s předcházejícími je však jejich síla nepatrná

SRÁŽKA KONTINENTŮ

Vznik nového oceánu rozpínáním oceánského dna vystřídá po určitém čase jeho postupný zánik. Úplným ponořením (subdukcí) oceánské kůry dochází k **„srážce kontinentů".** Mohutná souvrství usazenin při okrajích pevnin jsou spolu s vyvřelými a přeměněnými horninami složitě deformovaná a zvrásněná. Takto vznikly v geologické minulosti i Západní Karpaty nebo nejvyšší hory světa Himálaj. Karpaty vznikly „srážkou" Afriky a Evropy, Himálaj „srážkou" Indie a Asie.

Srážka kontinentů obyčejně nestačí na vyčerpání tlaku. Pohyb bloků neustává. Jeho důsledkem je, že se jeden z pevninských bloků, zatížený hmotností vznikajícího horstva, začne nořit pod druhý nasouvající se blok. Usazeniny, které vznikají rozrušováním vyzdvihovaného pohoří, se usazují v jeho předpolí — na klesajícím bloku. Když nasouvání pokračuje, jsou většinou tyto usazeniny zvrásněné. Ale zde

už nejde o zánik oceánu, nýbrž o kolizi dvou pevninských bloků (desek). V Západních Karpatech můžeme tento děj přirovnat k druhé etapě alpinsko-himálajského vrásnění, při kterém vznikaly vnější Západní Karpaty. Ty u nás tvoří Ždánický les, Chřiby, Bílé Karpaty, Beskydy, Javorník, Hostýnské a Vsetínské vrchy, Vizovickou vrchovinu, Oravskou Maguru, Čergov, Ondavskou vrchovinu a Užskou vrchovinu.

I PEVNINY ROSTOU

Západní Karpaty, jejichž hřebeny se dnes zdvíhají k obloze na území Slovenska, jsou jen jedním ohniskem z dlouhého řetězce pohoří, která lemují jižní pobřeží Evropy a odtud se táhnou podél jižního a jihovýchodního pobřeží Asie. Nazýváme je **pásemné pohoří**. Patří sem Pyreneje, Apeniny, Alpy, Karpaty, Balkán a tak dále.

Součástí gigantické stavby každého pásemného pohoří jsou usazené horniny, jako jsou vápence, dolomity, pískovce či slepence, které dnes nacházíme v obrovských nadmořských výškách. My však víme, že usazené horniny vznikají v snížených částech zemského povrchu, především ve velkých pánvích, jako jsou moře a oceány.

Jak se dostaly tak vysoko? „Dějiny pohoří" začínají na mořském dně, v blízkosti okrajů pevnin.

Dno moře v minulosti ustavičně poklesávalo. Shromažďovalo se tu obrovské množství nánosů. Usazování doprovázela sopečná činnost, jejíž produkty se hromadily společně s usazeninami. Vzpomeň si na sopečný a nesopečný oblouk. V dalším vývoji sílily horotvorné tlaky a horniny se začaly vrásnit. Ty usazené a vyvřelé horniny, které byly vtlačeny do velkých hloubek, se proměnily a vznikaly přeměněné horniny. Část jich se ve velkých hloubkách zcela roztavila, aby dala později vzniknout horninám podobným žule. Tak se vytvořily masy hlubinných vyvřelin.

Dalším tlakem, jako kdybys vytlačoval plastelínu čelistí svěráku, se zdvíhá pásmové pohoří, pro které je charakte-

ristická příkrovová stavba. O ní bude ještě řeč dále. Taková pohoří se podle geologů nazývají pohořími **alpského** typu.

Dnešní horské velikány jsou z pohledu geologa velmi mladé. Vznikly horotvornými ději v čase **alpínsko-himálajského vrásnění.**

Kdybychom měli k dispozici například mapu Evropy asi před 300 milióny let, k obloze by se na ní zdvíhaly vysoké štíty pohoří na území dnešní Anglie, Portugalska, Španělska, severní a střední Francie, tedy tam, kde už dnes vysoké hory nejsou. Velkou výšku by mělo pohoří Harzu a naše Krušné hory a Krkonoše. A naopak — po dnešních Alpách, Karpatech, Dinárském pohoří či Himálaji by nebylo ani stopy.

Tato starší pohoří dnes už nejsou tak vysoká. Podlehla rozrušování, „zubu času", erozi. Vznikala v době horotvorných dějů v prvohorách, které nazýváme **variské vrásnění.**

Ještě starší prvohorní mapa Evropy by zobrazovala pohoří, které zdvihlo do výšky **kaledonské vrásnění.** Vrcholy hor na území Anglie a západního Norska by lemovaly ještě starší oblasti, skandinávský štít a ruskou tabuli.

Nejstarší části pevnin jsou oblasti štítů. Ty vznikly jako pozůstatek starých horských pásem z doby prahor a starohor. Když si uděláme rekapitulaci, zjistíme, že vlastně pevnina se postupně rozrůstala. K starému jádru štítů, které nazýváme Praevropa, se postupně připojila v době vrásnění nová pásma pohoří. Pásmo pohoří, které vzniklo kaledonským vrásněním, nazýváme Paleoevropa. Variské vrásnění přidalo k Paleoevropě část nazývanou Mezoevropa a nakonec evropská pevnina narostla o území dnešních pásmových pohoří. Stalo se tak v době horotvorných dějů alpínsko-himálajského vrásnění. (Tuto část nazýváme Neoevropa.)

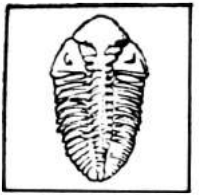
Podobně jako jsme si vysvětlili „narůstání" pevnin na příkladu Evropy, probíhal tento proces i na ostatních kontinentech. Zemská kůra se v době jednotlivých vrásnění zpevňovala. Usazeniny se vrásnily a postupně přeměňovaly. Zemskou kůrou pronikaly obrovské masy hlubinných vyvřelin.

PALEOEVROPA
PRAEVROPA
MEZOEVROPA
KARPATY
ALPY
NEOEVROPA

Tento proces nazýváme **zpevňováním zemské kůry — kratonizací.**

Na druhé straně se však pevnina „zmenšuje". Působením vnějších geologických činitelů, ať již slunečního záření, větru, mrazu, vody a tak dále, dochází k ustavičnému rozrušování zemského povrchu. Však už jen z předcházejících řádků si můžeš udělat představu o síle rozrušování, které zahradilo několik vysokých pásem pohoří. Na řadě míst pevnina klesala a zalévalo ji moře. Tvořily se zárodky nových oceánů. V **riftech**, jak se tato místa nazývají, začala vznikat oceánská kůra na úkor pevnin.

ZEMĚKLIČ



Zeptal jsem se jednou svých mladých kamarádů, zda vědí, jak vznikají horniny. Chvilku přemýšleli a potom mi jeden z nich odpověděl: „Horniny vznikají tam, kde jsou sopky." Jeho odpověď byla v podstatě správná. Vždyť právě sopky jsou místem, kde se žhavá hmota z nitra Země vylévá na povrch a jejím tuhnutím vznikají horniny typu čediče, andezitu nebo ryolitu. O něco hůře už si můžeme představit vznik hornin typu žuly. Takové horniny vznikají ochlazováním a krystalizací žhavé hmoty — magmatu — hluboko pod zemským povrchem. To, že dnes tvoří rozeklané štíty našich nejvyšších pohoří, je výsledkem eroze — účinku slunečního záření, větru, mrazu či vody. Díky tomuto účinku jsou **vyvřelé horniny**, jak horniny typu žuly nebo čediče nazýváme, spolu s ostatními horninami na zemském povrchu neustále rozrušovány, přenášeny z místa svého výskytu a znovu ukládány v podobě nánosů v nížinách zemského povrchu. Po jistém čase vznikají z nánosů sedimenty — **usazené horniny**, jako jsou pískovec, slepenec, jílovec, vápenec, slínovec či dolomit. A do třetice — jakmile se dostanou usazené nebo vyvřelé horniny v době horotvorných dějů do velké hloubky, stávají se z nich za vysokého tlaku a velké teploty buď metamorfované — **přeměněné horniny**, nebo se opět roztaví na magma. Chladnutím a tuhnutím magmatu pak vznikají vyvřelé horniny. A tak se děj může opakovat. Začíná opět rozrušování hornin na zemském povrchu, jejich odnos a vznik dalších nánosů usazenin.

Usazené horniny vznikaly v různých obdobích. Obsahují různé zbytky zkamenělých organismů — zkameněliny. Jsou-li porušené, je to svědectví o horotvorných dějích. Geologové se už dlouho snažili tyto skutečnosti dát do časových souvislostí, chtěli zjistit, které horniny jsou starší, které

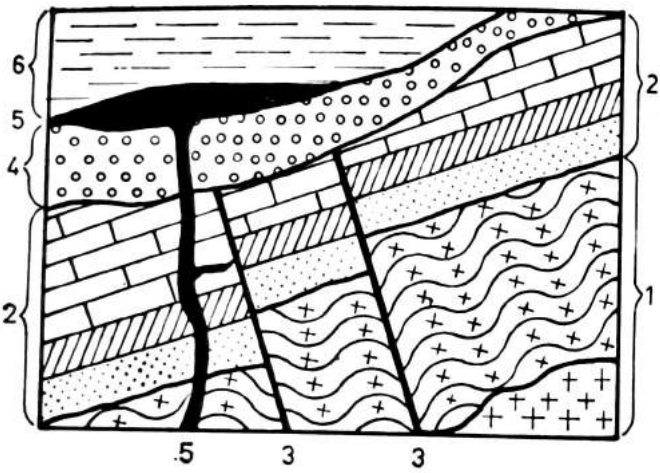
mladší, které usazeniny vznikaly v jednom období, jakého jsou stáří, kdy horniny narušilo vrásnění atd. Tak se podařilo postupně zformulovat základní zákony, které pomáhají geologům při jejich práci. Dá se říci, že je to jakýsi „zeměklíč", podle kterého je můžeme třídit.

První zákon je velmi starý a nazývá se **zákon superpozice.** Jeho autorem je dánský badatel Nicolaus Steno (1638 až 1686). Určuje poměrný věk vrstev usazených hornin ve vrstevném sledu. Vrstvy ležící dole (v podloží) se usadily dříve, jsou tedy starší, než vrstvy ležící nad nimi (v nadloží). Při použití tohoto zákona musí být však geolog opatrný. Především v oblastech postižených vrásněním, kde jsou vrstvy usazených hornin často porušené a všelijak zprohýbané. Při takovémto porušení vrstev se stane, že mladší usazené horniny se dostanou pod starší, což se nazývá — **převrácený vrstevný sled.** Ale protože jde o jev druhotný, nepopírá zákon superpozice.

Kromě usazených hornin můžeme tento zákon dobře použít i při určování stáří výlevných vyvřelých hornin. Láva, která se vylila na mořské dno, je mladší než horniny, které přikryla. Horniny, které se usadily nad lávovým proudem (v nadloží), jsou zase mladší než tento lávový proud.

Druhý zákon říká, že **vrstvy, které obsahují stejné zkamenělé zbytky organismů, jsou stejně staré.** Jeho autorem je Angličan W. Smith (1769—1839). Tento zákon vychází z poznatku, že organismy žijící na zemském povrchu se vyvíjely stejně, vznikaly nové druhy a jiné zase vymíraly. Je třeba poznamenat, že ne všechny zkamenělé organismy jsou vhodné pro doložení tohoto zákona. Geologové používají takové zkameněliny, pro které je charakteristický krátký časový úsek geologické minulosti, v němž žily, a zároveň velké zeměpisné rozšíření. Musí být také odlišitelné od ostatních zkamenělin a vyskytovat se poměrně hojně v usazeninách určitého útvaru. Pak je nazýváme **vedoucími zkamenělinami geologických útvarů.**

Třetí zákon představuje **princip aktualismu.** Vychází



Posloupnost geologických procesů. Zvrásnění krystalické břidlice, 1 průnik žulovým masivem, 2 souvrství mořských usazenin, 3 porušené zlomy, 4 nové usazeniny slepenců, 5 těleso čedičů, 6 nejmladší vrstva jílů,

z poznání, že geologické děje, které probíhají na Zemi dnes, probíhaly i v minulosti. Podle tohoto principu, na základě současných dějů, se mohou geologové pokusit o rekonstrukci dějů v minulých geologických dobách. Má to však jeden háček. Stejně jako se vyvíjely organismy, jako se vyvíjela lidská společnost, vyvíjely se i geologické děje. To co platilo v mládí našich dědečků, často už dnes neplatí. A tak chceme-li tento princip uplatnit při pozorování současných geologických dějů, musíme dobře zvážit podmínky, za kterých ty samé děje probíhaly v minulosti. Uveďme si příklad. Geolog má za úkol řešit otázku rozrušování zemského povrchu a vznik usazenin v období starších prvo-

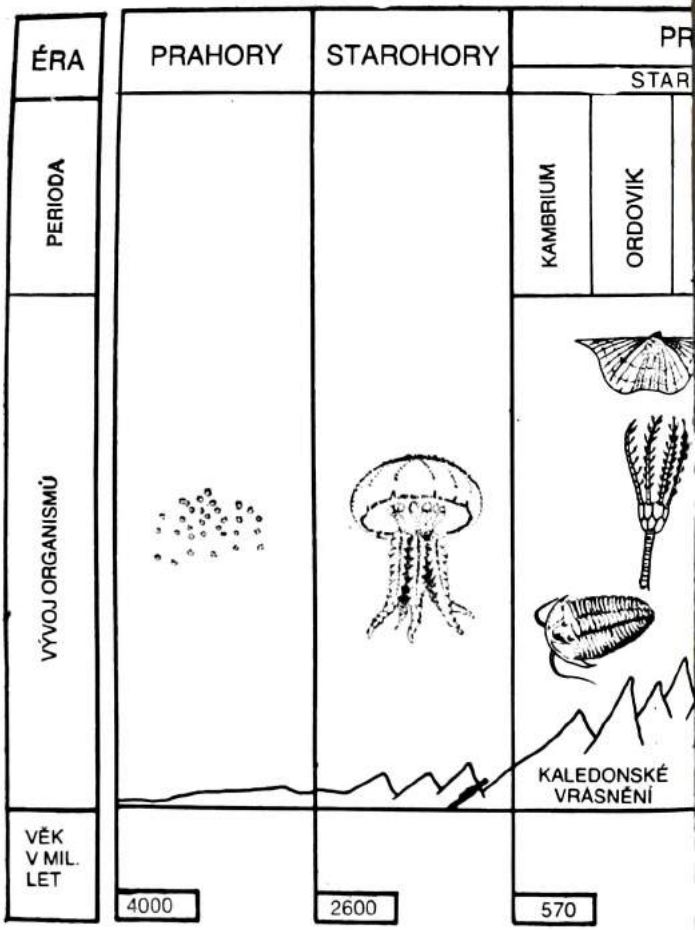
hor. Podle principu aktualismu bude uvažovat o působení činitelů, které působí na zemském povrchu dnes: tekoucí voda, vítr, mráz atd. Musí však myslet na to, že dnes je větší část zemského povrchu pokryta rostlinným porostem, který chrání horniny před rozrušováním a odnášením. Z nálezů zkamenělin ale víme, že rostlinný porost se začal objevovat ve větší míře až v mladších prvohorách. Tedy v období starších prvohor chyběl. Proto i procesy zvětrávání a odnosu půdy byly jiné než dnes, mnohem rychlejší.

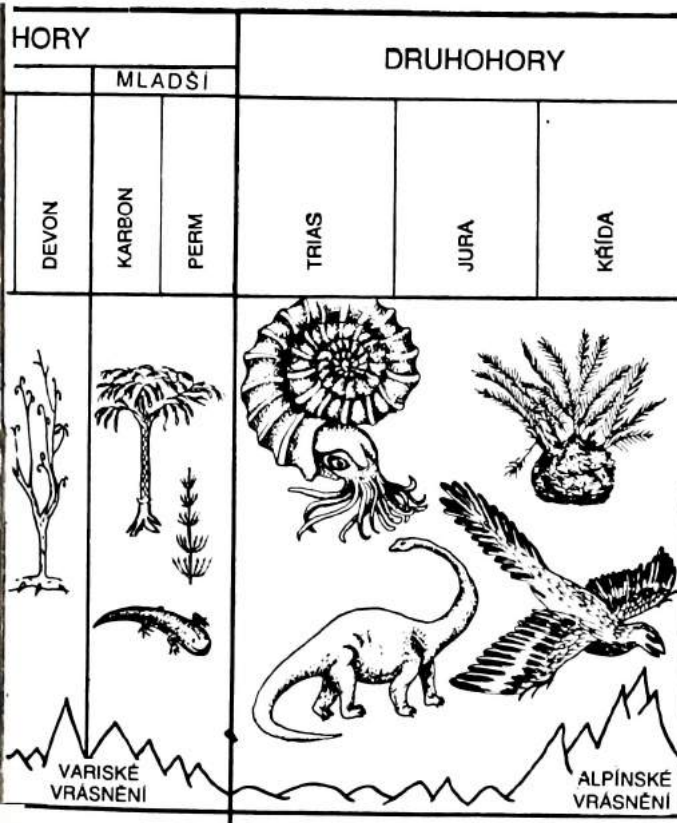
Dlouholetá usilovná práce mnoha vědců na celém světě, porovnávání souborů usazených hornin a zkamenělin, v nich obsažených, byla podkladem pro určení starších a mladších vrstev a jejich zařazení do časové posloupnosti. Tuto časovou postupnost nazýváme **relativní věk vrstev.** Nebyla to lehká práce. Vždyť ne všude na zemském povrchu se vyskytují usazené horniny. Tam, kde se nacházejí, ztěžuje jejich studium přítomnost hiátů — mezer v normálním sledu vrstev v důsledku přestávky v usazování hornin, nebo také nepřítomnost zkamenělin a podobně.

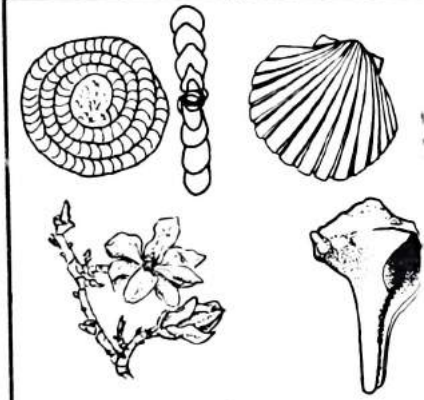
Geologovi stačí pro práci většinou určení relativního věku horniny. Ale přesto jej zajímala i otázka jejího skutečného věku — tedy doby, která uplynula od jejího vzniku. Odpověď na tuto otázku přinesl, kromě dalších metod, objev radioaktivního rozpadu prvků.

Určení skutečného věku radiometrickými metodami je již velmi dokonalé, i když není absolutně přesné. I tak přineslo mnohá překvapení. Zjistilo se, že časový úsek od prvohor až dodneška představuje jen 12 % délky geologické minulosti Země. Dalších 88 % je zahaleno rouškou tajemství prahor a starohor. Přirovnáme-li geologickou minulost Země k délce jednoho kalendářního roku, potom příchod dnešního člověka na Zem představuje časový úsek rovnající se 21,5 sekund před půlnocí posledního dne tohoto roku.

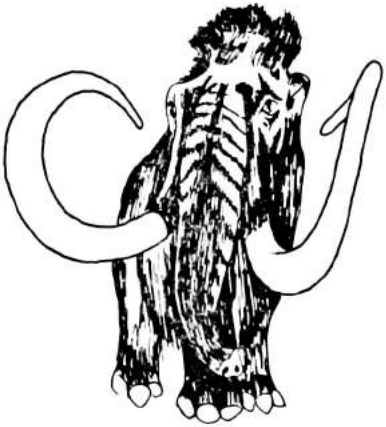
Při určování radiometrického věku nerostů, hornin anebo zkamenělin se využívají radioaktivní izotopy uranu


ÉRA
PRAHORY
STAROHORY
PR
STAR
PERIODA
KAMBRIUM
ORDOVIK
VÝVOJ ORGANISMŮ
KALEDONSKÉ
VRASNĚNÍ
VĚK
V MIL.
LET
4000
2600
570


HORY
MLADŠÍ
DRUHOHORY
DEVON
KARBON
PERM
TRIAS
JURA
KŘÍDA
VARISKÉ VRÁSNĚNÍ
ALPÍNSKÉ VRÁSNĚNÍ

ÉRA	TŘETIHORY	
	STARŠÍ	MLADŠÍ
PERIODA	PALEOGÉN	NEOGÉN
VÝVOJ ORGANISMŮ		
	HIMALÁJSKÉ VRÁSNĚNÍ	
VĚK V MIL. LET	65	

ČTVRTOHORY



KAMENNÁ KRONIKA

Už od pradávna upoutávaly pozornost lidí zkamenělé zbytky organismů ve skalách. Neuměli si vysvětlit jejich původ, a proto je pokládali za nadpřirozené či za podivné výtvory přírody. Dnes nás už tato otázka netrápí. Organismy tu zanechaly otisky svých těl a schránek v minulých geologických dobách. Určitě už jsi se s nimi setkal. Buď ve sbírkách, nebo při troše pozornosti a troše štěstí na svých vycházkách do přírody. Některé jsou tak dobře zachovalé, že člověk zapochybuje o jejich stáří počítaném na milióny let. Jiné zkameněliny jsou už jen jakoby stíny, otisky, které dávají jen tušit bývalého tvora. Věda, která se zabývá studiem zkamenělin, se nazývá **paleontologie.**

Jak vlastně zkameněliny vznikají? Na povrchu nánosů jemných usazenin se často zachovají otisky stop a jiných projevů činnosti organismů. Jsou to stopy po lezení, chodby, doupata, případně otisky jejich mrtvých těl. Dobře je poznáme v jemných jílovitých usazeninách, již hůře v písečných nebo ještě hrubších usazeninách, například ve štěrku. Je to pochopitelné. Zkus si otisknout svůj prst do plastického jílu, a potom do sypkého písku. Zjistíš, že jíl věrně zachová prohloubeninu, která vznikla, na rozdíl od písku, jehož povrch se za chvíli zarovná.

Podmínkou zachování stop a jiných otisků na povrchu nánosů je jejich překrytí novou vrstvou usazenin, která je chrání. Podobně je to i při zachování některých pevných částí těl organismů. Zůstanou-li dlouho na povrchu země, podlehnou rozkladu. Až na některé výjimky chrání odumřelé organismy před zničením nejlépe vodní prostředí. Zde je totiž největší pravděpodobnost, že je zakryjí nánosy bahna a písku, které zpomalí proces jejich rozkladu. Proto

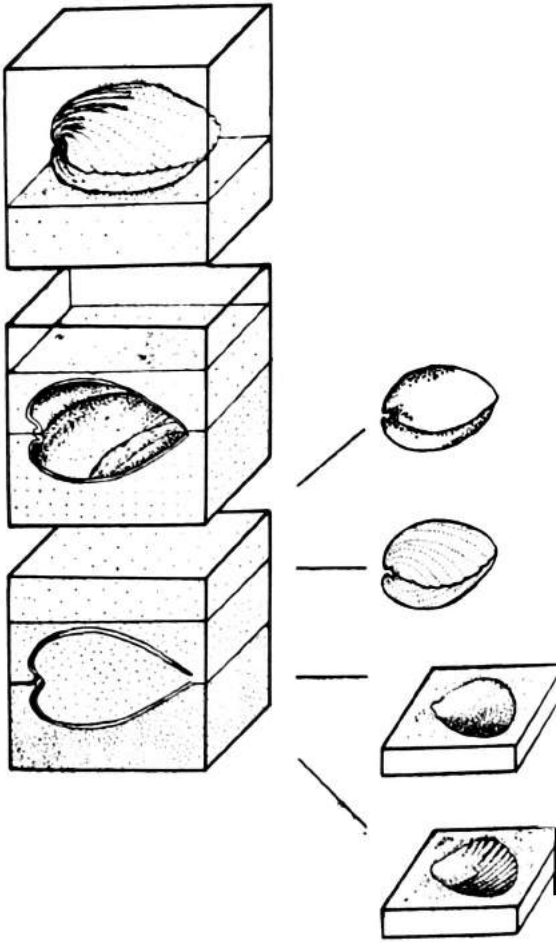
právě mořské organismy patří mezi nejčastěji nalézané zkameněliny.

Na souši jsou podobné podmínky v močálech a jezerech, kde vznikala i dnešní uhelná ložiska. Méně časté jsou případy zavátí organismů na pouštích anebo zasypání popelem při výbuchu sopek. V živcích (jantaru) třetihorních stromů můžeme objevit pěkně zachované zbytky hmyzu, části rostlin a podobně. Poměrně dobře zachované zbytky organismů nacházíme v jeskyních anebo hlínách, které vyplňují rozsedliny v krasových oblastech.

Někdy se stává, že se organismy zachovají zamrznutím v ledu (například nálezy mamutů a srstnatých nosorožců na Sibiři). V tomto případě to nejsou zkameněliny, ale **mumie**. Podobně mohou vznikat mumie i vysušením ve velmi suchých a teplých oblastech, například v pouštích.

Nejčastějšími nálezy zkamenělin jsou pevné části těla — **schránky a kostry organismů** (nálezy či otisky měkkých částí jejich těl jsou velmi vzácné). Pod nánosem usazenin se sice proces hnití zpomalí, ale nezastaví. Postupně se tělo rozloží a schránka se vyplní jemnými usazeninami. Čas plyne a schránka se dostává do hlubších vrstev pod nánosy usazenin. Tlakem nadložních vrstev v průběhu dlouhého období dochází k zpevňování okolních sypkých usazenin. Vznikají zpevněné usazené horniny. Při tomto procesu, který nazýváme **diageneze**, se mění i složení schránky. Roztoky kolujícími v hornině se organická hmota nahrazuje nerostným materiálem anebo se rozpouští původní hmota, z které je schránka složena. Hmota přechází do tmelu okolních hornin. Na její místo se v roztocích dostává nová hmota. Nejčastěji nacházíme zkameněliny tvořené uhličitanem vápenatým, kalcitem $CaCO_3$. Méně časté jsou překřemelené schránky, schránky tvořené dolomitem, nebo dokonce pyritem. Tomuto ději hovoříme zkamenění, odborně nazývané **fosilizace**.

Když se rozpustila původní hmota schránky a zachoval se v hornině jen výlitek její vnitřní části, který většinou



tvoří jemné částice, vzniká **jádro**. Jakmile hmota, z které sestává jádro, nahradila i rozpuštěnou schránku, vzniká odlitek původní schránky, tedy jejího povrchu. Tyto zkameněliny nazýváme jádra se zachovaným povrchem — **skulpturní jádra.** Nahrazením původní hmoty schránky novou hmotou vzniká její věrný **odlitek**. V okolní hornině zanechává schránka nebo jádro svůj otisk, který může zůstat v hornině i pak, když se schránka rozpustí.

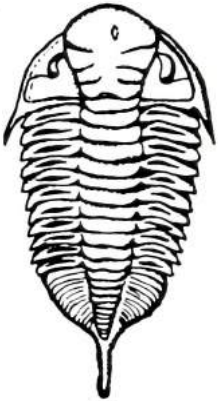
Všechny údaje o životě a jeho přeměnách a podmínkách, které vládly na povrchu Země v její dávné minulosti, o rozložení pevnin a oceánů, o průběhu horotvorných dějů, změnách podnebí a podobně, studuje věda, kterou nazýváme **historická geologie.**

Lidé sbírali zkameněliny už od pradávna. Postupně zjistili, že některé druhy zkamenělin živočichů a rostlin se podobají dnešním organismům. Nacházeli však i druhy, které se od současných liší, anebo se jim dokonce vůbec nepodobají. Čím byly zkameněliny starší, tím jednodušší organismy v nich byly. Takto postupně vznikla **vývojová teorie**, která sleduje přeměny života na Zemi od nejjednodušších forem po nejdokonalejší. Je to souvislý řetězec jak v říši rostlin, tak i živočichů. Na jeho konci stojí nejdokonalejší tvor — člověk.

Počátek geologických dějin země kladou geologové podle dnešních poznatků na hranici přibližně 5 miliard let. V **prahorách**, jak toto období nazvali, se postupným ochlazováním začala formovat planeta Země do své dnešní podoby. Na jejím povrchu se vytvářely krátery, vylévala se žhavá láva. Do povětří unikalo množství horkých plynů a par, srážely se a padaly na zemský povrch v podobě dešťových přívalů. Horké vody zaplňovaly prohlubeniny na zemském povrchu, a tak vznikl praoceán. Rozrušováním lávových proudů častými dešti se začaly tvořit první usazeniny. Voda v oceánech postupně chladla. Na povrch Země pronikly první paprsky Slunce, které do těchto dob pohlcovala hustá mračna plynů a par.

Do tohoto období asi před 3 miliardami let klademe i začátek projevů života na Zemi. V pravěkém oceánu, kde byly přítomny některé jednoduché organické sloučeniny, vznikly jejich postupným slučováním chomáčky bílkovin (organické hmoty), které nazýváme **koacerváty.** Tyto bílkovinné chomáčky postupně nabývaly životní funkce, až se z nich vyvinuli první předchůdci organismů. Můžeme je přirovnat k dnešním bakteriím. Živili se organickou hmotou, které začalo ubývat. Někteří se novým podmínkám přizpůsobili tak, že začali získávat živiny procesem, který se podobá dnešnímu způsobu výživy rostlin. Nazýváme jej **fotosyntézou.** Této skupině organismů se dnes podobají zástupci modrozelených řas — **sinice.**

Z tohoto období prahor se nám zachovalo jen velmi málo důkazů o životě. Nestarší zbytky organismů pocházejí z křemitých hornin jižní Afriky, jejich stáří se odhaduje na 3 miliardy let. Jsou to vláknité a kulovité formy praorganismů podobných dnešním bakteriím a sinicím.



O něco mladší jsou nálezy v holomitech staré asi 2 800 miliónů let. Na jejich základě se usuzuje, že tyto organismy už měly horninotvorný význam. Jsou to klkovité útvary, které se nazývají **stromatolity.** Vznikly vylučováním uhličitanu vápenatého modrozelenými řasami — sinicemi.

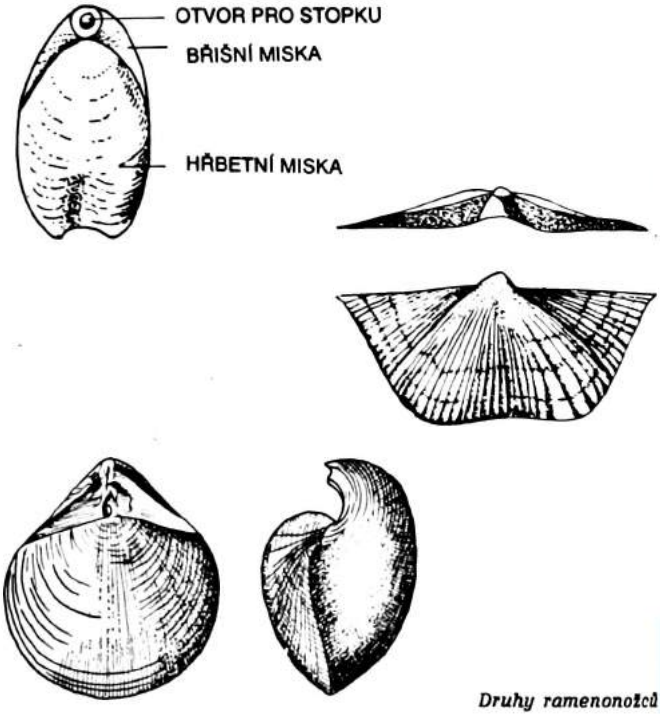
Období, které začínalo před 2 600 milióny let a končí na hranici prvohor před 570 milióny let, nazýváme **starohory.** Podobně jako prahory jsou zahaleny rouškou tajemství. Z ojedinělých nálezů se dozvídáme, že život v oceánech pokračoval. Vyvíjely se další druhy řas, našly se zkamenělé jehlice mořských hub, kolonie korálů a podobně. Mnohé nálezy jsou zatím nedostatečné. Život na konci starohor však musel mít mnoho dalších rozmanitých podob, v jakých ho nacházíme i na začátku prvohor, v kambriu.

Od **prvohor,** díky množství dochovaných zkamenělin, už můžeme poměrně dobře sledovat vývoj života na Zemi. Je to období, které začalo před 570 milióny let a trvalo 340 miliónů let. Rozdělujeme je na starší prvohory a mladší prvohory.

Starší prvohory (od 570 do 350 miliónů let) dělíme na periody: **kambrium, ordovik, silur** a **devon.**

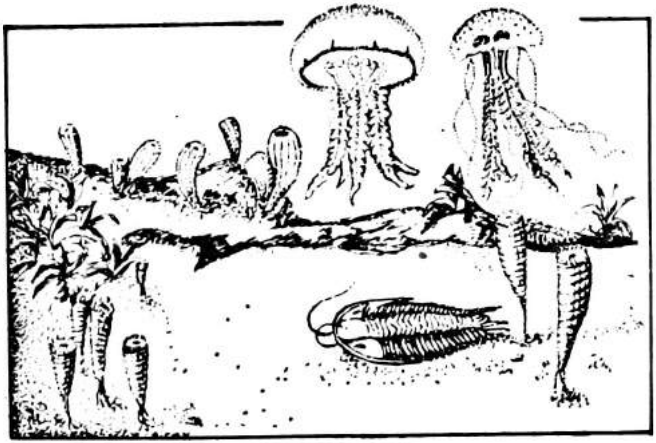
Mladší prvohory (od 350 do 230 miliónů let) dělíme zase na **karbon** a **perm.**

Dno staroprvohorních moří kypělo životem. Z období kambria už máme bohaté nálezy různých živočichů. Za velmi typické považujeme trilobity. Jejich tělo pokrýval pancíř složený ze tří částí. Hlava byla chráněná půlkruhovitým hlavovým štítem. Hruď pokrývaly pohyblivé články různého počtu. Zadní část tvořil chvostový štít, který vznikl srůstem různého počtu hrudních článků. Trilobiti měřili 2 až 10 cm. Obývali písčité a bahnité dno moře. Někteří trilobiti žili hrabavým způsobem života, jiní byli dobrými plavci. Živili se odumřelými zbytky organismů. Maximálního rozkvětu dosáhli v siluru. Z dalších organismů byli hojně zastoupeni **ramenonožci** (Brachiopoda). Tělo měli chrá-



Druhy ramenonožců

něné dvěma miskami, hřbetní a břišní. Mnozí z nich se zachytávali o dno pomocí stopky, která procházela buď mezi jednotlivými miskami, anebo otvorem v břišní misce. Někteří leželi volně na dně, jiní se k němu přitmelili. Jejich délka dosahovala od několika milimetrů až po 10 centimetrů. Vnitřní část schránky předělovala blána na dvě části. V přední se nacházela ramena, která rameno-



Moře v kambriu

nožcům sloužila k dýchání a zachycení potravy. Vápenaté výrůstky, které je podpíraly, se často zachovaly zkamenělé. V zadní části schránky se nacházelo vlastní tělo ramenožce. Nahromaděním schránek po odumření živočichů vznikaly vápence (brachiopodové vápence).

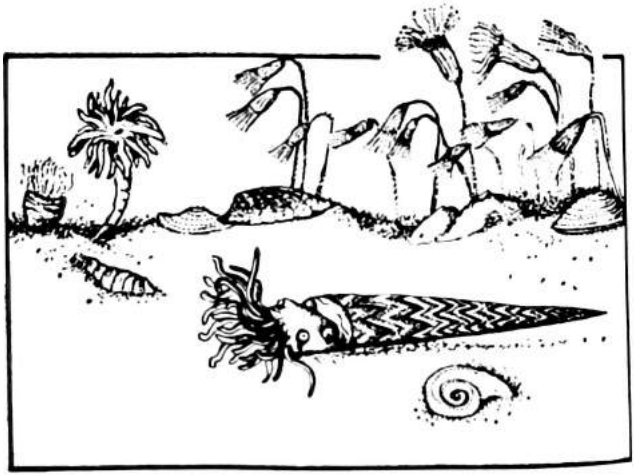
Po dně kambrického moře se pohybovali i zástupci červů, lasturnatců a primitivní zástupci ostnokožců. Z tohoto období, jsou typické nálezy křemičitých hub. Pod mořskou hladinou se vznášely medúzy. Z rostlin se rozšířily na mořském dně **porosty zelených řas.**

V ordoviku se objevuje nová skupina živočichů, **graptoliti.** Vytvářeli kolonie, které buď žily přisedlé na dně, nebo se vznášely ve vodě. Kostru jejich těla tvořila látka podobná chitinu. Rozšířené jsou v usazeninách tohoto období na celém světě. Na vrstevných plochách břidlic je vidíme jako různé čáry a spirály nakreslené tužkou. Z ži-

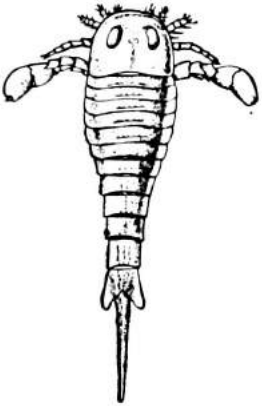
vočichů přisedlých na dno se ve větším množství začínají objevovat **koráli** a **mechovky**. Jejich kolonie mají nejrozmanitější tvary. Zvláště křehkou a jemnou strukturu mají kolonie mechovek. Mohou vytvářet malé rozvětvené keříčkové útvary, drobné vějířky podobné krajkám jako povlaky na schránkách jiných živočichů, nebo na kamenech. Velkého rozvoje v ordoviku zaznamenali **trilobiti** a **ramenonožci**. Z dalších organismů jsou poměrně hojné nálezy lasturnatek a loděnce podobných hlavonožců.

V **siluru** se dále rozvíjel bohatý život pod hladinou moří. V prosvětlených mělkých částech moře vznikaly některé korálové útvary v podobě bochníků. **Ramenonožci** zůstávali i nadále nejpočetnějšími obyvateli této části dna.

Mlži a lasturnatky spolu s ramenonožci a trilobity se stávali často kořistí hlavonožců (například Orthoceras),



Moře v siluru



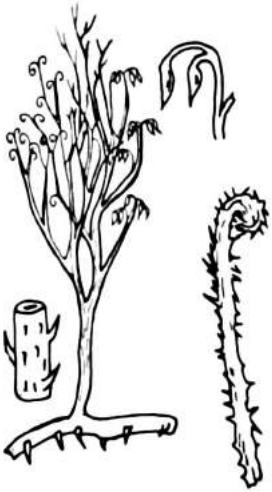
Kyjonožec

Lilijovka

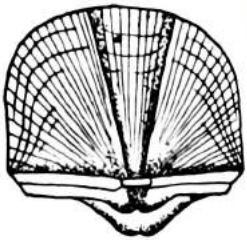
kteří v tomto období dosahují svého největšího rozvoje. Ve větším množství se začínají objevovat členovci, například obrovský, až 3 metry dlouhý **kyjonožec** (Eurypterus). Obrovské podmořské „louky" pokrývají **lilijice** (Crinoidea), které patří do rodiny ostnokožců. Žily připevněné stopkou ke dnu. Jejich tělo ukryté v kalichu zásobovala potravou pohyblivá ramena. Celá schránka se skládala z drobných destiček, které dnes nacházíme jako součást tak zvaných lilijicových (krinoidních) vápenců.

Podobně jako v ordoviku i v siluru nacházíme zkamenělé zbytky **graptolitů**. Hojnější jsou zástupci lasturnatek, rybám podobní živočichové Ostacodermi. Koncem siluru se objevují Placodermi, kterým chrání přední část těla pancíř. **V siluru se poprvé objevují na souši rostliny.** Nebyly velké vzrůstem, měřily jen několik centimetrů. Byly to zástupci cévnatých výtrusných rostlin — psilofyty. Je možné,

že zdomácnění rostlin na souši způsobila změna rozlohy moří a oceánů při horotvorných dějích koncem siluru, které nazýváme **kaledonské vrásnění**. Tehdy vznikla tak zvaná severoevropská pevnina — Paleoevropa. Možná, že právě tímto vrásněním se vytvořily v přímořských oblastech mělké bažiny a močály, živé organismy byly nuceny opustit moře a přizpůsobit se existenci na souši.

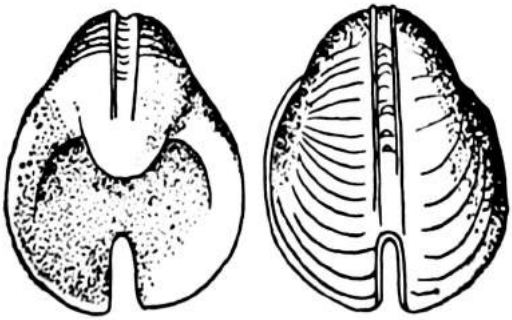


Psylofyt

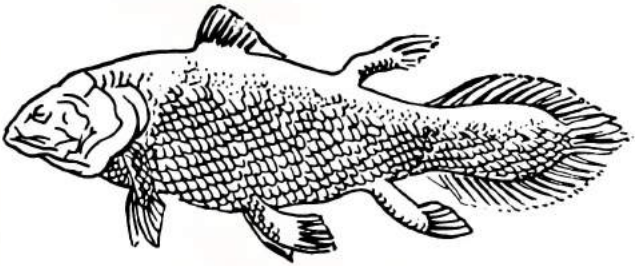


Ramenonožec

Hlavonožec



Devonský ml

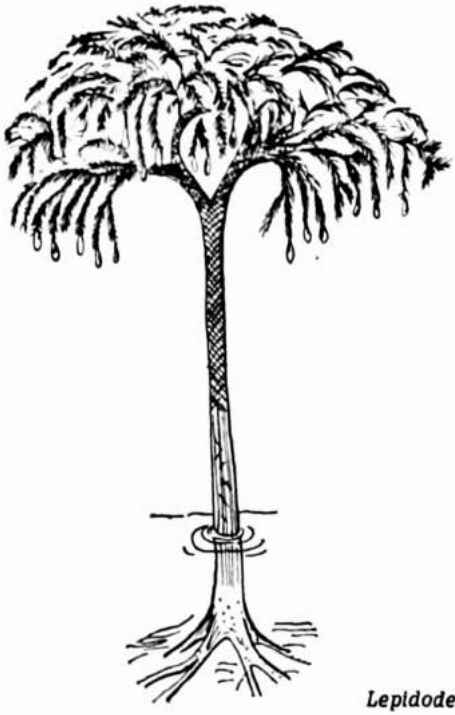


Ryba Latimerie

V devonském moři z živočichů nadále převládali ramenonožci a různé druhy korálů. Časté byly mechovky. Dno zpestřovaly kalichy lilijovek. Přibývalo lasturnatek a plžů. Z měkkýšů se začínali vyvíjet hlavonožci s charakteristicky zavinutou schránkou v jedné rovině — goniatity. Trilobiti ještě stále obývali dno moří. Graptoliti vymírají až v mladším karbonu.

Na povrchu pevnin začátkem **devonu** vládlo na severní polokouli suché pouštní podnebí, které se postupně s přibýváním vlhkosti měnilo. Na plochém pobřeží vznikaly močály a jezera. Ve vlhkých oblastech souše se v devonu **rozšířily první rostliny (psilofyty).** Koncem devonu zanikly, ustoupily prvním kapradinám, plavuním a přesličkám. Spolu s rostlinami začali přecházet na souš **členovci,** zástupci štírů, stonožek a prvního hmyzu.

Velkého rozvoje dosáhly v devonu **ryby.** V moři se začínají objevovat draví předchůdci žraloků a mnoho jiných druhů ryb. Pro nás jsou zajímavé skupiny dvojdyšných ryb (například dodnes žijící bahník australský) a lalokoploutvých ryb. Ty pronikly řekami do močálů a jezer. Zde se postupně přizpůsobovaly v obdobích sucha životu na pevnině, a tak v devonu vystupují na povrch souše **první prapobojživelníci — krytolebci** (Stegocephala). Podobali se



Lepidodendron

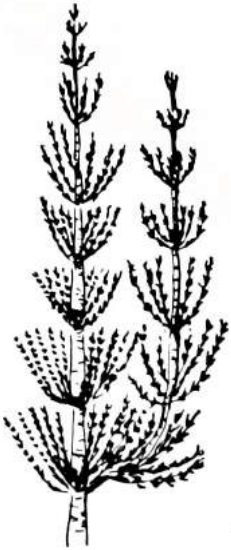
dnešním mlokům. Jejich rozvoj však nastal až v karbonu.

Koncem starších prvohor v **devonu** a začátkem mladších prvohor v **karbonu** došlo opět k významným horotvorným dějům, a to k **variskému vrásnění**. Vzniklo nové uspořádání pevnin a oceánů, které způsobilo změny v zastoupení živočichů a rostlin na zemském povrchu. Na severní polokouli vznikla Mezoevropa, jejíž součástí byl i Český masív. Na souších se zdvíhaly k obloze vysoké štíty variských pohoří. Rozpoutala se sopečná činnost. Holé svahy hor rozrušovaly lijáky a voda bystřin stékala po jejich svazích. Život rostlin se na severní polokouli soustředil do údolí a na pobřeží moře. V teplém a vlhkém podnebí se tu vytvářely rozsáhlé močály. Na jižní polokouli naopak vlád-

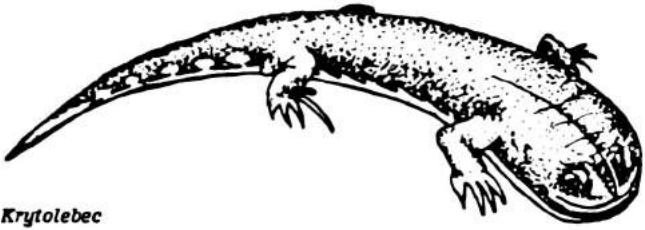
lo chladné podnebí. Povrch země tu modelovaly ledovce.

V karbonských „černouhelných" pralesech se vyskytovali stromovití zástupci cévnatých výtrusných rostlin. Plavuně (Lepidodendron, Siggilaria) a přesličky (Calmites) často dorůstaly až do výšky 40 metrů. Na sušších místech rostly stromovité kapradiny vysoké často až 15 metrů. Spodní část pralesa tvořily menší rody plavuní, přesliček a kapraďorostů. V nových podmínkách se začíná vyvíjet nová skupina **nahosemenných rostlin.** Byly to vysoké stromy, které vyhynuly koncem mladšího permu. Koncem karbonu se setkáváme také s prvními jehličnany. V karbonských močálech se dobře dařilo obojživelným krytoleb-

Siggilaria



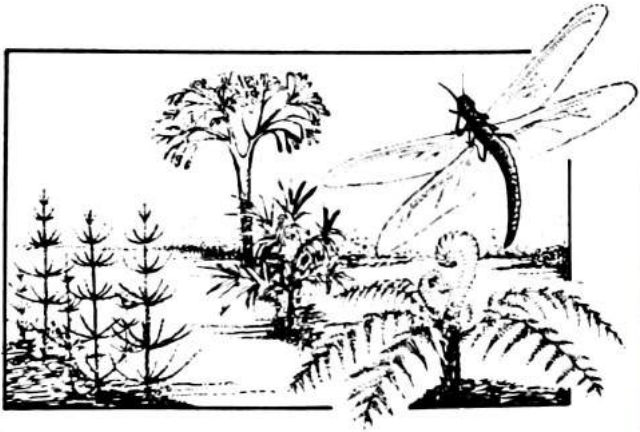
Kalamit



Krytolebec

cům (Stegocephali), kteří se rozšířili v mnoha druzích. Někteří se podobali mlokům, jiní ještěrkám, ba vyvinuli se i do formy podobné hadům. Koncem karbonu se objevují první **praplazi** (Cotylosanria).

Hustá vegetace byla dobrým úkrytem řady skupin hmyzu. Žili tu stonožky, štíři atd. Obrovských rozměrů dosáhly velké, vážkám podobné Meganeury s rozpětím křídel až 75 cm.



Cykas

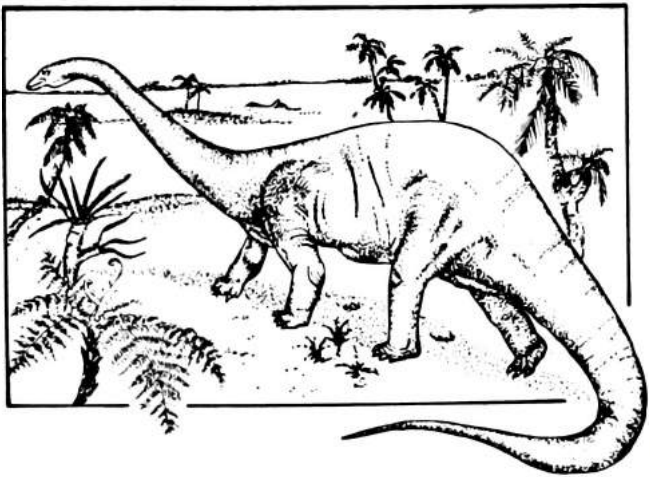
V karbonských mořích se rozšířili velcí **dírkonošci**, jejichž schránky se zúčastňovaly na tvorbě vápenců. Dále tu žili zástupci korálů, mechovek, ramenonožců, lasturnatek, měkkýšů. Z ostnokožců se vyskytují lilijovky a začíná rozvoj mořských ježovek. Z tohoto období poznáme ještě trilobity, kteří vymřeli se zástupci bezobratlých hlavonožců — **amonitů** (coniatites). Mořské vody křižovali předchůdci žraloků, žralocí a mnohé druhy ryb. Z karbonu též známe i časté nálezy dvojdyšných ryb.

Začátkem **permu** na severní polokouli ještě trval vývoj bažin a močálů. Situace se však postupně měnila. Podnebí začalo být sušší. Vymírají mnohé druhy plavuní, přesliček a kapradin. V druhé polovině permu začínaly **převládat nahosemenné rostliny**. Byli to zástupci jehličnatých, gingkovitých, cykasovitých rostlin, jejichž semena byla schopná snášet suché podnebí. Na jižní polokouli v oblasti Gondwany se v permu vyvíjela vegetace mírného pásma. Pře-

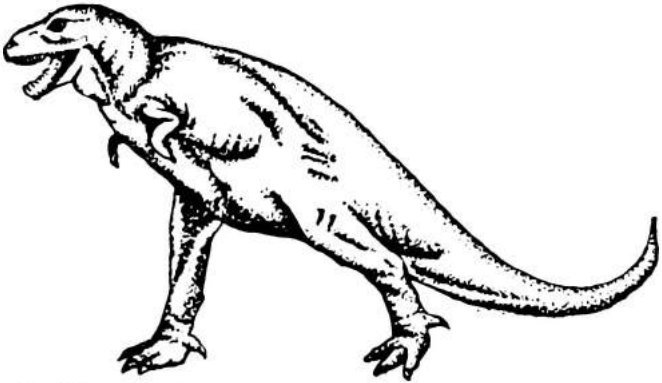
vládali zástupci kapradě rodů Glossopteris a Gangamopteris. V permu ubývalo krytolebců a vyvíjely se **další skupiny plazů.**

V permských mořích jsou ještě významnou skupinou ramenonožci. Vyskytují se mlži a lasturnatky. Ubývá korálů. Poměrně hojné jsou mechovky a velcí dírkonošci. Z ryb se dále udržují žraloci.

Po variském vrásnění podlehla rozrušování v době mladších prvohor rozsáhlá horstva. Krajina se zarovnala. Na dně moří se ukládaly poměrně jemné nánosy jílů, písků a slínovců. Vytvářely se mohutné soubory vápenců, v hlubších částech moře zase křemité horniny. Takto před 230 milióny let vstupuje naše planeta do období **druhohor**, které trvalo 165 miliónů let a dělíme je na tři periody: **trias, juru** a **křídu.**



Krajina v druhohorách



Dravý Tyranosaurus

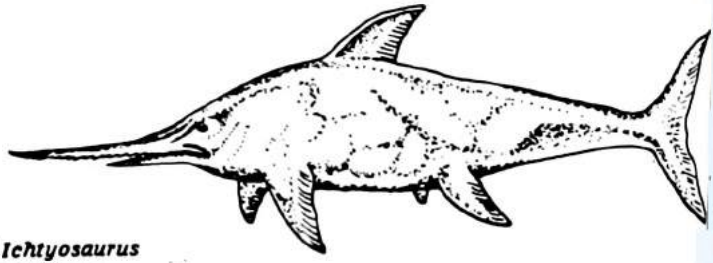
Na pevninách postupně znova bujela vegetace. V **triasu** ustupovala poušť, vytvářely se lesy, v kterých převládaly nahosemenné rostliny. Byly to cykasy, gingka a jehličnany. Začátkem křídy se objevují **první krytosemenné** a **kvetoucí rostliny**. Rozvoj rostlin provázel rozvoj hmyzu. V triasu vymírají krytolebci.

Obrovského rozvoje od začátku druhohor dosáhli **plazi**. Doslova ovládli povrch země. Přizpůsobili se životu na pevnině, v moři i ve vzduchu. Na pevnině a v močálech žily obrovské býložravé druhy dinosaurů, jako například Brontosaurus, dlouhý 15 metrů, nebo Diplodocus, který dosahoval délky až 27 metrů. Veleještěři žijící na souši měli často velmi zvláštní vzhled. Tak například 6 metrů dlouhý Stegosaurus, který žil v juru, měl hřbet chráněný obrovskými kostěnými deskami, které čněly od těla jako ostny. Způsobem života se dnešním nosorožcům podobal Triceratops. Býložravý Iguandon se pohyboval po zadních končetinách, přičemž dosahoval délky až 9 metrů. Žil v období křídy. Částečně se mu podobal dravý Tyranosaurus

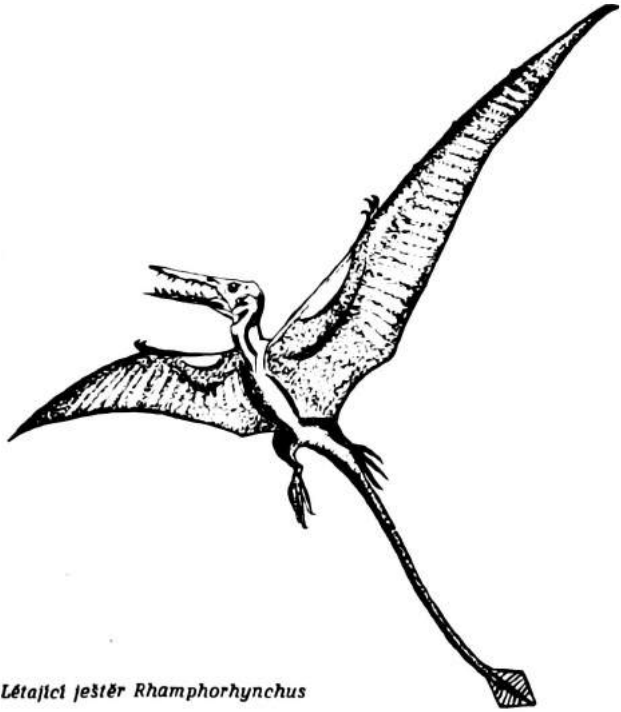
vysoký 5 metrů a dlouhý až 10 metrů. Některým druhům, které se přizpůsobily životu ve vodě, se končetiny přeměnily v ploutvovité útvary (například Plesiosaurus), jiné se podobaly delfínům, jako například 10 metrů dlouhý Ichthyosaurus. Vzduch ovládli létající ještěři. Měli blanitá křídla, jako dnešní netopýři. Živili se lovem ryb. Některé druhy byly malé, ale známe i takové, které měly rozpětí křídel až 8 metrů. Vzhled dinosaurů v nás vyvolává představu nemotorných a pomalých zvířat. To však není pravda. Mnozí z nich byli naopak dobrými běžci. Dokonce se zjistilo, že dinosauři měli již stálou tělesnou teplotu. Dnešní ptáci jsou jejich přímými potomky.

V **juře** se z plazů, kteří žili po stromech, přeměnou šupin v peří vyvinuli praptáci, například **Archeopteryx.** Jejich zbytky se našly v Solenhofenu v Bavorsku. V **křídě** už známe první zástupce pravých ptáků (například Hesperornis). Někteří plazi v druhohorách získali znaky podobné **předkům savců** (tak zvaní thekodontní plazi).

V druhohorních mořích dosáhly rozkvětu vápenaté řasy. Podmořské louky, kde rostly, se postupně odumíráním jejich těl měnily na dnešní silné vrstvy vápenců a dolomitů. V druhohorách vymřely i některé starší druhy korálů, vznikli koráli podobní dnešním, kteří budují útesy v tropických mořích (Heacoralis). Podobně vymřely některé druhy mechovek, které nahradily druhy nové. I rameno-



Ichtyosaurus



Létající ještěr Rhamphorhynchus

nožců v druhohorách oproti prvohorám značně ubylo. V juře a křídě se rozšířili drobní dírkonošci. Z ostnokožců přežily lilijice. O mnoho většího významu nabyly mořské ježovky. Rozvoj zaznamenali i měkkýši. Z křídových moří jsou velmi známé lasturnatky, hlavně rod Hippurites, které měly schránku podobnou zmrzlinovému kornoutu

Archaeopteryx

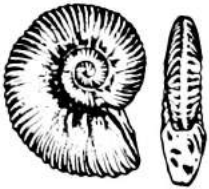
přikrytému víčkem. Z hlavonožců jsou důležití především **amoniti** a **belemniti.**

Amoniti jsou vyhynulou skupinou hlavonožců, kteří dosáhli svého rozkvětu v druhohorách. Na jejich konci vymřeli. Jejich schránka bývá zavinuta do ploché spirály, kde jsou jednotlivé komůrky oddělené od sebe charakteristickou přehrádkovou čárou — švem. Je to jeden z hlavních určovacích znaků amonitů. Tělo amonita obývalo poslední přihrádku, ostatní byly vyplněné plynem. Schránku amonita můžeme přirovnat ke vzducholodi. Měla aerodynamický tvar, který umožňoval živočichovi rychlý pohyb ve vodě. Plyn, kterým byla naplněná, ji nadnášel, zároveň jím mohl amonit regulovat výstup k hladině anebo klesání na dno.

Belemniti jsou hlavonožci, kteří žili hlavně v druhohorách, někteří přežili do starších třetihor. Dnes často nacházíme jejich zkamenělé schránky. Tvarem připomínají cigaretu. Skládají se ze tří částí: z hrotu, z kuželovité duté

Belemnit

Amonity



střední části a ze štítu, který vybíhal dopředu a chránil měkké tělo živočicha. Považujeme je za předchůdce sepií.

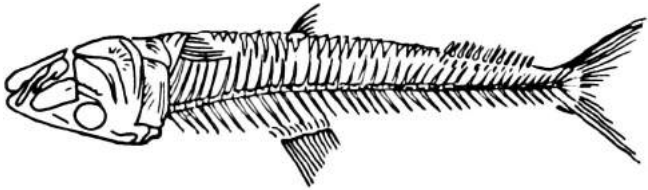
Koncem druhohor — v křídě se začínají tvořit horotvorné děje **alpínsko-himálajského vrásnění**, které značně změnilo rozmístění pevnin a oceánů. Zdvihla se první vysoká pohoří alpínsko-himálajského pásma. Koncem druhohor vyhynula většina veleještěrů, amonitů a mnoho jiných živo-

Numulit

čichů. Nastoupilo období třetihor, které trvalo 63 miliónů let. Dělíme je na **starší třetihory (paleogén)** a **mladší třetihory (neogén)**.

V moři **paleogénu** dosáhly neobvyklý rozvoj velcí dírkonošci — **numulity**. Vzhledem k částečnému ochlazení kromě teplých oblastí koráli nevytvářeli útesy s výjimkou teplých oblastí. Ramenonožci byli čím dál tím více vzácnější. Poměrně časté jsou nálezy otisků červů z tohoto období. Mlži a lasturnatky jsou zastoupeni velmi hojně. Z belemnitů se postupně vyvíjely dnešní sépie. Z ostnokožců byly nejrozšířenější ježovky. Vody oživovali žraloci a mnohé ryby. Jedna z nejznámějších je například Meletta.

Na souši se vyvíjely **krytosemenné rostliny** a **jehličnany**. Časté jsou nálezy subtropických druhů, jako je fíkus, magnólie, platan a palmy. Poměrně hojný byl i dub, javor, vrba, tuje, borovice, jedle, sekvoj, cedr a podobně. Značného rozvoje dosáhl hmyz. Z plazů se v třetihorách zachovali jen zástupci želv, hadů a krokodýlů.



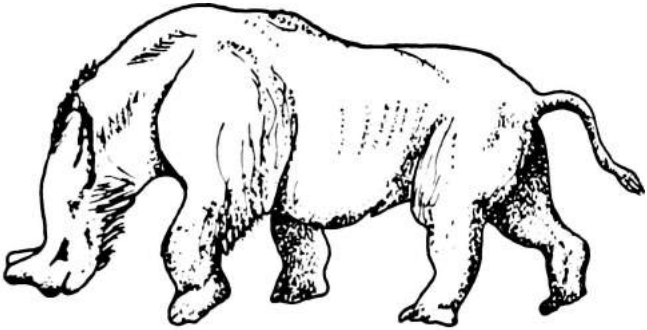
Meletta

Magnólie

Pro třetihory je charakteristický **rozvoj savců** a **ptáků.** Z nejstarších starotřetihorních usazenin známe nálezy vačnatců, různých hmyzožravců, hlodavců a masožravců. Z lichokopytníků se vyskytovali předchůdci tapírů, nosorožců a velký význam mají nejstarší předchůdci koní. Koncem paleogénu se objevují poloopice a předchůdci lidoopů (Propliopithecus).

V **neogénu** pokračoval vývoj z paleogénu a stále více se přibližoval k dnešnímu stavu. Život v moři se dá téměř porovnat s dnešním.

Významný je **rozvoj savců**. V neogénu žily mnohé druhy, které už dnes neznáme. Z masožravců to byl **tygr šavlozubý** (Macharirodus, Smilodon). Hmyzožravci a hlodavci se podobali dnešním. Vyvíjeli se kopytníci, hlavně koně, od svého malého pětiprstého předka až po dnešního ko-



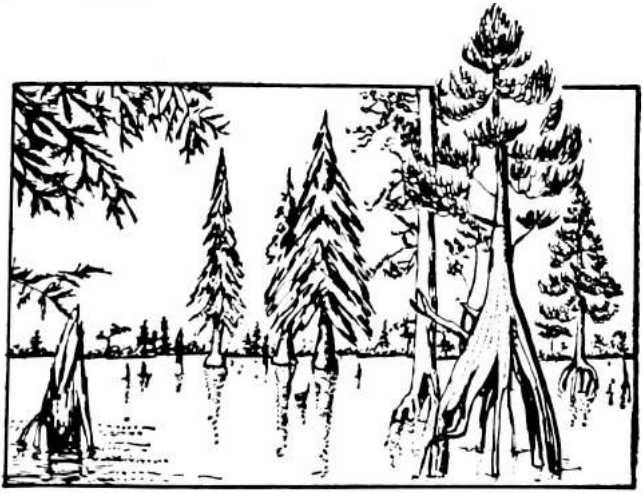
Předchůdce nosorožce Brontotherium

ně. Z lichokopytníků se dále vyvíjeli tapíři a nosorožci. Ze sudokopytníků se objevili žirafy, velbloudi, chobotnatci (Deinotherium a Mastodon). Ze savců jsou to primáti (Pliopithecus a Dryopithecus), kteří jsou důležití pro poznání vývoje člověka.

Z rostlin se na našem území nacházely ještě počátkem mladších třetihor palmy, magnólie, později ochlazováním převládly druhy, které známe dnes — bříza, olše, vrba, dub, javor, smrk, borovice, jedle.

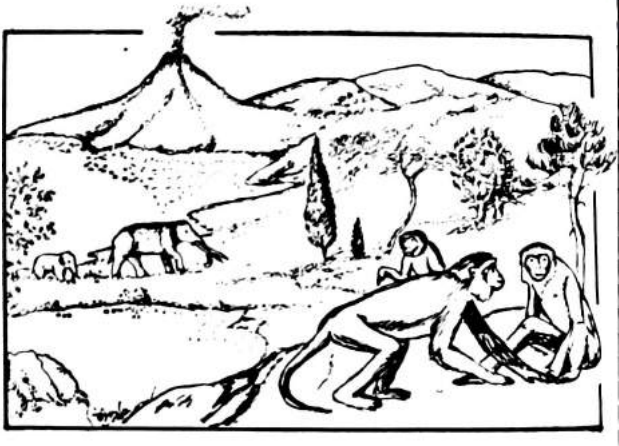
Před 2 a 3 milióny let začalo **období čtvrtohor**, v kterém žijeme dodnes. Krajina se jen částečně lišila od dnešní. Důležitou událostí v čtvrtohorách byla rozsáhlá zalednění v oblasti Evropy. Studené podnebí však nemělo stále stejný rozsah. Několikrát se ledovce stěhovaly na sever a opět na jih. Takto rozlišujeme více dob ledových a meziledových. V tundře žili zástupci srstnatých chobotnatců, mamuti, srstnatí nosorožci, jeleni, sobi, pratuři, vlci, medvědi, hyeny a podobně.

Druhou významnou událostí čtvrtohor je objevení **člověka** (Homo sapiens) na Zemi. Tento se v době čtvrtohor

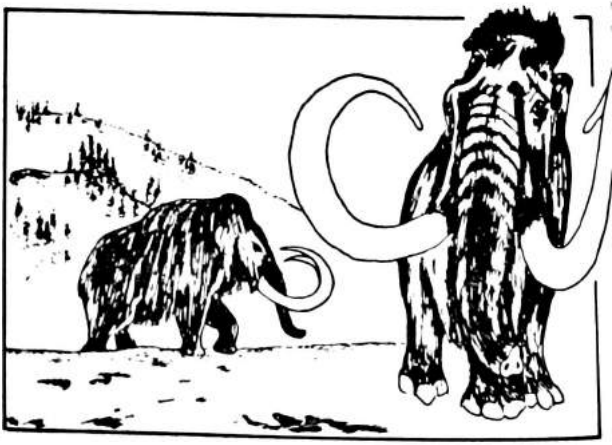


Hnědouhelný prales

Mladotřetihorní měkkýši



Čtvrtohorní krajina v okolí Fiľakova



vyvinul ze svých předků přes opočlověka, pračlověka a předvěkého člověka až do dnešní formy.

Bylo by proto omylem hledat předchůdce člověka v lidoopech, jako je šimpanz, orangutan a gorila. Mají sice s člověkem společného předka, ale dalším vývojem se od sebe velmi vzdálili.

ZROD OHNĚ

OBŘI A TRPASLÍCI

Máš zájem o neživou přírodu. Určitě si se zatajeným dechem nejednou obdivoval nádherné tvary a barvy nerostů uložených ve vitrínách v muzeích nebo ve vašich školních sbírkách. Některé ti jistě utkvěly v paměti dodnes. Možná, že to byly právě ty, které tvořily mnohostěny ohraničené většími nebo menšími plochami. Jsou to **krystaly**.

Stejně tak jako tebe upoutal krásný tvar **krystalu nerostů**, neunikl pozornosti lidí ani v minulosti. Pravidelnost a čistota geometrických linií často nádherně zbarvených kamenů dala podnět k nejedné legendě. Krystalům se připisovaly různé nadpřirozené vlastnosti, věřilo se v jejich utajenou sílu, schopnou člověka chránit, uzdravit, přinést mu štěstí, ale i smrt.

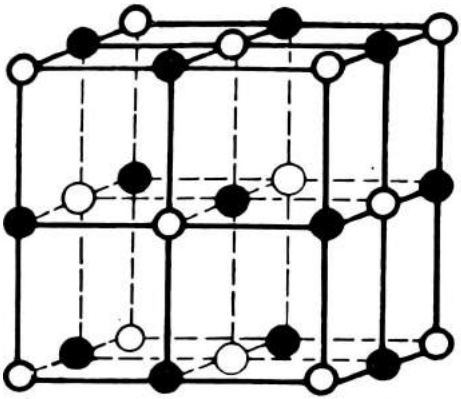
„Modrý kámen ve chvíli, kdy se mahárádža kochal pohledem na diamant, byl stále ještě jenom modrým kamenem, i když nevídané krásy. Byl sice nejvzácnějším a nejdražším kamenem, jaký se kdy v Indii našel, nevědělo se však ještě o jeho budoucím osudu. Legenda praví, že vlastníka modrého diamantu postihne neštěstí. Letopisci v roce 1658 zaznamenali, že ho tandžorský emir daroval velkému mogulovi Džahanovi. Panovník, který krásným kamenem dovedl projevit patřičnou úctu, ho daroval své nejstarší dceři Begum Shebe. Velkého mogula uvrhl do vězení vlastní syn a Begum našli otrávenou. Kámen se pak dostává do rukou dalšího maharádži, který nedbá na to, co se o něm povídá, ba naopak, činem chce dokázat, že je neohrožený, jak se na mahárádžu sluší a patří. Přikládá kámen k svatebnímu daru své krásné ženě Nurmahale. Nurmahale našli ráno na hedvábném lůžku mrtvou. Vzne-

šený ženich tehdy navěky proklel modrý kámen a rozkázal, aby ho vsadili do čela bohyně zla. Tam v přítmí chrámu, uprostřed tlejících voňavých kadidel, svítil jeho modrý plamen až do chvíle, kdy do země přišel muž francouzského původu. Toho muže naučné slovníky a encyklopedie později představují jako francouzského cestovatele, případně dobrodruha, zamlčují však, že to byl také zloděj a vrah. Prostřednictvím Taverniera, jak se tento muž nazývá, dostal se krásný modrý diamant na dvůr francouzského krále Ludvíka XVI. Věrný své tradici nadále rozséval okolo sebe zlo a neštěstí. Říká se, že i smrt Marie Antoinetty je jeho dílem. Nakonec se diamant podivnými cestami dostal až do Ameriky. Ve Smithově institutu ve Washingtonu dodnes září modrým ohněm ve vitríně za pancéřovým sklem." Tuto legendu, jako i mnoho jiných zajímavostí ze světa nerostů, najdeš v knize V. Ferky Magické kameny.

Dnes už víme, že **nerosty (minerály)** nejsou výtvorem nadpřirozených sil. Známe jejich **chemické složení,** které můžeme vyjádřit chemickou značkou. Jejich vnější tvar je odrazem pravidelného uspořádání částic, z nichž se skládají — atomů, iontů, molekul. Tyto částice jsou v krystalech nerostů uspořádány tak, aby odpudivé a přitažlivé síly byly v rovnováze. Toto pravidelné uspořádání částic vytváří pouhým okem neviditelnou **krystalovou strukturu.**

Krystaly nerostů vznikají v přírodě **krystalizací** z roztoků, tavenin nebo plynů. Právě při tomto ději, či při vypařování vody nebo chladnutí taveniny, se jednotlivé volně se pohybující částice budoucího nerostu postupně sbližují, začínají mezi nimi působit přitažlivé a odpudivé síly. Lehce se o tom sám přesvědčíš. Nech pomalu odpařit vodu z nasyceného roztoku kuchyňské soli (NaCl).

Po určité době se na dně baňky vytvoří krychlové krystalky, které geologové nazývají kamenná sůl, halit. A kdybys pokus opakoval třeba stokrát, znovu a znovu bude kamenná sůl krystalovat v krychlích a ne například



Krystalová mřížka kamenné soli NaCl

v šestibokém hranolu, který je naopak typický pro ohraničení krystalů křemene (SiO_2).

Zapamatuj si, že **vnější tvar krystalu nerostu** odráží pouhým okem neviditelné vnitřní pravidelné uspořádání částic, ze kterých se skládá. Tak jako se jednotlivé nerosty liší svým chemickým složením, liší se i svou krystalovou strukturou a tvarem krystalů.

Vraťme se však k příkladu s krystalizací kuchyňské soli. Když budeš spěchat a vodu odpařovat příliš rychle prudkým zahřátím, vznikne na dně baňky jen práškový povlak soli. Krystalky jsou pouhým okem neviditelné. Velikost a tvar krystalů nerostů závisí totiž na podmínkách krystalizace. Pro růst krystalu je vedle času důležitý prostor a dostatečné množství látek, ze kterých krystal vzniká. Obdobně je to i v přírodě.

Mají-li vznikající krystaly nerostů dostatek místa, vytvářejí mnohostěn, s rovnými plochami. Mohou mít různou velikost. Od malých krystalků viditelných jen pod mikro-

skopem, přes několikacentimetrové, až po velikány dosahující několik decimetrů až metrů.

Velmi pěkné a **pravidelné krystaly** často vznikají v dutinách a puklinách hornin. Krystalizují tady z horkých roztoků, par a plynů při jejich ochlazování. Na stěnách puklin vznikají nejprve zárodky krystalů. Je-li v roztocích rozpuštěno dostatečné množství látek, dorůstají do volného prostoru. Jestliže na společném základě narůstá víc krystalů nerostů toho určitého druhu, vytváří se útvar, který nazýváme **drúza.**

Při krystalizaci z taveniny, magmatu, krystalizují různé nerosty postupně s jejím ochlazováním. První krystalují v pravidelně ohraničených tvarech. Další jsou při krystalizaci částečně ohraničené. Poslední vyplňují zbylý volný prostor a jejich ohraničení je náhodné.

Jestliže se v omezeném prostoru vyvíjí velké množství krystalů toho určitého nerostu současně, tvoří se shluky,

Hematit — agregát

které nazýváme krystalové **agregáty**. Jednotlivé krystaly agregátů jsou pouhým okem těžko rozeznatelné.

Jen nepatrný počet nerostů krystaly netvoří. Nacházíme je v podobě nepravidelných útvarů, často kulovitého nebo hroznovitého vzhledu. Takové nerosty nazýváme **beztvaré — amorfní nerosty**. Patří k nim například hnědel, opál a podobně, ale o tom si ještě povíme.

Nerosty podle chemického složení dělíme na **prvky** a **sloučeniny**. Prvky rozdělujeme na **kovové** a **nekovové**. Mezi kovové patří například ryzí zlato (Au), měď (Cu), stříbro (Ag), platina (Pt). Mezi nekovové prvky patří například síra (S), tuha — grafit (C), diamant (C) a podobně.

Sloučeniny jsou sulfidy, halogenidy, oxidy, uhličitany, sírany a křemičitany. Tvoří obrovská množství nerostů. Uvádíme v této knížce jen ty nejzákladnější, se kterými se setkáš nejčastěji. Mezi **sulfidy** patří významné nerosty rudných žil, jako je galenit (PbS), sfalerit (ZnS), pyrit (FeS_2), chalkopyrit ($CuFeS_2$), rumělka (HgS) — nerost, ze kterého se těží rtuť. Z **halogenidů** je to kamenná sůl ($NaCl$), jejíž ložiska vznikají hlavně vypařováním mořské vody, a fluorit, kazivec (CaF_2), který provází rudné nerosty v rudných žilách. **Oxidy** jsou sloučeninami kyslíku s různými prvky. Nejznámější je křemen (SiO_2) a jeho amorfní forma opál ($SiO_2.nH_2O$), dále sem patří krevel (Fe_2O_3), hnědel ($Fe_2O_3.nH_2O$), magnetit ($FeO.Fe_2O_3$), cínovec, kasiterit (SnO_2), smolinec, uraninit (UO_2+UO_3) — významná radioaktivní surovina. Mezi **uhličitany** patří kalcit ($CaCO_3$) a siderit ($FeCO_3$). Ze **síranů** si můžeme uvést sádrovec ($CaSO_4.2H_2O$), který je jedním z hlavních nerostů solných usazenin — evaporitů, a baryt ($BaSO_4$), který často nacházíme spolu s fluoritem v rudných žilách, v nichž provázejí rudné nerosty. Nakonec nám zůstává nejsložitější a nejpočetnější skupina nerostů — **křemičitany**. Sem patří základní horninotvorné minerály, sodnovápenaté živce, živec draselný ($KAlSi_2O_8$), slída světlá — muskovit, slí-

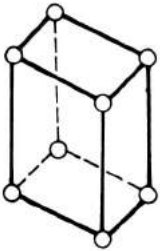
da tmavá — biotit, pyroxény (augit) a amfiboly. Dále sem zařazujeme turmalín, granát, distén, olivín, topaz a tak dále. Do skupiny křemičitanů patří i druhotně přeměněné jílové minerály, například kaolinit, montmorillonit a illit.

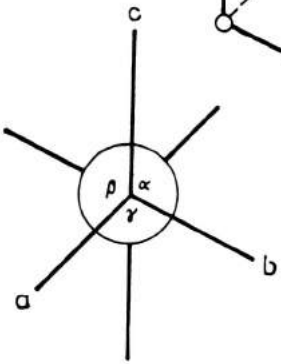
Nerosty se od sebe liší svými vlastnostmi. Je to způsobeno jejich chemickým složením a vnitřní stavbou. Určujeme a zařazujeme je do soustavy nerostů na základě jejich chemických a fyzikálních vlastností. Dobrým pomocníkem při zakládání tvé sbírky bude některý z klíčů k určování nerostů a hornin. Na základě klíče budeš pak zjišťovat a porovnávat mechanické vlastnosti — například tvrdost, štěpnost, optické vlastnosti — barva, lesk, elektrické, magnetické či chemické vlastnosti — rozpustnost a různé chemické reakce nerostů.

Vnější tvar krystalů nerostů a stupeň jejich souměrnosti umožňuje zařazení krystalů do krystalových soustav. U krystalů, které jsou ohraničené jen základními krystalovými plochami, je to jednoduché. Například kamenná sůl krystaluje v krychlové soustavě. Avšak zařazení krystalů s velkým počtem různých ploch bude pro tebe velmi složité.

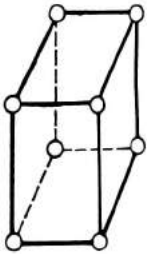
Rozeznáváme **7 hlavních krystalových soustav.** Zobrazují vnitřní prostorové uspořádání jednotlivých stavebních částic, které nazýváme **krystalovu mřížkou:** Jsou to soustavy **jednoklonná, trojklonná, kosočtverečná, čtverečná, krychlová, šesterečná a klencová.**

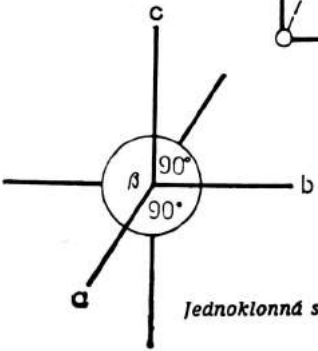
Při zařazování krystalu do jednotlivých soustav je důležité znát a určit: **roviny souměrnosti,** které rozdělují krystal na dvě stejné poloviny, dále **osový kříž** krystalu a **úhly, které jednotlivé osy mezi sebou svírají.** Osový kříž tvoří předozadní osa (a), která při správném nasměrování krystalu směřuje k pozorovateli, dále je to osa pravolevá (b), a svislá (c). Krystalové plochy vytínají na těchto osách nestejně dlouhé úseky a, b, c. Úhly, které jednotlivé osy svírají, jsou buď pravé — 90° nebo kosé nejčastěji 60° a 120°.





Trojklonná soustava





Jednoklonná soustava

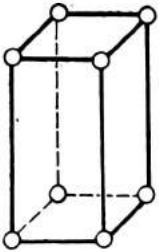
Krystal modré skalice ($CuSO_4.5H_2O$) patří do **trojklonné soustavy**, nemá ani jednu rovinu souměrnosti. Osový kříž tvoří osy s nestejně dlouhými úseky a, b, c, a $\neq$ b $\neq$ c. Ramena osového kříže svírají mezi sebou různě velké kosé úhly. Kromě modré skalice krystaluje v trojklonné soustavě i živec sodný — albit.

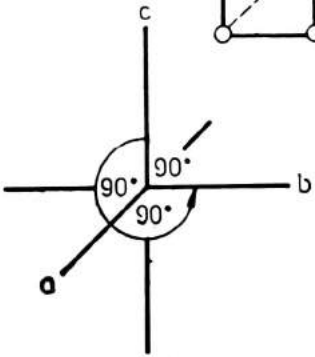
Do **jednoklonné soustavy** patří krystal sádrovce. Je souměrný podle jedné roviny souměrnosti. Osový kříž tvoří tři osy s nestejně dlouhými úseky a, b, c, a $\neq$ b $\neq$ c. Úhly, které svírají osy jednoklonné soustavy, jsou dva úhly pravé a jeden kosý. Prostorově orientuješ osový kříž tak, aby předozadní osa směřovala k tobě, přičemž s osou c bude svírat tupý úhel, to znamená, že směrem k tobě bude klesat a pravolevá osa bude svírat s osou c pravý úhel.

Krystaly, které patří do **kosočtverečné soustavy**, jsou souměrné podle tří rovin souměrnosti. Osový kříž má tři osy s nestejnými úseky a, b, c a $\neq$ b $\neq$ c. Jednotlivé osy mezi sebou svírají pravý úhel. Osový kříž prostorově orientuješ tak, aby předozadní osa byla kratší než pravolevá. Svislá osa zpravidla bývá nejkratší. Výjimku tvoří baryt ($BaSO_4$) nebo síra (S), kde svislá osa je nejdelší. V kosočtverečné soustavě krystaluje topaz i olivín.

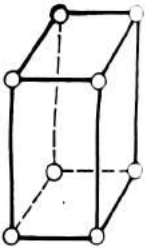
Ve **čtverečné soustavě** krystaluje cínovec, kasiterit (SnO_2). Má pět rovin souměrnosti. Osový kříž má tři osy, přičemž předozadní a pravolevá jsou stejně dlouhé. Označujeme je a = b, anebo a1 = a2. Svislá osa se označuje c a má proměnlivou délku. Osový kříž je pravoúhlý. Ve čtverečné soustavě krystaluje i zirkon ($ZrSiO_4$) a chalkopyrit ($CuFeS_2$).

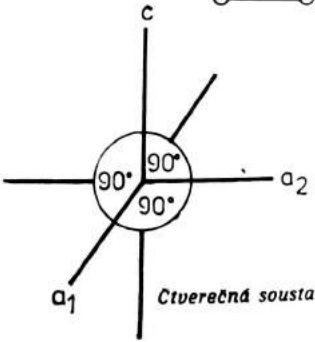
Největší počet rovin souměrnosti (devět) mají krystalky nerostů v **krychlové soustavě**. Osový kříž tvoří tři na sebe kolmé osy, na nichž krystalové plochy vytínají stejné úseky a = b = c, anebo a1 = a2 = a3. V této soustavě krystaluje kamenná sůl, halit (NaCl), fluorit (CaF_2), galenit (PbS), sfalerit (ZnS), magnetit ($FeO.Fe_2O_3$), diamant (C) a podobně.



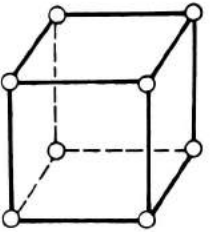


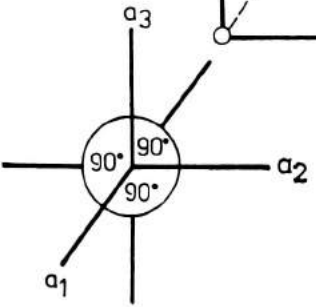
Kosočtverečná soustava



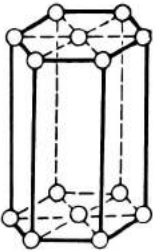


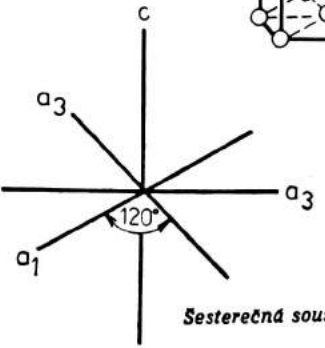
Čtverečná soustava





Krychlová soustava





Šesterečná soustava

Šesterečná soustava má osový kříž ze tří vodorovných a jedné svislé osy. Vodorovné osy svírají mezi sebou úhel 60°, svislá osa je na ně kolmá. Krystalové plochy vytínají na vodorovných osách stejné úseky a1 = a2 = a3. Svislá osa může být delší a označuje se c. Má sedm rovin souměrnosti. V šesterečné soustavě krystaluje například apatit Ca5 $(F/PO_4/3)$ a grafit (C).

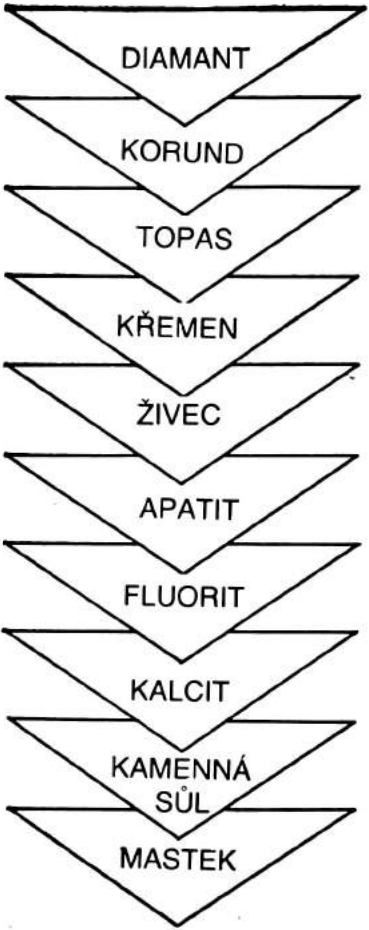
V **klencové soustavě** krystaluje kalcit ($CaCO_3$). Charakteristickým tvarem kalcitu jsou klence, souměrné podle tří rovin souměrnosti. Mají osový kříž stejný jako šesterečná soustava. V klencové soustavě krystaluje i křemen (SiO_2) a hematit (Fe_2O_3).

Různé nerosty se liší svou **hmotností**. Porovnej stejně velké kusy pyritu a křemene. Zjistíš, že křemen je daleko lehčí. Stejnou hmotnost bude mít kus pyritu a přibližně dvakrát tak velký kus křemene Vztah mezi hmotností a objemem nerostu vyjadřuje jeho **hustotu**. Hustotu stanovíš velmi jednoduše. Zjistíš jeho hmotnost v gramech a jeho objem ponořením do odměrného válce s vodou. Rozdíl mezi hladinami vody je objem nerostu v cm^3. Poměry hmotnosti a objemu $\frac{\text{hmotnost (g)}}{\text{objem (cm}^3\text{)}}$ udává hodnotu jeho hustoty. Hustota pyritu je 5,2 g/cm^3.

Další fyzikální vlastností nerostů je jejich **tvrdost**. Určitě víš, že tuha (grafit) je jedním z nejměkčích nerostů, zatímco diamant je nejtvrdší. Rozdíl v tvrdosti je dán rozdílem v pevnosti vazby mezi jednotlivými částicemi v krystalové struktuře. Tuha krystaluje v šesterečné soustavě, diamant v krychlové soustavě. Řekneš si, že tuhu od diamantu rozlišíš pouhým okem, nemusíš ani vědět, který je tvrdší. Máš pravdu. Pokus se ale rozlišit dva velmi podobné kusy křemene a kalcitu. Budeš-li mít po ruce sklo, nebude to tak těžké. Kalcit ani při rýpání do skla nezanechá stopu, ale křemen udělá na skle zřetelnou rýhu.

Geologové pro porovnávání tvrdosti nerostů sestavili **stupnici tvrdosti od 1 do 10**, kde každý stupeň je vyjádřený nerostem příslušné tvrdosti: 1 mastek, 2 kamenná sůl, 3 kalcit, 4 fluorit, 5 apatit, 6 živec, 7 křemen, 8 topaz, 9 korund a 10 diamant.

Ne vždy však máme po ruce sbírku nerostů, se kterými bychom mohli porovnat tvrdost zkoumaného nerostu. V takovém případě nám pomůže kousek skla, do kterého dělají vrypy nerosty, které mají tvrdost nad 6. stupeň tvrdosti. Nožem v nerostech, jejichž tvrdost dosahuje tvrdosti apatitu, tedy 5. Menší tvrdost než 3 mají nerosty, do nichž uděláš vrypy měděným drátem, a do nerostů s menší tvrdostí než 2 uděláš vryp 1 nehtem.



Rozdílná je také **soudržnost nerostů,** některé, jako například křemen nebo kalcit, se při úderu rozdrtí na drobné kousky. Jsou **křehké.** Jiné po úderu svůj tvar jen změní, například ryzí kovy, zlato, měď. Jsou **kujné.**

Některé nerosty se vyznačují tím, že se při porušení štěpí podle rovných lesklých ploch. Dobrou **štěpnost** má například kalcit podle ploch klence, slídy podle rovných plošek a kamenná sůl v podobě krychliček. Jiné nerosty, například křemen, se **lámou.** Lom křemene je nerovný, pazourek má lom lasturnatý a podobně.

Z **optických vlastností** nerostů jsou důležité: **barvy, lesk, průhlednost** a **průsvitnost.**

Některé nerosty mají vždy stejnou **barvu.** Například síra žlutou, grafit černou. Ze zkušeností víme, že mnohé krystaly nerostů, například křemene, mohou být **zbarvené** příměsemi do různých barevných odstínů. Čistý křemen je bezbarvý, příměsemi se však může zbarvovat do fialova (ametyst), do hněda (hnědel), anebo do růžova (růženín).

Po dešti, když vysvitne slunko, můžeš vidět na písčitém chodníku probleskující třpytivé šupinky slídy. Když se podíváš blíže, zjistíš, že lesk slídy mění zabarvení přesně tak jako perleť uvnitř mořské lastury. Lesk, který má slída na štěpných plochách, nazýváme perleťový lesk. Pyrit nebo galenit mají kovový lesk, křemen sklovitý. Lesk mastku se podobá lesku vosku, nazýváme ho mastný lesk a tak podobně.

Pyrit nebo krevel jsou **neprůsvitné** nerosty. Ale když si přiložíš k oku některou ze zbarvených odrůd křemene a podíváš se proti světlu, zjistíš, že světlo přes něj prochází. Je **průsvitný.** Když je křemen čirý, má podobné vlastnosti jako sklo. Když ho položíš na stránku knihy, můžeš přes něj číst. Je **průhledný.**

Může se stát, že mnohý z tvých přátel objeví v potoku kousek „zlata". Jsou to většinou krystalky pyritu. K zjištění ti postačí kousek porcelánového střepu. Když po něm přejedeš oním kouskem „zlata", ukáže se, že má „zlato"

černý vryp. Skutečné zlato má vryp žlutý nebo světlehnědý. Černý vryp má mosazně žlutý pyrit.

Z **chemických vlastností** nerostů některé dobře znáš. Jednou z nich je **rozpustnost.** Například kamenná sůl se lehce rozpouští ve vodě, zatímco křemen nebo zlato jsou nerozpustné.

Některé nerosty můžeme lehce rozeznat tak, že **reagují se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou** (HCl). Patří sem například chalcid. Při reakci s kyselinou chlorovodíkovou uniká se šuměním oxid uhličitý (CO_2).

Některé nerosty **žíháním ztrácejí vodu.** Ze sádrovce ($CaSO_4.2H_2O$) vzniká žíháním bílý prášek, sádra (anhydrit $CaSO_4$). Žíháním můžeme dokázat i přítomnost olova (Pb) v galenitu (PbS).

Některé nerosty jsou poměrně odolné proti působení chemických látek. Patří sem zlato, platina, křemen a tak dále.

Do světa „obrů" krystalů nerostů jsme nahlédli jen klíčovou dírkou. Věda, která se zabývá jejich vznikem, popisem, vnitřní stavbou, vlastnostmi a podobně, je daleko rozsáhlejší. Odborně ji nazýváme mineralogie. Ta její část, která se odborně zabývá popisem tvarů krystalů, se nazývá **krystalografie.**

Naše společná cesta za poznáním nerostů (minerálů) však nekončí. Mám před sebou kraj trpaslíků, soubory nerostů skromě se krčících jeden vedle druhého. Jsou na sebe tak natlačené, že často nemají vyvinutý ani svůj charakteristický tvar. Nachází se jich vedle sebe většinou vždy více druhů. Jsou jich obrovské nestejnorodé masy, které vytvářejí horninové celky.

Hornina se skládá z více druhů nerostů (minerálů). Její složení na rozdíl od nerostu nemůžeme vyjádřit chemickou značkou. Je to různorodá přírodnina.

Věda, která se zabývá studiem vzniku, složením, stavbou hornin a podobně, se nazývá **petrografie.**

Podle způsobu vzniku rozlišujeme tři základní druhy hornin. **Vyvřelé horniny** vznikly utuhnutím z lávy nebo ho-

roucí tekuté taveniny v hloubkách Země. Jejich rozpadem a uložením ve sníženinách zemského povrchu se po mnoha miliónech let vytvářejí **usazené horniny.** Třetí skupina se nazývá **přeměněné horniny.** Vznikají přeměnou vyvřelých a usazených hornin, působením vysokých teplot a tlaků v zemské kůře.

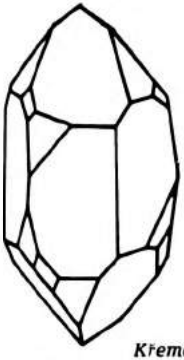
Z jakých nerostů (minerálů) se horniny skládají?

Nejčastějším horninotvorným nerostem je **křemen, oxid křemičitý** SiO_2. Krystaluje v klencové nebo šesterečné soustavě. Nejsnáze ho rozlišíš v žule, ale je častým nerostem i v jiných horninách. Tvoří šedivá zrnka sklovitého lesku. Je velmi odolný, proto je součástí úlomkovitých usazených hornin. Jeho významnou vlastností je, že je neštěpný, má nerovný lom.

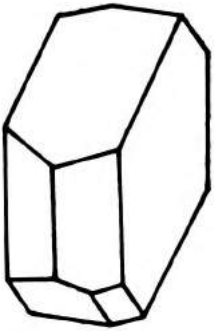
Při krystalování v dutinách a puklinách hornin, má nejčastěji podobu šestibokých sloupců. Bývá často zbarvený. Rozlišujeme odrůdy: bezbarvý křemen — křišťál, růžový — růženín, fialový — ametyst, hnědý — záhněda. Mnohé odrůdy jsou oceňovány jako drahé kameny. Křemene se používá v radiotechnice a optice. Naleziště křemene u nás jsou Trangoška, Rimavská Baňa a Pohorelá. Nejkrásnější exempláře pocházejí z Betliara, Rudnian, Nižné Slané, Mlýnku, Švedlára, Závadky a Smolníka. Nové výskyty jsou známé v okolí Mýtné, Podkriváňa a Detvianské Huty.

K zástupcům **světlých horninotvorných minerálů** kromě křemene počítáme i živce.

Živce jsou nejrozšířenější nerosty ze všech křemičitanů. Ve složení nejvrchnější části Země — zemské kůře jsou zastoupeny až 50 %. Nejlépe je rozlišíš opět v hlubinných vyvřelinách, kde často tvoří velké krystaly, které nazýváme vyrostlice. V usazených horninách jsou časté zejména v arkózách a v pískovcích. Rozeznáváme různé drury živců. Krystalují v jednoklonné a trojklonné soustavě. Vyznačují se světlými barvami a mají poměrně velkou tvrdost 6—6,5. Hlavní z nich jsou **živec sodnovápenatý** a **živec draselný** [$K(AlSi_3O_8)$].



Křemen



Živec sodnovápenatý

Živec sodnovápenatý krystaluje v trojklonné soustavě. Je zastoupený ve vyvřelých horninách různými druhy živců, kde na jednom konci stojí $Na(Al\ SiO_3O_8)$ a na opačném konci živec vápenatý $Ca(Al_2Si_2O_8)$. Jednotlivé druhy se nedají pouhým okem rozlišit. Všeobecně se sodné živce vyskytují v horninách kyselých a vápenaté zase v horninách zásaditých. Živce známe i v usazených a přeměněných horninách. Zřídka tvoří jednoduché krystaly, například sloupce nebo tabulky. Časté jsou jejich srůsty. Sodnovápenaté živce jsou světlé, bílé, modrobílé, zelenkavé, ale i růžové.

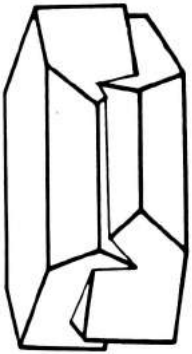
Živec draselný $(K(AlSi_3O_8))$ krystaluje v jednoklonné soustavě. Tvoří sloupkovité nebo tabulkovité krystaly. V horninách se podobá křemenu. Rozlišit ho nejlépe můžeme podle lesklých plošek, protože je na rozdíl od křemene štěpný. Barvu má bílou, žlutavou, růžovou až červenou. Dobře známé jsou jeho velké vyrostlice, které často srůstají po dvou (tak zvaný karlovarský zákon) a nazýváme je karlovarské dvojče. Kromě vyvřelých hornin ho obsahují i přeměněné horniny, krystalické břidlice. U nás jsou naleziště nevelkých krystalů draselného živce v Čechách u Pís-

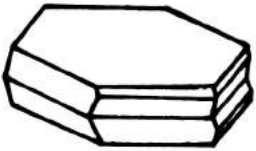
ku, u Domažlic, v Dolních Borech, na Slovensku v okolí Damače a Rače u Bratislavy, červeně zbarvený je v okolí Magurky v Nízkých Tatrách. Živec draselný se používá jako surovina v keramickém průmyslu a ve sklářství.

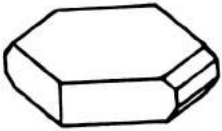
V kyselých horninách, s nízkým anebo žádným obsahem křemene, se může vyskytovat nefelín ($NaAlSi_2O_4$). Takovými horninami jsou syenit nebo znělec. Nefelín krystaluje v šesterečné soustavě. Někdy vytváří i vyrostlice v podobě šestiúhelníkových sloupců. Má šedozelenou nebo nahnědlou barvu a mastný lesk. U nás se hodně vyskytuje například v Čechách u Mariánských Lázní, na Slovensku pak u Filakova ve Slovenském rudohoří. K tmavým horninotvorným nerostům počítáme slídy, olivín, ambifoly, pyroxeny, granát a další. Vyvřelé horniny v malém množství obsahují i krystalky apatitu, magnetitu, pyritu a podobně. **Slídy** jsou po křemeni a živcích velmi rozšířenými nerosty vyvřelých hornin. Snadno je rozlišíš podle charakteristického lesku. Rozlišujeme světlou slídu — muskovit a tmavou slídu — biotit.

Světlá slída — muskovit vytváří v přírodě lupénkovité až miskovité agregáty. Časté jsou i tabulkovité krystaly. Vyniká dobrou štěpností. Je měkký jen 2-2,5 a pružný. Má světlou barvu a perleťový lesk a je průhledný. Krystaluje v jednoklonné soustavě. Muskovit je horninotvorný nerost ve všech žulách, ale i v mnohých krystalických břidlicích (přeměněných horninách). Je také vyhledávaným ohnivzdorným materiálem. Z jeho lupínků se zhotovují průzory a okénka vysokých pecí a ochranné brýle. U nás se nalézá v Čechách u Domažlic, u Mariánských Lázní, na Slovensku v okolí Bratislavy, v Malých Karpatech a Nízkých Tatrách. Na Sibiři a v Jižní Americe si zhotovovali už před mnoha lety z velkých lupínků muskovitu okenní tabule.

Tmavá slída — biotit krystaluje v jednoklonné soustavě. Tvoří většinou drobné lupínky nebo šupinové agregáty. Zřídka vytváří tabulkovité krystaly. Má dobrou štěp-



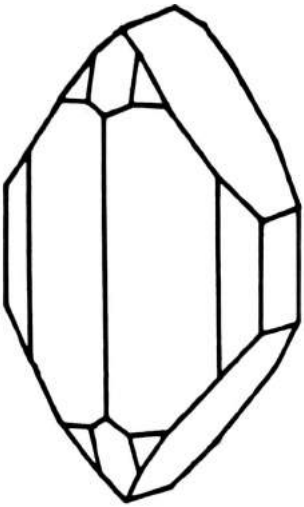




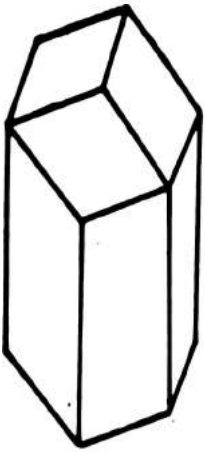
Karlovarské dvojče — živec draselný

nost. Jemné lupínky prosvítají někdy bronzově. Je hnědožluté barvy a mylně se pokládá za zlato. Je měkký, jeho tvrdost je 2,5-3. Na území naší republiky se ve větším množství vyskytuje v okolí Bratislavy (Lamač, Rača), v Dubné skále západně od Vrútek, v Čavoji, Malé Maguře, ve Spišsko-gemerském rudohoří při Dobšiné a Slovinkách, ve východních Čechách a na Moravě a v okolí Brna. Používá se v elektrotechnickém průmyslu na výrobu izolačních prostředků a jako prášek na výrobu kvalitní bronzové barvy.

Olivín je nerost ze skupiny křemičitanů. Krystaluje v kosočtverečné soustavě. Vyskytuje se kusový nebo zrnitý. Zřídka jsou jeho krystaly ve formě hrubých sloupců nebo tabulek. Má olivově zelenou a žlutozelenou barvu, skleněný lesk. Je poměrně tvrdý, jeho tvrdost je 6,5-7. Je důležitým horninotvorným nerostem v horninách chudých na křemen — bazických. Vyskytuje se zejména v čedičích a jeho příbuzných horninách, jako je gabro nebo diabas. Dra-



Olivín

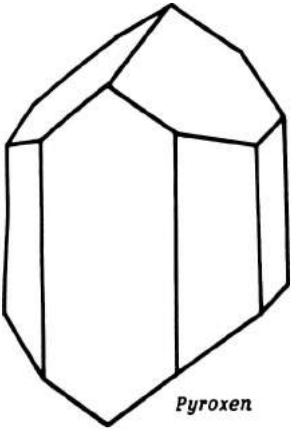


Amfibol

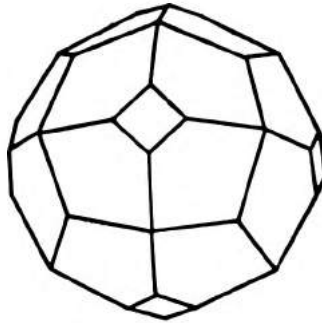
hokamovou odrůdou olivínu je chryzolit, který se v Československu vyskytuje v okolí Turnova na vrchu Kozákov. Na Slovensku se nachází v okolí Banské Štiavnice, Žiaru nad Hronom, v sopečných horninách v okolí Lučence, Filákova a jinde.

Amfiboly jsou významné horninotvorné materiály ze skupiny hlinitokřemičitanů. Krystaluje v jednoklonné a kosočtverečné soustavě. Krystaly mají sloupcový a jehličkovitý tvar. Obyčejně jsou zelené, žlutozelené, hnědozelené, hnědé až černé. Nejčastěji se vyskytují zejména v čedičích a andezitech, ale jsou součástí všech hornin. Velmi zřídka se vyskytují v přeměněných horninách. Mineralogické výskyty jsou známé v Kremnických a Štiavnických vrších, v okolí Banské Štiavnice a Hodruše — Hamrů.

Pyroxeny jsou významné horninotvorné minerály vyvřelých hornin. Tvoří sloupcovité krystaly. Jsou dokonale štěpné, proto je rozlišujeme v horninách podle lesku. Krys-



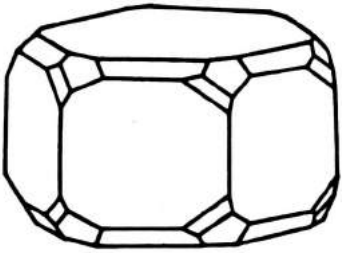
Pyroxen



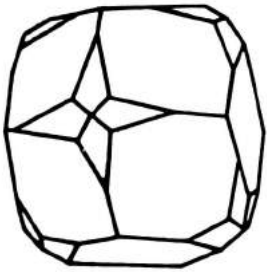
Granát

talují v jednoklonné a kosočtverečné soustavě. Z jednoklonných pyroxenů se v čedičích nejčastěji vyskytuje augit. Jeho pěkně vyvinuté krystaly jsou známé z okolí Banské Štiavnice u Halče. Vyskytují se ve Štiavnických vrších a v Šarišské vrchovině.

Granáty jsou skupinou nerostů, které krystalují v krychlové soustavě. Jsou to křemičitany hořčíku, vápníku, hliníku, železa a manganu. V přírodě se vyskytují ve vyvřelých horninách. V přeměněných horninách často vytvářejí velké krystaly v podobě dvanáctistěnů. Jsou rozmanitě zbarvené, což závisí na jejich chemickém složení. Nejčastěji jsou hnědočervené, ale bývají i žluté a zelené. U nás je znám jako ozdobný kámen český granát — pyrop. I když jsou granáty odolné vůči zvětrávání, často se dostávají do zvětralin a naplavenin. U nás jsou jejich nejznámějšími ložisky pyropové štěrky na úpatí Českého středohoří. Pro svou tvrdost se používají jako brusné materiály, do ložisek přes-



Apatit



Magnetit

ných přístrojů. Z některých se zhotovují ozdobné šperky. Na Slovensku jsou známé mineralogické výskyty granátů v Kremnici a Banské Štiavnici.

Apatit patří mezi fosforečnany. Krystaluje v šesterečné soustavě. Je různě zbarvený, čirý, šedobílý, zelený, modrý, fialový a žlutý. Je součástí všech vyvřelých hornin. Jeho pěkné nálezy jsou u nás známé z okolí Slavkova a Mariánských Lázní, na Slovensku u Jedlových Kostolan, Spišské Baně. Může se používat na výrobu fosforu, hnojiv a v klenotnictví.

Magnetit se vyskytuje ve všech vyvřelých horninách. Je to nejbohatší železná ruda, ve které je obsah železa až 70%. Krystalky magnetitu, oxidu železnatoželezitého $FeO.Fe_2O_3$, krystalují ve čtverečné soustavě. Je černý, má kovový lesk a je magnetický. Největší světová ložiska magnetitu se nacházejí ve Švédsku. U nás jsou známá naleziště u Tisovce, Hodruši, Dobšiné a jinde, v Čechách u Vlastějovic na Českomoravské vrchovině.

Z VODY NEBO Z OHNĚ

Otázka, jak vznikají horniny typu žuly anebo čediče se před více jak dvěma sty lety stala předmětem velkých sporů a bouřlivých diskusí. Učenci se podle názorů rozdělili do dvou skupin. Skupina soustředěná kolem profesora A. G. Wernera z hornické akademie ve Freibergu zastávala názor, že všechny horniny vznikly z vodnatých roztoků krystalizací a usazováním v praoceánu. Podle boha moře Neptuna dostala tato skupina název **neptunisté**. Proti názoru o vzniku některých hornin z vody, hlavně čediče anebo rudných žil, se postavila skupina, která uznávala názor J. Huttona. Hutton byl přesvědčen, že všechny změny v zemské kůře způsobuje oheň uvnitř Země. Podle řeckého boha podsvětí Plutóna dostali název **plutonisté**. Plutonisté na základě poznání sopečných jevů správně uvažovali o vzniku žuly ztuhnutím rozžhavených hmot z vnitřku Země. Podobně i čediče pokládali za zbytky staré sopečné činnosti. Neptunisté se však úporně bránili. Na podporu svého názoru přinášeli řadu klamných důkazů. Sopečné jevy například vysvětlovali podzemními požáry obrovských uhelných slojí, což znamenalo krok zpět ve vývoji poznání o složení Země a názorů na vznik hornin. Nakonec pod váhou důkazů spor vyhráli plutonisté. Dokázala se správnost jejich názorů na původ hornin typu žuly nebo čediče ztuhnutím tekuté taveniny z vnitřku Země. Geologové tyto horniny proto nazývají **vyvřelé horniny — vyvřeliny.**

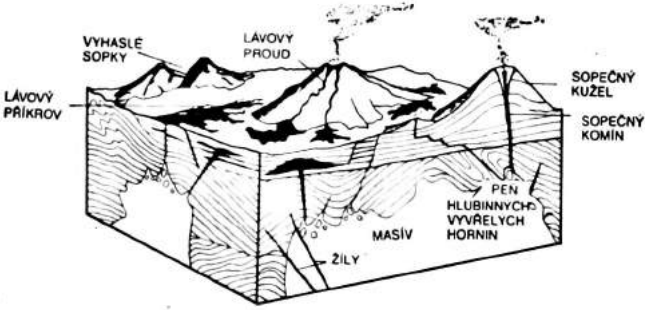
Vlivem vnitřní energie Země, zejména rozpadem radioaktivních prvků se uvolňuje velké množství tepelné energie. Teplem se na některých místech taví horninový materiál. Vzniká žhavá tavenina, která obsahuje horké roztoky, plyny a páry, která se nazývá magma.

Dnešní sopky vynášejí na zemský povrch roztavený materiál z hloubek od 60 až do 400 kilometrů. Proto usuzujeme, že vznik magmatu probíhá v různých hloubkách. Stejně jako se složení Země směrem do hloubky mění, odlišují se i taveniny z různých hloubek hned při svém vzniku. Další změny způsobují horniny, které se roztavují a mísí s okolním magmatem. A do třetice, složení magmatu se mění i při jeho chladnutí a krystalizaci jednotlivých nerostů, které si z něj odebírají látky potřebné pro svůj vznik.

Velmi zjednodušeně můžeme prvotní magma charakterizovat jako taveninu, která obsahuje nejvíc oxidu křemičitého (SiO_2) a v různých sloučeninách hliník (Al), sodík (Na), draslík (K) a tak dále. Její součástí jsou vodní páry (H_2O) a plyny. Z plynů je to nejčastěji oxid uhličitý (CO_2), fluór (F), chlór (Cl), bór (B) a další prchavé složky.

Pod vlivem teploty 60° až 1200°C a tlaku se magma z hlubin Země postupně přetavuje do svého okolí. Tak se v hloubkách začnou shromažďovat obrovské masy magmatu. Když se nedostanou na povrch a magma ztuhne v hloubce, vznikají vyvřelé neboli magmatické horniny. Magma se však často různými puklinami vylévá na povrch v podobě lávy. Láva rychle tuhne, přičemž vznikají **výlevné vyvřelé horniny** neboli **vulkanické horniny.**

Magma, které ztuhlo v hloubkách pod povrchem Země, vytváří velká tělesa **hlubinných vyvřelých hornin**. Největším tělesem, které může mít až několik desítek kilometrů, je **masív.** Má různý tvar, většinou ho však můžeme ve zjednodušené představě přirovnat k obrovskému nepravidelnému bochníku chleba. Odborně má celou řadu názvů jako pluton, batolit, masív a tak dále. V horní protáhlé části masívu se může vytvořit menší útvar, který dostal název **peň** hlubinných vyvřelých hornin. Další menší těleso, které vzniká blíže k povrchu a má hřibovitý tvar, se nazývá **lakolit.** Plochá deskovitá tělesa, která vznikla ztuhnutím magmatických hmot v puklinách okolních hornin, nazýváme **žíly** vyvřelých hornin. Válcovité těleso, které představuje



spojení masívu s povrchem tvoří výplň **sopečného komína.**

Tuhnutí magmatu v hloubkách trvá velmi dlouho, až několik miliónů let, na rozdíl od tuhnutí lávy na zemském povrchu. Hlubinné vyvřelé horniny se proto vyznačují tím, že uspořádání jednotlivých zrníček nerostů je všesměrné, některé větší nerosty tvoří vyrostlice, dokonale ohraničené krystalovými plochami. Ostatní horninotvorné nerosty je mají vyvinuté jen částečně, anebo jsou omezené nepravidelně. Podle velikosti nerostů, které tvoří horninu, jsou hlubinné vyvřeliny jemnozrnné, středozrnné až hrubozrnné.

Když se magma začne ochlazovat a odevzdávat své teplo okolním horninám, krystalují první nerosty. Těžší klesají do spodní části magmatické masy a v horní se postupně hromadí lehčí nerosty. Přitom musíš vzít v úvahu ještě pomalý pohyb magmatické masy při jejím postupném tuhnutí. Tento pohyb se podobá pohybu vody v baňce při jejím ohřívání. Na okrajích, které se ochlazují, klesá voda směrem dolů, ve středu, kde je teplota vyšší, vystupuje směrem nahoru. U magmatu, které se nalézá hluboko pod povrchem, ještě k tomuto pohybu přispívá účinek tlaku žhavých plynů a par.

Výbrus hlubinné vyvřelé horniny — diorit (1 amfibol, 2 biotit, 3 živec sodnovápenatý, 4 křemen)

Jako první krystalují ve spodní části taveniny sodnovápenatého živce, olivín, pyroxeny a amfiboly. Po ztuhnutí magmatu společně vytvářejí zásadité horniny, jako je gabro. Ve spodní části masívu se tvoří i rudná ložiska bohatá na nikl (Ni), chrom (Cr), platinu (Pt) a železo (Fe), například ložiska magnetitu ($FeO.Fe_2O_3$). Tím, že se z taveniny vyloučily nerosty podobné gabru, ztratilo magma část látek. Stává se kyselejší, stoupá v něm obsah křemene — oxidu křemičitého SiO_2. Ztuhnutím takového magmatu vznikají horniny podobné dioritu. Ze zbytku taveniny — po jejím ztuhnutí — vznikají **žuly** nejbohatší na křemen.

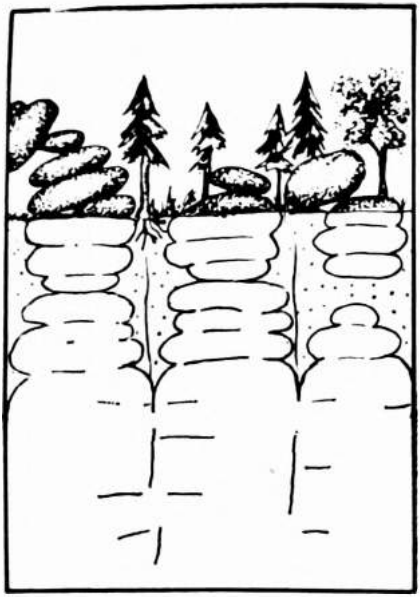
Zásadité horniny — gabro obsahují méně než 52% SiO_2, kyselé horniny — žula nad 65% SiO_2, vyvřelé horniny s obsahem 52 — 65% nazýváme neutrálně — diorit. Tavenina, která se hromadí na povrchu masívu, obsahuje veliké

množství par a plynů. Ochlazuje se a tuhne, často i v podobě žil v puklinách okolních hornin. Krystalují z ní obrovské krystaly nerostů, kterými jsou za normálních podmínek drobné horninotvorné minerály jako živec, slída, křemen, turmalín, topas, beryl, apatit, cínovec a tak dále. Vznikají **hrubozrnné odrůdy žul**, které nazýváme pegmatity v okolí Bratislavy v Malých Karpatech.

Příkladem výskytu jednotlivých druhů hlubinných vyvřelých hornin v jednom masívu je středočeský masív (pluton). Na mapě ho najdeš mezi městy Říčany, Tábor, Písek, Strakonice, Klatovy a Příbram. Na povrchu ho tvoří drobné ostrůvky různých hornin s rozlohou několika desítek kilometrů čtverečních. Vyskytuje se tu žula (například v okolí Říčan), která se skládá hlavně z křemene, živců a slíd. V okolí Tábora nacházíme syenit, složený především z draselných živců a pyroxenů, dále jsou tu ostrůvky granodioritu nebo gabra (v okolí Pocerad).

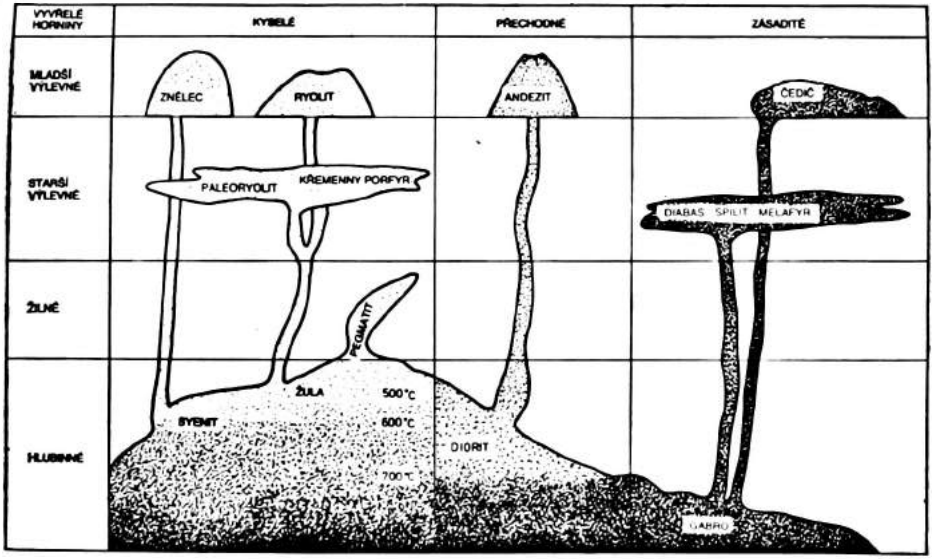
Posloupnost, v jaké z magmatu krystalují jednotlivé nerosty, závisí na změnách koncentrace taveniny. Při krystalizaci a vzniku hornin podobných gabru se vylučují nejprve tmavé nerosty a po nich světlé. Jako první krystalují rudy, například magnetit, po nich apatit, olivín, slídy, potom pyroxeny a amfibol, následující živce a jako poslední křemen.

Pro hlubinné vyvřelé horniny, se kterými se na zemském povrchu setkáváme, je charakteristická jejich rozpukanost. Pukliny vznikaly zmenšováním objemu při chladnutí. Obyčejně jde o tři na sebe kolmé sklony směrů, podle kterých se štěpí a lámou. Této vlastnosti využívali kameníci už v dávných dobách. Tyto plochy nazýváme **plochami odlučnosti** a vlastnost **odlučnost vyvřelých hornin**. Povrch hlubinných těles se ochlazuje nejdříve, což způsobuje vznik puklin rovnoběžných s povrchem. Taková hornina se potom deskovitě odděluje. Nejčastěji to můžeme sledovat u žul. Při zvětrávání se žula rozpadává na mohutné desky nebo lavice s tupými hranami. Příkladem deskovité oddělitel-



nosti žuly jsou Dívčí kameny na hřebenu západní části Krkonoš.

K rovnoběžným puklinám často přibývají další pukliny, které na ně nejsou kolmé. Uvolňuje se mezi nimi napětí způsobené zmenšováním objemu tělesa při chladnutí směrem do hloubky. Spolu s rovnoběžnými puklinami způsobují **kvádrovou odlučnost** žuly od jiných hlubinných vyvřelin. Žula se rozpadává na obrovské hranoly. Pod vlivem zvětrávání se hrany těchto hranolů zaoblují. Vytvářejí se balvany ve tvaru obrovských bochníků nebo koulí. U nás se takové žulové balvany nacházejí například v okolí Petrovic


VYVŘELÉ HORNINY
KYSELÉ
PŘECHODNÉ
ZÁSADITÉ
MLADŠÍ VÝLEVNÉ
STARŠÍ VÝLEVNÉ
ŽILNÉ
HLUBINNÉ
ZNĚLEC
RYOLIT
ANDEZIT
ČEDIČ
PALEORYOLIT
KŘEMENNÝ PORFYR
DIABAS
SPILIT
MELAFYR
PEGMATIT
ŽULA
500°C
600°C
700°C
SYENIT
DIORIT
GABRO

u Sedlčan, v Žihle u Plzně atd. Pravidelné utváření puklin podle tří na sebe kolmých ploch je charakteristické hlavně pro oblast Českého masívu (například středočeský masív, krkonošsko-jizerský masív (obr. 72). Na Slovensku kde žulové masívy jsou poznamenány horotvornou činností alpínsko-himálajského vrásnění, je porušení hlubinných vyvřelých hornin daleko více nepravidelnější. Vytvářejí se tu pukliny různých směrů, odlučnost hornin na odkryvech je nepravidelná.

Žula a diorit jsou horniny bohaté na křemen. Odborný název žuly je granit. Vytvářejí řadu hornin granit-granodiorit-diorit, které se liší obsahem křemene. Žula obsahuje víc než 65% křemene a má kyselé vlastnosti. Diorit je neutrální, má kolem 50% křemene. Oba jsou jemnozrnné, střednězrnné a hrubozrnné. Jednotlivé horninotvorné nerosty mají všesměrné uspořádání. Kromě křemene je tvoří živce. V žulách mají převahu draselné živce nad sodnovápenatými, v dioritech zase sodnovápenaté živce a draselné jsou naopak zastoupeny jen v malém množství. Z dalších horninotvorných nerostů obsahuje žula a diorit světlé a tmavé slídy, amfibol a turmalín. Někdy obsahují i pouhým okem rozeznatelný pyrit. Barva jde od bílošedé po tmavošedou, tmavost se stupňuje od žul k dioritům. Žuly bývají někdy zbarvené do růžova a hnědočervena. Je to způsobeno draselným živcem. Draselný živec je zbarvený do červena příměsí krevele. Žuly a diority tvoří součást masívů, někdy i kmenů nebo žil, například pegmatická žula. Pro žuly je charakteristická rozpukatelnost a oddělitelnost podle puklin ve třech na sebe kolmých směrech. Rozlišujeme několik odrůd žul podle toho, které nerosty kromě křemene jsou v nich nejvíce zastoupené. Jsou to slídové žuly, v nichž je buď světlá slída — muskovit, anebo tmavá slída — biotit, které známe ze středočeského masívu nebo ze Spišsko-gemerského rudohoří. V dvojslídových žulách nacházíme jak světlou, tak tmavou slídu. Jsou velmi časté v krkonošsko-jizerském masívu nebo ve střední části vl-

tavsko-dunajského masívu atd. V okolí Liberce se těží žula s růžově zbarvenými draselnými živci, kterou kameníci nazývají liberecká žula. Velké krystaly, vyrostlice draselného živce bílé barvy v žulách, jsou často srostlé po dvou, nazývají se karlovarská dvojčata a jsou známé v žulách karlovarského masívu.

Žula (granit a granodiorit) tvoří rozsáhlé masívy a tělesa v zemské kůře, na které se často vážou i rudná ložiska. U nás jsou žuly rozšířené v Nízkých Tatrách, Spišsko-gumerském rudohoří, na Českomoravské vrchovině, na Šumavě v Českém lese, Krušných horách, Krkonoších, Smrčinách a jinde. Na Slovensku v jádrových pohořích převažují granodiority nad typickou žulou. Granodiority na Slovensku známe z oblasti Nízkých Tater, Velké Fatry, Malé Fatry, Malých Karpat, Považského Inovce, Spišsko-gemerského rudohoří a z jiných míst. Má mnohostranné použití, slouží jako obkládací a dlažební kámen, jako materiál na leštěné pomníky, například pilíř na nádvoří Pražského hradu je ze žuly z okolí Mrákotína. Podobné využití jako žula a granodiorit má i diorit.

Diority tvoří menší tělesa než žuly. Na území Čech je nacházíme v oblasti středočeského a brněnského masívu. Na Slovensku se vyskytují například v Malých Karpatech, přímo na území Bratislavy, na severní straně Nízkých Tater, v Spišsko-gemerském rudohoří, severně od Hodruše, v okolí Tisovce, Dobišné, Košic a jinde. Barva dioritů je nejčastěji šedá až tmavošedá. V některých druzích (například v okolí Sázavy) v nich nacházíme cizorodé úlomky zásaditých hornin, často i velkých. Nazývají se xenolity.

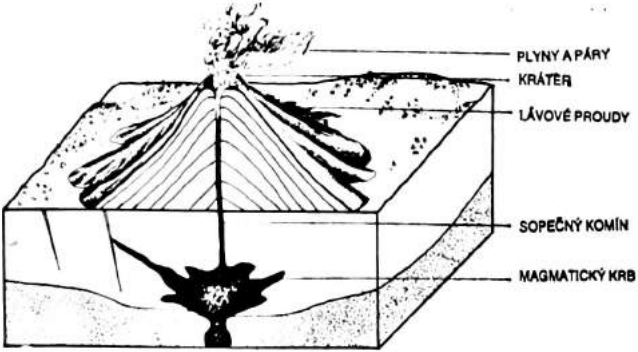
Syenit je kyselá hlubinná vyvřelina. Nejčastěji bývá světlešedá, šedá, bílá, narůžovělá až červená. Tvoří ji zejména živec draselný, který převládá nad živcem sodovápenatým. Křemen je zastoupen jen ve velmi malém množství, do 10%, anebo v syenitu není vůbec. Častý je biotit, amfibol, pyroxen, z jiných nerostů například nefelín (alkalické syenity). Syenit je obyčejně středozrnný až hrubo-

zrnný. Je poměrně vzácný. V ČSSR je znám z třebíčsko-meziříčského masívu a z oblasti středočeského masívu — u Jihlavy. Využívá se jako stavební a dekorační kámen.

Gabro je zásaditá hlubinná vyvřelá hornina. Je tmavé, většinou tmavošedé barvy s různými odstíny zelené. Má všestranně uspořádané nerosty, pravidelnou zrnitost. Mezi hlavní horninotvorné nerosty patří sodnovápenaté živce a pyroxeny. Dále ho tvoří amfiboly, méně často biotit a olivín. V malých množstvích obsahuje magnetit, granát a podobně. V přírodě tvoří menší masívy. V Čechách se vyskytuje v okolí Kdyně, Poběžovic, Týnce nad Labem, severně od Benešova, na Slovensku se vyskytuje v okolí Dobšiné a na dalších místech Spišsko-gemerského rudohoří. Používá se někdy jak dekorační kámen a na pomníky. Často se těží jako štěrk. Známé jsou kamenolomy u Velkých Popovic a v Poceradech.

PO STOPÁCH PEKLA NA ZEMI

Roku 79 před naším letopočtem vybuchla sopka Vesuv a pohřbila pod šestimetrovou vrstvou popelu starořímské město Pompeje. Láva a bahno zalily nedaleko ležící město Herculaneum, což mělo za následek smrt 20 000 lidí. Při výbuchu sopky Etna v roce 1669 na Sicílii zavalil proud lávy město Catanii. O život přišlo tenkrát 100 000 obyvatel okolních měst a vesnic. Výbuchy sopky Tambora v Indonézii v roce 1815 zabily 120 000 lidí. Popel a prach způsobil třídenní zatmění Slunce, nastal hladomor, na který zahynuly desetitisíce lidí. Při výbuchu sopky Krakatoa v Indonézii roku 1883 vyletěla část ostrova do povětří, zbytek zmizel v moři. V důsledku výbuchu se zdvihly obrovské přílivové vlny, které na ostrovech Sumatra a Jáva zabily 36 tisíc lidí. Mračno sopečného popelu se vznášelo nad naší plane-



tou ještě několik roků. Výbuch sopky Mont Pelleé na ostrově Martinique zničil město St. Pierre, přičemž za tři minuty zahynulo 30 000 lidí.

Dne 18. května 1980 se při výbuchu sopky, hory svaté Heleny v západní části USA, zdvihl mrak žhavých plynů a popelu až do výšky 15 kilometrů. Kužel sopky se roztrhnul při prvním výbuchu (explozi) a sopka se zmenšila o 450 metrů. Ve vzduchu se octla 3% hmoty sopky. Velké teploty způsobily tání sněhu a ledu a vznik obrovských bahnotoků, které se valily rychlostí 40 až 50 kilometrů za hodinu po svazích do údolí. Do vzdálenosti 20 kilometrů od sopky byla krajina úplně zničená.

Žhavé magma se dostává na zemský povrch pod velkým tlakem. Horké plyny a páry unikají do ovzduší s obrovskou silou a strhávají s sebou celé kusy hornin a žhavé lávy. Toto gigantické divadlo nazýváme **erupcí** — **výbuchem sopky**. Když tlak poklesne, otvorem sopky, který nazýváme **kráter**, se vylévá žhavá láva. Ze sopečných produktů se začíná vytvářet **sopečný kužel**. S magmatickými masami v hloubkách — zásobárnou lávy (magmatickým krbem) je kráter spojen **sopečným komínem**. Kromě hlavního sopeč-

ného kužele se mohou na jeho svazích vytvářet menší, tak zvané **parazitické sopečné kužele**. Po svazích sopky stékají lávové proudy. Jestliže se láva nevylévá na povrch v jednom místě, ale ve strmých trhlinách, mohou se vytvářet **lávové příkrovy**. Všechny tyto děje, ale i řadu dalších nazýváme **sopečnou činností — vulkanismem** (viz obr..., v kapitole Z vody nebo z ohně.)

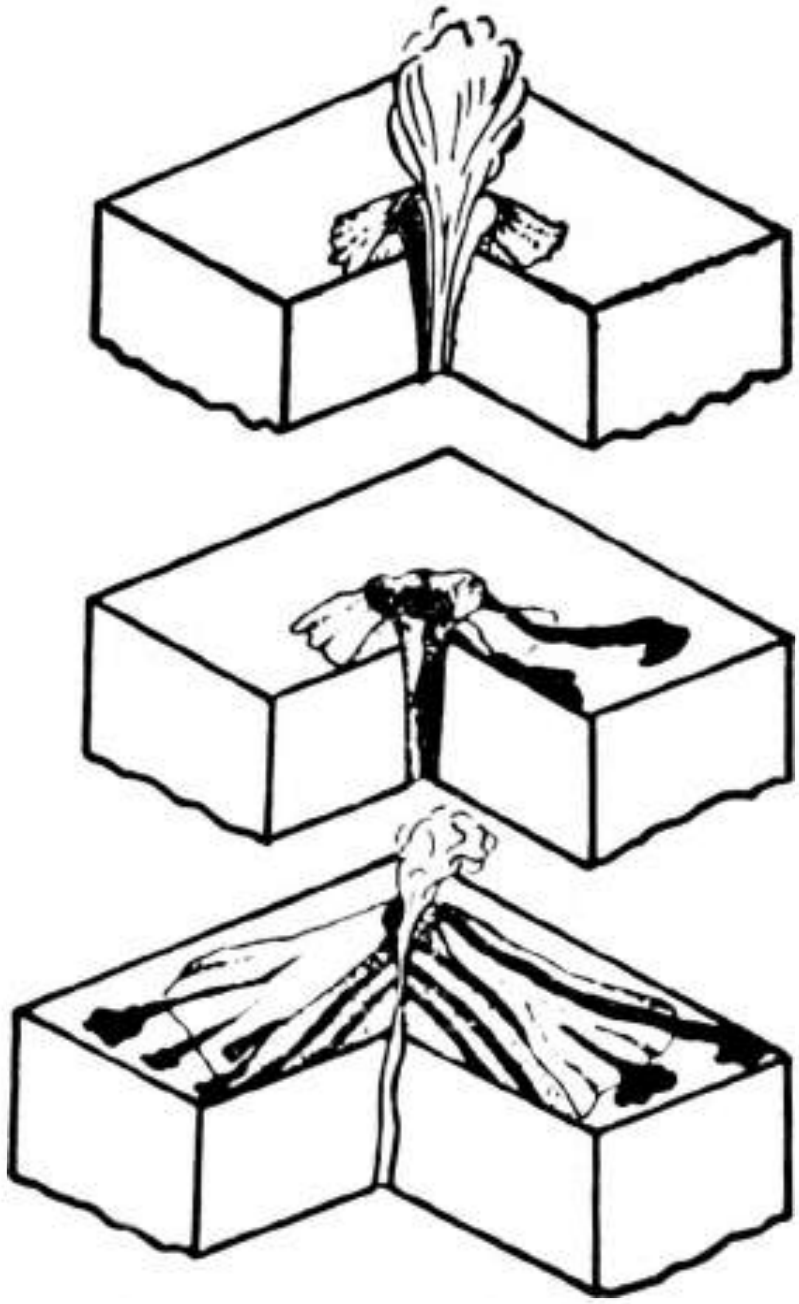
Při výbuchu sopky se do vzduchu dostává obrovské množství plynných látek. Jsou to vodní páry, oxid uhličitý (CO_2), fluór, chlór, vodík, dusík, síra. Vytvářejí mračno, které vzhledem ke své teplotě rychle stoupá do výšky. Sopečné plyny unášejí s sebou i obrovské množství sopečného popelu. Právě obsah plynů spolu s chemickým složením lávy určují tvar budoucí sopky.

Kyselá žulová magmata mají obsah plynů podstatně vyšší než magmata bázická, čedičová. Zároveň mají větší hustotu, nejsou tak pohyblivá jako čedičová. Proto když se kyselá magmata dostanou na zemský povrch, je výbuch sopky často provázen explozí jejího kráteru (například hora svaté Heleny v USA). Do vzduchu se vymršťují obrovské **sopečné balvany** ze stěn kráteru (větší než 1 m^3), kusy žhavé lávy, **sopečné pumy** (do 30 metrů), lapili (5 až 1 cm) sopečný popel a prach.

Největší množství sopečného materiálu dopadne většinou v okolí kráteru. Začíná se vytvářet sopečný kužel se strmými svahy, které narůstají mnohonásobným ukládáním střídajících se vrstev bahna, popelu a prachu s lávovými proudy. Takový typ sopky nazýváme **stratovulkán**. Sem patří dnešní sopky Fudži v Japonsku, kamčatská sopka Klučevkaja nebo italský Vesuv. Podobnou stavbu mají i mladotřetihorní sopky, které tvoří dnešní Štiavnické vrchy, Kremnické vrchy nebo Vihorlat. Vznikají vylitím kyselých ryolitových a zejména přechodných andezitových láv.

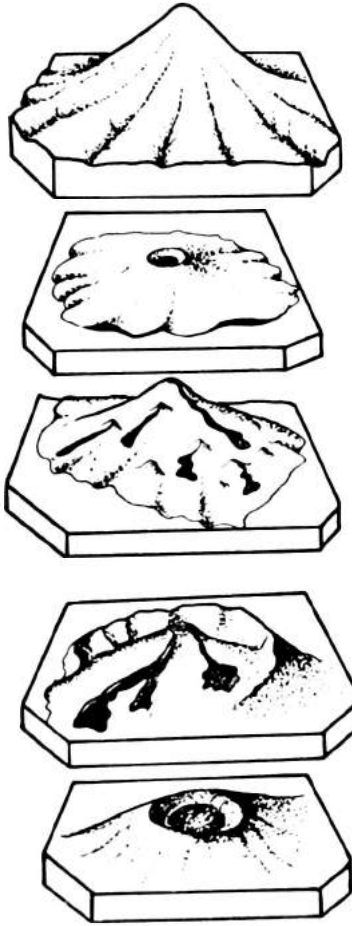
Jestliže po výbuchu sopky zůstane zachován jen okraj původního sopečného kuželu, nazýváme ho **kalderou**. Příkladem jsou zachované okraje sopky Monte Soma, která

Vznik stratovulkánu



se nachází na místě, kde se po její explozi vytvořil Vesuv. Kaldera Monte Somy dnes obklopuje sopečný kužel stratovulkánu.

Jiným tvarem se vyznačují sopky, které vznikají z bazických láv. Tato láva, i když je velmi pohyblivá (dosahuje rychlosti až 25 kilometrů za hodinu), se rychle rozlévá bez výbuchu kráteru. Z bázických láv vznikly sopky, které tvoří dnešní havajské ostrovy. Původně začaly vznikat na dně moře. Kužele sopek však narůstaly a dnes se jejich vrcholy tyčí nad hladinou. Základna sopečného kužele této sopky je až 100 km široká a sopka dosahuje výšku téměř



Výbrus hlubinné vyvřelé horniny — diorit (1 amfibol, 2 biotit, 3 starovulkán s parazitickými kužely, 4 kaldera, 5 maar)

10 km. Tento druh sopek nazýváme **štítové sopky**. Tuhnutím bázických láv se vytvářejí **lávové proudy** a **příkrovy**.

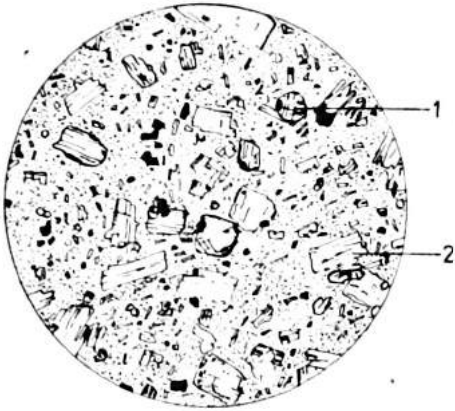
Příkrov může vzniknout v rovné krajině. V kopcovité krajině příkrovy nevznikají, protože láva stéká směrem dolů. Takto se v minulosti vytvořily obrovské čedičové plošiny v Severní Americe, plošina Deken v Indii a podobně. U nás na Slovensku vznikly plošné a nepříliš rozsáhlé čedičové příkrovy v okolí Lučence a Fiľakova. Zub času však zapracoval a dnes tvoří jejich zbytky jen vrcholové části okolních kopců.

Svědky sopečné činnosti v minulých geologických dobách jsou kromě sopek i další tělesa výlevných vyvřelých hornin. Původně vznikla na souši nebo pod hladinou moře (viz obrázky v kapitole Z vody nebo z ohně).

Lávový příkrov je poměrně tenké, plošné rozsáhlé těleso výlevných vyvřelých hornin. Vzniká rozlitím lávy od místa výronu na plochu. Příkrovy vytvářejí pouze řídké zásadité lávy, například láva čedičová. Ze starších výlevných vyvřelých hornin melafír nebo diabas. Na území ČSSR jsou známé lávové příkrovy spilitů v tepelsko-barrandienské starohorní oblasti v okolí Klatov.

Tělesa podobná lávovým příkrovům, ale protažená v jednom směru lávového toku, nazýváme lávový proud. Většinou vznikla stékáním lávy po svazích sopky nebo údolím. Takové proudy mohou být až 80 km dlouhé. Nacházíme je například na Islandu. Rychlost pohybující se lávy je různá, závisí také na hustotě (viskozitě). Velkou rychlost dosahují lávové proudy na Havajských ostrovech, až 25 kilometrů za hodinu. Mnohé názorné příklady lávových proudů najdeš u nás v oblasti třetihorního vulkanismu na středním a východním Slovensku, ve Štiavnických vrších, Kremnických vrších, ve Slánském pohoří, ve Vihorlatu a podobně.

Na povrchu lávového proudu láva rychle tuhne. Kůra, která takto vzniká, se láme a vytváří se tak balvanovitý vzhled lávového proudu. V povrchové části lávového proudu vznikají často rychlým únikem plynů dutiny. Nejdříve



Výbrus výlevné vyvřelé horniny — andezit; v základní hmotě jsou vyrostlice nerostů (1 pyroxen, 2 živec sodnovápenatý)

bývají vyplněné chalcedonem nebo jinými nerosty. Uvnitř lávového proudu mají výlevné vyvřelé horniny většinou jemnozrnný nebo celistvý vzhled. Od ostatních zrníček nerostů se odlišují některé **velké pravidelně ohraničené krystaly**, například olivín, které se nazývají **výrostlice**. Vznikly při výstupu magmatu na zemský povrch před jeho rychlým ochlazením a ztuhnutím.

Z málo tekuté (viskózní) lávy se přímo nad přívodním komínem vytvořily vytlačené kopy. Takovou vytlačenou kopou je hora Říp u Roudnice nad Labem, složená z čedičů. Vytlačené kopy jsou nejčastěji tvořeny ze znělců.

Pro mnohé výlevné vyvřelé horniny je velmi příznačná **sloupcovitá odlučnost**. Hornina se štěpí a rozpadá na šestiboké hranoly kolmé k povrchu chladnoucího lávového proudu nebo žíly. Proto tam, kde proud končí, nacházíme vějířovité uspořádání hranolů, například na hradě Šomoška

nedaleko Fifakova. Vznik této odlučnosti při ochlazování lávového proudu můžeme asi nejnázorněji přirovnat ke vzniku bahenních prasklin na povrchu vysychajícího bahna, samozřejmě ve zmenšeném měřítku. V Čechách najdeš příklady v Českém středohoří, například vrch Vrkoč u Ústí nad Labem, na Slovensku se se sloupcovou odlučností setkáš na mnoha místech v Cerové vrchovině, Krupinské vrchovině, Slánských vrších, Vihorlatu atd.

Když ochlazování výlevných vyvřelých hornin probíhá kolem určitých středů ochlazování, hornina se rozpadá na kulovité útvary. Charakteristické jsou bázické diabasy v okolí Prahy — Chuchle, Řeporyje, anebo Berouna.

Zpevněním sopečného popelu a prachu vznikly usazené horniny sopečného původu, které nazýváme **tufy**. Jakmile je přemístila voda a sopečný popel se smíchal s bahnem a pískem, vznikly **tufity**. V Čechách je známe z oblasti Českého

středohoří, kde jsou prvohorní hlavně čedičové tufy a tufity a na Slovensku v okolí Štúrova a dalších měst, kde probíhal vulkanismus v mladších třetihorách.

Ryolit je hornina svým složením podobná žule. Nejčastěji je růžový nebo šedobílý, pórovitý, ale i celistvý. Pouhým okem můžeme v některých ryolitech rozeznat tmavou slídu — biotit. Základní hmota je celistvá, velmi jemnozrnná. Vyskytuje se na Slovensku v okolí Žiaru nad Hronom, v lokalitách Vyhně, Hliníku, Bartošovy Lehoty a jiných. Známe je také z okolí Kremnice, Tokajských vrchů a Vihorlatu.

Ryolitům jsou podobné paleoryolity (kamenné porfyry) — horniny z období starohor a prahor. Vyskytují se v oblasti Českého masívu v okolí Kozákova u Turnova, Hodkovicích u Liberce, v okolí Teplic, Lovosic a v Broumovském výběžku. Na Slovensku je známe ze Spišsko-gemerského rudohoří a z okolí Švermova. Jsou zelenavě bílošedé barvy, světle šedé nebo červenohnědé. Často obsahují vyrostlice křemene.

Do této skupiny můžeme zařadit i vulkanické sklo — obsidián, který vzniká rychlým ztuhnutím lávy. Má černou barvu, skleněný lesk a perleťový lom. Na území Československa ho známe z Prešovských a Tokajských vrchů. V minulosti ho člověk používal na výrobu nástrojů.

Pemza je velmi pórovité sklo, nejčastěji šedobílé barvy. Vzniká rychlým únikem plynů při tuhnutí lávy. Má hedvábný lesk. Vyskytuje se často jako produkt sopečné činnosti na okrajích výlevů ryolitových láv. Používá se na leštění kovů a hornin.

Perlit je vulkanické sklo se zřetelnou kulovitou odlučností. Má světle šedou, šedou, případně modrošedou barvu. U nás ho známe z oblasti Žiaru nad Hronom, vyskytuje se také u Hliníku a na východním Slovensku. Při zahřívání zvětšuje svůj objem. Je velmi lehký. Těchto jeho vlastností se využívá při výrobě stavebních a izolačních materiálů.

Znělec (fonolit) je hornina podobná syenitu. Svému jménu vděčí za zvuk, který vydává, když na ní zaklepeme. Ze

světlých horninotvorných nerostů jsou v něm zastoupeny sodné živce a nefelín. Z tmavých minerálů obsahuje zejména pyroxeny. Znělce jsou horniny šedé barvy, někdy s nádechem do zelena nebo do hněda. Bývají skvrnité se zřetelně mastným leskem. Pouhým okem se v nich dají rozeznat pouze živce. Vyskytují se u nás v Českém středohoří mezi Mostem a Bílinou, například na Zlatém a Železném vrchu. Používají se jako sklářská surovina a na výrobu štěrku.

Andezit je výlevná hornina svým složením podobná dioritu. Ze světlých nerostů obsahuje sodnovápenatý živec, velmi malé množství křemene a draselný živec. Z tmavých minerálů je v něm zastoupen biotit, amfibol a pyroxen (augit). Barvu má velmi proměnlivou, od světle šedé až po černou. Vyrostlice tvoří jak sodnovápenaté živce, tak tmavé minerály. Andezit je hojně zastoupený v třetihorních výlevných vyvřelinách ve Štiavnických a Kremnických vrších, v Krupinské vrchovině, ve Slánských a Tokajských vrších a ve Vihorlatu. Těží se jako stavební kámen a na štěrk.

Čedič má podobné složení jako hlubinná vyvřelina gabro. Je to bázická hornina. Ze světlých nerostů obsahují čediče sodnovápenaté živce, z tmavých převládají pyroxeny (augit), někdy i olivín. Ty pak nazýváme olivínské čediče. Součástí čediče jsou nerosty železa, například magnetit. Řidčeji je tvoří také amfibol a tmavá slída — biotit. V některých případech se v nich vytvořily dutiny, které jsou vyplněny chalcedonem nebo jinými nerosty. Čediče se v Čechách vyskytují v Doupovských horách a Českém středohoří. Několik výskytů čediče známe i ze severní Moravy. Na jižním Slovensku se mezi známé výskyty řadí kopec Hajnačka u Fiľakova, Štiavnické vrchy, oblast Podrečian a jiné. Čediče jsou šedočerné až černé. Mají celistvou základní hmotu. Černé vyrostlice tvoří augit, žlutozelený olivín, případně i tmavá slída — biotit. Čediče se používá jako stavebního kamene. Z roztaveného čediče se odlévají roury a potrubí, které nahrazují roury a potrubí z ocele.

Podobné složení jako čedič mají i starohorní spility a prvohorní diabasy a melafyry.

Spility tvoří pruh mezi městy Klatovy, Plzeň, Kladno až ke Kralupům nad Vltavou. Mají zelenavé odstíny. Vznikaly jako výlevy láv na mořském dně. Láva rychle tuhla a vytvořila tělesa podobná bochníkům. Nazýváme je proto balvanické lávy. Používají se na štěrk a dlažební kostky.

Melafyr se někdy nazývá mandlovec podle dutin vyplněných chalcedonem (opálem). Je červenohnědé až šedočerné barvy. V Čechách se vyskytuje v Podkrkonoší v okolí Semil, Jilemnice a Staré Paky. Na Slovensku pak v malých Karpatech, ve střední a východní části Nízkých Tater. Těží se v lomech u Květnice, jižně od Popradu.

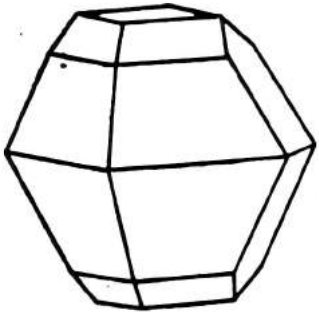
Diabas se přeměnou původních minerálů zbarvuje do různých barevných odstínů zelené barvy. Známe ho z oblasti Spišsko-gemerského rudohoří, Nízkého Jeseníku, Barrandiénu v okolí Prahy a jinde.

Mezi sopkami na povrchu Země rozeznáváme sopky činné a sopky vyhaslé.

Za posledních 400 let bylo na Zemi v činnosti asi 500 sopek, při jejichž explozích přišlo o život 250 000 lidí. Z tohoto počtu je 80 sopek podmořských. Vyhaslé sopky už nemají energii na další výbuch. Přesto nám ještě dlouho připomínají svou bývalou aktivitu.

Po odeznění sopečné činnosti unikají ze země plyny a páry — **fumaroly.** Někdy jsou horké, jindy chladné. Jsou to vodní páry, oxid uhličitý, chlorovodík (HCl), sirovodík (H_2S), oxid siřičitý (SO_2) a podobně. Jestliže plyny obsahují jenom síru, nazýváme je **solfatáry.**

Síra (S) krystaluje v kosočtverečné soustavě, je žlutá, má diamantový lesk, hoří modrým plamenem, je měkká a křehká. V Čechách jsou známá ložiska síry u Františkových Lázní a Mariánských Lázní, na Moravě u Lhoty u Kunštátu, na Slovensku u Smolníku a u Detvy. Má rozsáhlé využití při výrobě kyseliny sírové, při vulkanizaci kaučuku, používá se při výrobě nejrůznějších sloučenin, léčiv a barev.



Používá se také při ničení škůdců a při impregnaci dřeva.

V okolí vyhaslých i činných sopek často vyvěrají teplé i studené minerální vody. Termální prameny nazýváme — **zřídla**. Vznikají přehřátím vody, která sestupuje puklinami pod zemský povrch. Zde se voda horkými parami a plyny ohřívá a rozpouštějí se v ní různé soli, o něž se obohacuje. Tento proces nazýváme **mineralizace vody**. Soli, které obsahuje mají často léčivé účinky. V oblasti výskytu minerálních pramenů se zakládají lázně. Mezi nejznámější u nás patří: Mariánské Lázně, Františkovy Lázně, Karlovy Vary, Piešťany, Sliač, Bardejov a mnoho dalších.

Nejmladší sopka na území ČSSR je komorní Hůrka u Chebu, která vznikla před 860 tisíci roky. O něco starší jsou čedičové kopce Hajnáčka u Fiľakova. Mladotřetihorní sopka je Poľana a mnohé další tvořící Štiavnické a Kremnické vrchy, Slánské vrchy a Vihorlat. Na území Čech jsou třetihorní sopky v oblasti Doupovských hor a Českého středohoří.

Představa rychlého zbohatnutí, objevení zlatého pokladu lákala lidi od nepamětí. I ty jsi jistě četl o zlaté horečce na Klondike na Aljašce, která vypukla na přelomu století a stala se podkladem pro napsání nejednoho poutavého románu. Proto není divu, že zlatá horečka se v našich představách, podpořených dobrodružným čtením, spojuje se slovy peníze, zločiny, zničená přátelství a často i smrt osamělých zlatokopů.

Místo, kde se nashromáždilo několik zlatých nugetů, se mezi zlatokopy nazývá **kapsa**. Závisí to na síle proudu a přirozeně i na hornině, kterou potok či řeka protéká. Nejčastěji jsou to místa, kde se zpomaluje rychlost proudu a zlatonosný potok tu ukládá nánosy. Když zlatokop uzná místo za vhodné, dá si ho zapsat jako claim (z anglického slova claim = nárok). Další rýžování už závisí na štěstí. Na jednom claimu se nugety jen sypou, zatím co vedlejší může být úplně prázdný. A právě to přitahovalo dobrodruhy, ačkoliv vyhlídka na úspěch byla velmi malá. Vždyť kdybys zkusil sám rýžovat, zjistíš, že po hodině to už není zábava, ale namáhavá práce.

V malých množstvích se zlato nachází téměř v každém potoce či řece. U nás je ho nejvíce v řece Otavě v jižních Čechách anebo v okolí Magurky v Nízkých Tatrách. Zde se zlato v historii rýžovalo.

I ty si můžeš na chvíli zahrát na zlatokopa. Odměna tě tak či onak nemine. Nepodaří-li se ti najít zlato, zlomky minerálů těžších než skelní zrnka písku budou vhodným doplňkem tvé sbírky. Ale jak na to?

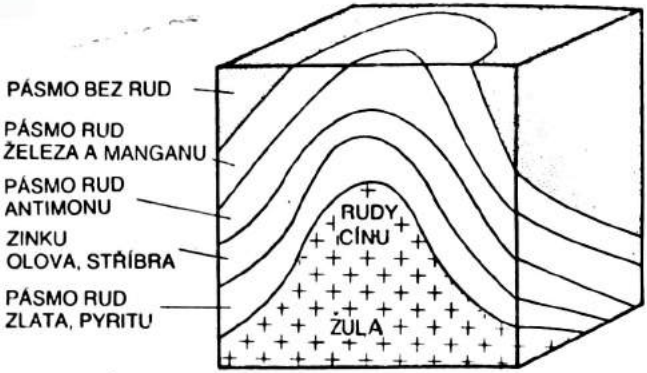
Nevyhnutelným vybavením na rýžování (šlichování) jsou gumové holínky, velká plochá nádoba s držady po obou stranách, dále menší rýžovací (šlichovací) miska vypada-

jící trošku jako čínský klobouk. Nesmíš zapomenout ani na síto, které se podobá sítu na prosívání mouky, jen s většími oky, a potom na lopatku.

Vyhlédneš si vhodné místo, kde potok vytváří nánosy, a nabereš písek, který proseješ přes síto do nádoby. Nejbohatší na nerosty je písek ze dna nánosu, protože zlato a těžké nerosty se shromažďují právě zde. Podle své zdatnosti si sám určíš množství písku. Běžně se nabírá 5 - 6 kg nánosu. Nádobu naplníš vodou a začneš jí pohybovat. Střídáš krouživý pohyb s natřásáním nádoby. Lehčí zrnečka se ti shromáždí na povrchu, těžší klesají na dno nádoby. Za chvíli vodu sleješ z povrchu spolu s částí nánosu a nabereš novou. Toto opakuješ až do chvíle, kdy v nádobě zůstal už jen zbytek nánosu (asi 1 kg). Na dně se usadil jemný písek, obohacený o těžké nerosty. Tehdy přijde na řadu rýžovací miska. Opět krouživým pohybem a natřásáním odděluješ ze šlichu, jak se nazývá zbytek nánosu, zrníčka písku. Na dně misky se hromadí tvůj úlovek. Někdy je zbarvený do červena od převládajících granátů, jindy je tmavý od magnetitu, ilmenitu, turmalínu atd. Často jsou přítomny i další nerosty jako hematity, limonit, rutil, zirkón, apatit, cínovec a podobně. Pokud by šlich obsahoval zlato, nemůže ujít tvé pozornosti. Už i nejjemnější prachové částečky anebo šupinky zlata jasně září na dně misky.

Odkud se bere zlato v náplavech? Kde je jeho původní zdroj? Skoro všechny horniny a zejména vyvřelé, obsahují rozptýlené drobné částice zlata. Jejich zastoupení je však v porovnání s obrovskou masou horniny velmi malé, až mizivé. Tu přichází účinek slunce, vody, mrazu, větru atd. Horniny se rozpadají a jejich rozrušené části se dostávají do bystřin a potoků. Když je zlato a některé další nerosty těžší a odolnější než ostatní, hromadí se v nánosech. Vznikají **usazená (sedimentární) ložiska** zlata anebo jiných nerostů.

Ne vždy musí být pravidlem, že zastoupení zlata anebo jiných rudných nerostů v hornině je nepatrné. Lidé přece



Rudné pásmo

už od pradávna vědí o jejich ložiskách ukrytých v hlubinách skalních masívů. Vznik takových ložisek je vázán na magmatickou činnost, na žhavý dech masívů.

Jak se z tuhnoucí magmatické masy oddělily vřelé roztoky, **páry a plyny a pronikly do puklin** okolních hornin, při ochlazení tu krystalizují v podobě rudných žil. Rudné žíly tvoří **rudné nerosty** společně se žilním křemenem, kalcitem, barytem, kazivcem a tak dále. Když se stalo, že původní nerosty převládly nad rudnými a překážely v těžbě, horníci je spolu s okolní horninou nazvali jalovinou.

Nejblíže k okraji masívu vyvřelých hornin nacházíme **rudné žíly s křemenem a cínovcem.** U nás jsou známé výskyty cínovce v Krušných horách.

O něco dále od původního tělesa vznikaly **rudné žíly bohaté na zlato**, provázené křemenem a pyritem. Prvohorní doby jsou například rudné žíly v Jílovém a Novém Kuříně,

na třetihorní vulkanismus se vážou rudné žíly u Banské Štiavnice a Kremnice, které jsou zároveň bohaté i na stříbro.

Ještě dále od magmatického tělesa jsou **rudné žíly**, které tvoří **sulfidy mědi, zinku, olova a stříbra.** Na těchto rudných žilách nacházíme v jalovině křemen, kalcit a dolomit. Častý je i výskyt sideritu. V Čechách se těží tyto rudné žíly v okolí Příbrami, Kutné Hory a Jihlavy. Na Slovensku je nacházíme v okolí Lubietové, Starých hor a Spišské Bielé.

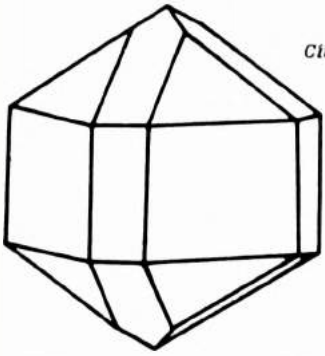
Nejdále od magmatického masívu nacházíme **rudné žíly s antimonem.** Hlavním rudným materiálem je antimon (Sb_2S_3) provázený často zlatem. V Čechách jsou rudné žíly tohoto typu u Krásné Hory, na Slovensku u Čučmy, Poproči, Magurky, v Malých Karpatech je pezinsko-pernecké ložisko.

Ve velmi velké vzdálenosti od původního masívu se nacházejí **rudy železa, manganu a rtuti.** Jako železná ruda se těží siderit ($FeCO_3$). Na Slovensku se vyskytuje u Rožňavy, Dobšiné a Rudňanech. Rumělka (HgS) je zdrojem rtuti. Na Slovensku se vyskytuje například u Vranova nad Topľou, kde se její ložiska vážou na třetihorní vulkanismus. Nachází se i v Spišsko-gemerském rudohoří.

V okolí Jáchymova se vytvořily **rudné žíly, bohaté na uranit.**

Na našem území se kromě žilných rudných ložisek nacházejí i **metasomatická ložiska**. Pod tímto názvem se skrývá skupina rudných ložisek, kde původní hornina, například vápenec, byla rozpuštěná a nahrazovaná vřelými roztoky. Takto vznikly například ložiska sideritu u Železníku blízko Dobšiné. Do této skupiny ložisek patří i výskyty magnezitu v okolí Lovinobaně, Hnuště, Ochtiné u Košic a jinde.

Podobně jako žilní i metasomatická ložiska vznikají později než hornina, v které se nacházejí. Takováto ložiska se nazývají **epigenetickými**, na rozdíl od těch, která vznikla současně s horninou — **syngenetická ložiska** (viz kapitola Z vody nebo z ohně, str. 87).



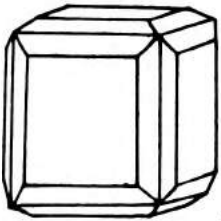
Cínovec

Cínovec kasiterit (SnO_2) krystaluje ve čtverečné soustavě. Obyčejně je zrnitý, někdy tvoří jehličkovité krystaly. Je velmi odolný vůči zvětrávání a rozkladu. Má černou, černohnědou, zřídka načervenalou anebo žlutou barvu. Je velmi tvrdý a má diamantový lesk. Pro vysoký obsah cínu je jeho nejdůležitější rudou. U nás se těžil už od 12. století v krušnohorských ložiskách Cínovec, Krupka, Horní Slavkov. Na Slovensku se nachází v oblasti Hnilce, mineralogické výskyty jsou v okolí Mýta pod Ďumbierem, v Dlouhé dolině v Nízkých Tatrách, ojediněle na svazích Tríbeče a jinde.

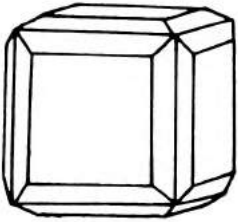
Zlato (Au), ryzí zlato nacházíme ve formě plíšků a hrudek (nugety), prachu anebo velmi vzácně v dokonalých osamocených osmistěnných krystalech nebo krychlích. Je zlatožluté až bělavé. Zlata si lidé cenili už v pravěku. Je dokonale kujné a tažné. Z 1 g zlata lze vytáhnout drát až 160 m dlouhý. Má nízkou tvrdost, a proto se slévá se stříbrem, platinou, niklem a mědí. U nás se těží v Čechách v okolí Jílového u Prahy, na Slovensku se těžilo u Kremnice, Bánské Štiavnice, Magurce v Zlaté Idce, v Spišsko-gemerském rudohoří. Zlato se používá v elektrotechnice, v zubním

lékařství, v chemii a při výrobě klenotů. Zlaté cihly uložené v bankách jsou základem měn mnohých států.

Stříbro (Ag) krystaluje v krychlové soustavě v podobě



Zlato

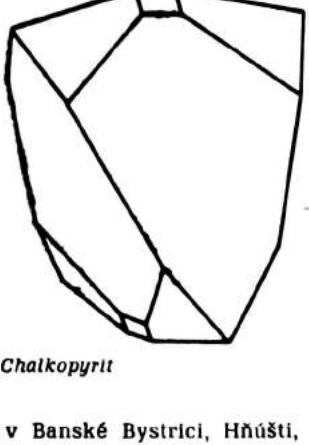


Stříbro

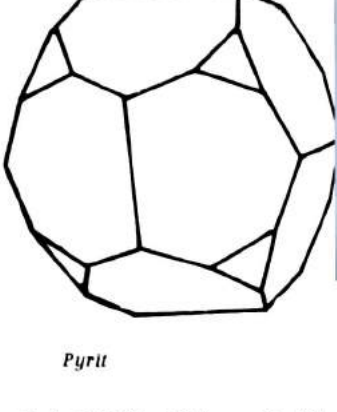
osmistěnů anebo krychlí. Našly se i balvany s hmotností několika tun. Stříbro je na čerstvém lomu stříbrobílé, ihned však na něm vznikají černé povlaky sulfidu stříbrného. Je dokonale kujné. Z 1 g lze vytáhnout drát až 1 km dlouhý. Stříbro je nejlepší vodič tepla a elektřiny. Známá jsou ložiska v Příbrami, Jáchymově, Kutné Hoře, Jihlavě, Bánské Štiavnici, Rožňavě, Rudňanech, Nové Bani a jinde. Použití má v elektrotechnice, chemii, lékařství a ve fotografii. Ze stříbra se vyrábějí mince, příbory a šperky.

Chalkopyrit, disulfid mědi a železa ($CuFeS_2$) krystaluje ve čtverečné soustavě. Barvu má mosazně žlutou až zlatožlutou s odstínem do zelena. Těžil se pravděpodobně už v dávnověku jako ruda mědi. Je hojný, ale málokdy ve větším dobyvatelném množství. Na Slovensku jsou ložiska v okolí Banské Štiavnice a Smolníka, dále je známý z Dobšiné, Rudnian, Roztok, Gelnice. V Čechách se vyskytuje v Krušných Horách. Chalkopyrit je nejdůležitější ruda mědi.

Pyrit, kyz železnatý (FeS_2), krystaluje v krychlové soustavě. Je zrnitý a někdy vytváří velké krychle. Obsahuje 50 % síry a 47 % železa. Je zlatožluté až mosaznožluté barvy. Vryp má černý. Používá se jako surovina na výrobu kyseliny sírové. U nás jsou ložiska pyritu v Pezinku, Smolníku,



Chalkopyrit

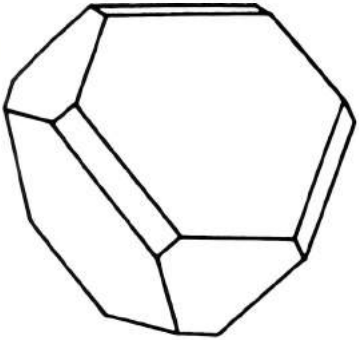


Pyrit

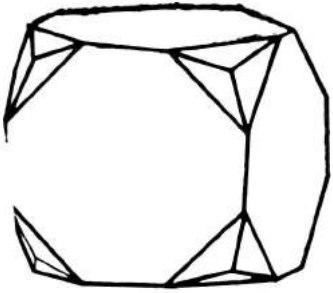
v Banské Bystrici, Hňúšti, v Kutné Hoře, Jáchymově, Příbrami a jinde. V současnosti důležitost pyritu jako suroviny na výrobu síry klesá, v popředí je těžba přírodní síry.

Sfalerit (ZnS), krystaluje v krychlové soustavě. Často vytváří krystaly v dutinách. Barvu ovlivňují příměsi. Je černohnědý, černý, červenohnědý, žlutozelený, zřídka bezbarvý až čirý, má diamantový lesk. Při těžbě jej často pokládali za galenit a odtud má i svůj název. (Sfaleros = klamavý.) U nás jsou ložiska v Příbrami, Stříbře, Kutné Hoře, Banské Štiavnici, Tisovci. Dnes je sfalerit nejdůležitější rudou zinku, která se používá na ochranu železných předmětů před korozí. Sloučeniny zinku se používají v medicíně, chemickém průmyslu, elektrotechnice a automobilovém průmyslu.

Galenit (PbS) krystaluje v krychlové soustavě. Tvoří krychle se zaoblenými hranami. Obsahuje 87% olova. Má olověně šedou barvu a silný kovový lesk. Tvrdost má 2,7 - 3. Obyčejně se vyskytuje u žil sirných rud spolu s pyritem a chalkopyritem. U nás jsou ložiska v Příbrami, Stříbře, v Banské



Sfalerit



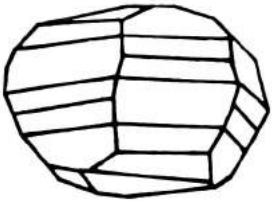
Galenit

Štiavnici, v Spišsko-gemerském rudohoří a jinde. Ve Stříbře dosahují krystaly velikost až 8 cm. Olovo vyráběné z galenitu se používá na výrobu barev, rourek, slitin a desek do akumulátorů.

Antimonit (Sb_2O_3), krystaluje v kosočtverečné soustavě. Tvoří štíhlé sloupcovité krystaly. Má malou tvrdost, asi 2, olověnošedou až modravou barvu. Těží se od starověku jako důležitá ruda antimonu. Používá se v medicíně, pyrotechnice, při vulkanizaci kaučuku a při výrobě zápalek. Velmi známé jsou i slitiny s antimonem, které jsou neobyčejně tvrdé a pevné. Významná ložiska známe z Malých Karpat — Pezinok, Pernek, z oblasti Nízkých Tater — Dúbravka, Magurka, ze Spišsko-gemerského rudohoří a také z jiných oblastí.

Rumělka, cinabarit (HgS) krystaluje v klencové soustavě, často lze nalézt nepravidelná zrnka. Rumělka je červená, někdy má olověný nádech. Lesk diamantový. U nás je nejhojnější v ložisku Rudňany v Slovenském rudohoří, v Gelnici, Dobšiné a jinde.

Antimonit

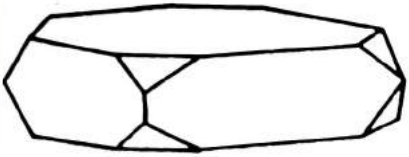


Rumělka

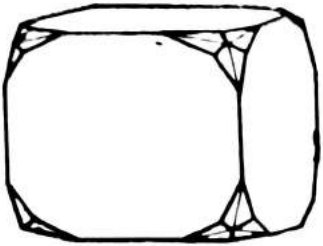
Baryt, těživec ($BaSO_4$) krystaluje v kosočtverečné soustavě. Vyskytuje se kusový, zrnitý, někdy vláknitý anebo v celých kusech. Je šedobílý, modravý, žlutý, červený až hnědý. Vytváří bohaté drúzy krystalů. Kromě rudných žil je známý i z usazených hornin. U nás se vyskytuje ve Spišsko-gemerském rudohoří, Velké Fatře a Malých Karpatech, Krušných horách a Podkrkonoší, drúzy krystalů v Bánské Štiavnici, v Příbrami a ve Stříbře. Používá se na výrobu bílé barvy a jako příměs do papíru, linolea a emailů.

Fluorit (CaF_2) krystaluje v krychlové soustavě, má tvrdost 4. V dutinách žil vytváří dokonalé krychle. Je bezbarvý, anebo se vyznačuje žlutým, zeleným až fialovým barevným odstínem, přičemž se barva může měnit i na jednom krystalu. U nás jsou nálezy v okolí Krupky, Jílového a Harrachova. Na Slovensku jsou mineralogické výskyty v Malých Karpatech, Prešově a Dubníku. Používá se k výrobě kyseliny fluorovodíkové HF, která leptá sklo, při tavbě rud na snížení bodu tavení trusky a v optice.

Uraninit, oxid uraničitý (UO_2) krystaluje v krychlové soustavě. Vyskytuje se zejména kusový, tvoří vrstvy, zřídka kdy krystaly. Je černý se zeleným, šedým anebo hnědavým nádechem. Lesk má smolný až mastný. Je poměrně nestálý. Vyskytuje se v rudných žilách, v žulách a pegmatitech.



Baryt

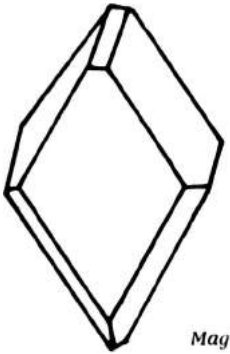


Fluorit

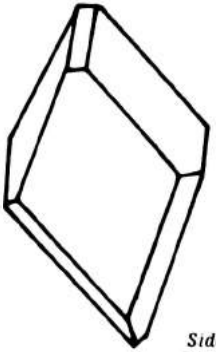
V Jáchymově se uraninit dobýval při těžbě stříbrných rud, dlouho se však jako nepotřebný nerost odhazoval do hald. Podle smolného lesku ho nazývali smolinec. Až v 18. století v něm objevili uran a koncem 19. století M. Curieová-Sklodowská v něm našla radium a polonium. Stal se nejdůležitějším prvkem na výrobu jaderné energie. Uplatňuje se v medicíně. Používá se na přípravu uranových barev a jako palivo v atomových elektrárnách. Dá se zneužít k válečným účelům. Na Slovensku se vyskytuje ve Spišsko-gemerském rudohoří, v okolí Hnilčíku a Novoveské Huty, ojediněle v Banské Bystrici.

Magnezit, uhličitan hořečnatý ($MgCO_3$) krystaluje v klencové soustavě. Obyčejně je bílý, žlutavý, nebo šedý. Na Slovensku se vyskytuje v pruhu od Lučence přes Jelšavu až po Košice. Z magnezitu se vyrábějí především žáruvzdorné materiály, hořečnatý cement a kovový hořčík.

Siderit ($FeCO_3$) krystaluje v klencové soustavě. Vyskytuje se zrnitý a někdy vytváří kulovité anebo hroznovité agregáty. Obsahuje 48% železa. Bývá žlutý, hnědý, někdy tmavohnědý až černý. U nás jsou významné žíly ve Slovenském rudohoří, v Rudňanech, v Gelnici, v Slovinkách, Smolníku a Dobšiné. Známý je i z Příbrami a Kutné Hory.



Magnezit



Siderit

Uměl bys

Teď si povíme něco z praktické činnosti. Naučíme se, čeho si máš všímat na odkryvu vyvřelých hornin, které objevíš v okruhu svého bydliště, jak odebrat vzorek, popsat lokalitu.

Nejprve určíš na turistické mapě místo, kde se odkryv — lokalita nachází, zaznamenáš si do zápisníku délku a výšku odkryvu a pokusíš se ho nakreslit, případně i ofotografovat.

Uděláš si vzorek horniny. Toto platí i pro usazené a přeměněné horniny, o kterých se dočteš v další části. Není to lehké. Budeš muset velmi zručně pracovat kladivem, dokud se úlomek skály nepřemění na kvádr přibližně 9 × 12 × 3 cm. Vyplníš lokalizační štítek a spolu s ním vzorek zabalíš do papíru tak, aby se po cestě domů nepoškodil (vhodné jsou například staré noviny) a nepomíchal se s ostatními vzorky.

Vzorek č. 18
Název minerálu/horniny: Drobnozrnná žula
Lokalita: 3 km jižně od Frýdlantu
Datum: 4. 4. 1988 Odebral: J. Petřík

Určíš barvu horniny. Zde by jsi měl být opatrný, protože barva čerstvé horniny se velmi často liší od zvětralé. Žuly, které jsou „čerstvé" mají barvu bílošedou. Procesy zvětrávání jsou skoro vždy zbarveny do růžova nebo do hněda.

Pomocí lupy se pokusíš rozeznat jednotlivé horninotvorné minerály, určíš uspořádání a velikost jejich zrn. Hlubinné vyvřeliny se vyznačují zejména všesměrným uspořádáním zrn, výlevné, vyvřelé horniny mají celistvý vzhled. Určíš velikost zrn od drobných (pod 1 mm) přes střední (max. do 3,5 mm) a hrubé (3,5 - 10 mm) až po velmi hrubé (nad 10 mm). Některá zrna horninotvorných nerostů jsou větší než jejich okolí, případně tvoří omezené krystaly — vyrostlice. Ve výlevných vyvřelých horninách můžeš kromě vyrostlic (výrostků) najít dutinky vyplněné chalcedonem.

Všímej si porušení hornin puklinami. Pokus se stanovit jejich odlučnost. Hlubinné vyvřelé horniny se vyznačují deskovitou nebo kvádrovitou odlučností. Karpatským žulám a grandioritům často chybí, neboť v době alpínsko-himálajského vrásnění byly narušeny puklinami různých směrů. Výlevné vyvřelé horniny, pokud nejsou celistvé, se mohou rozpadat v podobě hranolů, vyznačují se sloupcovitou odlučností.

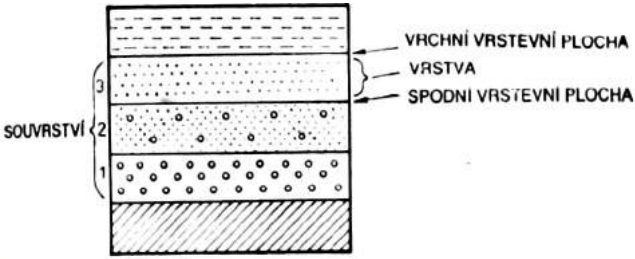
Zkus najít porušení hornin zlomy. Jak je objevíš, změříš jejich směr a sklon. Podívej se do kapitoly Polámané a zprohýbané (viz str.). Hlubinné vyvřeliny často pronikají mladšími žilami pegmatitu, nebo v nich nacházíme uzavřené úlomky jiných hornin. Tyto úlomky pocházejí z okolí masívu hlubinných vyvřelých hornin a nazývají se xenolity. Dobrou pomůckou je geologická mapa. Práce s ní je popsána v kapitolách Tajný kód geologů a Pestrobarevná mozaika (str. 186 a 290).

Na rozbahněném břehu jezera lovila volavka. Přešla podél břehu zarostlého rákosím, tiše se brodila mělčinou zalitou sluncem. Měla štěstí. Její obětí se stal malý okoun, který ještě před chvílí nezbedně dorážel na houf pulců, povalujících se v rozehřátém bahně. Volavka, spokojená se svojí kořistí, roztáhla křídla a namáhavě vzlétla. Nabrala výšku a plavně se ztratila za vrcholky topolů. Břeh jezera osiřel. Jen volavčí stopy a drobné jamky po houfu pulců zůstaly v měkkém povrchu bahna.

Podobné stopy vznikly na povrchu nánosů i v geologické minulosti. Nánosy, které přikryla nová vrstva usazenin, dříve než podlehly zničení, staly se společně s usazenými horninami trvalým svědectvím o životě a prostředí, v kterém vznikaly.

Usazené horniny jsou nejrozšířenějšími horninami na zemském povrchu. Od nepaměti, stejně jako dnes, tak i v minulosti se na různých místech usazovaly nánosy drobných a nebo větších úlomků hornin, z roztoků krystalizovaly a vysrážely se látky, hromadily se na odumřelá těla a schránky živých organismů.

Když usazování proběhlo nepřetržitě na jednom místě, vzniklo deskovité a nebo čočkovité těleso usazenin, které nazýváme **vrstva**. Každá vrstva je ohraničena spodní (podložní) a vrchní (nadložní) vrstevní plochou. Kolmá vzdálenost mezi nimi je **mocnost vrstvy**. Její velikost závisí na množství nanášeného materiálu a času usazování. Jestliže se nad sebou usadily vrstvy ve stejném prostředí podobného horninového složení a stejných podmínek usazování, vznikl soubor vrstev, který nazýváme **souvrství**. Vrstva, která se usadila nejdříve, je v souvrství **podložím** pro vrchnější vrstvy. Tyto zase tvoří její **nadloží**. Pořadí, v kterém se



vrstvy postupně usadily, označujeme jako **vrstevný sled**. Se vznikem usazených hornin je svázána jedna z jejich důležitých vlastností, kterou nazýváme **vrstevnatost**. V přírodě se projevuje členěním horniny na jednotlivé vrstvy, anebo jejich rozpadem podle ploch. Podle mocnosti rozeznáváme vrstevnatost laminovanou (nejtenčí vrstvičky), deskovitou (vrstvy do několika cm) a největší lavicovitou. Ne všechny usazené horniny mají dobře vyvinutou vrstevnatost. Chybí především ve velkých úlomkovitých usazeninách a usazeninách, které vznikly živou činností organismů, jako jsou například korálové útesy. Na druhé straně, tam, kde docházelo ke klidnému postupnému usazování, je vrstevnatost vyvinutá velmi zřetelně, například kalové vápence (to jsou vápence, jejichž struktura je charakterizována převahou nejjemnějších částic).

Pro lepší pochopení vzniku vrstev usazených hornin ti poslouží jednoduchý příklad. Do skleněné nádoby s vodou postupně nasyp štěrk, písek a po jeho usazení jemný prach. Vytvoří se ti vrstvy podobné vrstvám úlomkovitých a jílovitých usazených hornin, o kterých se dozvíš na následujících stránkách.

DRSNÉ A JEMNÉ KAMENY

V přírodě se nejčastěji setkáváme s úlomkovitými a jílovitými usazenými horninami. Nejkratší vzdálenost od oblasti zdroje překonávají štěrkové valouny. Dnes je nacházíme především v horských oblastech, na horních tocích řek anebo na mořském pobřeží, kam je přenáší dostatečně silné proudění vody. V podobných podmínkách vznikly v geologické minulosti i tělesa slepenců. Tyto, na rozdíl od štěrků, jsou zpevněnou horninou. Jednotlivé valouny se v nich po dobu dlouhých geologických období spojily tmelem nejčastější písčitým, jílovitým anebo vápenitým. Zvláštní druh slepence tvoří **brekcie.** To je název pro usazenou horninu, jejíž částice, úlomky hornin si zachovaly ostré hrany. Tato skutečnost poukazuje na to, že tyto úlomky nepřekonaly téměř žádnou přepravu, a proto se neobrousily a nezakulatily.

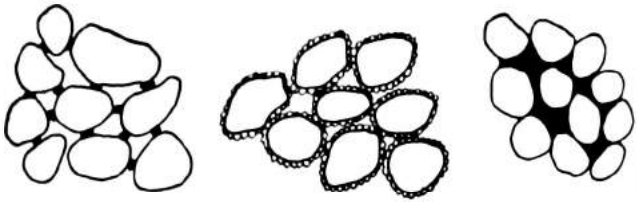
Naproti tomu, že slepence jen velmi málo kdy obsahují zkamenělé zbytky organismů, může z nich zkušený geolog vyčíst mnoho údajů. Určí složení hornin v oblasti, z které pocházejí. Často se stává, že tato oblast dnes už neexistuje, protože podlehla rozrušení — erozi. Podle jejich tvaru dokáže rozlišit způsob a délku jejich přepravy, ať již v řekách, či na mořském pobřeží. (Na mořském pobřeží mají tvary mnohem plošší). Na základě jejich uložení se dá usoudit směr proudění v řece anebo na vlnění na mořském pobřeží. Tělesa slepenců na spodku nového cyklu usazování nazýváme bazálními slepenci (odvozeno z latinského slova basis - - základ).

Na území ČSSR jsou slepence rozšířeny poměrně hojně. Mladotřetihorninového věku jsou slepence v okolí Hradiště pod Vrátnou, Jablonice a Dobré Vody v oblasti Malých Karpat a Brezovského pohoří. Vyskytují se i v Bánovské kotlině a jinde. Turisticky vyhledávaná jsou skalní města staro-

Výbrus slepence

třetihorních slepenců na Slovensku v oblasti Suľovských skal (obr. 101). Křídového věku jsou slepence v okolí Púchova. V Čechách jsou známé slepence na bázi českého křídového útvaru, například hora Kaňk u Kutné Hory. Poměrně častý je i výskyt slepenců v útvaru karbonu a permu, a to jak v oblasti Českého masívu, tak i v Západních Karpatech. Staroprvohorního věku jsou slepence, které vytvářejí pohoří Brdy.

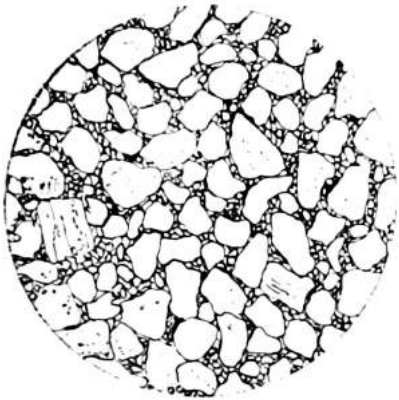
Písky jsou typickým příkladem nezpevněné středozrnné úlomkovité usazené horniny. Skládají se ze zrníček křemene, v menším počtu živců, slíd (asi desetina z celkového počtu) a v nepatrném množství i z těžkých nerostů (nerosty, jejichž hustota je větší než 3.). Některé říční písky mohou obsahovat i nepatrné množství šupinek a zrníček zlata, například písky z Dunaje nebo Otavy. Podle toho, jakým způsobem se zrníčka písku přepravovala a usazovala, rozlišujeme písky říční, mořské, ledovcové, naváté větrem (eolické) a podobně. Na rozdíl od velkozrnných úlomkovitých usa-



Různé druhy spojení pískových zrníček tmelem

zenin hornin, jako jsou slepence nebo štěrky, zrníčka písků jsou méně zakulacená. Pro malou hmotnost se nemohou po dobu přepravy na místo usazení rychle a dokonale opracovat.

Tmel spojuje jednotlivá zrníčka písku, přičemž vznikají pískovce. Známe mnoho druhů pískovců, odlišujících se tmelem nebo příměsemi. Z tmelů se vyskytuje zejména tmel



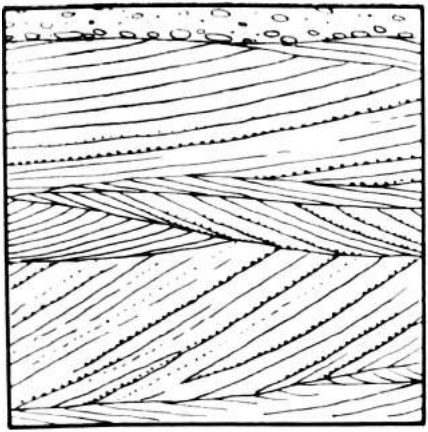
Výbrus pískovce

křemenný, vápnitý nebo jílovitý. Příměsemi jsou i různé nerosty, které dávají pískovcům charakteristická zabarvení. Bíle zbarvené písky obsahují kaolin, červené krevel, hnědé limonit. S vyjmenovanými minerály se seznámíš v dalším textu této kapitoly.

Dalšími představiteli úlomkovitých usazených hornin jsou arkózy a droby. **Arkózy** obsahují kromě zrníček křemene větší množství zrníček živců. Vznikly jako produkt rychlého mechanického zvětrávání žil v kontinentálních podmínkách. **Droby**, na rozdíl od pískovců, vytvořily větší počet druhů zrníček nerostů a drobných úlomků hornin.

O prostředí, v kterém písky, pískovce anebo droby vznikaly, se dozvídáme na základě zachovaných zbytků organismů (zkamenělin), uspořádání jednotlivých zrníček nerostů či drobných úlomků hornin uvnitř vrstvy — zvrstvení, jakož i na základě znaků a stop, které se zachovaly na vrstevních plochách.

Drobné úlomky hornin a zrníček nerostů, až na některé výjimky, se při usazování ukládají rovnoběžně nad sebou, tedy souběžně s vrstevními plochami. Takovéto uložení zrníček nazýváme **rovnoběžným zvrstvením.** Když dojde k narušení klidného usazování zesílením proudění vody, síly větru, nebo se změní směr tohoto proudění, případně se zvýší přínos materiálu do prostoru usazování, jednotlivá zrníčka na čele nánosu se začnou ukládat podle jeho sklonu. Proto se zrníčka orientují šikmo (k ose) k vrstevní ploše a vzniká **šikmé vrstvení.** Tyto podmínky nacházíme dnes, ale i v geologické minulosti, nejčastěji v oblasti mořského pobřeží nebo v tocích a ústích řek. Zároveň nám toto zvrstvení prozrazuje směr proudění vody anebo větru, které bylo ve směru sklonu zvrstvení. V případě, že dochází k časté změně směru proudění vody anebo větru, zrníčka se usazením ukládají vícenásobně šikmo k vrstevní ploše v protichůdných sklonech. Tak vznikne zvrstvení, které podle svého vzhledu dostalo název **křížové zvrstvení.** Podobně jako šikmé zvrstvení, i křížové nacházíme v neklidném pro-



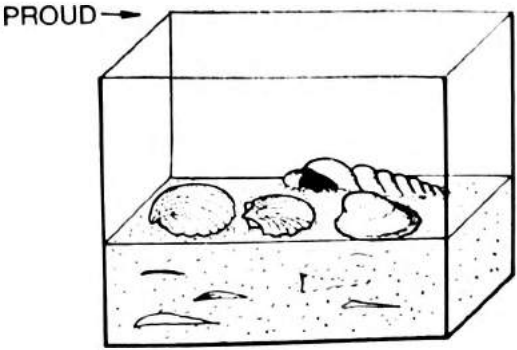
středí ústí řek. Je velmi charakteristické i pro větrem naváté usazeniny.

V prostředí, kde dochází k pohybu vody, odumřelé schránky organismů nezůstávají klidně ležet v poloze, v které dopadly na dno, proudění vody je přemisťuje. Zaujímají polohu, v které kladou co nejmenší odpor proudění vody. Tak například schránky měkkýšů se orientují vždy vypouklou stranou k hladině. Schránky prodlouženého tvaru, například hlavonožců, zaujímají polohu rovnoběžnou s prouděním. Širší části schránek organismů se třením o dno obrušují, poškozují, případně se i rozpadnou. Proto ve středně zrnitých úlomkovitých usazeninách se jen velmi zřídka zachovají otisky částí těl organismů nebo jemné a tenkostěnné schránky, které nacházíme v jílovitých horninách, například zvon medúzy.

Na vrstevních plochách středně zrnitých, ale i jemnozrnných jílovitých nebo úlomkovitých usazeninách pozorujeme útvary, které se podobají vlnám na zčeřelé vodní hladině.

Možná právě proto jim geologové dali název **čeřiny**. Vznikají zvířením zrníček na povrchu nánosu a jejich opětovným uložením pod vlivem pohybu vody. V mělkých vodách, na okraji jezer anebo moří, vznikají pod vlivem zčeření hladiny vody větrem. Takové čeřiny nemívají velké rozměry. Mají v průměru souměrný tvar, jejich ostrý výběžek (hřbet čeřiny) má po obou stranách oblé brázdy. Pod vlivem proudění vody, (příliv, odliv, proudění při dnu) vznikají čeřiny větších rozměrů. Tyto mají jedno rameno kratší a strměji nakloněné a druhé nakloněné ve směru původního proudění, delší s mírnějším sklonem.

Písky, jejich propustnost a pórovitost jsou přirozeným filtrem a zároveň zásobárnou podzemních vod. Čisté písky bez obsahu železa jsou sklářskou surovinou. S jílovitou příměsí se používají ve slévárnách. Pískovce se dnes i v minulosti používaly na stavbu budov, dlažbu cest (chrám sv. Víta v Praze, Karlův most, Levoča). V sochařství se proslavil jako materiál pískovec z okolí Hořic v Podkrkonoší. V oblasti Západních Karpat jsou známé mnohé výskyty mladotřetihorních pískovců, například v oblasti Záhorské nížiny,



u Devínské Nové Vsi, v Malých Karpatech u Dobré Vody, také na jižním a východním Slovensku a jinde. Starotřetihorní a z období křídového jsou výskyty pískovců v oblasti Beskyd, Oravské Magury a dalších pohoří vnějších Západních Karpat. Na území Čech se nacházejí staroprvohorní pískovce s křemitým tmelem, křemence, které se vyznačují velkou pevností. Těžili je například v Řevnicích a na Žižkově v Praze. Rozsáhlý je i výskyt pískovců křídového věku v oblasti České křídové tabule. Arkózy z doby mladších prvohor se vyskytují na Slovensku v Spišsko-gemerském rudohoří anebo v Tříbeči. I v Čechách v okolí Plzně, Kladna, Rakovníka a Svatoňovic jsou arkózy mladoprvohorního věku. Droby známe z Drahanské vysočiny a Nízkého Jeseníku. Jsou starohorního věku.

Přechod mezi středně zrnitými a **jílovitými usazenými horninami** představují hlíny a spraše, většinou se však počítají k jílovitým usazeným horninám.

Hlíny vznikají zvětráváním skalního podkladu. Skládají se z jílovitých nerostů, zrníček písku — křemene, slíd, drobných úlomků hornin, uhličitanu vápenatého, oxidů železa a organických látek. Bývají zbarvené do hněda (hnědel), nebo jsou tmavé až černé barvy (humusovitými látkami organického původu). Pokud obsahují stejné úlomky hornin jako skalní podklad, nacházejí se v místě, kde vznikly. V tomto případě přibývá úlomků hornin směrem do hloubky.

Hlíny přemístěné po svazích hor, se nazývají **svahové hlíny**. Složení úlomků hornin svahových hlín neodpovídá skalnímu podkladu, který přikrývají. Činností řek se hlíny dostávají do údolí, daleko od místa, na kterém vznikly. Tyto údolní hlíny nazýváme **aluviální hlíny.**

Spraše na rozdíl od hlín neobsahují větší zrnka hornin. Skládají se výhradně z prachových částic křemene, živce, jílovitých nerostů a uhličitanu vápenatého. V minulosti byly naváty větrem. Obsahují kysličníky železa, které je zbarvují do žlutohněda. Nevznikly přepravou vodním prostředím, proto jsou bohaté na živiny a vznikají na nich půdy typu černozemí. Sprašové hlíny, pokud neobsahují velké množství uhličitanu vápenatého, se používají jako cihlářská surovina. Červená barva cihel vzniká při jejich vypalování přeměnou kysličníků železa na krevel. V ČSSR se vyskytují na střední a jižní Moravě a ve středních a západních Čechách, na západním a jižním Slovensku, například v okolí Trnavy, Nitry.

Nejmenší rozměry dosahují částice **jílovitých usazených hornin.** Tvoří zejména **jílové nerosty**, které mají tvar nesmírně malých šupinek, viditelných jen pod rentgenovým mikroskopem. Vznikly zvětráváním živců z různých hornin. Kromě jílových nerostů je v nich v rozdílné míře zastoupený křemen, živec, slídy, pyrit, uhličitan vápenatý a uhelné látky.

Nezpevněné jílovité usazeniny se nazývají jíly. Tak jako dnes, i v minulosti vznikaly na povrchu pevnin, v jezerech,

močálech, slepých ramenech řek a zejména na dně moří v podobě bahna a kalu.

Podle prostředí, v kterém vznikly, a jejich chemického složení rozeznáváme několik skupin jílovitých nerostů.

Kaolinit vzniká zvětráváním hornin — živců v kyselém prostředí. Takové prostředí mají například dnešní rašeliniště. Na kaolinit zvětraly v době druhohor a v třetihorách žuly v okolí Karlových Varů, arkózy v Horní Bříze nedaleko Plzně a ruly u Kadaně, kde jsou dnešní ložiska kaolínu. V geologické minulosti voda přeplavovala takovéto zvětraliny, přičemž se usazovaly kaolínové jíly, jak je dnes známe v Čechách, zejména z podkrušnohorské oblasti (chebská pánev), dále Žatce, Rakovníka, ale i z dalších měst na západní Moravě (Moravská Třebová, Letovice) na Slovensku z okolí Lučence a jinde.

Illit se vyskytuje především v jílovitých usazeninách mořského původu, kde i vzniká. Proto je dobrým ukazatelem usazenin mořského původu. Podobně jako kaolinit se vyskytuje poměrně často. Vzácnější je výskyt montmorillonitu.

Montmorillonit je hlavní součástí jílů, které nazýváme **bentonity**. Vznikají rozkladem sopečného bahna a produktů sopečné činnosti. Rychle se nasáknou a vážou velké množství vody. Pro tuto vlastnost jsou vyhledávanou surovinou. V Čechách je známe z okolí Mostu, na Slovensku z okolí Kuzmice a Levice. Používají se například jako těsnicí materiál při stavbě přehrad, ve slévárnách, v chemickém průmyslu se jimi změkčuje voda, používají se při výrobě mýdla a čisticích prostředků, na výrobu nevýbušných trhavin.

Jíly mořského původu vznikají v klidném prostředí, vzdáleném od pobřeží. Jílovité částice voda dále přepravuje. Na území našeho státu se s nimi setkáváme především v mladotřetihorních usazeninách na jižní Moravě, na Slovensku v oblasti Podunajské nížiny, jižního Slovenska a ve Východoslovenské nížině. Pro jejich velké plošné rozšíření a ty-

pický vzhled jim geologové dali názvy **tégl** — šedý plastický jíl bez vrstevnatosti a **šlír**, který má výraznou vrstevnatost, přičemž jeho vrstevné plochy pokrývá poprašek slíd a zrníčka písku.

Přibýváním obsahu uhličitanu vápenatého v jílech vzniká řada, která začíná jíly a končí vápenci. Asi ve středu této řady, kde se obsah jílových nerostů rovná obsahu uhličitanu vápenatého, vznikají usazené horniny, nazývané slínovce. Jsou velmi hojné v usazených horninách druhohor a ve všech pohořích Slovenska a v oblasti České křídové tabule. Zpevněním jílovitých usazených hornin (jílů) ze starších geologických období vznikají jílovce a jílovité břidlice. Jílovce jsou ještě poměrně málo zpevněné a v suchém období se lupénkovitě rozpadávají. Mnohem více jsou zpevněné jílovité břidlice. Jsou většinou tmavé, jejich barva pochází z uhelné příměsi a vznikla rozkladem organických látek. Vyznačují se dobrou odlučností v podobě plochých destiček. V minulosti se často používaly jako střešní krytina namísto šindelí. Proto také dostaly název „pokrývačské břidlice". Vyskytují se v Nízkém Jeseníku, v Drahanské vrchovině a Malých Karpatech. „Mariatálskými břidlicemi" z okolí Bratislavy byl dokonce v minulosti zásobován i Balkán.

Jíly ve vlhkém prostředí vodu doslova nasávají. Přitom zvětšují svůj objem, stávají se plastickými, až se nakonec přemění v řídkou kaši. Na druhé straně se při vysychání smršťují a scvrkávají. Jako názorný příklad ti poslouží povrch vysychající kaluže anebo dno vypuštěného rybníka. Po odpaření vody tu bahno popraská v podobě nepravidelných mnohoúhelníků, oddělených od sebe svislými puklinami. Tento jev nazýváme **bahenní praskliny**. K podobnému jevu docházelo i v geologické minulosti, když se dno moří a jezer na určitou dobu vynořilo na hladinu. Po dobu další záplavy pukliny zanesla drobná zrníčka písku, a tak se zachovaly na vrstevních plochách jako odlitky. Svým složením jsou shodné s nadložní vrstvou usazenin. Když déšť zastihl ne-

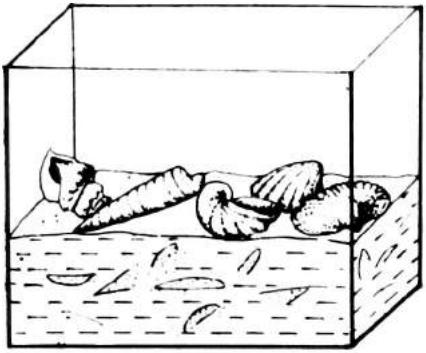
zpevněný obnažený povrch jílovitých usazenin, jeho kapky zanechaly na povrchu drobné jamky — stopy po dešťových kapkách.

Na povrchu vrstev (vrstevních plochách) jílovitých usazenin jsou často zachované, kromě bahenních prasklin, stopy po dešťových kapkách, po čeřinách, o kterých ses dočetl v předcházející kapitole, i stopy života různých organismů, výplně chodbiček, v kterých tyto organismy žily, anebo stopy po pohybu jejich živých či odumřelých těl unášených vodou. U některých geologové poznají jejich původ, ale většinou zůstává zahalený rouškou tajemství. Možná právě proto tyto stopy dostaly název **hieroglyfy**. Nejčastěji je nacházíme na vrstevních plochách usazenin, kde se střídají jílovité usazené horniny s pískovci, například v usazeninách starotřetihorního moře v oblasti vnějších Západních Karpat. Vznik hieroglyfů připomíná zhotovení sádrového odlitku, prohlubeň v usazeninách se zanese novým nánosem.

Potom na vrchní vrstevní ploše nacházíme prohlubeniny a rýhy, naopak, na spodní vrstevní ploše vypukliny. Tuto skutečnost využívají geologové při určování spodní a vrchní vrstevní plochy tam, kde horotvornými pohyby došlo k značnému porušení vrstev, k jejich zvrásnění, vztyčení, nebo dokonce k převrácení vrstevného sledu.

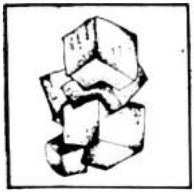
V hlubším klidném prostředí jezera nebo moře zůstávají organismy ležet po odumření na bahnitém dnu v poloze, v jaké tam klesly.

Jako příklad nám poslouží schránka lasturnatce, která zůstává obrácená vnitřní strana k původní hladině. Porovnej to s předcházející částí, kde jsme psali o příkladech usazování v prostředí se silným prouděním vody. Schránky organismů nacházíme většinou neporušené, zachovávají se i křehké schránky a schránky nedospělých jedinců (obr. 110), při rychlém usazování za nedostatku kyslíku se zachovávají i otisky měkkých částí těl organismů, které by v jiném prostředí byly za chvíli rozrušené.



O rozšíření a využití jílovitých usazenin hornin ses už leccos dozvěděl. Na tomto místě nám zbývá ještě připomenout, že vodu sice nasávají, ale nepropouštějí. Proto tam, kde tvoří podlože nepropustné jílovité usazené horniny a nad nimi jsou uloženy pórovité a propustné horniny, například pískovce, stávají se jílovité usazeniny významným rezervoárem podzemních vod.

SLANÉ KAMENY



Usazené horniny chemického původu vznikají krystalizací nebo vysrážením látek z roztoků, do kterých se dostaly při chemickém zvětrávání. Tak na dně jezer a moří v okolí teplých nebo studených minerálních pramenů vznikala v geologické minulosti ložiska solí, železných rud, travertinů atd.

Solné usazeniny, odborně nazývané **evapority**, vznikají ze slaných vod, především moří a oceánů. Nesmíš však zapomenout, že i některá jezera se vyznačují zvýšenou kon-

centrací roztoků solí, jak uvádíme v kapitole Zápas gigantů (str. 194).

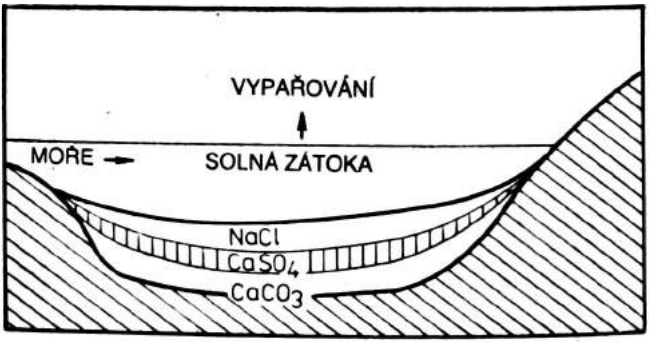
Mořská voda obsahuje v průměru přibližně 35 g rozpuštěných solí v 1l vody, tedy 35 promile jejího obsahu. Průměrné složení solí v mořské vodě vyjadřují následující vzorce:

$NaCl$	77,76 %
$MgCl_2$	10,88 %
$MgSO_4$	4,74 %
$CaSO_4$	3,60 %
K_2SO_4	2,46 %
$CaCO_3$	0,34 %
$MgBr_2$	0,22 %

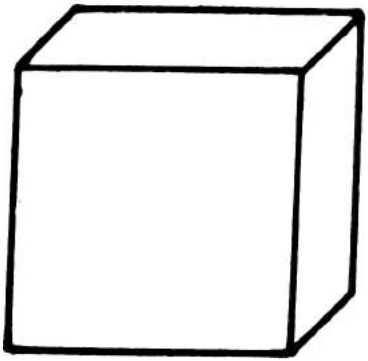
Vědci — geologové si dlouho lámali hlavu nad tím, jak vysvětlit vznik **solných ložisek** v minulých geologických obdobích. Vědělo se, že jejich mocnost dosahuje několika stovek metrů, a přitom odpařením vrstvy mořské vody o mocnosti 1000 m by vznikla jen 15 metrů silná vrstva solných usazenin. V současnosti se všeobecně přijímá názor, který vysvětluje vznik podmínek potřebných k usazování solí z mořské vody částečným oddělením zálivu nebo laguny od otevřeného moře, anebo oceánu, hrází. V takovémto zálivu, při vysoké teplotě a suchém podnebí, se voda rychle odpařovala. Úžinou však voda stále přitékala. V zálivu ustavičně stoupala koncentrace rozpuštěných solí. Voda se zvýšeným obsahem rozpuštěných solí, tedy větší hustoty, klesla ke dnu a jen její malá část mohla uniknout ze zálivu. Naproti tomu opačným směrem, tedy směrem od zálivu, stále přitékalo podstatně větší množství vody. Neustálým doplňováním mořské vody vznikl nasycený roztok, z kterého postupně krystalizovaly soli a ty se usazovaly na dně.

Pokusem se zjistilo, že jak odpařením zmenšíme objem mořské vody přibližně na polovinu, začnou se vylučovat kysličníky železa a uhličitan vápenatý ($CaCO_3$). Při odpaření na pětinu původního objemu se objeví sádrovec ($CaSO_4$) a až při zmenšení objemu na desetinu začíná krystalovat chlorid sodný (NaCl) — halit (kamenná sůl). Nakonec se vylučují chlorid hořečnatý ($MgCl_2$), bromid sodný (NaBr) a chlorid draselný (KCl). Podobnou posloupnost můžeme sledovat i dnes na ložiskách solných usazenin, jsou-li zachovány všechny složky solného usazování.

Usazování solných usazenin — evaporitů v dnešních mořích probíhá na velké ploše zátoky. Tomuto poznatku odporuje tvar, který má většina solných ložisek. Jsou to tělesa s kruhovitou anebo elipsovitou základnou, prorážející nadložní horniny. Geologové je nazývají **solné diapiry (pně)**. Vrstvy solných usazenin jsou v nich složitě převrásněné a zpřehýbané. To vysvětluje jejich vznik. Za zvýšeného tlaku a jen mírně zvýšené teploty se stávají solné usazeniny lehce tvárné, přímo tekuté. Proto byly tlakem nadložních vrstev vytlačené na některých místech směrem do nadloží.



Sádrovec



Kamenná sůl

Takto vznikly solné diapiry, které bývají vysoké 500 až 1000 m.

Sádrovec, dihydrát síranu vápenatého ($CaSO_4.2H_2O$) a anhydrid síran vápenatý ($CaSO_4$) jsou svým vznikem a často i vzhledem velmi blízké a podobné nerosty. Při krystalizaci sádrovce v jílovitých usazeninách vznikají jednoklonné krystaly. Jsou měkké, čiré, nebo zbarvené příměsemi. Dobře se štěpí na destičky, jejichž plochy mají perleťový lesk. Kromě usazování z mořské vody může sádrovec vznikat krystalizací z vod slaných jezer anebo z dočasných jezer v suchých oblastech. Tvoří se i v půdách, do kterých prosakují vody bohaté na sírany. Velmi jemnozrnná, většinou bílá kompaktní odrůda sádrovce se nazývá alabastr. Sádrovec se používá v chemickém průmyslu jako přísada do cementu. Jeho pálením se vyrábí sádra. U nás jsou nevelká ložiska v okolí Opavy na Moravě a na Slovensku u Spišské Nové Vsi.

Kamenná sůl — halit, chlorid draselný ($NaCl$) je nejdůležitějším a zároveň i nejhojnějším nerostem solných ložisek. Kamenná sůl krystaluje v dokonale stěpných krychlích, je měkká, ve vodě se lehce rozpouští. V čistém stavu je čirá, bezbarvá. Vykazuje dobrou štěpnost podle ploch krychle. V ložiskách se kamenná sůl nachází ve vláknité anebo zrnité formě. Je bílá, často zbarvená různými příměsemi do červena a do hněda. Vrstvy soli se tu střídají s vrstvami anhydridu, dolomitu anebo slaných jílů. Používá se v potravinářském a chemickém průmyslu. Na území naší republiky se sůl těží u Solivaru u Prešova a ložiska se vyskytují také v mladotřetihorních usazeninách na východním Slovensku (Zbudza).

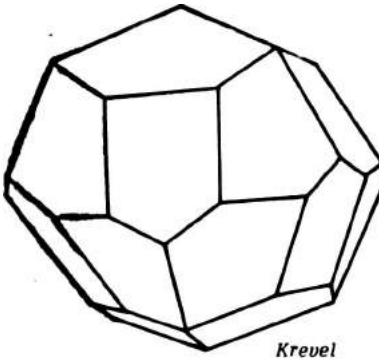
Ve většině solných ložisek se zachoval jen sádrovec a nad ním ležící vrstvy kamenné soli. Jen v některých případech známe i poslední složky krystalizace z nasyceného roztoku mořské vody, tedy draselné a hořečnaté soli, které krystalují jako poslední. Vznikly až úplným oddělením (uzavřením) zátoky od otevřeného moře. Používají se v chemickém průmyslu na výrobu hnojiv.

V některých jezerech se v suchém a teplém podnebí nahromadily rozpustné látky, které vznikly zvětráváním okolních hornin. Podobně jako v moři i tady docházelo ke krystalizaci z nasycených roztoků. Tak vznikla ložiska sody (Na_2CO_3) v USA, boraxu ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)) v Itálii, glauberovy soli (Na_2SO_4) v SSSR a ve Španělsku.

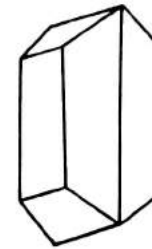
Při zvětrávání se železo, které obsahují horniny, dostává do koloidních roztoků. Může se usazovat na povrchu pevnin (souše), nebo ho řeky odplaví do moře.

Na vycházkách do přírody sis určitě všiml hnědých povlaků na dně stojatých vod, močálů nebo slepých ramen řek. Tento povlak vytváří obyčejně limonit.

Limonit (hnědel), hydratovaný oxid železitý ($Fe_2O_3.nH_2O$) je beztvarý nerost (kusový nebo zemitý). Má hnědou barvu, žlutohnědý vryp. Těží se jako železná ruda. Na Slovensku se vyskytuje nejčastěji ve Spišsko-gemerském rudohoří.



Krevel



Aragonit

Vysrážením železa z koloidních roztoků v moři vznikají ložiska železných rud, pro které je charakteristický kulovitý nebo vejčitý tvar jednotlivých zrníček. Říkáme jí **ooidy**. Podle nich se nazývají tyto železné rudy **oolitické** anebo **seménkové železné rudy**. U nás se těžily mezi Plzní a Prahou.

Jedním z nerostů, který tyto rudy obsahuje, je hematit (krevel), oxid železnatý (Fe_2O_3) červené barvy s červeným vrypem.

Na dně moří vznikají vysrážením oxidů a karbonátů manganu i ložiska manganových rud. Takto vznikly na Slovensku starotřetihorní ložiska manganu v Kišovcích a Švábovcích a na území Čech starohorní **ložiska manganu** v Chvaleticích.

Vápenec, uhličitan vápenatý ($CaCO_3$) chemického původu je v mořích mnohem méně zastoupen na rozdíl od vápenců organogenních, vzniklých životní činností organismů.

V moři probíhá vysrážení vápence (v podobě ooidů) tím, že se z rozbouřené hladiny mořské vody uvolňuje oxid uhli-

čitý (CO_2), který napomáhá jeho rozpouštění v mořské vodě.

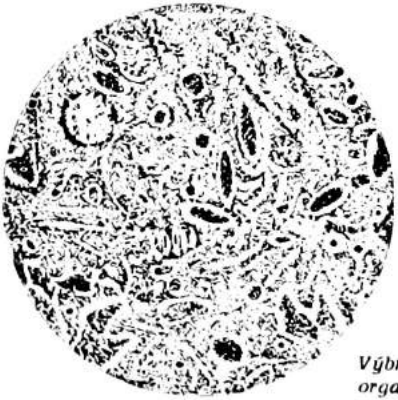
Dešťová voda obsahující oxid uhličitý (CO_2) proniká puklinami vápenců a postupně je rozpouští. Do roztoku se dostává hydrogenuhličitan vápenatý. Pukliny se postupně rozšiřují až vznikají uvnitř vápenců dutiny — jeskyně. Ne jejich stěnách se odpařuje voda a z roztoku hydrogenuhličitanu vápenatého se opět vylučuje vápenec. Tak se na nich tvoří vápnité povlaky, tzv. **sintry** a kapky různých tvarů. O jeskyních se víc dočteš v samostatné kapitole Galérie Země (str. 252).

Z minerálních vod anebo krasových vod, které obsahují oxid uhličitý (CO_2) a hydrogenuhličitan vápenatý, se spolupůsobením rostlin a mikroorganismů vylučuje pórovitý vápenec — **travertin.** V přírodě vytváří kupovité útvary s drobnými nádržkami na povrchu. Bývají umístěné stupňovitě nad sebou. Voda přetéká z jedné nádržky do druhé v podobě drobných vodopádů. Traventiny často obsahují zkamenělé zbytky rostlin a živočichů (měkkýšů a hmyzu). Jsou bílé nebo žlutavé barvy. U nás se nacházejí v Českém krasu, na Slovensku v okolí Spišské Nové Vsi, Dreveníku a u Liptovského Mikuláše. Těží se jako obkladový a dekorační kámen.

Vápenec, který krystaluje v kosočtverečné soustavě, nazýváme **aragonit.** Často tvoří krápníkovou výzdobu jeskyní. Srážením z teplých minerálních pramenů aragonit vytváří zajímavé útvary například hrachovité. Odtud pak je název **hrachovec** známý z Karlových Varů, nebo ze Sliače.

Organogenní usazené horniny vznikají nahromaděním odumřelých těl, koster, nebo schránek živočichů a rostlin na dně moří, jezer a močálů. Z nahromaděných schránek a koster živočichů a rostlin vznikly usazené horniny, jejichž významnou vlastností je to, že jsou hořlavé. Odborně je nazýváme **kaustobiolity**. Patří sem rašelina, hnědé a černé uhlí, ropa, asfalt a podobně.

Organogenní vápence vznikaly na dně teplých, mělkých, prosvětlených moří s bohatým životem rostlin a živočichů. Tyto organismy si většinou vytvářely své schránky a kostry z uhličitanu vápenatého (vápence) ve formě aragonitu anebo kalcitu. Potřebný uhličitan vápenatý získávaly z mořské vody. Po odumření rostliny anebo živočicha se jejich schrán-



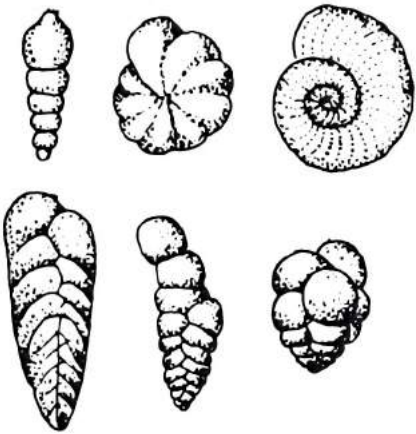
Výbruš organogenního vápence

Nábrus organogenního vápence

ky hromadily na dně moře, někdy v obrovských množstvích. Stmelením těchto schránek, od dobře zachovaných až po vápnitou drť, vytvářely spolu s vápencem ($CaCO_3$) vysráženým z mořské vody a činností bakterií vrstvy organogenních vápenců.

Takto vznikly **rifové** anebo **korálové vápence**, tvořící dnes většinou tělesa čočkovitého anebo nepravidelného tvaru. Tento tvar způsobilo nahromadění těl korálů a řas na podmořském útesu. Stmelením velkého množství schránek ramenonožců, lasturnatců, měkkýšů, ale i jiných druhů organismů, vzniká hornina podobná slepenci, který geologové nazývají lumachelový vápenec. Na vzniku organogenních vápenců se zúčastňují i ostatní mořští živočichové, jako ostnokožci, mechovky, červi a podobní, kteří mají kostru z uhličitanu vápenatého. Uplatňují se i drobné mikroorganismy, volně žijící v mořské vodě — **plankton**. Vrstvy vá-

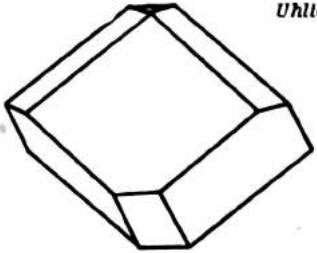
Různé schránky dír nošců



penců vytvořené z těchto organismů jsou velmi jemné a dobře vrstevnaté.

Čisté vápence jsou bílé anebo světle šedé. Barevnost získávají od různých příměsí. Na přítomnost železa poukazuje jejich žlutá, hnědá, rezavá anebo červená barva. Tmavé až černé vápence jsou zbarvené uhelným pigmentem. V různé míře obsahují příměs jílů anebo křemene organického původu. (Už v předcházejícím textu jsi poznal řadu, která začíná jíly, přechází k slínovcům a končí vápenci.) Beztvaré odrůdy křemene (chalcedonu) organického původu vytvářejí ve vápencích shluky, případně drobné vrstvičky a čočky. Jsou to rohovce a vápence, které je obsahují, nazýváme je **rohovcové vápence.** Na ostrově Rujana v NDR se nacházejí usazeniny uhličitanu vápenatého — křídy. Obsahují v sobě shluky chalcedonu, které znáš jako **pazourek.**

Z nerostů je ve vápenci zastoupen zejména uhličitan vá-



Uhličitan vápenatý

penatý ($CaCO_3$). Buď je zastoupen kalcitem, který krystaluje v klencích anebo aragonitem, který krystaluje v kosočtverečné soustavě. Je čirý, nebo zbarvený příměsemi, má perletový lesk. Vyplňuje trhliny a dutiny ve vápencích.

Vápence mají velké použití především při výrobě cementu. Těží se i jako stavební kámen. Čisté se používají při výrobě cukru a v chemickém průmyslu. Vzhledem k jejich pěkným barvám a dobré opracovatelnosti se používají jako obkladový a dekorační kámen a v sochařství.

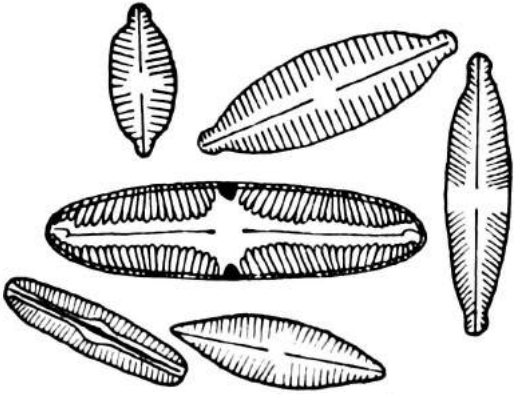
V Čechách jsou hojné v okolí Prahy (Beroun, Koněprusy, Karlštejn), v Moravském krasu, Pavlovských vrších, na Slovensku v Pováží, Nízkých Tatrách, Slovenském ráji a Slovenském krasu.

Dolomit se podobá vápenci, od kterého se liší drsnějším povrchem a silnou rozpukaností. Často se rozpadá na drobnou ostře hranatou drť. Na rozdíl od vápence nešumí v kyselině chlorovodíkové (HCl). Skládá se z uhličitanu vápenatohořečnatého ($CaCO_3.MgCO_3$). Vzniká v mořském prostředí nahrazováním vápníku hořčíkem z mořské vody. Dolomity tvoří silné souvrství v pohořích Malé Karpaty, Nízké Tatry, Malá Fatra, Strážovské vrchy a tak dále. Je výplní rudných žil u Příbrami. Těží se na štěrk, na výrobu žáruvzdorných cihel v hutnictví, používá se ve sklářském a chemickém průmyslu (obr. 117).

Křemenné usazené horniny vznikly nahromaděním droboučkých schránek rostlin a živočichů v jezerních a nebo mořských podmínkách.

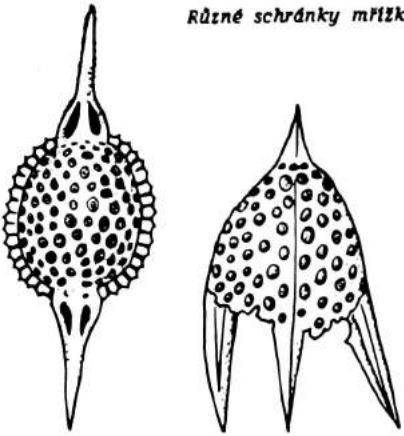
Nahromaděním schránek jednobuněčných řas — rozsívek — vznikají na dně jezer usazeniny nazývané **rozsivková zemina.** V čistém stavu je bílá, nezpevněná. Obsahuje-li příměs jílů, zbarvuje se do šeda. Na území ČSSR se nachází v oblasti budějovické, třeboňské a chebské pánve. Je třetihorního věku. Používá se na výrobu izolačních hmot, v chemickém a potravinářském průmyslu.

Mořského původu jsou zpevněné křemenné usazené horniny rohovce a pazourek, dále sem patří například **radiolarity**. Vznikly z křemenného materiálu organického původu. Například název radiolarity je odvozený od názvu mořských planktonických mikroorganismů mřížkovců — **radiolarií**. Křemenný materiál organického původu se většinou usazoval spolu s vápnitým a jílovitým materiálem. K jeho vysrážení docházelo až v době zpevňování usazených hornin do podoby beztvarého křemene (chalcedonu).



Různé schránky rozsivek

Různé schránky mřížkovců



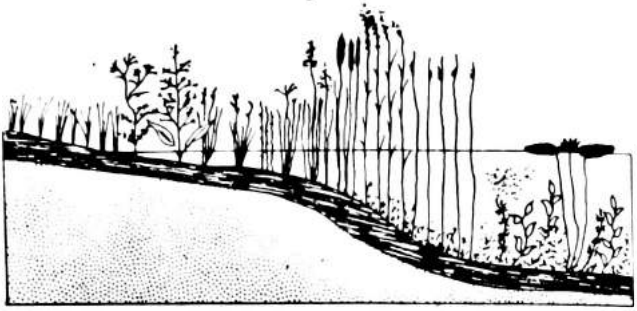
Takto vznikaly vrstvičky, čočky nebo nepravidelné shluky **rohovců** či **pazourku.** Většinou je tmavý, hnědý, šedý až černý, je celistvý a má lasturový lom. Vzhledem k tomu, že křemenný materiál je mnohem odolnější vůči zvětrávání než okolní horniny, tělesa, která tvoří, ostře vystupují ze svého okolí.

Samostatnou skupinu představují **hořlavé usazeniny organického původu — kaustobiolity.**

Na vycházkách do přírody jsi určitě objevil místa, kde je stojatá voda. Na jejím dně jsi mohl objevit kromě bahna i značné zbytky rostlin, které se postupně rozpadávají. Tento proces rozkladu je pod hladinou vody mnohem pomalejší. Na povrchu se za přístupu vzduchu, tlením, práchnivěním organické látky rozpadají velice rychle. Pod vodní hladinou, kde je přístup vzduchu, a tedy i kyslíku omezen, probíhají složité změny rostlinných zbytků na **rašelinu** a na **hnilokal** (neboli sapropel), který vzniká zase hnitím živo-

čišných zbytků. Na tomto procesu se významnou měrou podílejí bakterie. Rozložená organická hmota se obohacuje o látky obsahující uhlík. Uvolňuje se voda (H_2O), oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), sirovodík (H_2S), organické kyseliny a jiné zplodiny. Unikající plyny způsobují nepříjemný zápach bahna ze dna stojatých vod.

Rašelina vzniká většinou v mírném podnebním pásmu s dostatkem srážek. Když je suchá, rozeznáváme v ní jednotlivé zbytky těl rostlin. Používá se jako palivo, v zahradnictví, na výrobu izolačních a stavebních hmot, má léčivé účinky. Podle místa vzniku rozeznáváme dva základní druhy rašelinišť — **slatiny** a **vrchoviště. Slatiny** se nacházejí v údolích a ústích řek, v močálech a slepých ramenech, všude tam, kde je úroveň spodní vody nad úrovní údolí. Vznikají, zaroste-li jezero nebo močál rostlinami. Nahromaděním spodních částí vodních rostlin, jako je rákosí, ostřice, puškvorec, žabinec, vrba, olše či borovice, se tvoří rašelina. Její barva je černá, za vlhka je mazlavá.

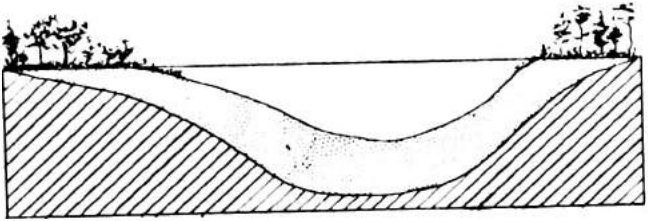


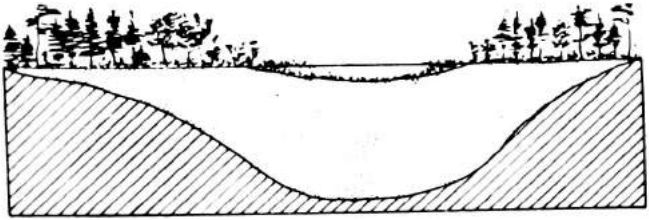
Slatina

Vrchoviště vznikají v hornatých oblastech bohatých na srážky na horninovém podkladu, který nepropouští vodu (Roháče, Jeseníky). Rašelina vzniká z vrstev mechu rašeliníku (Sphagnum), jehož spodní vrstva postupně odumírá a mění se na rašelinu. Horní část pokračuje v růstu. Tak dochází k tomu, že se vrchoviště nerozrůstá jen do šířky, ale i do výšky, až postupně vytvoří vyklenutý kopcovitý útvar. Barva této rašeliny je hnědá a rašelina se rozpadá. Rašelina se těží u nás hlavně v jižních Čechách, v Krušných horách a v Jeseníkách, na Slovensku na Oravě.

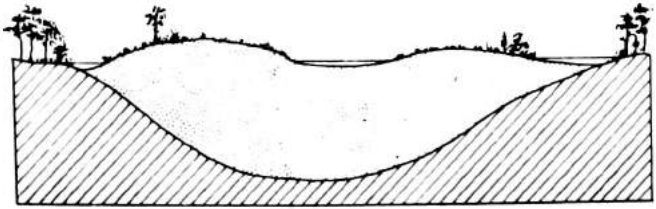
Podobně jako se dnes hromadí zbytky rostlinných těl v rašeliništích, tak se v minulých geologických dobách hromadily v oblasti jezer, močálů a deltách řek zbytky odumřelých rostlin. Dnes je nacházíme v podobě slojí hnědého a černého uhlí. Vrstvy uhlí (uhelné sloje) vznikly zuhelnatěním nahromaděných zbytků rostlin bez přístupu vzduchu, za působení tlaku nadložních vrstev a často i zvýšené teploty. Důležitům faktorem při tomto procesu byl čas.

Vrstvy **hnědého uhlí** vznikaly z třetihorních jehličnatých





Zaplňování slatiny rašelinou



Vrchoviště

a listnatých rostlin. Hnědé uhlí je zuhelnatělé méně, než černé uhlí, které je starší. Hnědé uhlí obsahuje přibližně 70% uhlíku, černé uhlí 80%. **Černé uhlí** vzniklo nahromaděním zbytků rostlin, které rostly v mladších prvohorách (karbon, perm). Byly to především stromovité přesličky, plavuně a kapradě. Většina uhelných ložisek vznikala v jezerech a močálech. Provázejí je usazeniny říčního a jezerního původu, písky a štěrky.

Známe ale i ložiska, která vznikla na mořském pobřeží. V jejich nadloží nebo podloží dnes nacházíme usazené horniny mořského původu. Ty vznikaly v době občasných mořských záplav. Nazýváme je **paralickými** ložisky uhlí. U nás se vyskytují mladotřetihorní paralická ložiska hnědého uhlí v okolí Modrého Kamene na Slovensku, ložiska mladoprvohorního černého uhlí v ostravsko-karvinské oblasti. O tom, že k nahromadění rostlinných zbytků, tvořících dnešní sloje uhlí, došlo v místě, kde rostliny původně rostly, svědčí kmeny stromů v poloze jejich růstu, kolmo na vrstevní plochy sloje. Jen málokdy byl rostlinný materiál odplavený a hromadil se jinde. V takovém případě dnes v uhelné sloji nacházíme zbytky zuhelnatělých rostlin chaoticky promíchané s úlomky hornin. Tento poznatek využívají geologové při vyhledávání uhelných slojí. Hledají je tam, kde okolní usazené horniny prozrazují svých charakterem, že jde o náplavy na břehu jezer, říčních delt anebo močálů na mořském pobřeží.

Rozeznáváme základní **druhy uhlí:**

Lignit (xylit) je nejméně zuhelnatělé, poměrně mladé uhlí (mladotřetihorní) s dobře pozorovatelnou strukturou původního dřeva. Je světlehnědé barvy. Používá se jako palivo ve speciálně upravených elektrárnách. Na Slovensku se vyskytuje u Handlové v novácké pánvi, v Čechách v okolí Budějovic (mydlovary) a na Moravě v okolí Kyjova, Čejče a Dubňan.

Hnědé uhlí (starotřetihorní až mladotřetihorní) — je hnědé až černohnědé barvy, má hnědý vryp. Je velmi zuhelnatě

lé, obsahuje však ještě 20—40 % vody, proto na vzduchu při schnutí rychle rozpraská. Nejkvalitnější hnědé uhlí se těží v Čechách v okolí Mostu a na Slovensku v okolí Handlové a Novák. Méně kvalitní hnědé uhlí se těží v celé Podkrušnohorské pánvi (Cheb, Sokolov, Chomutov, Most, Teplice), na Slovensku v okolí Velkého Krtíše, Modrého Kamene, v okolí Vihorlatu atd.

Černé uhlí je silně zuhelnatělé. Má černou barvu a černý vryp. Vyznačuje se vysokou výhřevností. Černé, podobně jako hnědé uhlí, je významnou energetickou surovinou. Kromě toho se používá i v chemickém průmyslu, hutnictví a podobně. U nás se těží v ostravsko-karvinském černouhelném revíru. Ten je součástí velké Hornoslezské pánve, která se rozprostírá především na území Polska. Dále se těží v rakovnicko-slánsko-kladenské pánvi. Menší význam mají pánve plzeňská, radnická, žacléřsko-svatoňovická a na Moravě rosicko-oslavanská.

Antracit je nejbohatší na obsah uhlíku, obsahuje ho až 95 %. Je sytě černý, má polokovový lesk, kamenný vzhled a tvrdost 2—2,5. Těží se u Velkého Trní, v Čechách u Českých Budějovic, na Slovensku.

Ze živic starotřetihorních stromů vznikl **jantar**, vyhledávaná surovina na výrobu šperků a ozdobných předmětů. Často obsahuje pradávné svědectví o životě a podobě zalitého drobného hmyzu. Dováží se k nám zejména od pobřeží Baltského moře z NDR, Polska a SSSR.

I v současnosti na dně stojatých nevětraných vod, jezer, močálů a zátok moří hnije organická hmota a tvoří se **hnilokal (sapropel)**. Podobný hnilobný proces probíhal pravděpodobně i v minulosti. Organickou hmotu nejprve přikryly nánosy usazenin. Její další rozklad způsobila činnost bakterií. Proces vzniku uhlovodíků asi podporovalo i záření z radioaktivních prvků.

Ze zbytků drobných organismů, živočichů a rostlin, které se společně s bahnem usazovaly na dně mořských zátok, kde voda neproudila, došlo v geologické minulosti složitými změ-

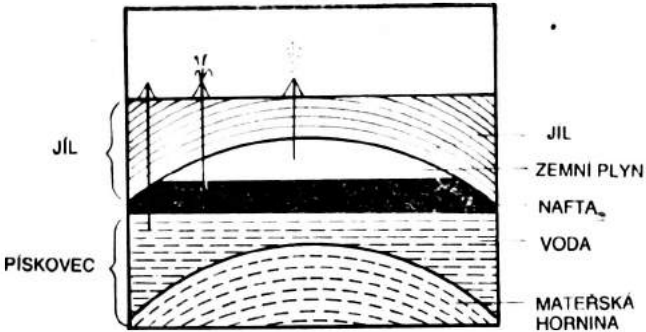
nami k vzniku **plynných ložisek, kapalných a pevných uhlovodíků** (zemní plyn, ropa, zemní vosk a asfalt).

Dnešní výskyt ložisek ropy a zemního plynu podmiňuje několik skutečností. Horniny obsahující uhlovodíky nesměly být v geologické minulosti vystavené velkým teplotám, protože uhlovodíky by se změnily na neužitečnou hmotu, obsahující uhlík. Tlak a napětí v zemské kůře nesměly být tak silné, aby došlo k jejímu velkému porušení zlomy, podle nichž by většina uhlovodíků unikla na povrch. A do třetice, rozrušování zemského povrchu se nesmělo dostat tak hluboko, aby narušilo nepropoustné vrstvy ložiska, neboť by mělo za následek jeho vyprázdnění.

Jak vznikají ložiska uhlovodíků?

Uhlovodíky jsou lehčí než voda a unikají z usazených hornin, v nichž se vytvořily, do okolních, často nadložních vrstev. Horninu, která obsahovala organickou hmotu a v které se tekuté a plynulé uhlovodíky za určitých podmínek vytvořily, nazýváme **mateřská hornina**. Odtud pod vlivem tlaku nadložních vrstev anebo tlaků, které vznikají při horotvorných pohybech, začaly uhlovodíky unikat. Tento jejich pohyb odborně nazýváme **migrace uhlovodíků**. Další cesta uhlovodíků směřovala horninami, které se vyznačují dostatečným množstvím pórů a puklin. Je jen přirozené, že lehčí uhlovodíky pronikly pórovitým pískovcem nebo puklinami prostoupeným dolomitem snadno, než nepropoustnými jíly nebo jinými vyvřelinami. Takové pórovité horniny, které nasávají tekutiny, nazýváme **sběrnými, kolektorovými horninami**. Tam, kde se pohybující (migrující) ropě anebo plynu postaví do cesty nepropustná překážka v podobě nepropustných vrstev anebo dobře ustěsněného zlomu, začínají se uhlovodíky hromadit jako v pasti. Proto těmto místům, kde se ložiska nacházejí, dali geologové název **pasti uhlovodíků**.

Jak takovou past najít, jak odhalit uložení nepropustných vrstev? Tu přichází geologům na pomoc geofyzika. Zvláštními měřeními umí geofyzikové určit, jakým směrem se skládají vrstvy pod zemským povrchem, jak jsou zpřehýba-



né, deformované. Jedním z velmi častých typů pastí jsou klenbovitě prohnuté nepropustné vrstvy například jílovitých usazených hornin. Zde se začne pod povrchem klenby shromažďovat nejprve nejlehčí plyn, pod ním ropa a na dně pasti slané vody, které ložiska ropy velmi často provázejí. Při těžbě uhlovodíků takového klenbovitého typu pasti je proto důležité dobře odhadnout umístění těžebního vrtu. Musí být umístěný tak, aby zasáhl ropu a ne plyn nebo vodu. Je to důležité proto, aby plyn, který je pod velkým tlakem, ropu z ložiska vytlačil na povrch země. V případě, že by se navrtal vrchol klenby, plyn by rychle unikl a ropa by se musela z ložiska čerpat. Při čerpání ropy by pak docházelo k velkým ztrátám této cenné suroviny.

Na závěr je třeba říci, že ne ve všech ložiskách se nachází plyn i ropa. Někde jsou jen plyny, někde jen ropa. U nás se nacházejí největší ložiska ropy a zemního plynu na Hodonínsku a ve východoslovenské pánvi.

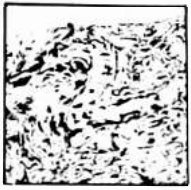
Zemní plyn se skládá především z metanu (CH_4) asi 90 % a oxidu uhličitého (CO_2). Je charakteristický svým zápachem. Používá se jako energetická surovina. Vyskytuje se většinou v ložiskách spolu s ropou na Hodonínsku a ve vý-

chodoslovenské pánvi. Menší ložiska jsou známá i ze severního okraje Podunajské nížiny.

Ropa je olejovitá kapalina s charakteristickým zápachem. Je lehčí než voda. Zbarvená je od žluté přes zelenou až hnědou, či černou abrvu. V ložisku ropy je pod nepropustnou vrstvou pasti většinou v kolektorské hornině plyn, pod ním ropa a vespod slané vody. Ropa je významnou energetickou a chemickou průmyslovou surovinou. Ne nadarmo dostala název krev Země. U nás se těží především na Moravě v okolí Hodonína, na Slovensku v okolí Mikové. Plyn a ropu pro naše národní hospodářství k nám dopravují ropovodem a plynovodem ze Sovětského svazu.

K pevným uhlovodíkům patří **zemní vosk** (ozokerit) a **asfalt**. Zemní vosk je žlutý, hnědý, matný a má voskovitý vzhled. Používá se na výrobu izolačních hmot pro elektrotechniku a v chemickém průmyslu. Asfalt je černý a lesklý. Na Slovensku vyplňuje například pukliny ve vápencích u Strečna. Nemá však ložiskový význam. Používá se při úpravě komunikací a při výrobě izolačních materiálů.

ROZLÁMANÉ A ZPROHÝBANÉ



V případě, až na některé vyjímky, jako jsou svahy kopců anebo ústí řek, se vrstvy usazených hornin ukládají většinou vodorovně. Navzdory tomu je často nacházíme různě nakloněné, anebo dokonce podivně zpřehýbané.

Seznámil ses s pohybem litosférických desek, které mohou být příčinou horotvorných dějů — vzniku pohoří. Kromě tohoto pohybu na zemském povrchu ustavičně probíhá zdvih určitých území, jiné zase klesají. Všechny tyto pohyby narušují a různě deformují vrstvy usazených hornin, jakož i tělesa vyvřelých a přeměněných hornin. Zemská kůra je stále namáhána tlakovými a tahovými silami.

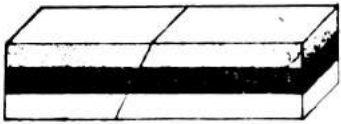
Právě tlak a tah narušuje horniny, které tvoří povrchovou část Země — zemskou kůru. Někdy se souvislost vrstvy usazenin anebo jiných hornin narušuje rozlámáním podobně, jako když položíš těžký kámen na skořápku vajíčka. Jindy vznikají plastické deformace bez přerušení souvislostí vrstvy nebo tělesa horniny, jako když položíš těžký kámen na hrudku těsta. Nesmí tě mýlit, že horniny které znáš, jsou většinou křehké a tvrdé. Pod vlivem vysokých teplot anebo tlaku se totiž stávají snadno tvarovatelné. Při tomto ději hraje důležitou roli čas, v kterém na horniny geologické síly působí. Pro příklad si zajdeme do školní laboratoře. Za normálních okolností se tvrdá a křehká sklenená tyč velmi dobře ohýbá při zahřátí nad plamenem kahanu. Dlouho by trval pokus, při kterém by se ohnula bez zahřátí, ale i to je možné. Musel bys ji upevnit na obou koncích a ve středu zatížit závažím. Po dlouhém čase, po roce či dvou, se prohne tyč stejně, jako se prohne police pod váhou knih.

Poruchami vrstev v zemské kůře a jejich příčinou se zabývá část geologie nazývaná **tektonika** neboli **tektonická geologie.** Tektonické detormace, jak se poruchy vrstev nazývají, můžeme v zásadě rozdělit do dvou velkých skupin, a to porušení vrstev anebo těles hornin zlomy, či plastickými deformacemi.

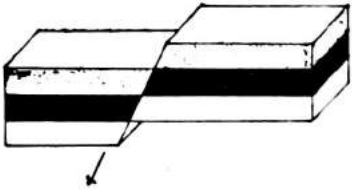
Rozlámané horniny

Působením tlaku nebo tahu se může porušit soudržnost hornin tvořících vrstvu nebo jiné těleso. Plocha, po které došlo k oddělení jednotlivých částí se nazývá **zlomová plocha.** Linie, na které se tato plocha projevuje, se nazývá **zlom.**

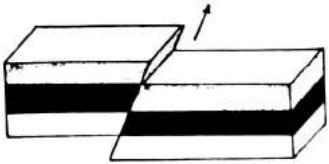
Poklesnutí jedné části vrstvy anebo souvrství po zlomu oproti druhé části je **pokles.** Při opačné orientaci pohybu, zdola nahoru, vzniká **kerní přesmyk.** Při řezu se po šikmé ploše zdvíhá jedna kra nad druhou. Poklesy vyvolávají tahová napětí v zemské kůře, přesmyk zase tlak. Při poklesu se původní prostor, který zaujímaly vrstvy anebo tělesa hornin, zvětšuje, při přesmyku se zmenšuje.

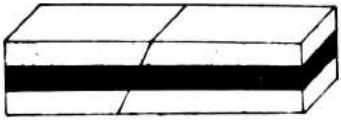


Pokles



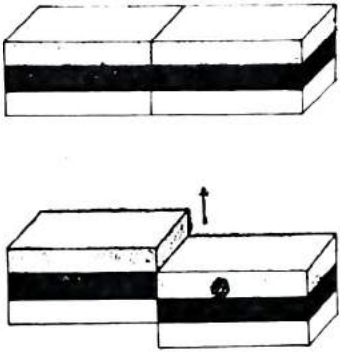
Dochází-li ke svislým pohybům po zlomech, původní prostor zůstává zachován. Podle orientace pohybu rozeznáváme pokles a **vertikální zdvih.** Jakmile se uplatní pohyb ve vodorovném směru, dochází k **horizontálním posunům.** Tento pohyb nemusí být úplně vodorovný, ale probíhá šikmo směrem vzhůru anebo dolů.



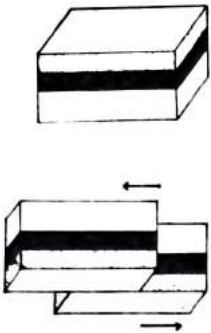


Kerný přesmyk

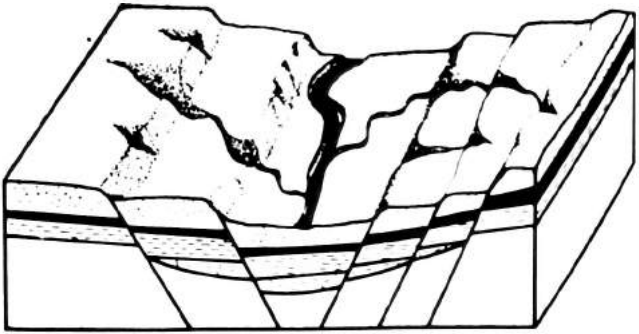
Vertikální zdvih



V době pohybů v zemské kůře se často mění směr tlaku. Střídají se místa, kde převládají účinky tlaků, s místy, kde převládají účinky tahových napětí. Soubory hornin mají různou povahu a odolnost vůči jejich působení má za následek, že vznikají nejrůznější kombinace zlomových porušení, často spolu s plastickými deformacemi.



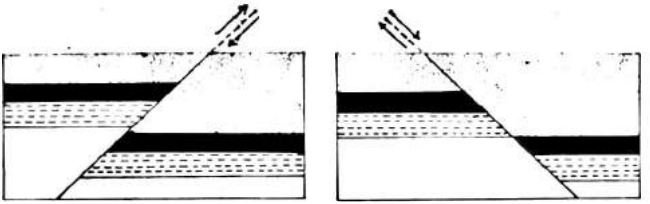
Horizontální posun



Příkopová propadlina

Hrást

Jedním z příkladů poklesů v oblasti tahového napětí (narůstání prostoru) jsou **příkopové propadliny.** Vznikají postupným schodovitým zaklesnutím území, na jehož okrajích jsou proti sobě skloněné zlomy. Hlavní složkou pohybu při jejich vzniku je pokles po okrajových zlomech. U nás se



příkopové propadliny nacházejí například na území jižního Slovenska, liptovské a turčanské kotliny, v Čechách v podkrušnohorské pánvi, na níž se vážou ložiska hnědého uhlí.

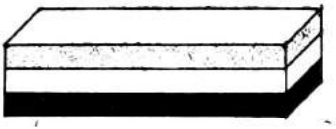
Dalším příkladem je **hrást**. Zde probíhá opačný jev. Okraje území začaly stupňovitě klesat oproti středu, který se naopak zdvihl. Jako dobrý příklad nám poslouží téměř každé jádrové pohoří (tj. pohoří, která jsou ve svém středu budována krystalickými břidlicemi), na kterých leží mladší útvary na Slovensku. Charakteristické zlomové ohraničení má i hrást pohoří Malých Karpat vůči Záhorské a Podunajské nížině.

Znalost tektonického porušení území je pro geologa velmi důležitá při vyhledávání ložisek nerostných surovin. Působením poklesu dochází k oddělení jednotlivých částí, například uhelné sloje, přesmykem zase k jeho zdvojení.

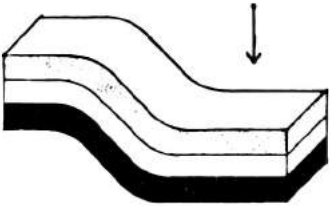
Zpřehýbané horniny

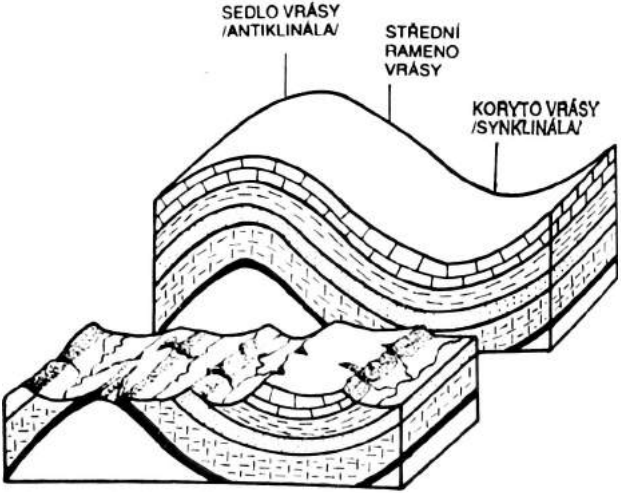
Plastické deformace vrstev bez jejich přerušení nazýváme **zvrásněním**. Při něm dochází k ohnutí vrstev, k jejich zpřehýbání od jednoduchých až po velmi složité tvary. Jednoduše ohnuté vrstavy vytvářejí **ohyb** (flexuru), složitější zpřehýbané vrstvy zase **vrásy**.

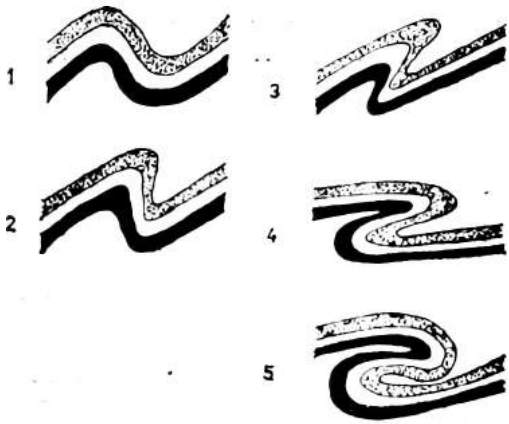
Vrásy mají různé rozměry, od několikamilimetrových a centimetrových přes metrové až po vrásy dosahující několika tisíc metrů. Na vráse rozlišujeme vyklenutou část, sedlo a prohnutou část, koryto. Sedlo velké vrásy nazývají geolo-



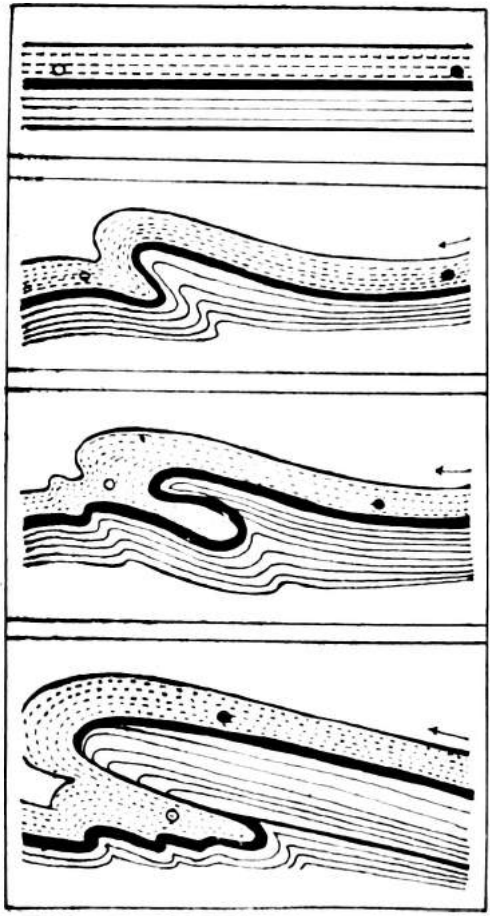
Ohyb



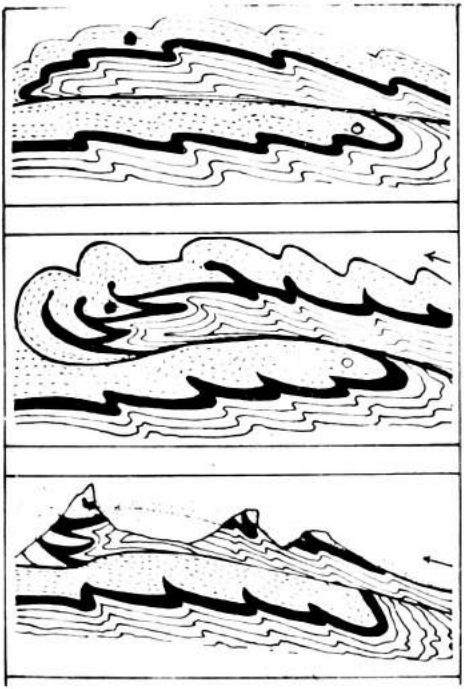

SEDLO VRÁSY
/ANTIKLINÁLA/
STŘEDNÍ
RAMENO
VRÁSY
KORYTO VRÁSY
/SYNKLINÁLA/



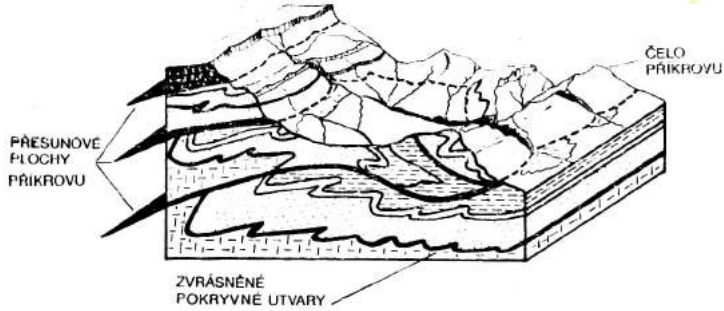
gové **antiklinálou** a její koryto **synklinálou**. Rameno, které spojuje sedlo vrásy s korytem vrásy, nazýváme střední rameno (křídlo) vrásy. Podle jeho naklonění můžeme rozlišit 1. přímé, 2. šikmé, 3. převrácené, 4. ležaté a 5. ponořené vrásy. Když tlaky vrásnění nepřestávají, může dojít k vytažení a po čase i k přetržení středního ramene vrásy. Tím vrása přechází do zlomu a tento jev nazýváme **vrásový přesmyk**.



Vznik přikrovu



V některých oblastech postižených vrásněním byly tlaky tak silné, že mohutné soubory zvrásněných hornin anebo vrásy ohromných rozměrů se od sebe odtrhly a přesunuly na velkou vzdálenost. Pohyb mohutného souboru zvrásněných hornin se uskutečňoval po mírně nakloněných zlomových plochách, které nazýváme **plochami přesunutí**. Přesunuté soubory hornin nazýváme **příkrovy**. Pohořím, v kterých



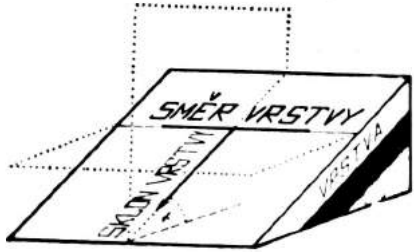
Příkrovové pohoří

se nacházejí, dali geologové název **příkrovová pohoří** anebo pohoří alpínského typu. Poprvé je popsal roku 1884 Marcel Bertrand.

Nakonec si řekněme několik rad k práci a pozorování, která můžeš provádět v okolí svého bydliště. Uložení vrstvy, orientaci zlomu anebo vrásy v terénu určuje směr a sklon vrstev, zlomu, osy vrásy a tak dále. Měří se geologickým kompasem, ale postačí i turistická busola a úhloměr.

Směr vrstvy anebo zlomu určuje průsečík myšlené vodorovné roviny s vrstevní anebo zlomovou plochou. Změříš ho přiložením kompasu k vodorovné rovině vrstvení, anebo zlomové ploše a odečteš hodnotu stupňů, kterou ukazuje na sever směřující část střelky kompasu. Číselný údaj označíš světovými stranami, například 30 stupňů SV.

Sklon vrstvy nebo zlomu určuje největší spád na vrstevní anebo zlomové ploše. Je to například dráha stékající kapky vody. Sklon vrstvy je průsečík myšlené roviny kolmé k vodorovné rovině, která určuje směr vrstvy s vrstvou. Sklon vrstvy je tedy kolmý na její směr. Úhel, který svírá spád s myšlenou vodorovnou rovinou, určuje velikost sklonu. Tento úhel změříš geologickým kompasem anebo úhloměrem. Při udání sklonu zaznamenáváš jeho velikost a orientaci vzhledem ke světovým stranám, například 60 stupňů



JV. Mapující geologové měří většinou jen směr sklonu, protože směr vrstvy je vlastně na něho kolmý.

Nejvhodnějším místem na měření tektonického porušení hornin jsou staré lomy na kámen, vyčnívající skály apod. Ale i tam, kde horniny nevystupují přímo na povrch, se můžeš pokusit odhalit porušení hornin, tektoniku, která modelovala tvar krajiny.

Okraje širších údolí mezi pohořími jsou většinou po obou krajích ohraničené zlomem. Jde-li o pokles, svahy okolních kopců jsou mírné a postupně klesají do údolí nebo do nížiny. Jde-li o kerní přesmyk, vystupují nad okolní krajiny výrazným skalním srázem. Podmínkou však je, aby svahy byly tvořeny dostatečně tvrdými horninami. V měkkých horninách, jako jsou jíly anebo slínovce, bys kerní přesmyk v přírodě nerozeznal.

Tam, kde je krajina modelována především vrásami, mohou být údolí tvořena korytem vrásy (synklinálou). V tomto případě vrstvy po jejich okrajích zapadají směrem do středu údolí. Vzniklo-li údolí rozrušováním sedla vrásy (antiklinály), vrstvy na jejich okrajích budou klesat směrem od středu údolí k obvodovým stranám.

Horník na chvíli přerušil práci, sedl si a opřel bolavá záda o stěnu ve štole. Bezmyšlenkovitě se díval na své mozoly. Už kopal sedmý den a ne a ne najít pokračování uhelné sloje. „Zdař bůh", ozvalo se vedle něho. Horník se polekal, ale pak si dodal odvahu, lépe se podíval, a co nevidí? Vedle něho stál drobný človíček s velkými fousy, v zeleném přiléhavém obleku. Okolo pasu se mu leskl široký opasek s velkou stříbrnou sponou. Na hlavě měl špičatou čepici, jejíž konec se dotýkal zad. Permoník.

„Zdař bůh", odpověděl na pozdrav horník.

„Proč jsi tak smutný?" zeptal se permoník tenkým hlasem.

„Práce mi nejde. Už týden se dřu a po uhlí ani stopy," vzdychal horník.

Permoníkovi bylo horníka líto. „Když se vrátíš o dvacet kroků zpět a začneš kopat na pravé straně novou štolu, najdeš uhlí," řekl. Horník ho poslechl a skutečně. Narazil na mnohem větší sloj, než si dovedl představit. Obrátil se, aby mohl permoníkovi poděkovat, ale ten už tam nebyl.

Horníci dlouho věřili v existenci různých skřítků, permoníků a jiných nadpřirozených bytostí. Připisovali jim moc nad hlubinami Země. Oni věděli, kudy jdou sloje anebo rudné žíly, oni měli moc přeměnit je na neužitečnou jalovinu, uměli najít pokračování ztracené sloje. Dnes už to jsou jen legendy. Tajemství uložení uhelných slojí je odhalené. Není třeba žádat o pomoc permoníky. Geolog může jejich uložení doslova „vystopovat". Pomáhá mu při tom znalost vývoje a charakteru usazených hornin, tektonického porušení vrstev a vývoje **facií.**

Ale co to vlastně facie je?

Seznámil ses s mnohými usazenými horninami, které dnes

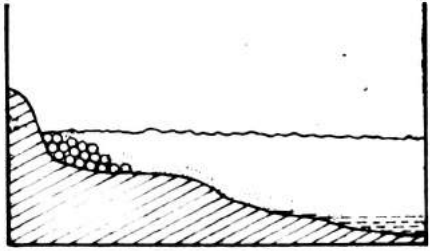
i v minulosti vznikaly na povrchu Země. Rozdělili jsme je do tří základních skupin podle toho, z jakých částic se skládají a jak docházelo k jejich usazování. Poznal jsi i úlomkovité a jílovité usazené horniny, usazené horniny chemického původu i organogenní usazeniny.

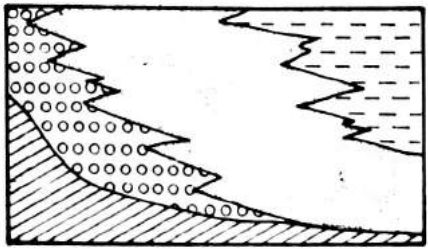
Víš, že se liší způsobem vzniku, složením, tvarem a velikostí částic, jejich uspořádáním ve vrstvě, množstvím zachovalých zkamenělin, hojností výskytu na zemském povrchu, tvrdostí, pevností atd.

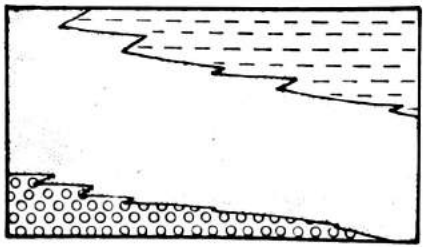
Příčinou těchto rozdílů bylo rozdílné prostředí a rozdílné podmínky jejich vzniku. Některé z usazených hornin vznikly v moři, jiné na pevninách. Rozlišili jsme usazeniny souší (například ledovcové, usazeniny naváté písky, spraše), anebo usazeniny jezer, řek a močálů (štěrky, písky, kaolínové jíly, limonit, travertin, rašelina, uhlí). V moři se usazovaly nánosy na pobřeží, v mělkém moři se silným prouděním, v uzavřených zátokách, v hlubokých klidných vodách (štěrky, písky, jíly, usazeniny solí, seménkové železné rudy, organogenní vápence).

Jednotlivé druhy usazených hornin se liší zdrojem, z kterého pochází horninový materiál (vysoké hory budou poskytovat jiný materiál než ploché mořské pobřeží) a způsobem přepravy látek, ze kterých se skládají (vodou, větrem). Vznikaly v různých klimatických podmínkách (suché a teplé podnebí, vlhké a studené podnebí) a rozdílných podmínkách, které byly v době jejich usazování (proudění, nestálé prostředí s častým zemětřesením atd.). Odlišují se původní činností a množstvím výskytu zkamenělých organismů. Soubor vlastností usazené horniny, který vyplývá z povahy a místa vzniku, podmínek usazování a životních poměrů organismů, jim dává určitý charakter, čili modeluje tvář usazených hornin. Tento soubor znaků, za kterých sediment vznikl, geologové nazývají **facie** (z latinského slova facies — tvář).

Výskyt usazených hornin, pro které je charakteristický soubor vlastností (facií), se na zemském povrchu řídí urči-







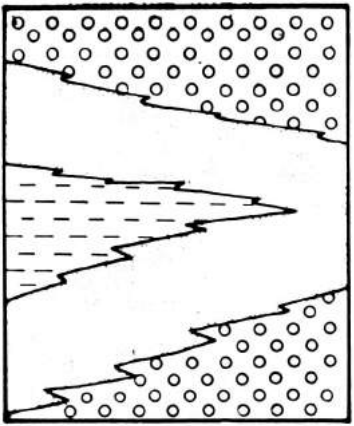
tými zákonitostmi. Zde platí zásady o **rozšíření a střídání se jednotlivých facií.**

Pro příklad si zajdeme na mořské pobřeží. Když se budeme k němu přibližovat od hlubokého moře s dnem pokrytým bahnem a kalem, při pobřeží se dostaneme do oblasti usazování písků. Na břehu nacházíme štěrky a ještě o něco dále jsou laguny s bujnou vegetací. Podobné zákonitosti platily i v geologické minulosti. Dnes tu místo bahna a kalu nacházíme hlubokomořskou facii jílů, namísto písků pobřežní facii pískovců, slepenců a v okrajových částech lagunární facii uhelných slojí.

Tak jako dnes nemůžeme mít vedle sebe prostředí lagun a hlubokého mořského dna, ani v usazených horninách minulých geologických dob nemůže sousedit facie hlubokomořských jílů s lagunární facií uhelných slojí. Platí tedy zásada, že se vedle sebe nacházejí vždy takové usazené horniny, které vznikaly v podmínkách prostředí, která mohla v geologické minulosti spolu sousedit.

Jestliže jednotlivé části mořského dna na sebe navazují, ani usazeniny, které zde vznikají, nejsou přesně ohraničené, ale přecházejí postupně z jedněch do druhých. Například přibýváním jemných zrníček jílu a ubýváním zrníček písku se pískovec postupně mění v jílovitý pískovec, až nakonec vznikne jíl. V přírodě platí **zákonitost o postupném přechodu facií** (usazených hornin určitého souboru vlastností) **ve vodorovné — horizontální rovině.**

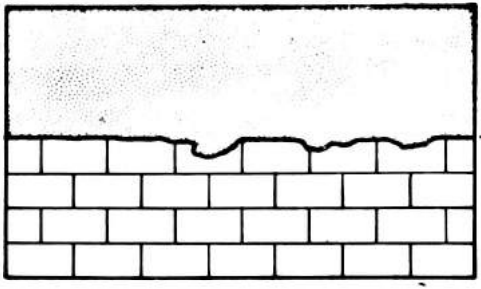
Na těchto zákonitostech jsou založeny mapy, které jsou rekonstrukcí vzhledu zemského povrchu v minulých geologických dobách. Geologové je nazývají **paleogeografické mapy.** V těchto mapách se na základě zbytků usazených hornin z určitého období geologické minulosti a na základě poznání zákonitostí o rozšíření fácií v prostoru dozvídáme o rozsahu dávných moří a souší, které už neexistují. Takto se dá zjistit, kde byla ústí řek, pobřežní útesy, o které se tříštily mořské vlny, zátoky, v kterých vznikala ložiska kamenné soli, močály, sopky a podobně.

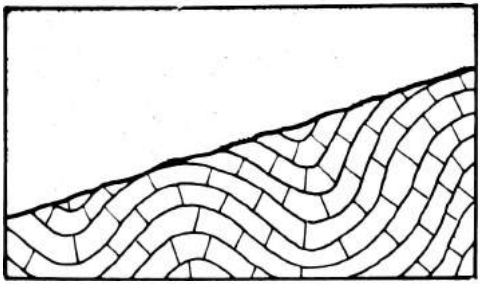


Cyklus usazování

Už z předcházející části víš, že v geologické minulosti se často měnila rozloha moří a souše. Vrstvy nových nánosů vznikají na podkladě tvořeném nejen staršími usazeninami, ale i přeměněnými a vyvřelými horninami. Takový **začátek nové mořské záplavy — transgrese** se v pobřežní oblasti obyčejně projeví vznikem úlomkovitých usazenin, například štěrků. Postupem moře směrem na pevninu se na původním pobřeží nad těmito štěrky začaly usazovat písky a nakonec, když se mořský břeh posunul daleko do nitra bývalé pevniny, začaly se tu usazovat jíly. Při **ústupu moře — regresi** se začnou opět hromadit písky a štěrky a nakonec usazeniny solí. Tento děj, který začíná transgresí a končí regresí nazývají geologové **sedimentačním cyklem.**

Podobně, jako platí určité zákonitosti o rozšíření facií v prostoru, platí i v čase. Je tu zásada, že nad sebou mohou být jen souvrství takových facií, která vznikala v přírodě původně vedle sebe. Proto nad souvrstvím mořských štěrků se budou nacházet písky a nad nimi vrstva jílů. Pokud tomu





tak není, muselo dojít k přerušení usazování. Nad sebou ležící souvrství se často liší svým složením. Tento přechod nazýváme **svislý (vertikální) přechod facií.** Jeho příčinou je změna podmínek usazování v průběhu minulých geologických dob.

K přerušení usazování (sedimentace) na některém místě zemského povrchu v minulých geologických dobách docházelo z nejrůznějších příčin. **Přerušení sedimentace** se odborně nazývá **hiát**.

Ve vodorovně uložených souvrstvích tě na něj může upozornit rychlý přechod facií, například když nad vrstvou mořských organogenních vápenců leží souvrství navátých písků, anebo porušení vrstevních ploch rozrušováním a odnosem usazených hornin.

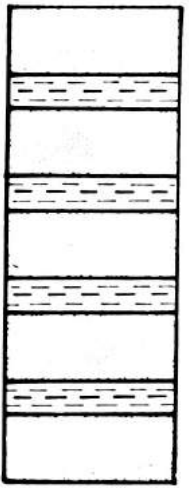
Naše pátrání po přerušení usazování nám ulehčí skutečnost, jestliže starší horniny postihlo vrásnění. Tehdy se nánosy nové mořské záplavy uložené ve vodorovné poloze nápadně liší od starších zvrásněných vrstev. Plocha, na které se stýkají, se nazývá plocha nesouhlasného úhlového uložení. Geologové tento jev odborně nazývají úhlová diskordance. Nesouhlasné uložení usazených hornin, čili **úhlová diskordance** nás tedy vždy upozorňuje na začátek nového sedimentačního cyklu.

Jednoduchý sedimentační cyklus transgrese a regrese můžeš číselně vyjádřit tak, že si označíš souvrství štěrků 1, písků 2, jílů 3, celý cyklus bude mít pořadí 1 2 3 2 1. Jiným druhem sedimentačního cyklu bude usazování uhelných slojí v pobřežních močálech (1), začátek mořské záplavy (2), usazování mořských usazenin, například vápenců (3), ústup mořské záplavy (4). Tento cyklus vyjádříme 1 2 3 4 anebo při jeho opakování 1 2 3 4, 1 2 3 4.

Zvláštním druhem uložení vrstev je pravidelné střídání dvou nebo tří vrstev rozdílného složení. Takové složení mají starotřetihorní usazeniny v oblasti vnějších Západních Karpat, které nazýváme flyš. Střídají se tu vrstvy pískovců a jílovitých břidlic anebo jílovců. Toto uložení můžeme číselně vyjádřit 1 2, 1 2, 1 2. Geologové tento cyklus nazývají **rytmické střídání vrstev.** Vyvolaly ho pravidelné změny usazování, které způsobily opakované účinky tzv. turbiditních proudů (mají značnou rychlost a mnohonásobně větší nosnou kapacitu než proudy normální).

Podobné rytmické střídání vrstev mohlo způsobit například i střídání ročních období nebo podobné změny. Takto vznikly ve čtvrtohorách pruhované jezerní jíly (varvity), známé z území severní Evropy (Polsko, Finsko). Ve varvi-

Rytmické střídání jílů a písků



tech se střídají vrstvičky tmavých a světlých jílů. Světlé představují usazování po dobu letního, tmavé po dobu zimního období.

Tak, jako se mohou měnit podmínky při usazování nánosů v ročních obdobích, měnily se i v geologické minulosti.

Statistickým zpracováním odhadu zásob železných rud na Zemi se zjistilo, že 3 bilióny tun tvoří železné rudy, které vznikly ve starohorách a jen 135 miliard tun tvoří ložiska vytvořená v době ostatních geologických období. Uvažuje se o tom, že tento rozdíl je způsobený mnohem větším rozšířením vyvřelých (magmatických) hornin bohatých na železo na povrchu Země a vyšším obsahem oxidu uhličitého (CO_2) ve vzduchu v době starohor. Co mělo vliv na jejich intenzívní zvětrávání a uvolňování kysličníků železa. Takových příkladů bychom mohli uvést více. Proto při našich

úvahách o vzniku usazených hornin je důležité důsledně zvažovat všechny okolnosti, které působily na Zemi v době jejich vzniku (viz kapitolu Zeměklíč, str. 28).

Na různých místech zemského povrchu je různá rychlost usazování. Velmi rychlá je tam, kde je dostatek přínosu materiálu, v ústí řek, na mořském pobřeží, na svazích hor. Například v deltě řeky Mississippi naměřili nárůst usazenin o 3 cm za 4 dny. Jako protiklad můžeme uvést hluboká dna oceánů vzdálená od pobřeží, kde se usazují jen nejjemnější prachové částečky a drobné schránky odumřelých organismů planktonu. Na dně Atlantského oceánu takto vznikne za 100 let jen vrstva usazenin 1 až 2 mm.

I samo usazování má své zákony. Když se zmenší unášecí síla vody nebo větru, usazují se nejprve větší zrnka, později menší a až nakonec jemné částečky jílu. Podobně se usazují i látky rozpuštěné v roztocích. Některé se vysrážejí rychle, jiné, lehce rozpustné, v nich zůstávají dlouhou dobu (viz vznik usazenin soli, str. ...).

Téměř všechny usazeniny jsou nejprve sypké anebo poddajné a až později v průběhu geologických dob, dochází k procesu jejich **zpevnění (diagenezi).**

Jednotlivé částice štěrků, písků, bahna a podobně, leží po usazení nánosu vedle sebe a nad sebou úplně volně. Mezery a póry mezi nimi většinou vyplní voda, která představuje až 60—80 % objemu. Tlakem nadložních vrstev se postupně zmenšují mezery a póry mezi jednotlivými částicemi, přičemž se vytlačuje voda. Jednotlivé částice se k sobě přibližují, objem vody ve zpevněné hornině klesne na 10 až 20 %, čímž se změní objem usazenin oproti původnímu na polovinu až třetinu. Vzpomeň si na příklad vlhkého a vyschlého bahna — jílu.

Při diagenezi se zároveň obohacuje původní usazenina o některé látky, mění se látkové složení usazenin. Mezerami a póry v usazeninách kolují roztoky, které se postupně srážejí. Přitmelují k sobě jednotlivé částice usazených hornin, proto je nazýváme **tmel.** Už z předcházejícího textu víš,

že známe různé druhy tmelů, například křemitý, vápnitý, jílovitý, železitý atd.

Zajímavé útvary vznikají nepravidelným vylučováním látek z roztoků na jednom místě. Nazýváme je **konkrece.** Jsou nejrozličnějších tvarů a složení. Například: v usazeninách křídového útvaru na ostrově Rujana v NDR se nacházejí konkrece pazourku. Vysrážením vápence prosakující vodou ve spraších vznikají útvary velmi nepravidelných tvarů, které nazýváme **cicváry.**

Digeneze (zpevňování) usazených hornin probíhá za normální teploty a tlaku nadložních vrstev usazenin. Procesy, kterým podléhají usazené horniny za vysokých tlaků a teplot, nazýváme **přeměna hornin, metamorfóza.** Vznikají při ní **přeměněné, metamorfované horniny.** O nich si povíme v následující kapitole.

Uměl bys?

Teď si povíme, čeho si máš všímat na odkryvu usazených hornin, které objevíš v okolí svého bydliště.

Po zakreslení nálezu do turistické mapy, opíšeš lokalitu a odebereš vzorek. Postup je stejný, jako při vyvřelých horninách.

Stanovíš, zda usazené horniny patří mezi úlomkovité a jílovité, anebo zda jde o usazené horniny chemického nebo organického původu.

Při popisu horniny si všímáš její barvy, zpevnění, zda je čerstvá, nebo zvětralá. Na vrstevních plochách někdy najdeš povlaky různých barev. Hnědé jsou od hnědele, tmavé až černé povlaky na vrstevních plochách anebo puklinách jílovců způsobuje mangan. Podobají se kořínkům rostlin, nazýváme je dendrity.

Z úlomkovitých a jílovitých usazených hornin se nejčastěji vyskytují slepence, pískovce a jíly. Nejdříve zjistíš, zda jsou vrstevnaté, jestliže ano, popíšeš, o jaký druh vrstevnatosti jde. Změříš směr a sklon vrstev. Pokusíš se určit druh zvrstvení. Všímáš si opracování a uložení valounů ve slepen-

cích, u pískovců velikost a vytřídění zrn. Pokusíš se určit, jaké mají množství tmelu a z čeho se skládají. Použiješ přitom kyselinu chlorovodíkovou HCl. Obsahují-li konkrece, zjistíš, jaké.

Nezapomeň, že větší ploché valouny štěrků se vždy ukládají proti proudu. V moři je jejich sklon směrem od pobřeží, v řekách proti směru toku. V řekách převládají vřetenovité tvary valounů, na mořském pobřeží ploché. Na základě složení valounů se pokusíš určit jejich původní zdroj, z jakých hornin se skládala oblast, odkud pocházejí. Zopakuj si, co ses naučil v kapitolách Zápas gigantů a Způsobili to permonící a pokus se nakreslit prostředí, v kterém usazené horniny vznikly.

Drobná čočkovitá tělesa slepenců nebo pískovců s častým šikmým vrstvením se uložila většinou v řekách. Na mořské prostředí tě upozorní vrstvy písků anebo slepenců, které můžeš sledovat na větší vzdálenost.

Pokus se najít zkamenělé zbytky organismů. Jsou dobrým rozlišovacím znakem k určení mořského anebo sladkovodního prostředí. Dobře si prohlédni vrstevnaté plochy, víš, že právě zde se často zachovaly stopy po činnosti organismů, čeřiny, bahenní praskliny a podobně.

U hornin jako je vápenec, dolomit, kromě popisu vrstev, jejich zbarvení, chemického složení, obsahu zkamenělých zbytků, vrstevních ploch a tak dále, věnuj pozornost i tektonickému porušení. Všímej si zlomů anebo zvrásnění. Pokus se určit, o jaké tektonické poruchy jde. Popiš je.

A jestliže najdeš v okolí bydliště vhodný objekt pro popis zlomů anebo vrás, můžeš se pokusit zrekapitulovat dějiny jejich vzniku. Pro zlomy, u kterých došlo k pohybu, platí zásada, že mladší zlomy narušují starší. Proto, když je starší zlom přetnut mladším, jeho části jsou tímto mladším zlomem oproti sobě posunuty. Zlomová plocha bývá často pohybem doslova „vyleštěná". Nazýváme ji tektonické zrcadlo. Prohlédneš-li si důkladně jeho povrch, můžeš podle rýhování určit směr pohybu. Je vždy ve směru rýh. Vrstvy zvrás

něných usazených hornin nám zase prozrazují, jak se které horniny chovaly v době ohýbání. Tvrdší a křehčí vápenec se v místě ohnutí poruší množstvím puklin. Plastické horniny, například jíly, se ohnou bez jakéhokoliv porušení.

Všechny údaje, které jsi pozorováním v přírodě získal, zapiš a zakresli nejlépe hned na místě do svého terénního zápisníku. Máš-li fotoaparát, snímek tektonických poruch se stane dobrou dokumentací. Při troše fantazie se můžeš doma pokusit o rekonstrukci původního tvaru území před jeho rozrušením vnějšími geologickými činiteli. Porovnej své výsledky s geologickou mapou, o které se hovoří v kapitole Tajný kód kamenů (str. ...). A nezapomeň, ne každý výmol, v kterém teče voda, musí být založený na zlomu, ačkoliv právě vodní toky jsou často dobrým ukazovatelem průběhu zlomových poruch.

Kapitola Způsobili to permoníci (str. 166) je návodem, jak máš řešit vztah mezi jednotlivými vrstvami usazených hornin. Pochopíš jejich střídání ve vodorovné — prostorové závislosti, jakož i ve svislé časové závislosti.

Ze všeho, co jsi zpozoroval, si udělej důkladné poznámky.

PEČENÉ KAMENY

Do této doby ses seznámil s dvěma druhy hornin. Jsou to jednak vyvřelé horniny, které vznikají chladnutím a tuhnutím ze žhavé taveniny magmatu za vysokých teplot; případně tlaku. A jednak jsou to usazené horniny, které vznikají usazováním naplavenin a krystalizací usazenin při normální teplotě a nízkém tlaku. Tam, kde se setkávají tato dvě prostředí vzniku hornin, je oblast, ve které vzniká třetí druh hornin, které nazýváme **přeměněné horniny** neboli **metamorfované horniny.**

Kde tuto oblast hledat? Už v předcházející části jsme se seznámili s teorií litosférických desek. Víš, že na zemském povrchu jsou místa, kde se podsouvá jedna deska oceánské kůry pod druhou, oceánská kůra pod okraj kontinentu, zánik oceánu vrcholí srážkou dvou pevninských desek. Právě tyto oblasti nejlépe odpovídají prostředí, kde se setkávají roztavené žhavé masy budoucích hlubinných a výlevných vyvřelých hornin se svým okolím z vyvřelých a usazených hornin. Usazené horniny se spolu s vyvřelými noří do větších hloubek, působí na ně tlak a zvyšující se teplota. Dochází k přeměně hornin. Klesnou-li ještě do větších hloubek, roztaví se. Ale vznikne-li při srážce pevninských desek pásemné pohoří, stávají se spolu s ostatními horninami jeho součástí. Na str. 16—23 jsme hovořili o tom, že přeměněné horniny nesopečného ostrovního oblouku jsou svědky přeměny masy seškrábnuté z ponořující se oceánské desky. Kromě těchto oblastí vyhovují podmínkám styku žhavých mas se svým okolím okraje každého magmatického tělesa, sopečného komínu a oblasti vysokých tlaků, vznikajících v době horotvorných dějů.

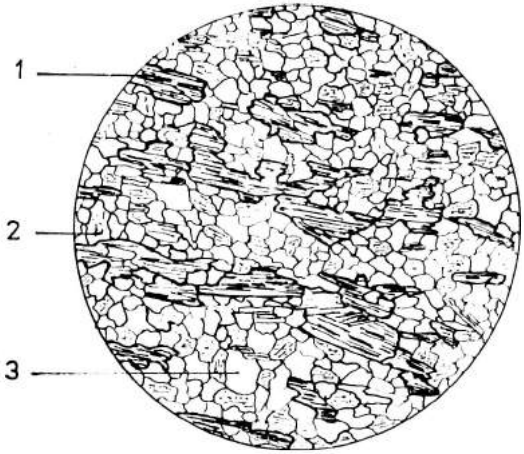
Jak vznikají přeměněné horniny? Ve velkých hloubkách začíná působit tlak nadložních hornin a zvyšuje se teplo-

ta, je proto pochopitelné, že horninotvorné nerosty usazených hornin budou reagovat na tuto změnu podmínek změnou uspořádání svých stavebních částic, atomů, iontů a molekul. A tak, jako se mění uhlík v podobě grafitu (krystaluje v šesterečné soustavě) na uhlík v podobě diamantu (krystaluje v krychlové soustavě), který má těsnější uspořádání stavebních částic, mění se i vnitřní uspořádání dalších nerostů.

Při přeměně hornin se často uplatňuje i vliv horotvorných dějů, vrásnění. V této podobě se celé soubory hornin dostávají do velkých hloubek. Jsou vystaveny nejen tlaku nadložních vrstev (všesměrný tlak), ale zároveň velkému bočnímu tlaku, který je orientovaný, **usměrněný.** Zvyšuje se teplota, často jsou horniny i pod vlivem magmatických mas, z kterých se uvolňují žhavé roztoky, páry a plyny. Takto se při přeměně obohacují původní horniny o některé nové látky, krystalizují nové nerosty. Vlastně vznikají nové, přeměněné horniny.

Jaký je vlastně průběh přeměny na rozdíl od vyvřelých hornin, které krystalizují při tuhnutí magmatu, **vznikají přeměněné horniny krystalizací** v pevném stavu. Kdyby se totiž hornina roztavila, vzniklo by magma a z ní vyvřelé horniny.

Krystalizaci nových nerostů usnadňuje přítomnost vody v pórech každé horniny. Čím je vody víc, tím intenzívněji celý děj probíhá. Při zvyšování teploty a tlaku se původní nerosty částečně rozpouštějí. Stoupá koncentrace roztoku. Když je dostatečná, vznikají zárodky nových nerostů. Tyto nové nerosty dorůstají za stálého rozpouštění původních. Výsledkem celého děje je vznik nových krystalů nerostů, uspořádaných mnohem těsněji. Takto se zvyšuje pevnost přeměněných hornin proti původním usazeným horninám. Jako příklad uveďme přeměnu pískovce na křemenec. Zde rozpouštěním tmelu a jednotlivých zrníček vznikají opět krystaly křemene, ale jsou uspořádané těsně vedle sebe, bez pórů a tmelicí hmoty.



Výbrus přeměněné horniny — rula (1 tmavá slída-biotit, 2 živec sodnovápenatý, 3 křemen)

Podle velikosti přeměny a jejího rozsahu rozeznáváme dvě základní skupiny přeměn. Jedna skupina vzniká na styku magmatických mas, ať již velkých masívů, anebo jen žil či přívodních komínů sopek s okolními horninami. Tuto skupin nazýváme **styková, kontaktní metamorfóza.** Uplatňuje se při ní většinou účinek vysoké teploty magmatu anebo lávy a všesměrně orientovaný tlak nadložních vrstev.

Druhá skupina má široké územní rozšíření, proto ji nazýváme **územní** anebo **regionální metamorfóza.** Při této se uplatňuje kromě vysokých teplot a tlaků většinou i orientovaný, usměrněný tlak a vliv žhavých par a plynů z nitra Země. K územní metamorfóze dochází v době horotvorných dějů, vrásnění. Takto vzniklé přeměněné horniny mají jednotlivé horninotvorné nerosty výrazně usměrněné tlakem do jednoho směru. Tímto uspořádáním dochází k výrazné odlučnosti hornin podle vodorovných odlučných ploch, při-

pomínajících vrstvy usazených hornin. Tuto vlastnost nazýváme **břidličnatost** přeměněných metamorfovaných hornin. U jednotlivých druhů se projevuje dobrou štěpností a odlučností hornin podle ploch břidličnatosti.

I velikost zrn horninotvorných nerostů přeměněných hornin je rozdílná. Podobně jako nacházíme ve vyvřelých horninách větší výrostlice, i v přeměněných horninách jsou často velké, krystalovými plochami pravidelně omezené krystaly. Geologové je označují složitým názvem **porfyroblasty.**

Při krátkodobém styku žhavých magmatických mas s okolními horninami dochází k úkazu podobnému vypalování porcelánu. Když se magma (anebo láva) dostane do styku s jíly, vznikají horniny, které nazýváme **porcelanity.** Mají pestré zbarvení podle příměsí, které jíly obsahovaly. Mohou být bílé, žluté, zelené, červené nebo i jiné barvy. Jejich lom je lasturnatý. U nás je známe z míst výskytu čedičů v Českém středohoří a s jílovitými a jílovcovitými horninami křídového útvaru.

Mnohem výrazněji se do svého okolí zapíše dlouhodobá přítomnost magmatické masy při vzniku masívů vyvřelých hornin. Chladnoucí masív přemění horniny ve svém okolí až do vzdálenosti několika kilometrů. V místě styku magmatického masívu a jílovitých břidlic vznikají různé druhy krystalických břidlic. Vlivem tepla a tlaku vznikají některé nové nerosty a často dochází k nahromadění uhelné příměsi, která potom vytváří na plochách břidličnatosti černé skvrny.

Při **územní přeměně (regionální metamorfóze)** zejména jílovitých usazených hornin vznikají další druhy krystalických břidlic. Podle intenzity jejich účinků vznikají nejprve fylity, při silnějším působení svory a jako výsledek velmi silné přeměny ruly (pararuly).

Fylity jsou jemnozrnné přeměněné horniny, složené ze slídovitých nerostů a křemene. Jsou tence břidličnaté a mají hedvábný lesk, žlutobílou, někdy zelenavou barvu. Mezi plochami břidličnatosti, zejména u zvrásnělých fylitů,

se vylučují drobné čočky bílého křemene. Někdy mohou obsahovat uhelný pigment. Potom jsou tmavé. V Čechách a na Moravě je známe z Krušných hor, z okolí Železného Brodu, z oblasti Ještědu, z okolí Nového Města nad Metují a z Hrubého Jeseníku. Na Slovensku pak z oblasti Spišsko-gemerského rudohoří, Dobšiné, Rimavské Baně a z Malých Karpat. Fylity se používaly na pokrývání střech domů. Těžily se zejména v okolí Železného Brodu. Dnes se používají jako dekorační kámen, případně jako surovina při výrobě laků nebo térového papíru.

Svory jsou jemnozrnné až středně zrnné přeměněné horniny. Skládají se ze světlé slídy — muskovitu, z křemene a jen v nepatrném množství, anebo vůbec ne, je zastoupený sodnovápenatý živec. Ve svorech se velmi často vyskytují granáty a další nerosty, hlavně modrý distén a staurolit hnědé až černé barvy. Oba dva patří do skupiny křemičitanů. Svory, podobně jako fylity, jsou výrazně břidličnaté a mají usměrněná zrnéčka horninotvorných nerostů. Na plochách břidličnatosti se nachází ve svorech obyčejně velké množství světlé slídy — muskovitu, a proto jsou až stříbřitě lesklé. V Čechách se vyskytují zejména na Šumavě, v okolí Domažlic, v Krušných horách, v okolí Klínovce, v jihovýchodní části Krkonoš. Na Moravě je známe z Jeseníků a na Slovensku z Malých Karpat, Považského Inovce a Tríbeče.

Ruly (pararuly) jsou jemnozrnné až středně zrnné přeměněné horniny. Skládají se ze sodnovápenatých živců, z křemene a z tmavé slídy — biotitu. Někdy se v rulách vyskytují i draselné živce nebo světlá slída — muskovit. Barvu mají světlou až tmavošedou. Břidličnatost je u rul vyvinutá buď dobře, nebo je nevýrazná, podle toho, zda vznikaly z jílovitých hornin, anebo z hornin písčitějších. Pěknou ukázkou břidličnaté odlučnosti rul je vrchol Kráľova hola v Nízkých Tatrách (obr. 150), dále je známe z Malých Karpat, z Považského Inovce, Malé a Velké Fatry, Vysokých Tater a jinde. V Čechách z Krušných hor, od Českého Krumlova, Havlíčkova Brodu, Humpolce, Jihlavy. Ruly,

podobně jako svory, používáme jako stavební kámen a na výrobu štěrkové drti.

Přeměnou žul vznikají ruly, které nazýváme **ortoruly** neboli krystalické břidlice. Skládají se z draselného živce, křemene, slíd, z nichž převládá tmavá slída — biotit. Známe je z oblasti středočeského masívu, Krušných hor, krkonošsko-jizerského masívu. Na Slovensku jsou vzácné, například v Nízkých Tatrách nebo v okolí Muráně.

Přeměnou hornin bohatých na křemen, například pískovců, křemenců, vznikají **kvarcity**. Obyčejně tvoří velmi tvrdé a odolné čočky ve fylitech, svorech anebo rulách. Známé jsou z oblasti Krkonoš, Krušných hor nebo z okolí Lučence.

Mramory — krystalické vápence vznikají přeměnou vápenců. Jejich hlavním minerálem je kalcit. Tvoří plochy v ostatních přeměněných horninách, přičemž se ale jejich tělesa mohou vyznačovat velkou rozlohou a mocností. Převážně jsou bílé, ale mohou se zabarvovat příměsemi do šeda, růžova, červena i jinak. U nás se vyskytují ve Spišsko-gemerském masívu, v Krušných horách a jinde.

Z dalších karbonátů (uhličitanů) patří mezi přeměněné horniny **magnezit** a **siderit**, o kterých jsme hovořili v kapitole o vzniku rudných žil (str. 108). Vznikly nahrazením vápenců roztoky obsahujícími hořčík a železo.

Přeměnou zásaditých hornin zejména zásaditých výlevných vyvřelých hornin a jejich tufů, vznikají například **zelené břidlice** a **amfibolity**.

Zelené břidlice mají nižší stupeň přeměny než amfibolity. Jsou to jemnozrnné až celistvé horniny zelené a zelenošedé barvy, nevýrazně až středně břidličnaté. Často se vyskytují ve fylitech. Skládají se z nerostů příbuzných amfibolu, živcům a slídám. U nás se zelené břidlice vyskytují například ve Spišsko-gemerském rudohoří, v Krušných horách, u Železného Brodu, v Orlických horách a jinde.

Amfibolity jsou jemnozrnné až drobnozrnné, někdy až středně zrnné a hrubozrnné. Skládají se z amfibolu a sodnovápenatých živců. Mohou obsahovat granát. Břidličnatost

je málokdy výrazná. Jsou šedé, šedočerné se zeleným odstínem. V Čechách je najdeme v Krušných horách (Klínovec), v okolí Mariánských Lázní, Čáslavi, Kutné Hory. Vyskytují se i na severní Moravě. Na Slovensku je známe z Malých Karpat, z oblasti Pezinku a Perneku, Malé Fatry, Povážského Inovce, ze Spišsko-gemerského rudohoří a Nízkých Tater.

Když proniká magmatická hmota, která se složením podobá žulám, do okolních hornin, například do rul, anebo když dojde k natavení rul, vznikají pruhované horniny. Dvojbarevné pruhy se v nich kroutí v podivuhodných křivkách. Takové horniny nazýváme **migmatity.** V Čechách jsou známé z oblasti východní části Krušných hor, Orlických hor a Hrubého Jeseníku, na Slovensku se vyskytují například v Nízkých Tatrách v Bystré dolině, v masívu Suchý u Liešťan, v Malé Fatře a jinde.

Uměl bys?

Naučíme se, čeho si budeš všímat na odkryvu přeměněných hornin, které objevíš v okolí svého bydliště.

Zakreslíš si odkryv nebo naleziště do turistické mapy. Popíšeš lokalitu a odebereš vzorky. Porovnáš barvu čerstvé a zvětralé horniny.

Přeměněné horniny se vyznačují břidličnatostí, popiš ji. Zopakuj si, jak se odlišuje od odlučnosti vyvřelin nebo vrstev usazených hornin. Urči zrnitost vzorku. Ve svorech anebo rulách se pokus najít větší krystaly (porfyroblasty) podobné vyrostlicím vyvřelých hornin. Dobře si uvědom strukturu drobnějších zrn, zjisti, jak jsou usměrněné.

Podobně jako usazené horniny, i přeměněné horniny jsou často zvrásněné. Pokus se určit, o jaký druh vrás jde. Popiš jejich velikost a tvar. Pozor! Přeměněné horniny nemají vrstevní plochy, ale plochy břidličnatosti. Zopakuj si, jak vznikají přeměněné horniny.

TAJNÝ KÓD GEOLOGŮ

Možná tobě, možná některému z tvých kamarádů se na vycházce do přírody stalo, že jsi potkal člověka, který tě zaujal svojí neobvyklou činností. Chodil po krajině s pohledem upřeným k zemi, co chvíli něco zdvihl, vlezl do výmolu, zastavil se před skalním odkryvem, prohlížel si okolní skály, tu a tam do nich udeřil kladivem, přiložil k nim kovovou škatulku — geologický kompas, schoval kousek kamene do torny a potom si cosi zapsal do zápisníku, případně zakreslil barevnou tužkou do mapy. Tento člověk je geolog, který sestavuje geologickou mapu.

V každém vědním oboru, a tedy i v geologii, se lidé mezi sebou dorozumívají svou vlastní řečí. Pro nezasvěcené posluchače jsou to většinou nesrozumitelné názvy, kterými geologové označují různé druhy geologických procesů, horniny anebo jejich vlastnosti, věk geologických útvarů, a dokonce často i oblastí, v kterých se nacházejí. Podobně, jako když potřebují vyjádřit tyto skutečnosti ve zkratce, když je potřebují zakreslit do map, přisoudili určitým horninám či geologickým útvarům ve svém tajném kódu určité barvy. Barvy změní běžnou topografickou mapu, kterou znáš z hodin zeměpisu, na pestrobarevnou mozaiku. Podívej se na geologickou mapu ČSSR. V následujících řádcích by ses měl naučit číst tajný kód kamenů z geologické mapy. Budeš se muset prokousat i některými možná nezáživnými základními údaji. Když to zvládneš, mnohem rychleji a lehčeji pronikneš do tajemství geologie.

Geologická mapa, podobně jako topografická mapa (zeměpisná) zobrazuje určitou část zemského povrchu ve zmenšené podobě. Na rozdíl od mapy topografické, dává nám geologická mapa informace o geologických poměrech v určité oblasti zemského povrchu.

Z vlastní zkušenosti víš, že máme mapy světadílů, mapy států, ale i mapy turistické, které v porovnání s předcházejícími zobrazují jen velmi malou oblast. Jaké zmenšení povrchu Země mapa představuje, to nám udává měřítko mapy. Toto měřítko je stejné pro topografické i geologické mapy. Velikost závisí na účelu, pro který mapu použijeme. Tak jako při výletě do okolí nepoužiješ pro svou orientaci mapu světa, ale jen mapu turistickou, stejně tak geolog použije na různé účely mapy různých měřítek. Mapy použité na vyhledávání ložisek nerostných surovin a nebo ropy se tedy budou v měřítku lišit od map použitých při stavbě přehrady anebo založení pískovny. Například měřítko 1 : 1 000 000 znamená, že 1 km ve skutečnosti představuje na mapě 1 mm.

Další údaj, který ti pomůže dobře se zorientovat v mapě, je směr, kde se nachází **sever.** Pokud není označený šipkou směřující k severu, představuje ho vždy horní okraj mapy, tedy nadpis. Ostatní světové strany už najdeš na mapě lehce. Spodní protilehlý okraj označuje jih, nalevo máš západ a napravo východ.

Při pohledu na geologickou mapu se ti možná bude zdát divné, jak mohou geologové s takovou určitostí vědět, co nakreslit do mapy. Vždyť když se podíváme kolem sebe, skoro všude je povrch Země přikrytý půdou anebo vrstvou zvětralin. Ani geologové nemají rentgenové oči. Jak tedy mohou vědět, co se pod půdou skrývá? Částečně máš pravdu. Sestrojit geologickou mapu není tak jednoduché.

Aby se geologovi podařilo nakreslit základní druh geologické mapy, kterou nazýváme povrchová geologická mapa, musí využít každou příležitost podívat se pod pláštík půdy. Proto když geolog pracuje v terénu, neobejde nevšímavě ani jeden potůček, výmol, pramen, údolí potoka nebo řeky, kde může odhalit skalní podloží. Pozorně si prohlédne zářezy cest a železnic, podívá se do výkopu na stavbě či do šachty studně, vystoupí na vrchol kopců, kde očekává odkrytí hornin skalního podloží. A tam, kde nejsou přirozené

anebo umělé odkryvy, například pískovna, či kamenolom, změní se v detektiva a složení skalního podkladu určuje na základě drobných úlomků hornin v ornici, ve vývratech stromů v lese. Někdy nepohrdne ani krtincem. Výsledkem jeho práce je mapa, která zobrazuje všechny geologické útvary ležící na zemském povrchu byť jen v tenké vrstvě.

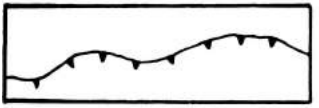
Známe však i mapy, které zobrazují geologické poměry hlubší stavby určitého území než mapy povrchové. Takové mapy nazýváme **odkryté geologické mapy**. Na jejich sestavení už nestačí přímé pozorování geologa na zemském povrchu, ale sestavují se na základě vrtných prací. S jejich pomocí proniká přes tenké vrstvy povrchových útvarů a seznamuje se s tím, co se skrývá pod nimi.

Vraťme se však k tajnému kódu, s jehož pomocí se naučíš číst z geologické mapy. Jeho základem je, že geologové stejnou barvou označují horniny stejného složení, věku, případně vývoje. Různé barvy tedy představují různé horniny nebo útvary. Jaké barvy jsou použity pro jednotlivé horniny anebo útvary, se dozvíš z vysvětlivek na mapě. Zde zároveň objevíš, že kromě barvy geologové používají i různé **symboly**, kterými objasňují rozdíly ve věku, případně i ve složení hornin. Například amfibolity jsou v geologické mapě ČSSR 1 : 500 000 zakresleny zelenou barvou a označené symbolem A, Av, AD, A', A* který znamená rozdíly v jejich věku, případně složení.

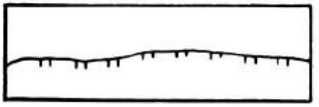
Nejnápadnější na geologické mapě ČSSR 1 : 500 000 anebo 1 : 1 000 000 jsou plochy pokryté odstíny červené a sytě oranžové barvy. Těmito barvami jsou většinou zakresleny horniny, které patří k nejstarším geologickým útvarům. Jsou to hlubinné vyvřeliny a krystalické břidlice. Možná právě pro vysoké teploty, při nichž vznikaly, jim dali geologové tuto červenou barvu. Porovnáš-li pravou a levou polovinu mapy, uvidíš, že na levé, kterou geologové nazývají Český masív, je této barvy podstatně víc. Na pravé polovině geologické mapy ČSSR, na území Západních Karpat je červené

HRANICE
MEZI GEOLOGICKÝMI ÚTVARY

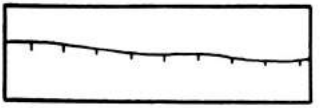
ZLOMY



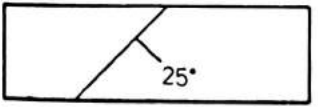
PŘÍKROVY



PŘESMYKY



POKLESY



SMĚR A SKLON VRSTEV

těchto znamének si můžeš udělat představu o geologické stavbě určitého území směrem do hloubky. A právě tato představa je podkladem pro další práci geologa při sestavování geologických profilů.

Geologický profil je vlastně průřez územím, na němž směrem do hloubky poznáváme geologickou stavbu skalního území, přesně takový, jako když rozřízneš chléb a vidíš do jeho nitra.

Uměl bys?

Tvoje vědomosti by měly už být dostatečné na to, aby ses pokusil sestavit zjednodušenou geologickou mapu okolí svého bydliště,

Budeš potřebovat: turistickou mapu, geologický kompas anebo busolu, úhloměr, kladivo, dlátko, tužku, barvičky, gumu, nožík, kyselinu chlorovodíkovou (HCl), pásmo, lupu a samozřejmě ti nesmí chybět tvůj zápisník, do něhož si zaznamenáváš svá pozorování na svých toulkách přírodou.

Jak začneš? Naučíš se orientovat se v mapě. Vždy ji položíš tak, aby horní okraj směřoval na sever, není-li sever vyznačen jiným směrem. Zorientuješ se v ní podle známého místa, které znáš. Položíš-li mapu dobře, potom cesta vyznačená na mapě bude rovnoběžná s cestou, na které stojíš.

Jak určíš v přírodě sever, nemáš-li kompas?

Pomohou ti například mravenci. Tito drobní stavitelé mají v oblibě slunce a tak východy z mraveniště jsou vždy na jižní straně. Mraveniště roste a jeho kužel dostává nepravidelný tvar. Strana na jih se svažuje mírněji, než strana směřující na sever.

I pařez, který zůstane po vykácení osamělého stromu, ti prozradí, kterým směrem je sever. Jeho letokruhy jsou na severní straně hustší než na jižní. Pozor! Nesmíš určovat sever podle pařezu na okraji lesa. Zde se zvětšovaly letokruhy směrem ven, užší směřují k lesu. Na severní straně stromů často nacházíme více lišejníků. Někdy však mohou poukazovat spíše na převládající směr větrů.

V noci ti určí sever Polárka. Na obloze je v prodloužení šestinásobné vzdálenosti od kol Velkého vozu. A nakonec ještě rada, jak určíš sever podle hodinek. Obrátíš je ve směru, v kterém je slunce na obloze. Myšlená přímka, která dělí na polovinu úhel mezi malou a velkou ručičkou, směřuje na jih. Sever je na opačné straně.

Pozorně procházíš krajinou. Do mapy si označíš odkryvy, odebereš vzorky, popíšeš lokality podle návodu z předcházejících kapitol. Tam, kde horniny skalního podkladu nevycházejí na zemský povrch, si musíš pomoci drobnými úlomky hornin v ornici, ve vývratech a podobně. Pozor! Do mapy nepatří například cesta vysypaná štěrkem, skládka kamení anebo rozvaliny starého domu. Na označení jednotlivých druhů hornin, které jsi našel, si zvolíš barvy. Tvou cestu přírodou, a nejen po vybudovaných cestách, nazývají geologové mapovací túra. V turistické mapě ji vyznačíš barvou horniny, která se podél ní vyskytuje. Postupně túry zakreslíš. Mapa se pokrývá čárami a ploškami barev. Jednotlivé body stejných barev, tedy místa výskytu stejných hornin na mapě, spojíš stejnou barvou. Je dobré ještě jednou zkontrolovat hranice, které vznikly mezi jednotlivými částmi území tvořeného tou samou horninou. Na mapě to budou hranice mezi barvami. Vybavením celé turistické mapy jsi zhotovil zjednodušenou geologickou mapu. Máš-li na mapě vyznačený i směr a sklon vrstev anebo těles vyvřelých a přeměněných hornin, směr a sklon zlomků, os vrás, pokus se nakreslit profil — řez mapovaným územím.

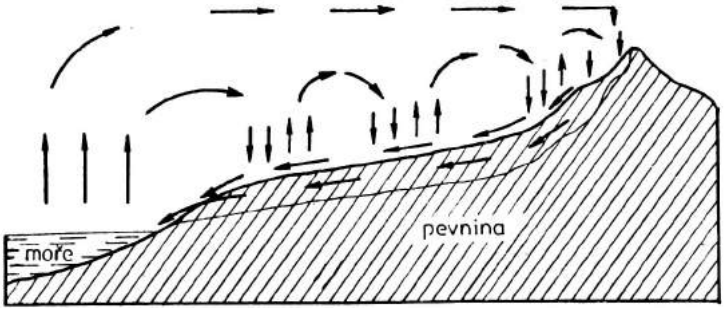
ZÁPAS GIGANTŮ

Napadlo tě zamyslet se nad tím, co je příčinou, že na povrchu Země nacházíme na jednom místě vysoké hory, a jinde zase rozsáhlé nížiny, proč jsou ve Vysokých Tatrách odhalené strmé skalní stěny a jinde zase oblý hřbet kopců pokrývají louky a lesy, kde se bere hlína, sutina na svazích, odkud jsou sypké písky v nížinách? Proč je dno potoka či řeky někdy vyplněno štěrkem a jindy zase pokryté vrstvou jílu? Podobné otázky by sis mohl položit i na základě pozorování z okolí svého bydliště.

Na utváření zemské kůry a jejího povrchu působí dvě skupiny protichůdných jevů. Jedna skupina dějů, s níž ses již seznámil, čerpá energii a působí z nitra Země. Způsobuje vznik nerovností a projevuje se horotvornými ději — sopečnou činností a zemětřeseními. Nazýváme je **vnitřní geologické děje.** Druhá skupina působí protichůdně, zarovnává nerovnosti zemského povrchu. Protože působí zvenku, nazýváme ji **vnější geologické děje.** Jejími činiteli jsou vítr, tekoucí voda, ledovce, jezera, moře, rostliny, živočichové a v neposlední řadě i člověk. Právě tyto činitelé rozrušují horniny a vyvýšená místa zemského povrchu, přenášejí rozrušený materiál, který se postupně ukládá v nížinách. Tyto děje nazýváme **rušivou, přenosnou** a **tvořivou činností vnějších geologických činitelů.** Výsledky tvořivé činnosti těchto geologických činitelů jsou usazené horniny, s kterými ses seznámil v kapitole Svědectví věků (str. 120).

Hlavním zdrojem energie vnějších geologických dějů je **Slunce.** Jeho tepelná a světelná energie vyvolává **koloběh vody v přírodě** a je příčinou **větrů.**

Voda z povrchu pevnin, moří a oceánů se stále vypařuje. Vodní páry stoupají do ovzduší, kde se ochlazují. Vysrážené kapky vody se vracejí na zemský povrch v podobě deště,



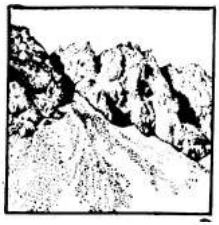
sněhu, krup. Některé padnou do moře, jiné na povrch pevnin. Z povrchu pevnin, ale i z moře se jich část vrací v podobě par do ovzduší, část se dostává složitou cestou podzemní vody do pramenů, a odtud potoky a řekami zase zpět do moře.

Nerovnoměrným zahříváním zemského povrchu vznikají rozdíly v teplotě vzduchu. Míšením těžšího studeného a lehčího teplého vzduchu dochází k jeho pohybu — proudění. Proudění vzduchu je základem větrů.

Vlivem Slunce a Měsíce se dávají do pohybu hladiny moří a oceánů. Vzniká příliv a odliv, který modeluje rozsáhlé oblasti pobřeží na celém světě.

A nakonec nesmíš zapomenout, že život organismů na Zemi je možný jen díky teplu a světlu, které dává Slunce.

Pohyb hmot na povrchu způsobuje gravitační energie Země. Projevuje se zemskou přitažlivostí. Pod jejím vlivem se dává do pohybu z vyvýšené polohy do nižší každý kousek horniny, každá kapka vody. Tak jako se každý balvan skutálí do doliny, tak i pohyb vod směřuje od pramene k moři.



Horniny na zemském povrchu podléhají „zubu času", **zvětrání.** Některé rychleji, jiné pomaleji. Podle toho, zda jde o rozpad hornin, anebo jejich rozklad a přeměnu, rozeznáváme mechanické a chemické zvětrávání. Většinou působí současně, přičemž se na něm zúčastňují i živočichové a rostliny.

Povrch skal vystavený **slunečnímu záření** se teplem rozpíná. Některá část horniny se zahřívá víc, jiná méně. Stoupající teplota způsobuje změny objemu jednotlivých částic horniny. Tmavé nerosty pohlcují více světla, zahřívají se rychleji než světlé. Nerovnoměrným rozpínáním vzniká v nitru a na povrchu hornin napětí, které má za následek vznik droboučkých puklin. Podobné děje probíhají i v noci anebo při rychlém ochlazení. Tyto změny jsou pouhým okem takřka nepostřehnutelné. Opakováním dějů se však časem pukliny postupně zvětšují. Tento způsob **mechanického rozpadu hornin** účinkem slunečního záření se uplatňuje hlavně v pouštních oblastech, kde jsou velké rozdíly mezi denními teplotami a chladnými nocemi.

Dešťová voda proniká i do nejjemnějších puklinek a pórů na povrchu hornin. Působením **mrazu** se voda mění v led, který zvětší svůj objem asi o 9 % a tím rozšiřuje puklinu. Čím je puklina větší, tím víc vody anebo ledu se v ní nachází a celý děj je potom účinnější. Nakonec se horniny zcela rozpadnou. Mráz láme skály především v polárních krajinách a vysokých horách, kde jsou celoročně nízké teploty. U nás mráz vymodeloval ostré a nerovné tvary štítů například ve Vysokých Tatrách.

Podobnou funkci jako led mají i drobné krystalky nerostů, které se srážejí z roztoků. Uplatňují se jako „trhači" skal zejména v suchých pouštních oblastech. Zde dochází k rychlému vypařování, přičemž krystalují látky rozpuštěné ve

vodě. Vznik krystalků stále více zvětšuje drobné pukliny na povrchu skal a tím skály rozšiřuje.

Současně s mechanickým rozpadem působí na povrch hornin vzduch a voda, v které jsou rozpuštěné různé plyny, kyseliny, nerostné látky a podobně. Jejich účinek se projevuje rozkladem a přeměnou látek, které nazýváme **chemickým zvětráváním.** Jeho působení se zvyšuje s přibývající teplotou, proto je nejsilnější v tropických oblastech.

Některé nerosty se lehce rozpouštějí **už v** čisté vodě. Patří sem například kamenná sůl ($NaCl$) nebo sádrovec ($CaSO_4$). Další jsou ve vodě téměř nerozpustné jako například slídy, křemen, živce atd. Složitým přeměnám podléhají až působením roztoků, které voda obsahuje.

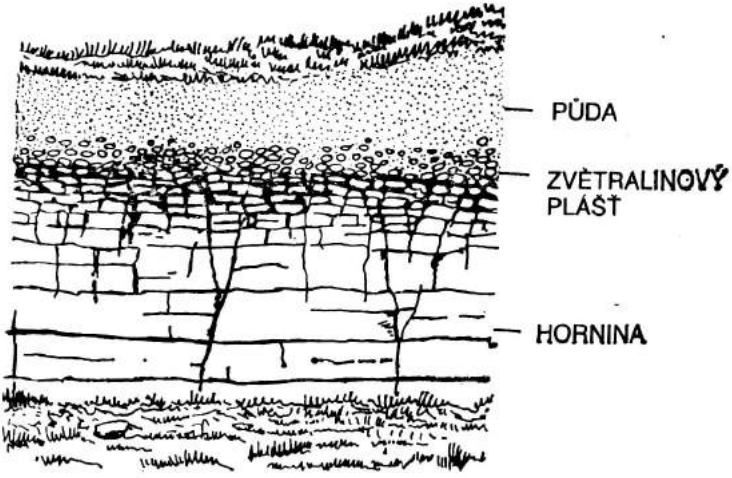
O rozpouštění vápenců vodou jsme už hovořili. Podobně může v přírodě vznikat kalcit ($CaCO_3$) — zvětráváním některých nerostů působením oxidu uhličitého.

Zvětráváním hornin obsahujících železo se na jejich povrchu vytvářejí rezavé povlaky anebo se zbarvují do hněda. Zapřičiňuje to vznik hnědele, hydratovaného oxidu železitého ($Fe_2O_3 . nH_2O$). Některé z těchto přeměn jsou jednoduché, jiné velmi složité.

Pod vlivem kyslíku obsaženého ve vodě dochází k rozkladu kyzu železitého, pyritu (FeS_2), například v tmavých břidlicích, obsahujících tento nerost. Při přeměně pyritu na hnědel vzniká kyselina sírová (H_2SO_4). Tato velmi silná kyselina rozpouští ve svém okolí další nerosty, především kalcit ($CaCO_3$). Tento se mění na sádrovec ($CaSO_4 . 2H_2O$), který krytaluje na povrchu břidlic. Jestliže hornina obsahuje hořčík, působením kyseliny sírové vzniká síran hořečnatý ($MgSO_4$), hořká sůl, která způsobuje hořkou chuť některých minerálních vod, například šaratice.

Složitým rozkladem živců a tmavých nerostů vznikají nové, jílové nerosty, které tvoří hlavní složku jílovitých usazených hornin a půdy. Kromě jiných sem patří kaolinit, s kterým ses seznámil v kapitole Svědectví věků (str. 120).

Oxidaci organické hmoty, například uhelné příměsi, vzni-



ká na povrchu některých tmavých vápenců bílý povlak.

Na mechanickém zvětrávání se zúčastňují svou **životní činností** i **organismy.** Rostliny svými kořeny zvětšují pukliny na povrchu hornin. Tím, že odnímají ze zvětralin živiny, často až naleptávají povrch hornin. Dobře je to vidět na spodní straně vápencového valounu ležícího na louce. Rozkladem těl živočichů a rostlin se uvolňují organické látky, které se zúčastňují na procesu zvětrávání. Některé bakterie čerpají kyslík potřebný pro svůj život rozkladem a přeměnou solí a podobně. Živočichové rozrývají a přenášejí zvětraliny na zemském povrchu, čímž umožňují působení vody a vzduchu na nezvětraný povrch hornin.

Účinky zvětrávání nepůsobí na všechny horniny stejně. Některé jsou odolnější, jiné daleko více propouští vodu, rozpadají se podle ploch vrstevnatosti anebo puklin, čímž umožňují rychlý rozklad a rozpad.

Důležitým činitelem je i **podnebí**. Už víš, že účinky chemického zvětrávání se zvyšují s přibýváním tepla a vlhkosti. Proto v polárních krajinách můžeme pozorovat především mechanické zvětrávání do velmi malých hloubek. Naopak, v tropických krajinách s dostatečným množstvím srážek se uplatňuje především chemické zvětrávání až do hloubek 100 m. Přitom vznikají důležitá ložiska hliníkové rudy — bauxitu. U nás, v mírném pásmu, se uplatňují vlivy jak mechanického, tak chemického zvětrávání.

Na povrchu skal se po určité době vytvoří vrstva zvětralé horniny. Od svého nezvětralého podkladu se liší barvou i složením. Nazýváme ji kůrou zvětrávání, například povrch žuly bývá hnědavý, ačkoliv žula má šedé odstíny.

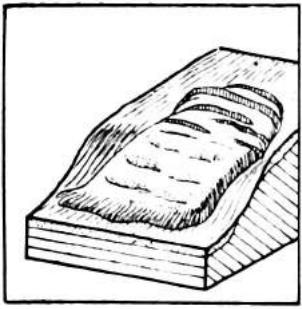
Postupným rozpadem a rozkladem se hromadí na zemském povrchu produkty zvětrávání. Vzniká **zvětralinový plášť**. Jeho další přeměnou se za spolupůsobení organismů vyvíjejí **půdy**. Přečti si o tom v kapitole Základ zeleného království (str. 269).

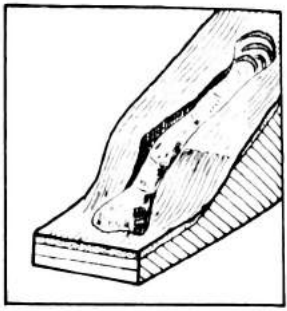
CESTUJÍCÍ A ČERNÍ PASAŽÉŘI

Uvolněný kousek horniny nezůstane dlouho ležet na svém místě. Dostává se do pohybu, ať již volným pádem, kutálením nebo posouváním po svahu. Takto se pod ostrými štíty skal hromadí balvany. Tvoří součást kamenných sutí, kterou nazýváme **kamenné moře**.

Významným činitelem přenosu (dopravy) menších i větších úlomků je voda. Po každém dešti voda z povrchu skal a svahů odnáší velké množství sypkých a nesoudržných hornin. Tento proces nazýváme **splachem** a způsob přeměňování **dešťový ron**.

Na úpatí kopců se hromadí zvětraliny, které se při pohybu třídí podle velikosti. Na svazích se vytvářejí kameninohlinité sutiny, které směrem do údolí přecházejí do svaho-





Plošný a proudový sesuv

vých hlín. Po dobu dlouhých dešťů anebo zjara při tání sněhu množství zvětraliny nasákne vodou. Voda zvýší hmotnost nestabilního nánosu zvětraliny a zároveň s ní se sníží odpor, který vyvolává tření mezi jednotlivými částicemi. Stane se, že zvětralina se na svahu neudrží a vznikají sesuvy. Pohyb hlín po svahu prozrazují nakloněné kmeny stromů, které už nejsou schopné se přizpůsobit nové poloze jako jejich koruny, které na rozdíl od nakloněných kmenů, směřují vzhůru k obloze.

Dešťovým ronem se zvětralina přemísťuje ze svahů do údolí. Část se hromadí, část odnášejí potoky a řeky. Kromě těchto „legálních cestujících" voda odnáší s sebou i „černé pasažéry", které nevidíme. Jsou to látky a soli rozpuštěné ve vodě, produkty chemického zvětrávání hornin. Z nich převládá uhličitan vápenatý. Tam, kde řeka protéká usazeninami obsahujícími zvýšený obsah solí, dostanou se do vody i chloridy a sírany. V tropických řekách, kde je zvětrávání intenzívnější, skoro polovinu hmot tvoří kyselina křemičitá. Kromě rozpuštěných látek můžeme mezi „černé pasažéry" počítat i drobná zrnéčka jílu, která se ve vodě

vznášejí. O jejich existenci se přesvědčíš, když nabereš do sklenice trochu říční vody a necháš ji ustát. Na dně nádoby zůstane jemná usazenina.

Přeprava rozpuštěného materiálu vodou v podobě dešťového ronu, potoků nebo řek není jediný způsob přemisťování zvětralin na zemském povrchu. Na vlastní kůži jsi zažil, když se před bouřkou zvedl **vítr**, přepravu drobných zrníček písku a prachu, kterých jsi měl plné oči. Přeprava zvětralin větrem, se pochopitelně omezuje na drobné úlomky hornin a zrníčka nerostů. Mnohem větší kusy skalního podkladu je však schopný přepravovat ze štítů hor **led.** Určitě jsi slyšel o ničivém účinku lavin a ledovců. Co jsou ledovce, jak se pohybují a jak přepravují horniny, rozrušují horská údolí, se dočteš v kapitole Led v pohybu (str. 224).

Povrch země neustále podléhá „zubu času", zvětrávání. Zvětraliny ustavičně odnáší voda, vítr, led, tedy vnější geologičtí činitelé. Jejich činnost se neomezuje jen na odnos rozrušeného materiálu. Reka si vymílá a prohlubuje koryto. Moře rozrušuje své břehy vlnami, vítr v pouštních oblastech obrušuje skalní stěny. Souborné rozrývání zemského povrchu vnějšími geologickými činiteli se nazývá **eroze.**

Rozrušování by však bylo pomalé, kdyby voda, led či vítr neunášely s sebou menší i větší úlomky hornin a zrníčka nerostů. Tyto úlomky a zrníčka jsou právě hlavním nástrojem eroze. Jsou vlastně jakoby drsnou stranou brusného papíru, brusky nebo zuby pilníku, či pily. Bez těchto drobných nástrojů by eroze nemohla tak účinně rozrušovat zemský povrch.

V našem podnebním pásmu se uplatňuje především rušivá a přenosná schopnost vody. V suchých oblastech je hlavním rušivým a přenosným činitelem vítr. Přemísťuje drobné částice hornin, které narážejí na vyčnívající skály, a tak je obrušuje a rozrušuje. V chladných vysokohorských oblastech vykonává tuto činnost zase led. Ledovce vyhlubují široká údolí a odnášejí z hor velké množství kamenné sutě.

Tedy všude, na celé Zemi, rušivá a přenosná činnost vnějších geologických činitelů soustavně snižuje povrch souše. Tento proces odborně nazýváme **denudace.** Konečným výsledkem denudace je přeměna výškově a tvarově členitého povrchu téměř na polovinu.

Povrch Země se zarovnává i ukládáním nánosů. Když zeslábne unášecí síla vnějších geologických činitelů, tedy vody, větru, ledu atd., odkládají svůj náklad ve sníženinách (nížinách) zemského povrchu. Vznikají usazené horniny.

Zapamatuj si, že působení vnějších geologických dějů na Zemi je možné jen proto, že Zem má své obaly, v kterých tyto procesy mohou vznikat. Je to vodní obal, odborně nazývaný **hydrosféra,** vzdušný obal — **atmosféra** a **biosféra,**

což je soubor všech živočichů a rostlin žijících na Zemi včetně člověka. Tam, kde tyto obaly chybí, například na Měsíci, se vnější geologické děje uplatňují mnohem slaběji a nerovnosti měsíčního povrchu zůstávají po dlouhou dobu nezměněné.

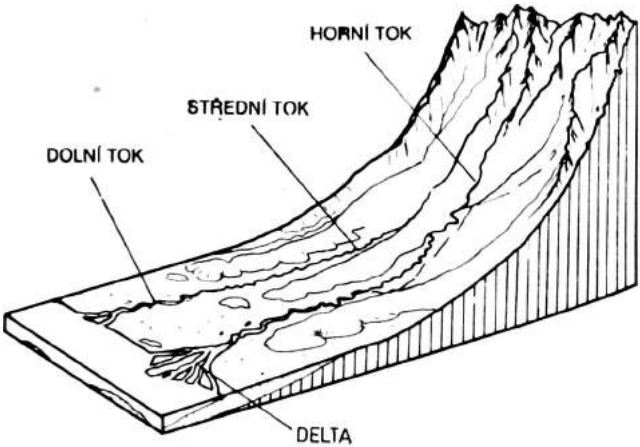
OD PRAMENE K MOŘI

Voda potoků, řek, jezer, moří a oceánů pokrývá skoro tři čtvrtiny zemského povrchu. Do hydrosféry však počítáme i vodu v ovzduší a vodu podzemní, o které se dočteš v jedné z dalších kapitol.

Předtím, než se vydáme na společnou cestu, na které budeme sledovat pouť řeky od jejího pramene k moři, ti poradíme, kde najdeš ve svém nejbližším okolí názorné příklady, rušivé, přenášecí a tvořivé činnosti tekoucí vody.

Kromě skutečné řeky anebo potoka ti jako dobrý model poslouží po dešti rozbahněný svah či polní cesta. Ta se najednou promění na spleť drobných potůčků stékající vody. Vyhlédni si ten nejmenší a sleduj, jak narůstá, jak se spojuje s dalším a dalším. Překonává výškové rozdíly v miniaturních vodopádech, kutálí drobné kamínky a zrníčka písku či šupinky slídy. Jeho síla postupně roste, i když není dostatečná, aby odstranila větší překážky. Obtéká je v zákrutech různých tvarů. A nakonec si všimni, jak odkládá svůj náklad kalu na okraj kaluží, kde vytváří model ústí řeky, říční deltu.

Každý **vodní tok** začíná pramenem. Je to místo, kde se podzemní voda dostává na povrch a odtud začíná svou složitou cestu k moři. Nejprve v podobě potůčku anebo bystřiny, později říčky, až naroste na pomalu plynoucí veletok. Místo, kde vodní tok končí a vlévá se do moře, se nazývá ústí. Ne každá řeka se vlévá do moře, ne každá řeka končí



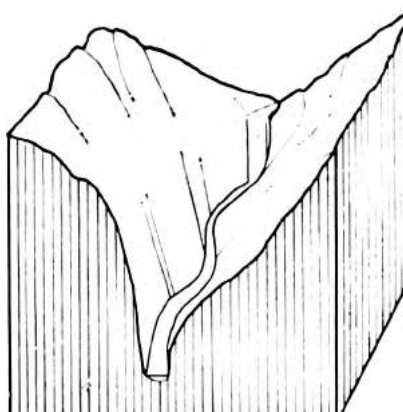
ústím. Příkladem mohou být středoasijské řeky, které se ztrácejí v pouštích.

Rychlost, jakou voda teče, určuje **spád řeky**. Vyjadřuje ho úhel, který svírá podélná osa řeky s vodorovnou rovinou. Největší je v oblasti pramene, nejmenší při ústí řeky. Na hodnotě spádu závisí nejen erozívní činnost řeky, která je největší v oblasti s velkým spádem, ale i její unášecí schopnost. Proto se při poklesu spádu začínají ukládat nánosy štěrku, písku a jílu. Nejprve se ukládají největší valouny, později zrnka písku. Drobné části jílu voda zanese nejdále.

Řeka neprotéká rovným územím. Musí překonávat různé překážky a nerovnosti. Svou činností, erozí se zařezává do skalního podkladu anebo vyplňuje nižší části terénu usazováním nánosů. Podle toho, jak se střídavě uplatňují rušivé, přenášecí a tvořivé účinky řeky, můžeme rozdělit její tok na tři úseky: horní, střední a dolní tok.

Počáteční úsek řeky nazýváme **horním tokem**. Řeka se na něm projevuje zejména rušivou a přenášecí činností v podobě eroze. Ve **středním toku** se spád řeky zmenšuje, ale přibývá vody z přítoků. Řeka na jedné straně prohlubuje své dno a podemílá břehy, na druhé straně ukládá část svého materiálu v podobě náplavů. **Dolní tok** se nachází ve spodním úseku řeky. Spád toku je nejmenší a řeka začíná svou činností výrazně měnit tvář krajiny, postupně se mění i rozložení jednotlivých říčních úseků. Posouvají se proti proudu.

Řeky, které vznikají v pohořích, se vyznačují velkým spádem. Jejich údolí je hluboké a ostře zaříznuté do krajiny v podobě písmene V. Nerovnosti povrchu, které vznikají nerovným zařezáváním říčního údolí do podkladu, vytvářejí **vodopády**. Podobně, postaví-li se řece do cesty nějaká překážka, překonává ji v podobě **kaskád**. Na těchto místech dochází k vířivému pohybu vody. Proud ve skalnatém dně



Horní tok řeky

Vodopád

vymílá prohlubeniny, které nazýváme **obří hrnce**. Obří hrnce vznikají obrušováním dna úlomky hornin, většinou před překážkou, kterou vodní tok nemůže překonat. Krouživý pohyb kamínků, které tu víry způsobují, pokračuje po jistém čase pod úrovní dna říčního koryta.

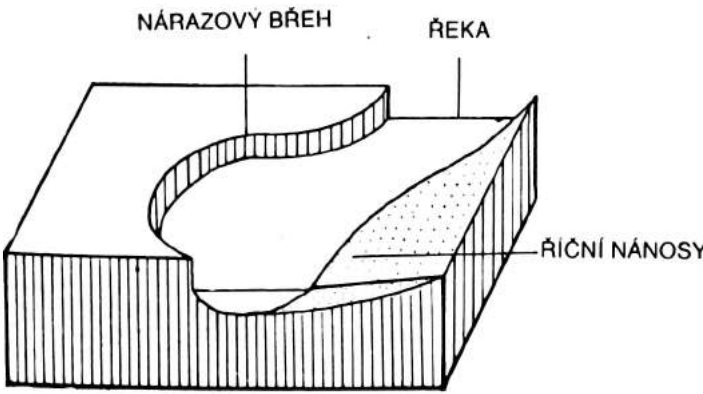
Nánosy horských řek jsou hrubozrnné, málo opracované. V řečišti nacházíme velké balvany, které sem napadaly ze skalních srázů a proud vody je jen nepatrně posunul. Menší kameny a písek rychle odnáší voda svým proudem. Kameny narážejí na sebe i na dno řeky, přitom se rozpadají na menší kousky a postupně se obrušují. Rychlost obrušování je velká, záleží však i na hornině, z které se skládají. Například když žulový balvan s průměrem 40 cm překoná v horské bystřině úsek cesty 11 kilometrů, zmenší se valoun o 4 cm. Pískovec, který je méně odolný, se už po dvou kilometrech rozpadává na zrníčka písku. Jsou-li řeky v horním toku zásobovány velkým množstvím zvětralin a úlomků hornin, je-

jich dno je pokryto hrubými štěrky a balvany. Takové jsou řeky ve všech našich pohořích, v Tatrách, Krkonoších, Jeseníkách i jinde.

Hlavním nástrojem eroze řeky jsou úlomky hornin unášené vodou. **Unášecí schopnost** řeky závisí na rychlosti jejího toku a na množství vody v korytě. Čím víc má vody, tím víc štěrku, písku a jílu může přenášet. Podobné zákonitosti platí i pro její rušivou činnost. Ta závisí na rychlosti proudu, množství vody, a samozřejmě, na horninovém složení krajiny, kterou protéká.

Jak můžeš odhadnout **rychlost proudu** řeky? Když zvíříš usazeniny na dně, voda unáší kal a zrnka písku při rychlosti 0,2—0,3 m/s. Drobný štěrk unáší proud rychlostí 0,7 m/s. Valouny velikosti slepičího vajíčka se posunují na dně při rychlosti 1,2 m/s. Při rychlosti 2 m/s se posouvají balvany velké až 30 cm a když stoupne rychlost proudu vody na 3 m/s, přemisťují se celé bloky velkých skal.

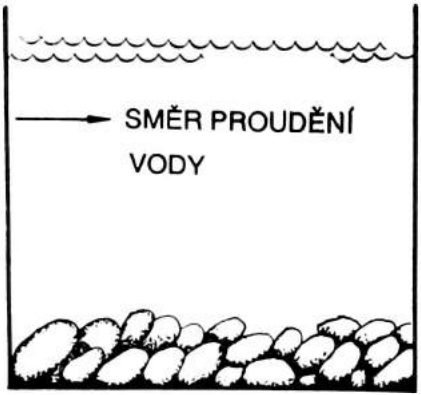
Erozní činnost řeky působí nejen na její dno, ale směřuje i na všechny strany. Nazýváme ji **hloubkové** a **boční rozru-**

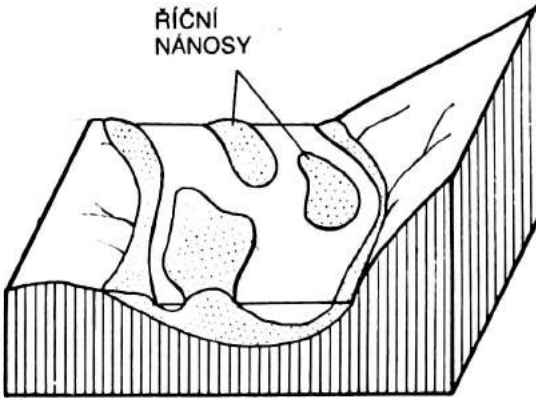


šování (výmol). Pokud řeka téměř přímočaře stéká z hor na jejím horním toku se uplatňuje především **hloubková eroze.** Když opustí horské oblasti, zmenší se její spád. Postupně přebírá přítoky a účinky rušivé činnosti, přepravy a tvořivé činnosti tekoucí vody jsou jiné.

V středním toku řeky se začíná uplatňovat eroze směrem do boků. Řeka podemílá břehy, které se často hroutí a jejich materiál proud unáší dále. V zatáčkách, kde voda naráží odstředivou silou, se vytváří **strmý nárazový břeh.** Na protilehlé straně řeka poklesem rychlosti proudu ukládá **nánosy.** Říční údolí se rozšiřuje, vytváří se **údolní niva.**

Svahy na obou stranách řeky modelují sesuvy a dešťový ron do sklonu, odpovídajícímu soudržnosti hornin a zvětralin území, kterým řeka protéká. Většinou jsou to mírné svahy. Výjimku tvoří oblasti v suchém podnebí, nebo oblasti, v nichž se vyskytují horniny rychle propouštějící vodu. Do nich se řeka přímo zahryzává a vytváří údolí se strmými a svislými stěnami, které nazýváme **kaňony.** I na území naší

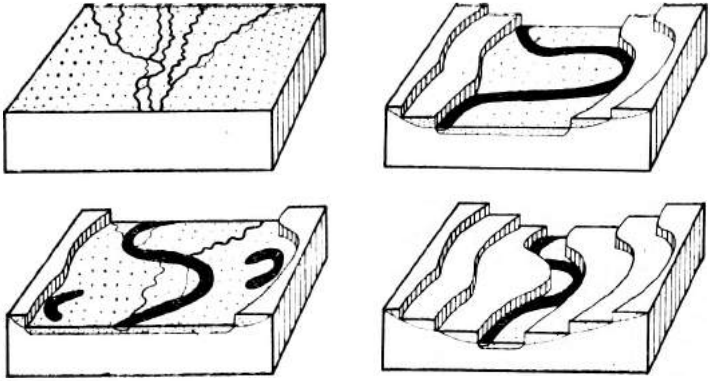




republiky, v oblastech, kde jsou na povrchu vápence anebo pískovce, se často setkáme s tímto typem údolí.

Nánosy řeky v jejím středním toku vzhledem k délce přepravy jsou menší a lépe opracované než v horských bystřinách. Tato směs valounů a písku tvoří **říční štěrk.** Vodní tok podle síly, která se mění v jednotlivých ročních obdobích v závislosti na srážkách, tání sněhu a podobně, stále tyto nánosy přemisťuje a třídí. Jednotlivé valouny zaujímají polohu, v které kladou nejmenší odpor tekoucí vodě. Ukládají se na sebe jako tašky na střeše domu, nakloněné proti směru proudění. Nejdříve se ukládají větší valouny a se slábnoucí unášecí silou stále menší a menší.

Ve vnitřní straně ohybů řeky se ukládají štěrkové a písčité nánosy. Podobně při nízkém vodním stavu se v korytě řeky vytvářejí **štěrkové lavice.** Jsou protažené ve směru proudu, často kapkovitého tvaru s rozšířenou stranou proti proudu. Nemají stálé místo. Řeka je ustavičně rozrušuje a znovu ukládá, zejména v době povodní.



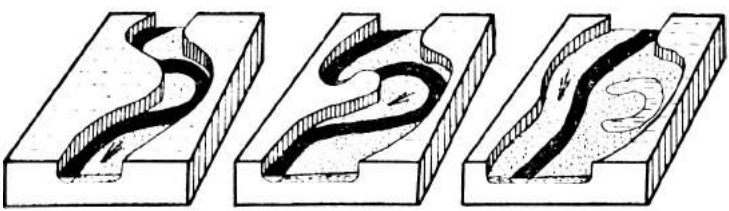
Vznik říčních teras

Dnes už má většina řek regulované říční koryto. Původně však, zejména po jarních deštích, řeky často vystupovaly z břehů. Když voda začala opět klesat, vytvořilo se v údolí nespočtené množství drobných říčních ramen, provázejících hlavní tok. Mezi nimi se vytvořily lavice štěrku a písku. S těmito řekami se setkáš na prázdninové cestě po Rumunsku, Bulharsku nebo po Itálii. Takové řeky nazýváme **divokými řekami.** Původně byl touto řekou i Váh.

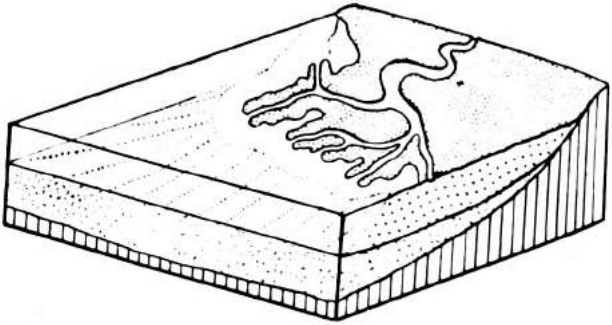
V říčním údolí se postupně hromadí nánosy říčního štěrku a písku. Když se stane, že se zvýší erozivní činnost řeky zvýšením jejího spádu anebo zvýšením její unášecí síly, začne se opět zařezávat do údolí. Staré říční nánosy zůstávají na svazích údolí, vytváří se nová údolní niva. Takové zbytky říčních nánosů po obou stranách údolí, které se dnes nacházejí vysoko nad korytem řeky, nazýváme **říční terasy.** K jejich vzniku dochází poklesem či vyzdvižením některé části území, kterým řeka protéká, anebo změnou podnebí. Mnohé říční terasy u našich řek vznikly v době čtvrtohorního zalednění. Hlavní vliv na jejich vznik mělo střetnutí

ledových a meziledových dob. Doby ledové se vyznačovaly suchým a chladným podnebím, což vedlo k omezení rostlinného krytu a k silným účinkům mechanického zvětrávání. Hromadily se zvětraliny a tím i nánosy řek. V dobách meziledových se oteplilo, zvětšilo se množství vody v řekách a tím i jejich unášecí a erozní činnost. Údolí se zařezávala stále víc hlouběji do skalního podkladu. Na svazích zůstávaly staré říční nánosy. Je-li za sebou několik říčních teras, nejvyšší položená terasa vznikala jako první a je nejstarší.

V dolním toku je spád řeky malý. Přesto, že přítoky řeka zmohutněla, její unášecí síla se stále zmenšuje. Ve velkém množství ukládá nánosy, převážně říční štěrk, písek a jílový kal. Vytváří se široká údolní niva, od které je říční koryto oddělené valy z jejích vlastních nánosů. Řeka se nezařezává do skalního podkladu, ale líně plyne v korytu, které si vytvořila ve svých vlastních nánosech. **Zákruty** (meandry), které vytváří, nemají dlouhého trvání. Nejsou-li zaříznuty ve skalním podkladu, řeka svou rušivou činností postupně posouvá nárazové břehy na začátku a na konci zatáčky, dokud se nespojí. Říční koryto se vyrovnává a vedle něho zůstává odříznutá část původního koryta. Často má srpovitý tvar a nazývá se **mrtvé rameno.** Taková situace, může vzniknout i tehdy, když řeka protéká ve svém středním toku rovi-



Vznik mrtvého ramena vyrovnáváním říčního toku



Delta

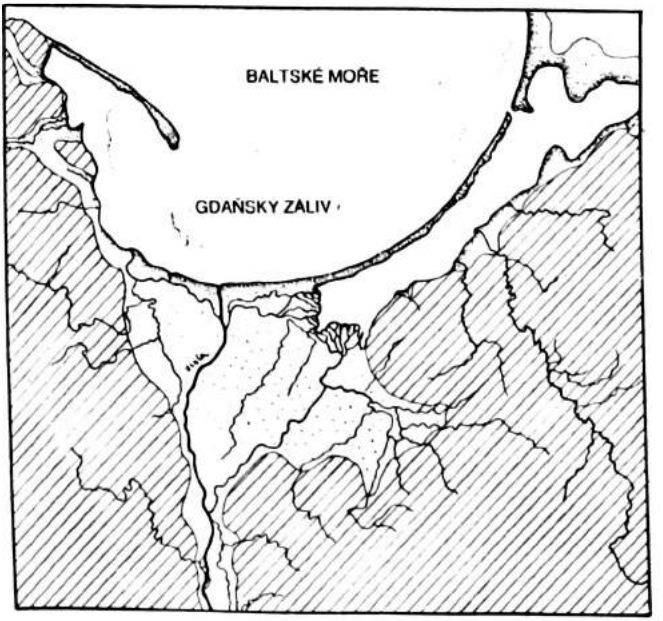
natou krajinou. Například řeka Labe v úseku mezi Pardubicemi a Týncem nad Labem anebo mezi Kolínem a Mělníkem vytváří nespočetné množství meandrů (říčních zákrutů) a mrtvých ramen. Podobně Dunaj v oblasti Podunajské nížiny anebo Bodrog ve Východoslovenské nížině mají po obou stranách mnoho ramen v nánosech úrodné nivy.

Místo, kde řeka končí svou pouť a odevzdává vodu společně s nákladem přenášeného materiálu (štěrku, písku, jílu a rozpuštěných solí) do moře, nazýváme **ústí.** Ne každá řeka však končí v moři. Jsou řeky, které vznikly ve vysokých horách rozpouštěním ledovců a protékají suchou oblastí. Postupně ztrácejí vodu a jejich nánosy se hromadí na úpatí hor v podobě plochých **náplavových kuželů.** Do této skupiny můžeme též zařadit i občasné řeky v pouštních oblastech, jejichž vyschlá koryta nazýváme **vádí.**

Vraťme se ale k většině řek končících v moři. Ty odkládají obrovské množství svého nákladu. Vytváří se náplavový kužel, uložený zčásti nad hladinou, zčásti pod ní. Nazýváme ho **delta.** Tento název je odvozený od řeckého písmene delta, jehož trojúhelníkový tvar se nachází na ústí řeky Nilu. Říční delta se většinou skládá z písku a jílu. Výjimku tvoří

nánosy horských řek (divoké řeky), jejichž nánosový kužel tvoří i štěrky.

Pro uskladnění nánosů na deltách platí podobné pravidlo jako v řekách. Nejprve se ukládají větší částice, valouny, za nimi písky a nakonec jíly. Proto se směrem do moře snižuje hrubost nánosů. O tom, že řeky přinášejí obrovské množství materiálu, ať už ve formě zrníček písku anebo droboučkých částic jílu vznášejících se ve vodě, nás přesvědčují



Ústí Visly

Estuarium

čísla. Tak například Dunaj přepraví za rok 80 miliónů tun nákladu, Mississippi 300 miliónů tun a Amazonka až miliardu tun. Odnosem materiálu z povrchu Čech řekou Labe se snížilo tamější území za 7000 let o 1 m.

Stálým ukládáním nánosů na pobřeží moře delta ustupuje směrem od pobřeží. U některých řek s velkým přínosem zvětralin je rychlost nánosů v deltě obzvláště vysoká. Například řeka Terek, která snáší obrovské množství valounů, písku a jílu z pohoří Kavkazu, posouvá své ústí do Kaspického jezera ročně o 50 metrů. Řeka Mississippi posouvá své ústí o 40 až 100 m ročně, přičemž plocha její delty je až 95 000 km^2. Z historických pramenů udělali geologové rekonstrukci narůstání ústí řeky Pádu v Itálii. Tato řeka posouvá své ústí do Jadranského moře o 70 m ročně. Za 1800 let Pád a sousední řeky rozšířily pobřeží o 32 km široký pruh země.

Tam, kde nejsou vhodné podmínky pro vznik delty, kde je klesající pobřeží, silný rušivý účinek mořského vlnění a

proudů, má ústí řeky jiný charakter. Jako příklad můžeme uvést ústí chráněné valem ze štěrku a písku v podobě hráze, kterou nazýváme **kosa**. Takto vzniká záliv oddělený kosou od otevřeného moře. V něm postupně zůstávají říční nánosy, kterými se zaplňuje. Nazýváme ho **liman**. Jako příklad můžeme uvést ústí řeky Visly do Svěží zátoky.

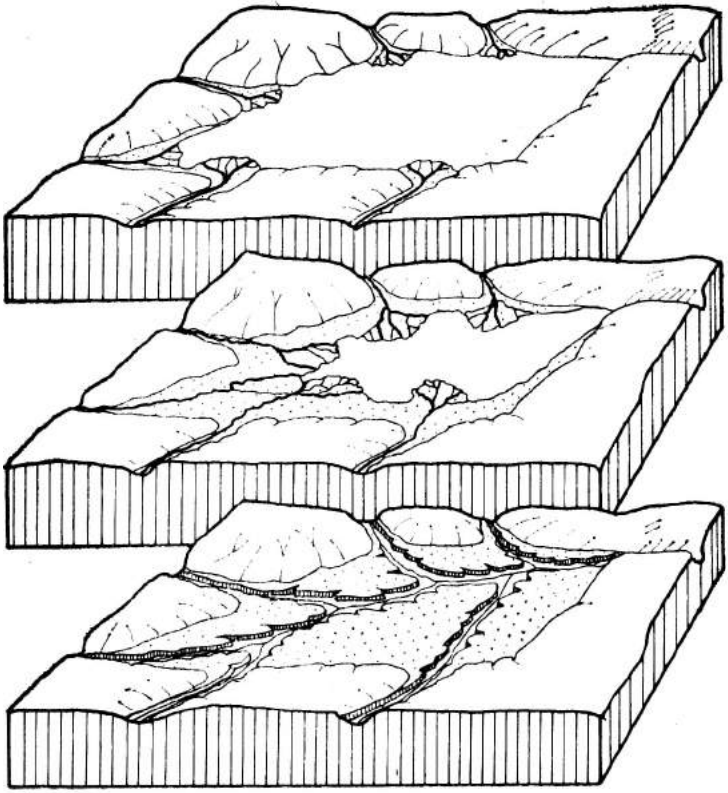
Na pobřeží, kde je silné působení přílivu a odlivu, může vznikat další druh ústí řeky — **nálevkovitého**, které nazýváme **estuárium**. Takový druh ústí se při přílivu naplňuje mořskou vodou. V době odlivu z něho mořská voda ustupuje, přičemž s sebou odnáší i velké množství říčních nánosů. Sem patří i ústí řeky Labe.

Jezera

Kromě stružek potoků a řek pokrývají povrch pevnin i jezera. Zabírají 2 % rozlohy souše. Jsou různě velká, od malých až po rozsáhlé vodní plochy jako Kaspické jezero, jehož rozloha je 438 000 km^2.

Jezera vznikají na zemském povrchu vyplněním některé z jeho prohlubenin vodou anebo zahrazením vodního toku překážkou. Do první skupiny patří jezera, která vznikla v kráterech sopek — jezera vulkanická. Dále jezera, která vznikla hloubkovou erozí ledovce, jako například plesa ve Vysokých Tatrách, anebo jezera, jejichž příčinou byl pohyb zemské kůry po zlomech. Představitelem posledních jsou jezera na dně příkopových propadlin. Takto vzniklo jezero Bajkal v SSSR, východoafrická jezera Ňasa, Vikrorlino jezero a Tanganika a na území ČSSR v třetihorách jezera v podkrušnohorské a jihočeské oblasti.

Zahrazení vodního toku (údolí) může mít několik příčin. Mohl ho zahradit lávový proud, sesuv půdy, zemětřesení a podobně. U nás takto vznikla jezera zahrazením údolí čelní morénou ledovce ve čtvrtohorách. Příkladem je Štrbské pleso ve Vysokých Tatrách. Ústupem pevninského ledovce vzniklo Ladošské a Oněžské jezero v SSSR.



Zanášení jezera náplavami

Vodní tok může protékat jezery, anebo jeho vody v jezeře zůstávají. Podle toho rozlišujeme **průtoková** a **bezodtoková** jezera. V bezodtokových jezerech se často hromadí rozpuštěné soli ve vysoké koncentraci. Je to v důsledku odpařování a nového přitékání vody obsahující rozpuštěné soli. O usazeninách chemického původu, které vznikly v jezerech, jsme si vyprávěli v kapitole Svědectví věků (str. 120). Jezera, přes která přetéká řeka, se rychle zanášejí nánosy štěrku a písku. Jejich trvání je poměrně krátké. Přispívají k tomu i močály a vlhkomilné rostliny, které postupně od břehů zarůstají a tak vznikají rašeliniště. Voda, která do jezera přitéká, v něm nechává většinu svého kalu, proto jezera slouží jako přirozené čisticí stanice.

V některých jezerech, kde jsou vhodné podmínky pro život droboučkých řas — rozsivek, se po odumření řas na dně hromadí jejich schránky. Vznikají vrstvy rozsivkové zeminy. V jiných jezerech dochází k vysrážení železa ve formě hnědelu a tím vzniká bahenní železná ruda.

Rušivá činnost jezer je poměrně nevýrazná. Vlnění sice podemílá břehy jezer, ale s rušivou činností mořských vln se nedá srovnávat.

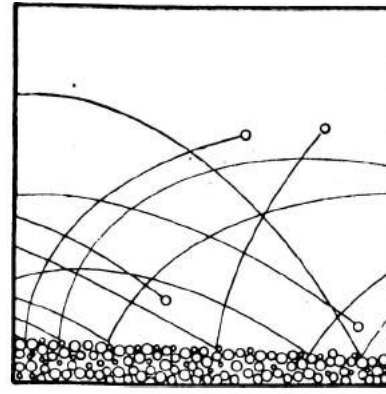
Jezera mají velký význam při udržování vzdušné vlhkosti v krajině, při vyrovnávání teplot vzduchu. Zvyšují a udržují hladinu podzemní vody a jak jsme již říkali, jsou přirozenými čisticími stanicemi tekoucí vody.

Proto člověk už od dávných dob stavěl umělé vodní nádrže. Patří k nim rybníky, které se kromě vzpomínaných důvodů budovaly pro chov užitkových ryb. Vodní nádrže na řekách se stavějí z více důvodů. Jsou regulátory vodního stavu v řece, energie vody se v nich používá na výrobu elektrického proudu, slouží jako zásobárna užitkové vody, ovlivňují podnebí krajiny a často se využívají k rekreačním účelům.

V zimě po silné fujavici se krajina, kterou dobře znáš, najednou promění na pohádkový svět závějí a bílých plání. Celou tu nádheru, která se rozprostírá vůkol, vymodeloval ze sněhu vítr.

Podobně, jako věje ve fujavici vločka sypkého sněhu, přemisťuje vítr na zemském povrchu i drobná zrníčka prachu a písku. V dalších řádcích se dočteš, jak tento děj probíhá, jak vznikají naváté usazeniny, které odborně nazýváme **eolické usazeniny.** Činnost větru se nejvýrazněji projevuje v oblastech se suchým podnebím. Jsou to především pouště. Na některých místech jsou však účinky větru dobře pozorovatelné i u nás v Československu.

Větrný odnos se projevuje vyvíváním drobných zrníček z povrchu hornin anebo zvětralin. Je nejúčinnější tam, kde jednotlivá zrníčka nejsou vázána vlhkostí a kde je velmi řídký rostlinný kryt. Pro příklad není třeba chodit daleko,



stačí si vzpomenout na mračna prachu za traktorem, který vláčí povrch vyschlého zoraného pole. Větrný odnos odstraňuje z povrchu hornin zvětralinový plášť, čímž vystavuje horniny novým procesům zvětrávání. Zrníčka prachu a písku, která vítr unáší, naráží na povrch hornin a stále ho **obrušují.** Účinnost obrušování je tím větší, čím více zrníček vítr unáší a čím větší silou narážejí na povrch hornin.

Unášecí síla větru závisí na jeho **rychlosti.** Největší zrnko, které je vítr schopný přepravit vzduchem, je jen 3 mm velké. Proto mají naváté, eolické usazeniny zrníčka dobře vytříděná podle velikosti. Tak i jejich opracování na povrchu — obroušení — je mnohem lepší než opracování zrníček písku činností vody v řekách. Po dobu „letu" se totiž povrch zrníček ustavičně obrušuje třením o povrch Země, a zároveň nárazy jednotlivých zrníček mezi sebou.

Na tomto místě si připomeneme i další odlišnost od usazenin ve vodním prostředí. Vzhledem na často se měnící směr větru jsou písečné usazeniny naváté větrem zvrstvené šikmo a křížově. Říční písky se vyznačují jednoduchým šikmým zvrstvením.

Pohyb zrníček unášených větrem, jejich „let" je složitější, než by se na první pohled zdálo. Zrníčka neletí vzduchem přímočaře. Klesají k povrchu země, kde svým dopadem odrážejí do vzduchu další zrníčka písku. Tato po určité době zase padají a odrážejí další. Složitý pohyb zrníček písku nazýváme **saltace.**

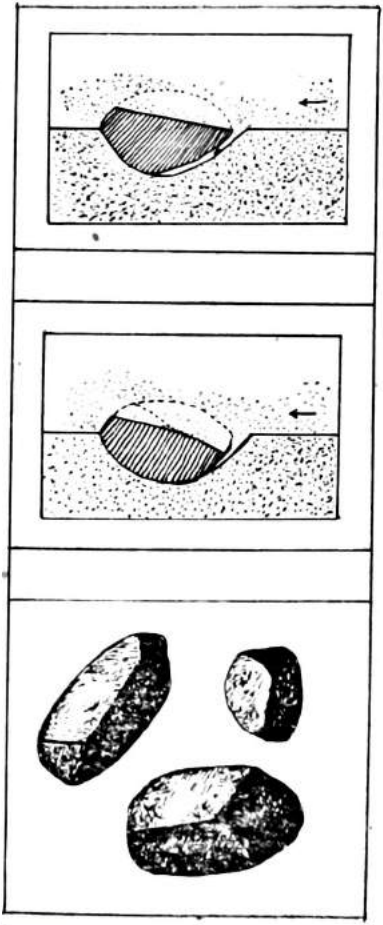
Účinky obrušování zrnéčky unášenými větrem závisí na odolnosti té které části skal. Na povrchu usazených hornin s různě odolnými vrstvami se větrným brusem z odolnějších hornin vytvářejí římsy, anebo vznikají prohlubeninky na povrchu pískovců. U nás je můžeš vidět všude tam, kde se krajina skládá z pískovců — v oblasti severočeských skalních měst anebo v Súlovských skalách.

Podivné skalní útvary vznikly v pouštních oblastech rušivou činností větru. Obrušováním při zemském povrchu,

Viklan

kde je rychlost větru největší, se vytvoří hřibovité skály. Dalším nerovnoměrným obrušováním zůstávají dokonce některé z těchto skal spojené se skalním podložím jen v jednom bodu. Takové skalní útvary nazýváme viklany. Činností větru vznikly i útvary podobné branám, oknům, pilířům a podobně (viz Pravčická brána u Hřenska). Pro pouštní oblasti je velmi charakteristický i tvar hor, které původně vznikly říční erozí. Jejich strmé skalní stěny jsou bez zvětralin, které vítr odnáší. Mají-li plochý povrch, nazýváme je **tabulové hory**. Postupnou erozí se stále zmenšují, až z nich zůstávají jen osamělé skály, které nazýváme svědkové.

Účinku větru neunikají ani úlomky hornin a valouny ležící na povrchu Země. Obrušování působí na jejich povrch, na němž se vytvoří rovná ploška. Po čase, když vítr navěje drobná zrníčka okolo valounu, tento se pootočí. Může se otočit i účinkem silnějšího větru, změnou směru větru a podobně. Jeho povrch se znovu vybrušuje do roviny. Valouny, které mají na povrchu několik rovných plošek a které vznikly větrným obrusem, nazýváme **brance**.

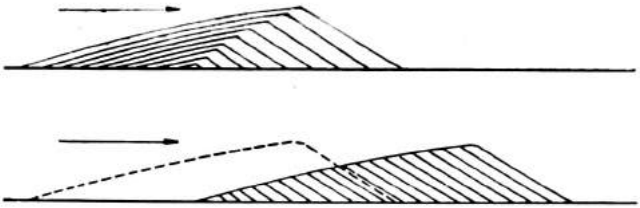


Písečné duny

Vyvíváním drobných zrníček prachu a písku se hromadí v pouštích hrubé, kamenité sutě. Takový druh pouští nazýváme **skalní pouště, hamady.**

Zeslábne-li unášecí síla větru, usazují se zrníčka písku, a tak vznikají **naváté písky.** Kromě pouští se s nimi můžeš setkat i na mořském pobřeží. Zde vznikly vyvátím písku z nánosů na mořském pobřeží. Toto můžeš pozorovat například v Bulharsku. U nás se naváté písky vyskytují v oblasti Polabí, na jižní Moravě, v Záhoří na západním Slovensku.

Tam, kde se větru postaví do cesty překážka, vznikají podobně jako při fujavici v zimě „závěje" písku. Nejprve se tvoří před překážkou i za ní. Může to být drobný kamínek, trs trávy a podobně. Za chvíli však naváté písky překážku převýší a vznikají útvary, které nazýváme **písečné duny.** Mají obloukovitý anebo protažený tvar podobný závějím sněhu. Často se spojují do jednoho celku. Ve směru větru jsou zrníčka písku navívaná na tvořící se dunu pod mírnějším sklonem. Část z nich zůstává na návětrné straně, část



Vznik duny

se propadá do závětří. Tam se vytváří strmější sklon duny. Tak duna postupně roste. Stálým pohybem zrníček po jejím povrchu se vytvářejí útvary podobné vodním čeřinám, nazýváme je **písečné čeřiny**. Jakmile pohyb zrníček písku ve směru větru nepřestává, celá duna se postupně stěhuje ve směru větru. Takové duny nazýváme **stěhovavé duny**, čili **písečné přesypy** (obr. 176). Zjistilo se, že pohyb písku v pouštních oblastech je až 15—20 km za rok. Tento pohyb je velmi nebezpečný, protože nemilosrdně zasypává všechno, co mu přijde do cesty, oázy v pouštích, přímořské lesy atd.

Písečné přesypy se tvoří i u nás v oblastech s navátými písky. Proti jejich zhoubnému účinku se člověk brání vysazováním trav, odolných keříků a borovic na povrchu písků, aby se zabránilo jejich pohybu.

Vzdálenost, na kterou vítr přepravuje jednotlivá zrnka, závisí na jejich velikosti. Větší ukládá dříve, menší, prachové částice zůstávají ve vzduchu dlouho, například popel ze sopek po jejich výbuchu.

Z nejmenších částic vznikají větrem naváté usazeniny, které nazýváme **spraše**. Seznámil ses s nimi v kapitole Svědectví věků (str. 120). Na území naší republiky vznikly vyvátím prachu z nánosů řek před čelem kontinentálního le-

dovce ve čtvrtohorách. Tvoří podloží nejúrodnějších černozemních půd v nížinách Povltaví, jižní Moravy, západního a jižního Slovenska. Největší rozšíření mají v Číně. Spraše tu dosahují až 1000 metrů šířky. Prach, z kterého vznikly, přivál vítr z pouště Gobi.

LED V POHYBU

Chladné polární oblasti a vrcholky vysokých hor zůstávají po celý rok královstvím sněhu a ledu. Myšlená linie, označující ve vysokých horách hranici, nad kterou se sníh stále udržuje, je **sněžná čára.** V Alpách se dnes nachází ve výškách 2400 a 3200 metrů. O tom, že v minulosti byla položena mnohem níž, o rozšíření království ledovců v minulých geologických dobách i na území naší republiky, o jejich rušivé, přenosné a tvořivé činnosti se dočteš na následujících řádcích.

Na strmých srázech vysokých pohoří čas od času a z různých příčin dochází k uvolnění sněhových mas. Neudrží se už na svahu a pod vlivem gravitace se dostávají do pohybu. Vznikají laviny. Mají obrovskou rychlost, smetou všechno, co se jim postaví do cesty. Často si vyžádají i oběti na lidských životech. Není to však jediný pohyb ledu a sněhu, který známe.

Sníh, který se hromadí v polárních krajinách a na vrcholcích hor, se postupně mění. Sněhové vločky (viz obr.) částečně tají, opětovně mrznou. Působí na ně tlak přibývajících vrstev sněhu. Spodní se mění na zrnitý sníh, který nazýváme **firn.** Jeho další přeměnou vzniká celistvý, průhledný modrozelený **ledovcový led.**

Pod hřebeny velehor přibýváním ledu vznikají horské ledovce. V polárních krajinách je rozloha ledových mas mnohem větší. Nazýváme ji **kontinentální ledovec.**

Pohyb ledovců je velmi pomalý. V dnešních alpských le

Ledovcový kotel — kar

dovců je to jen 3 až 200 m za rok. U horských ledovců uložených na strmých svazích si můžeme částečně vysvětlit tento pohyb zemskou gravitací. Těžší je hledat vysvětlení pohybu kontinentálních ledovců. Ty jsou často uloženy téměř na rovném povrchu. Zde ti pomůže příklad z kuchyně. Při pohybu ledovců má velký význam jejich narůstání na všechny strany, chovají se jako bochánek kynutého těsta na stole. Kromě toho se nejspodnější vrstvičky ledu postupně rozpouštějí. Vzniká úkaz, jako když dáš kousek másla na dno zahřáté pánve. Tím, že začne máslo tát, smýká se na všechny strany už při slabém naklonění pánve.

Horský ledovec se vytváří v horní části vysokohorských údolí anebo na plochých horských pláních. V této oblasti působí při utváření horského povrchu svou rušivou činností především mráz a pohybující se led, který unáší úlomky hornin. Jejich činností vznikají strmé skalní stěny až 1000 m vysoké, které půlkruhovitě uzavírají údolí, dno údolí je plo-

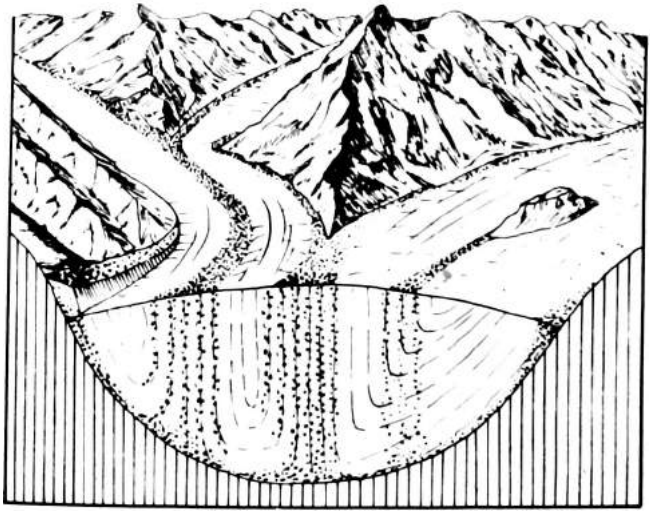
ché, po ústupu ledovce často vyplněné jezerem. Nazýváme ho **ledovcový kotel**, odborně **kar**. Takto vzniklo ve Vysokých Tatrách Velké Hincové pleso, Žabí pleso anebo Roháčská plesa.

Z ledovcového kotle se spouští ledovec v podobě **ledovcového jazyka** do údolí. Celou cestu údolím jej rozrývá a prohlubuje jeho dno ostrými úlomky hornin, které ledovec unáší na své spodní straně. Tímto způsobem ledovcový jazyk vytváří údolí s velmi typickým tvarem v průřezu podobnému písmenu U. Taková ledovcová údolí se nápadně odlišují od údolí horských bystřin, která se zařezávají do skalního podkladu a vytvářejí údolí v průřezu podobná písmenu V. Ledovcové údolí u nás je například Bělovodská dolina ve Vysokých Tatrách anebo Obří důl v Krkonoších.

Tak jako vzniká soutok potoků při vyústění dvou údolí, podobně dochází k spojení dvou ledovcových jazyků. Mohutnější, hlavní ledovcový jazyk způsobuje silnější erozi dna údolí než jazyk vedlejší. Ten unáší méně horninové drtě a kamenů na spodní straně, proto se i dno údolí prohlubuje méně. Po ústupu ledovců takto vznikla hlavní a vedlejší údolí, navzájem oddělená strmou skalní stěnou. Vedlejší údolí se nazývají podle své polohy **visutá údolí**. Dobrým příkladem je Malá Studená dolina ve Vysokých Tatrách.

Rušivou a přenosnou činností ledovec postupně eroduje (vyrovnává dno a svahy údolí). Působí celou svou hmotností. Na rozdíl od říčního údolí neukládá nánosy. V horninách skalního podkladu často nacházíme rýhy. Vznikly tak, že se do ledovce zamrzlé balvany a skály otíraly o dno údolí. Jejich směr určuje směr pohybu ledovce. Podobně jako o dno údolí, otírají se jednotlivé úlomky hornin i navzájem. Na jejich povrchu vzniká typické **rýhování**. Takové kameny se nazývají **souvky**. Zachovávají si původní tvar, jejich hrany jsou jen mírně zaoblené.

Nerovnoměrnou erozí dna ledovcového údolí se vytvářejí na některých místech prohlubeniny, které se po ústupu ledovce zaplňují vodou. Tak vznikají **ledovcová jezera**.



Průřez horským ledovcem

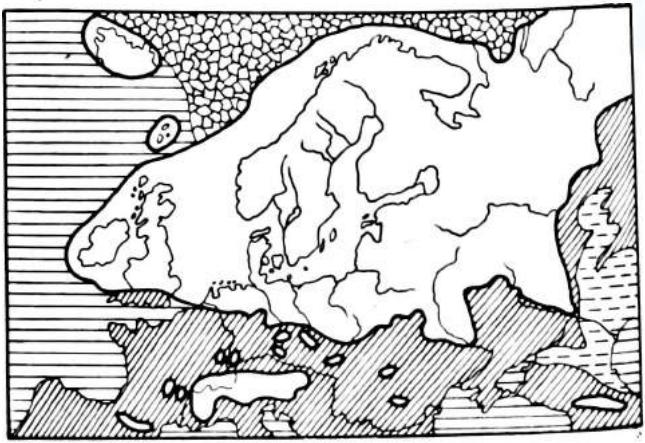
Ledovcový jazyk při své cestě musí překonávat různé překážky. Jeho pohyb se zpomaluje třením o dno a boky údolí. I když je led poměrně plastický, vznikají v ledovcovém jazyku a na jeho povrchu v důsledku napětí pukliny. Jimi se dostává do ledovce a na jeho dno voda a spolu s ní další úlomky hornin z okolních svahů. Voda si pod ledovcem vymílá své koryto. Unáší velké množství kalu, zrníček písku a úlomků hornin a vytéká ledovcovou branou zpod čela ledovce do údolí, kde se ledovec postupně rozpouští.

Na povrchu ledovce se hromadí kamenitá suť z okolních srázů. Některé úlomky zůstávají ležet na povrchu, část se jich dostává puklinami do vnitřku a na spodek. Kromě toho si ledovec sám „vylamuje" celé bloky hornin ze dna a z bo-

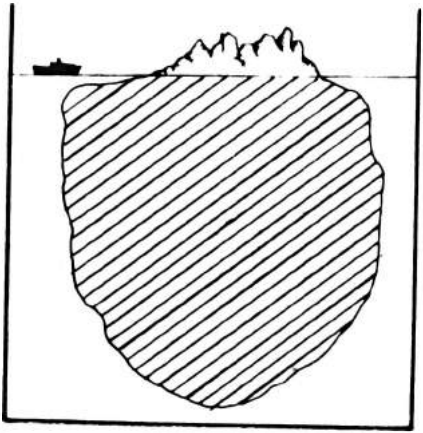
ků ledovcového údolí. Všechny zvětraliny, kamenitou suť i větší balvany, které ledovec přepravuje, nazýváme **morénami.**

Podle umístění na horském ledovci rozlišujeme **morény boční**, které se hromadí po bocích ledovcového jazyka, **morénu vnitřní** a **morénu spodní**, která se hromadí pod ledovcem. Zvláštní je moréna střední, která vznikla spojením bočních morén na styku dvou ledovcových jazyků.

Ledovcový jazyk má před svým čelem obloukovitý val usazenin, který nazýváme **čelní moréna**. Nejkrásnější příklad čelních morén na území naší republiky nacházíme v předpolí Tater. Jako příklad mohou sloužit i usazeniny morény před vstupem do Studené doliny, které končí nad Cestou



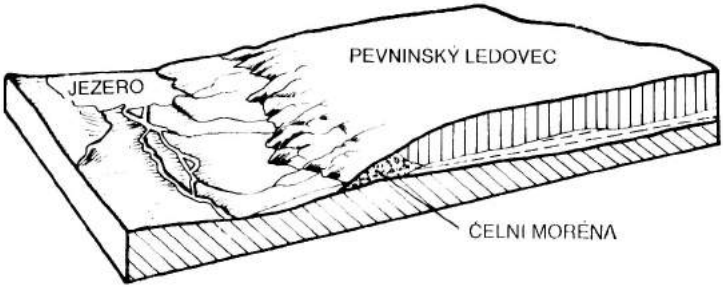
Rozsah pevninského ledovce ve čtvrtohorní Evropě



svobody. Jejich tloušťka je 100 metrů. Ještě tlustší jsou morény před Mengusovskou dolinou a Mlýnickou dolinou.

Na území naší republiky v okolí Opavy a Ostravy, nacházíme osamoceně ležící obrovské balvany, těžké až několik tun. Nazýváme je **bludné balvany.** Tvoří je červené žuly a jiné horniny, které dnes známe z území Finska a Švédska. K nám je dopravil pevninský ledovec — kontinentální ledovec. Ten se ve větší části severní Evropy rozprostíral ve čtvrtohorách. Odtud zasahoval až na naše území. O jeho postupu zůstalo na území severní Evropy mnoho důkazů jeho rušivé, přenosné a tvořivé činnosti. Jedním z důkazů jsou i bludné balvany.

Usazené horniny, které vznikly činností ledovce, nazýváme **till** a jsou-li zpevněné, **tilit**. Tvoří je netříděné velké i malé balvany, valouny a ostrohranné úlomky hornin, uložené v jemnější písčité anebo hlinité základní hmotě.



Pevninský ledovec

Pevninské ledovce dnes pokrývají povrch Antarktidy a Grónska. Jejich pohyb je mnohem pomalejší než pohyb horských ledovců. Na mořském břehu se ledovce trhají a lámou. Tak vznikají obrovské plovoucí ledové hory. Jejich tloušťka dosahuje často 300 až 400 metrů a jsou velkým nebezpečím pro plavidla, protože nad vodou vidíme jen osminu plovoucí kry. Jedna z takových ledových hor potopila i „nepotopitelný" Titanic.

Tloušťka pevninských ledovců dosahuje v Grónsku až 2900 m. Vytvářejí souvislou ledovou pokrývku na pevnině, z které jen místy vyčnívá skalní podloží. Takový ostrůvek skalního podloží nazýváme eskymáckým výrazem nunatak.

Pevninský ledovec modeluje povrch Země mnohem výrazněji než horské ledovce. Tento jev se děje na obrovské ploše, kde se ze zemského povrchu souvisle odstraňuje plášť zvětralin. Ty se potom hromadí v spodní moréně ledovce. Tvary povrchu Země jsou po jeho činnosti zaoblené. Tam, kde se vytvořily prohlubeniny, vznikají jezera. Tak po ústupu pevninského ledovce vzniklo i Ladožské a Oněžské jezero v SSSR. Na okraji pevninského ledovce se hromadí přepravované zvětraliny a úlomky hornin v podobě čelní morény. Podobně jako při horských ledovcích, i zde při tání

čela ledovce voda vynáší jemné a hrubé usazeniny. Tak vznikají podle velikosti zrna tříděné usazeniny říčně ledovcového původu. Jednotlivé náplavové kužele droboučkých výtoků z čela ledovce se spojují do souvislého pruhu, který se nazývá **sandr.** Důkazem ústupu čela ledovce v jednotlivých obdobích jsou ústupové čelní morény. Jsou široké až 8 km a silné často i 200 m.

Síla ledovcových uloženin v severní Evropě je velká. V Polsku představuje až několik stovek metrů a dá se říci, že bez tvořivé činnosti pevninského ledovce by velká část Polska a severního Německa ležela pod hladinou Baltského moře.

VĚČNÝ NEPOKOJ

Moře je kolébkou života na Zemi, je živitelem a příbytkem obrovského množství živočichů a rostlin. Je místem, kde vzniká velká část usazených hornin. V této největší prohlubenině na zemském povrchu se sbírá všechen materiál, který vzniká zvětráváním a erozí povrchu souší. Dopravuje ho sem tekoucí voda, ledovce a vítr. Z moře pochází většina vlhkosti vzduchu. Větry ji v podobě vodních par zanášejí nad pevniny. Moře ovlivňuje podnebí, je obrovským regulátorem teploty. Teplé mořské proudy umožňují život v severských krajinách, studené proudy ochlazují oblasti položené blíže k rovníku. Mnoho lidí se živí rybolovem. Moře je nevyčerpatelnou zásobárnou nerostných surovin rozpuštěných v jeho vodě anebo ukrytých na jeho dně. Moře je také hranicí mezi pevninami.

Světové moře je název pro vodu všech moří a oceánů na zemském povrchu. Podle velikosti a hloubky ho rozdělujeme na rozsáhlé oblasti velkých hloubek — Atlantský, Tichý

(Pacifický) a Indický oceán a okrajová a vnitropevninská moře (Epikontinentální a perikontinentální moře).

Mořská voda je slaná. Tuto její vlastnost odborně nazýváme salinita. Normální salinita je průměrně 35 g rozpuštěných solí na 1 litr vody. To je optimální salinita pro život mořských organismů. Výparem se zvyšuje obsah solí rozpuštěných v mořské vodě, což může vést za určitých podmínek k jejich krystalizaci. Voda se zvýšenou salinitou není vhodná pro život mořských organismů. O vzniku ložisek solných usazenin ses dočetl v kapitole Svědectví věků (str. 120).

Některá vnitropevninská moře, oddělená od světového moře, mají nižší obsah rozpuštěných solí, než má mořská voda průměrně obsahovat. Takto vyslazená voda se nazývá **brakická** mořská voda. K vyslanění dochází, když je přítok řek do moře větší než výpar. V brakických vodách žije menší množství druhů mořských živočichů a rostlin než ve vodách normálně slaných. Jako příklad brakických moří nám mohou sloužit dnešní Baltské a Černé moře. Normální slanost má například Středozemní moře a zvýšenou Mrtvé moře.

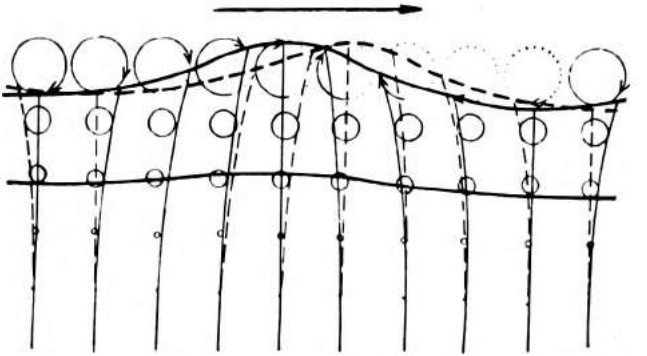
Pro život organismů je kromě slanosti důležité i okysličení, prosvětlení, teplota a čistota mořské vody. O těchto vlastnostech si ještě povíme v další části této kapitoly.

Přijdeš-li na mořské pobřeží v kteroukoliv hodinu, v kterýkoliv den, mořská voda není nikdy v klidu, bez pohybu.

Nárazy větru na mořskou hladinu vznikají **vlny**. Šíří se z otevřeného moře směrem k pobřeží. Síla vln závisí na síle větru a délce doby jeho trvání.

Jak vzniká vlnění? Jednotlivé částice vody se nárazem větru na vodní hladinu dostávají do kroužívého pohybu. Po opsání kruhové dráhy se vracejí zpět skoro na místo, odkud svůj pohyb začaly. Tento děj můžeme přirovnat k „vlnám" na obilném poli. Když zafouká vítr, jednotlivé klasy se rozvlní, ačkoliv zůstávají připoutané kořeny k zemi.

Vlny mají různou velikost. Od jemně zčeřené hladiny přes



normální vlny vysoké 2 m až po vlny, které vznikají v mořích a oceánech při bouřkách a dosahují výšky 8 m. Vlny, které vznikají vlivem podmořských zemětřesení, mohou dosahovat výšky 20 až 30 m. Nazýváme je japonským slovem **tsunami** a když se přiženou na osídlené mořské pobřeží, způsobují katastrofální škody.

Říkali jsme, že vlny vznikají na otevřeném moři a šíří se poháněny větrem k pobřeží. Na otevřeném moři je vzájemné tření jednotlivých částí vody téměř zanedbatelné. Jiná je situace, když vlna dosáhne pobřeží. Tu dochází ke zvýšení účinků tření o mořské dno. Krouživý pohyb částic se zpomaluje. Vlna roste do výšky a zkracuje se její délka. Vrchní část vlny, která se pohybuje rychleji, se začíná propadávat a zčeřuje se. Vzniká příboj. Na plochém, písčitém mořském pobřeží vybíhají příbojové vlny účinky větru na pobřeží. Tam, kde se jim postaví do cesty skalnaté útesy, mořské vlny se zdvíhají podél nich do výšky a tříští se na drobné kapky vody, které padají zpět na hladinu.

Složité přitažlivé síly Slunce, Měsíce a Země jsou příči-

nou pravidelného stoupání a klesání **mořské hladiny**. Tento pohyb nazýváme **vzdouvání mořské hladiny**, čili **příliv a odliv**.

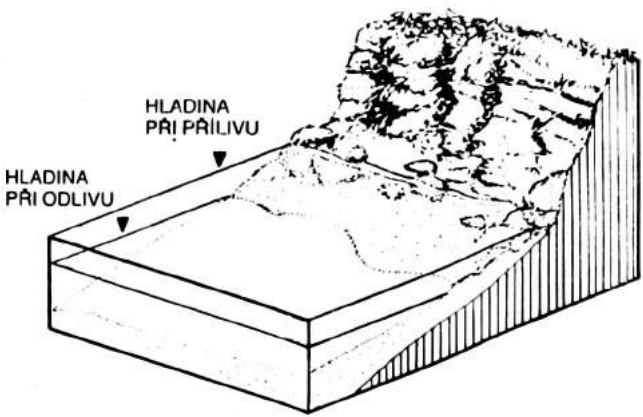
Příliv a odliv se na mořském pobřeží projevuje dvakrát za den. Nejmenší výškový rozdíl mezi hladinou vody při přílivu a odlivu je prakticky uprostřed oceánu, asi 0,5—2 m. Velmi výrazně se projevuje na členitém mořském pobřeží v zálivech a průlivech. Například na francouzském pobřeží v St. Malo dosahuje rozdíl mezi hladinami až 15 m, v oblasti lamanšského průlivu 5—12 m. Dnes se energie proudění vody při přílivu a odlivu začíná využívat v přílivových elektrárnách (St. Malo, u Murmaňska, další jsou ve výstavbě).

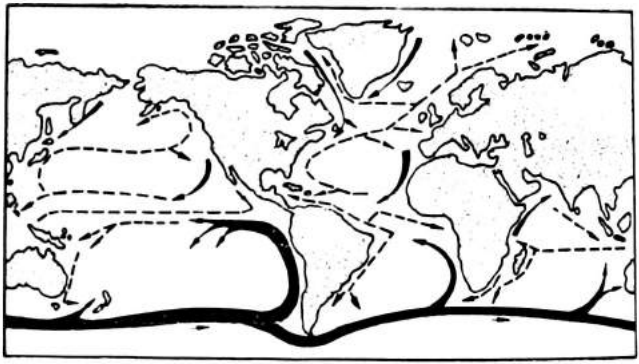
O proudění vzduchu, například v místnosti, ses učil v hodinách fyziky. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí od okna studený. Na podobném principu je založený i pohyb ohromných mořských vodních mas. Pohyb vody v mořích a oceánech nazýváme **mořské proudy**. Tečou mořem jako řeka v krajině. Jsou široké 20—1000 km. Jejich hloubka je na povrchu 100—200 metrů a rychlost pohybu vůči okolní hladině je 1,5 až 9 km/hod.

Účinkem stálých větrů, které mají různá jména, například **pasáty, monzuny**, a mají převládající západní směr, se dává do pohybu proudění na hladině moře na obou stranách rovníku. Jejich proudy se pohybují směrem od východu na zá-

pad. Mezi nimi se nachází rovníkový protiproud, který teče opačným směrem. Když se dostanou severorovníkový a jihorovníkový proud k východnímu okraji pevnin, rozdělí se a pokračují jeden na jih a druhý na sever podél okraje pevnin. Mají různé názvy podle oblastí, jimiž protékají, například Brazilský proud, Golfský proud a podobně. Voda těchto povrchových proudů je teplá, a proto málo okysličená. Není bohatá na organismy jako voda studených proudů. Studené proudy nahrazují úbytek vody způsobený teplými proudy, přičemž sledují zejména západní pobřeží pevnin, například Humboldtův proud. Tak se uzavírá cirkulace mořské vody **povrchovými proudy.**

Kromě povrchových proudů známe mnohem pomalejší pohyb mořské vody u dna oceánů. **Hlubokomořské proudy** se šíří z chladných polárních oblastí směrem k rovníku. Jejich směr se liší od směru povrchových proudů, které usměrňují převládající větry a částečně rotace Země.





STUDENÉ MOŘSKÉ PROUDY

TEPLÉ MOŘSKÉ PROUDY

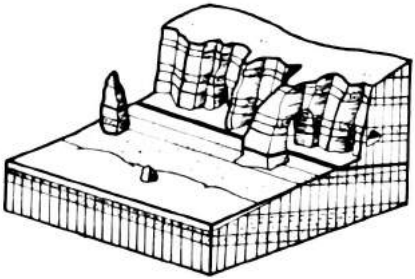
Spojení mezi hlubokomořskými a povrchovými proudy zajišťují **výstupné** a **sestupné mořské proudy**. Význam mořských proudů je obrovský. Jednak vyrovnávají teplotu, jednak jsou zdrojem obživy mořských živočichů a tedy regulátory jejich bohatého výskytu a rozšíření ve vodách moří a oceánů.

Mořské pobřeží je místo, kde se souš setkává s mořem. Někde ho tvoří strmé skalní útesy — **pobřežní sráz**. Na jiném místě se nacházejí ploché nánosy štěrku a písku, které nazýváme **pláž**.

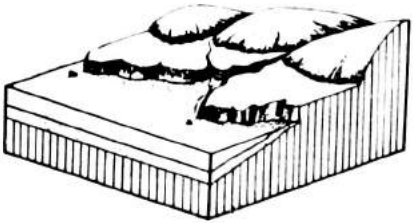
Skalnaté mořské pobřeží modeluje zejména rušivá činnost mořských vln — **příboj**. Vlny doslova vrhají proti pobřežním skalám zrníčka písku a drobných i větších kamínků. Podemílají mořské skály. O jejich gigantické síle v době zimních bouřek hovoří skutečnost, že vlny vytrhaly z pobřežních hrází až 15tunové balvany a vyplavily je na hřeb.

Ne všechny horniny jsou stejně odolné vůči účinkům rušivé činnosti mořské vody. Na povrchu skal vznikají různé

prohlubeniny, žebra, římsy a podobně. V úrovni hladiny voda vymílá nejprve drobné výklenky, převisy a dutiny. K jejich narůstání přispívá stlačený vzduch, který vlny nárazem vhánějí pod obrovským tlakem do puklin a pórů hornin. Dutiny se postupně mění na jeskyně a tunelovité útvary. V oblastech, kde pobřeží tvoří vápence, dochází k jejich rozpouštění v mořské vodě. Také se účinkem mořské vody rozkládají některé nerosty, například živce. Hornina zvětrává. Porušením stability se zhroutí horní klenba jeskyně. Vznikají ostré a strmé skalní stěny. Boční erozí mohou vzniknout útvary, které nazýváme brána, skalní pilíř-sloup atd.



Tvary skalnatého mořského pobřeží



Abrazní plošina

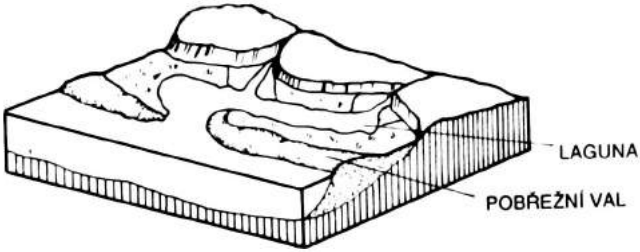
Stálým rozrušováním **pobřežního srázu** vniká moře do pevniny. Někdy je tato rychlost udivující — 0,5 m až 2 m za rok. Uvolněné zlomky hornin spolu se zrníčky písku přepravují vlny po dně do větších hloubek. Třením o sebe a o dno se opracovávají. Tento proces obrušování nazýváme **abraze**. Činností mořských vln, která je nejvýraznější na úrovni hladiny, a úlomky, které voda obsahuje, se postupně zarovnává mořské dno za ustupujícím pobřežním srázem. Vytváří se pobřežní terasa, odborně nazývaná **abrazní plošina** (terasa). Ústupem pobřežního zlomu se postupně vytváří ploché mořské pobřeží, abrazní terasa se zanáší usazeninami.

Od pobřeží se mořské dno sklání pod mírným úhlem asi do hloubky 200 m. Tuto oblast s dostatkem světla, provzdušněnou, a proto bohatou na organismy, nazýváme **pevninský okraj — šelf.**

Z hlediska geologie je šelf nejzajímavějším územím dna moří a oceánů. Většina usazených hornin, ať již úlomkovitých a jílovitých, anebo usazených hornin chemického a organogenního původu, vznikla v této oblasti. Dnes tyto horniny budují mnohá pásemná pohoří.

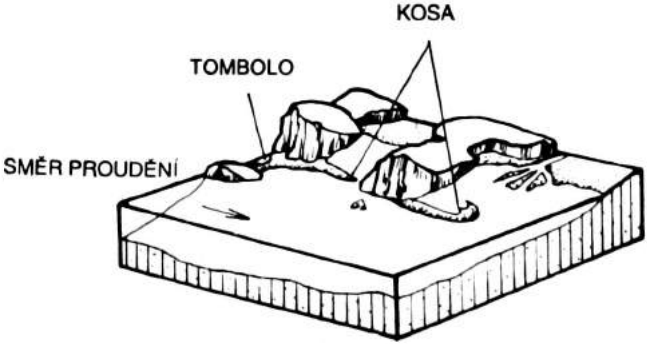
Úlomky hornin, zrníčka písku a jílu do oblasti šelfu přináší vítr a voda z pevniny, anebo vznikly přímo rozrušováním mořského pobřeží. Jednotlivé úlomky v mořských vlnách na sebe narážejí, rozpadávají se na menší částice, obrušují se třením o mořské dno a o sebe navzájem. Proudy mořské vody je přenášejí a třídí. Nejblíže k břehu se ukládají štěrky, dále písky a nejdále přepravuje voda jemné částečky jílu.

Na **plochém mořském pobřeží** hromadí nabíhající vlny na místě, kde se lámou, v určité vzdálenosti od břehu nánosy štěrku a písku. Takový nános nazýváme **pobřežní val.** Tvoří se nejdříve pod hladinou moře. Dalším usazováním štěrku a písku, který vlny nanášejí, val roste. Uplatňuje se tu činnost zpětných proudů, které vznikají při ústupu vlny a činnost proudění podél pobřeží. Nános se postupně vynořuje nad hladinu. Oddělený pruh moře nazýváme **laguna.**



Laguna se po určité době zanáší usazeninami. Tak vznikají pobřežní močály.

Když vlny nabíhají na pobřeží šikmo, vzniká silné proudění rovnoběžné s pobřežím. Jemné částice jílu a zrnka písku proudění unáší a postupně ukládá na místech, kde je voda klidnější. Taková situace nastává na členitém pobřeží s více zálivy. Pobřežní proudění unáší podél břehu jednoho zálivu zrnka písku, která se usazují v klidné vodě na jeho konci. Vytvářejí písečný násyp v pokračování vybíhající



části pobřeží, který směřuje k opačnému konci další zátoky. Takový útvar nazýváme **písečná kosa**, zátoce se říká **liman**. Příkladem jsou limany v oblasti ústí Visly u Gdaňska, Svěží liman a Kurský liman u Kaliningradu.

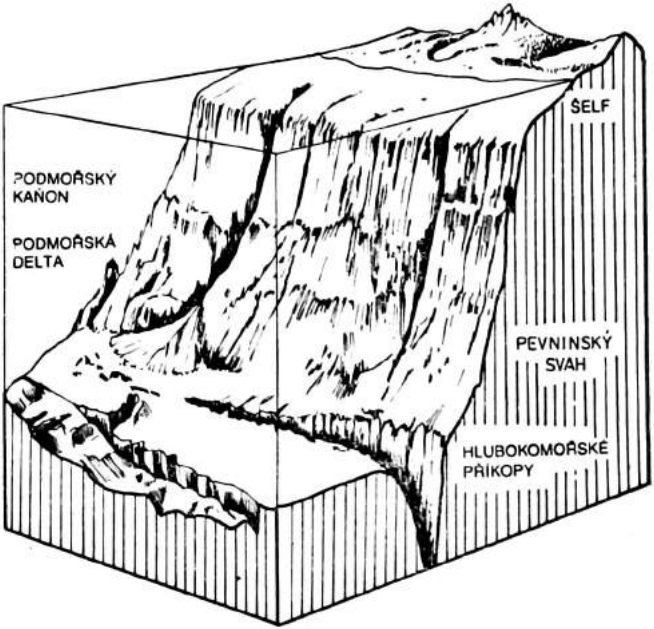
Zvláštním druhem písečného náspu, spojujícího ostrov nedaleko pobřeží s pobřežním, je **tombolo**. Příkladem je ostrov sv. Štefana v Jugoslávii.

Rozsáhlé nánosy tmavého bahna při ústí Vesery a Labe na pobřeží Severního moře, které se při odlivu vynořují nad hladiny, nazýváme **watty**.

Moře neustále působí rušivou i tvořivou činností. Přemisťuje obrovská množství usazenin. Proto není divu, že tam, kde se dnes nachází skalnatý poloostrov, bude se po nějaké době, samozřejmě, z hlediska geologie, nacházet písečná pláž. Vždyť už jen těch několik nejzákladnějších tvarů pobřeží, s kterými ses seznámil, dává tušit rozmanité formy a stádia jejich vývoje. Když při koupání v Černém moři zjistíš, že kousek od břehu, tam, kde se lámou vlny, je opět voda mělčí než tam, kde jsi do ní vstoupil, vzpomeň si na tuto kapitolu. Stojíš na zárodku pobřežního valu.

Na okraji šelfu se mírný sklon mořského dna začne prudce svažovat a klesá do velkých hloubek. Tuto oblast nazýváme pevninským svahem. Už z předcházející kapitoly Srážka kontinentů (str. 11) víš, že je to místo, kde končí pevninská kůra a začíná oceánská, tvořící dna oceánů.

Povrch pevninského svahu je rozbrázděný mnoha hlubokými podmořskými kaňony a údolími. Přes ně se přepravují usazeniny, které vznikly na šelfu **kalovými** a **turbiditními proudy**, do hlubokomořských oblastí. Turbiditní proudy vznikají, když se naruší soudržnost usazenin na okraji pevninského svahu. Jsou hlavním rušivým, přenosným a tvořivým činitelem této mořské oblasti. Mají obrovskou rychlost. Unášejí zvířené bahno a kal, písek, štěrk i větší úlomky hornin Strhávají s sebou, podobně jako laviny, všechno, co jim přijde do cesty. Na úpatí pevninského svahu se vytvářejí **náplavové, hlubokomořské deltové kužele**. Objevení existen-



ce a účinku turbiditních proudů rozluštilo záhadu společného výskytu hlubokomořských usazenin a štěrků a písků z mělkých vod v usazených horninách starších geologických útvarů.

Na okraji pevninského svahu a přilehlých částí oceánského dna vznikají převážně jemné usazeniny droboučkých částic jílu a jemné drtě a kalu organogenního původu, především ze schránek droboučkých mořských organismů. Do těchto usazenin čas od času zasahují hrubší písečné usazeniny, které sem dopravily turbiditní proudy. Podle barvy

a složení dělíme vznikající hlubokomořské bahno na modré, červené, zelené, černé a vápnité.

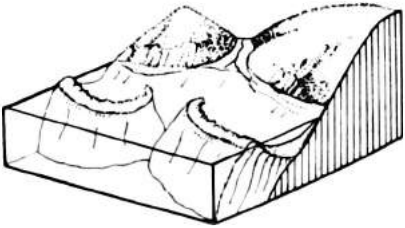
Oceánské dno se rozprostírá v hloubkách průměrně okolo 3800 m. Mylná by byla představa, že je rovné. Naopak, jeho povrch je rozdělený oceánskými hřbety a hlubokomořskými horami. Mezi nimi se nachází větší počet hlubokomořských pánví. O dalších tvarech, jako například o hlubokomořských příkopech, o podmořských vulkánech a podobně, jsme podrobně hovořili v kapitole Srážka kontinentů (str. 11).

Usazování na oceánském dnu v oblastech vzdálených od pobřeží probíhá velice pomalu. Význam těchto sedimentů, v porovnání s ostatními, je pro geologa téměř zanedbatelný. Velmi jemnozrnné usazeniny tvoří malé množství prachovitých částic jílových minerálů a schránky droboučkých mořských organismů žijících volně při hladině oceánů.

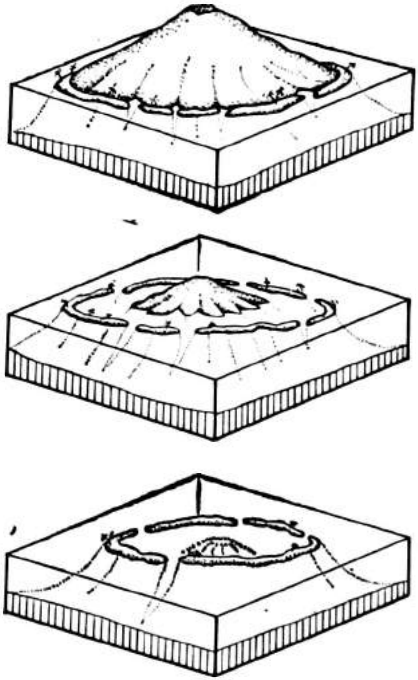
V hloubkách do 5000 metrů pokrývají dno oceánů vápnitá bahna. Ve větších hloubkách, kde dochází k rozpouštění uhličitarnu vápenatého ($CaCO_3$), se vyskytuje červený hlubinný jíl a křemitá bahna, která se na něj nanášejí.

Na závěr našeho seznámení se s mořem, jako jedním z činitelů vnějších geologických dějů, uvedeme příklady rušivé, přenosné a tvořivé činnosti mořských organismů.

Skály na mořském břehu jsou často rozrušovány přirostlými organismy. Nejznámější jsou houby a lasturnatci, kteří



Vznik atolu zánikem sopečného ostrova



se zavrtávají do vápencových skal pobřeží. Datlovka je hnědá lasturnatka prstovitého tvaru. Rozleptává, a tak chemicky rozrušuje skály chodbičkami, v kterých žije.

Přenosná činnost mořských organismů je velmi malá, téměř zanedbatelná. Obrovský význam má však jejich tvořivá činnost. Už ses mnohé dozvěděl o usazených horninách organogenního původu, které vznikly ze schránek a těl uhynulých mořských organismů. V tomto směru nezaostávají

ani živí živočichové. Seznámíme se proto s prací drobných stavitelů **korálových útesů** a korálových ostrovů.

Kolonie korálů — budoucí základ korálového útesu, který staví kromě korálů, především červené řasy a další mořské organismy, jako červi, měkkýši, ostnokožci, potřebují pro život teplotu vody 20—24 stupňů Celsia. Proto dnes nacházíme korálové útesy jen v tropických mořích. Voda musí být dobře provzdušněná, normálně slaná. V kalné a vyslazené vodě korály hynou. To je i důvod přerušení korálových útesů v oblasti ústí řek. Korály jsou schopné žít maximálně v hloubkách 30—40 m, kam proniká sluneční záření, nevyhnutelné pro život řas, které s nimi žijí v symbióze a dodávají jim kyslík.

Korálový útes začíná růst zpravidla na skalnatém dnu. Růst kolonie je velmi pomalý, několik mm až cm za rok. Rychleji narůstá strana útesu obrácená k moři. Je to proto, že voda tu obsahuje více kyslíku a potravy přicházející z otevřeného moře.

Podle polohy, kde začal růst korálového útesu, dnes rozeznáváme útesy, které vznikly přímo na skalnatém pobřeží, útesy vzdálené od pobřeží — **korálové bariéry** a korálové ostrovy v oceánech — **atoly.**

Jako dobrý příklad korálové bariéry poslouží velký bariérový útes u pobřeží Austrálie. Je vzdálený od pobřeží 40—80 km a sleduje ho v délce 2400 km.

Atoly jsou kruhovité ostrovy, které vznikly životní činností korálů. Mají v průměru od 5 m do 50 km. Uvnitř prstence, který tvoří vynořená část útesu, se nachází kruhovité jezero — **laguna.**

TAJEMSTVÍ STUDÁNEK

Hovořit o významu vody není opravdu třeba. Všichni si uvědomujeme její nutnost. Je samozřejmé, že když přijdeš domů a otočíš kohoutkem, teče z něho voda. Ale představ si tu pohromu, kdyby voda netekla třeba jen jeden den. Nedostatek vody by zastavil práci i v mnoha odvětvích národního hospodářství, která jsou závislá na zdrojích kvalitní vody. Jak delší čas nezaprší, začínají usychat rostliny. Bez jídla se dá nějaký čas vydržet, ale bez vody ne. Bez vody by život na Zemi nebyl možný. Už v předcházející kapitole jsme se seznámili s vodou na zemském povrchu. Byla to voda v potocích, v řekách, v ledovcích, voda v mořích a oceánech. Na první pohled by se zdálo, že vody je dost. Ale není tomu tak.

Ze dne na den narůstají požadavky lidí na kvalitní pitnou vodu. Její ohromná množství jsou potřebná v různých odvětvích průmyslu a zemědělství. Ve velkých průmyslových městech je spotřeba pitné vody až několik stovek litrů na osobu denně. Voda je nevyhnutelná zejména pro chod sociálních zařízení a podobně. Proto je jednou z důležitých úloh geologů objevovat nové zásoby kvalitní vody.

Přirozeným zdrojem kvalitní pitné vody jsou prameny. O jejich důležitosti pro lidi svědčí dodnes zachovávaný zvyk — otvírání studánek. Na mnoha místech u nás chlapci a děvčata vítají jaro i symbolickým čarováním a zaříkáváním pramenů. Čistí studánky od podzimního bláta a listí, zpěvem a tancem a říkankami se loučí s minulou zimou. Otvírají cestu novému jaru, otvírají studánky, zdroje nového života.

Pokusme se spolu nahlédnout do tajemství studánek, pochopit proč a kde vznikají, odkud se bere voda, vytékající z jejich pramenů.

Začneme vodou, která se vsakuje ze srážek na celém zem-

ském povrchu. **Vsakování** umožňuje pórovitost hornin, která tvoří mezery mezi jejich jednotlivými částicemi. Proto voda dobře prochází zvětralinami a usazenými horninami. Nejlépe propouštějí vodu sypké usazeniny, například štěrk nebo písek. Dobře propustné jsou i slepence nebo pískovce, pokud nejsou jejich póry úplně vyplněny tmelem. Voda lehce proniká usazeninami, jejichž valouny anebo zrna jsou velké a nepravidelné. Čím jsou zrna hornin menší, tím hůře propouštějí vodu. Tyto vlastnosti mají jíly a jílovité horniny. Jíly sice rychle nasávají určité množství vody, ale ta se váže mezi drobnými částečkami a tím zabraňuje pronikání další vody. Tak se vlastně jíly stávají pro vodu nepropustnými.

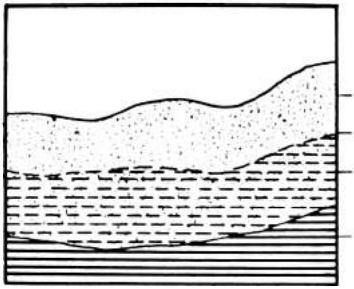
V jiných horninách vedou cestičky vody přes pukliny. Voda dobře prochází rozpukanými usazenými horninami. Rychle proniká puklinami vápenců anebo dolomitů, třebaže jsou v celistvosti pro vodu nepropustné. To samé platí o vyvřelých anebo přeměněných horninách, jinak pro vodu nepropustných.

Voda, která proniká póry nebo puklinami pod povrchem Země, klesá stále hlouběji, až narazí na **nepropustné horniny.** Zde se začne pomalu hromadit. Postupně vyplní do určité výšky všechny volné mezery mezi jednotlivými částicemi. V prohlubeninách nepropustného podloží se voda hromadí — vznikají jakési vodní nádrže — **rezervoáry podzemní vody.**

Pozor! Pod pojmem nádrž podzemní vody máme na mysli jen zvodněné vrstvy hornin, kde vody vyplňují mezerky mezi jednotlivými zrníčky horniny, tedy ne skutečné vodní nádrže, které vznikají v jeskynních prostorech, ukrytých pod povrchem Země.

Mezery v hornině jsou vyplněné podzemní vodou do určité výšky — **po hladinu podzemní vody**. Tato, na rozdíl od rovné vodní hladiny jezer nebo řek, není rovná, sleduje tvary zemského povrchu anebo struktury skalního podloží.

Podzemní voda kromě vsakujících se srážek vzniká i srá-



žením vodních par pod zemským povrchem a prosakováním vody z potoků, řek nebo jezer do svého okolí.

Dešťová a povrchová voda, která se dostává pod zemský povrch, obsahuje drobné částice pevných látek, kal a různé nečistoty. Po dobu putování pod povrchem se mechanicky čistí — **filtruje** — stává se čirou. Její původně nízký obsah solí se zvyšuje dalším rozpouštěním minerálních látek z okolí. Zvyšuje se **tvrdost podzemní vody.**

Dešťová a povrchová voda s nízkým obsahem rozpuštěných solí se nazývá měkká voda na rozdíl od pitné — podzemní vody, která je tvrdá. Tvrdost vody vyjadřujeme obsahem $CaCO_3$ anebo CaO v jednom litru vody. Jeden stupeň znamená deset miligramů na jeden litr. Měkké vody mají 7 stupňů až 8 stupňů, 10 stupňů a víc mají tvrdé vody, nad 25 stupňů jsou velmi tvrdé vody. Tvrdost vody můžeme odstranit převařením, anebo pokud ji způsobuje síran vápenatý $CaSO_4$, přidáním sody Na_2CO_3. Měkké vody se používají hlavně pro technické účely a v průmyslu. Zde je vysoký obsah minerálních látek škodlivý.

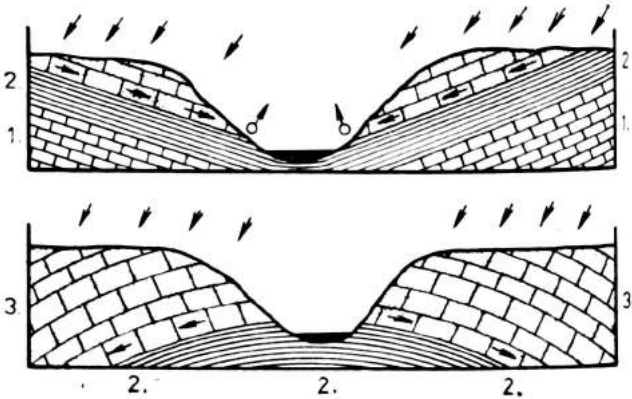
Nahromaděná podzemní voda nezůstává na místě. Už při nejmenším pohybu vzniká **proudění podzemní vody.** Jeho rychlost závisí na propustnosti hornin, tedy na velikosti

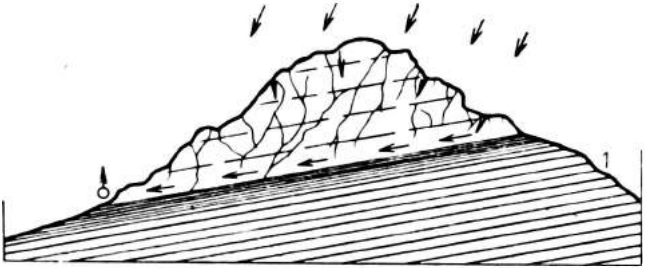
prostoru mezi jednotlivými zrníčky anebo na množství puklin. Pohybuje se od několika centimetrů až po několik set metrů za den.

Místo, kde podzemní voda proniká na povrch, nazýváme **pramen.** Nejčastěji je nacházíme na svazích kopců, nebo na dně dolin. Je to proto, že právě zde bývají propustné vrstvy přerušené rozrušováním — erozí. Podle toho, jakým způsobem se podzemní voda dostává na povrch, rozlišujeme prameny **sestupné přepadávají** nebo **výstupné.** Tyto pak podle stálosti dělíme na stálé nebo občasné. Občasné prameny, na rozdíl od stálých, vyvěrají jen v určitém období, bohatém na dostatek srážek.

Sestupné prameny

V nakloněných propustných vodonosných vrstvách podzemní voda proudí nad nepropustnou vrstvou ve směru jejího sklonu. Tam, kde je zemský povrch porušený erozí, například zářezem údolí, jsou propustné vrstvy porušené a

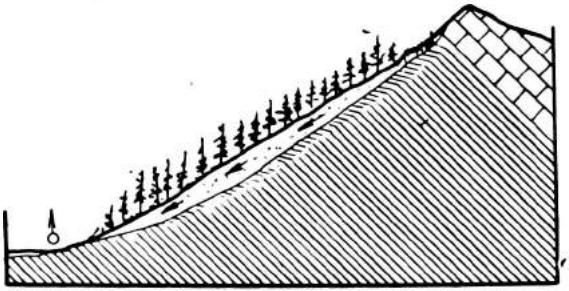




voda z nich vytéká v podobě pramenů. Tento druh pramenů nazýváme **vrstevní prameny.**

Tvoří-li strmý svah nepropustné horniny, voda protéká jen vrstvou sutě a suťových hlín. Vytéká v dolině v podobě **suťového pramenu.** Tyto prameny jsou velmi nestálé a v delších obdobích sucha vysychají. Jejich voda nebývá dostatečně čistá, nehodí se k pití.

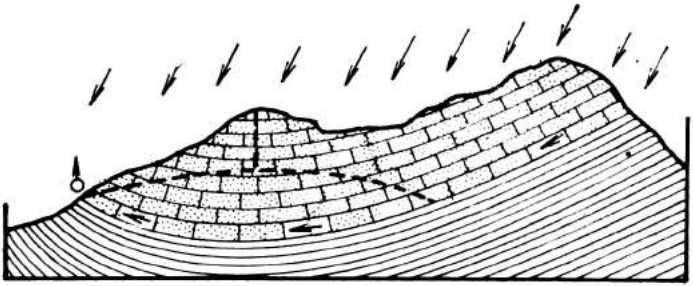
Smíšeným pramenem, nazýváme pramen, který vytéká v podobě suťového pramenu, ale napájí jej jiný pramen, přikrytý svahovými uloženinami.

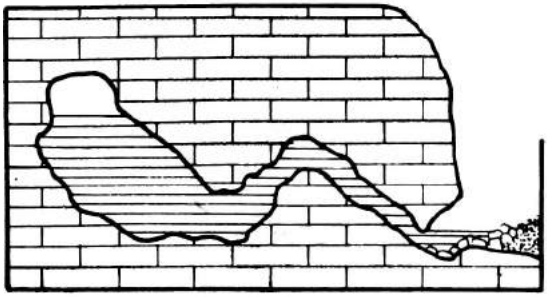


Suťový pramen

Přepadávající prameny

Mají-li nepropustné vrstvy na větším území pánvovitý tvar, shromažďuje se v nich podzemní voda. Když její hladina dosáhne jejich okraje, který vystupuje na zemský povrch, začíná voda přes něj přetékat, přepadávat. Jako příklad poslouží miska, do níž bys stále naléval vodu. Za chvíli bude voda téci přes její okraje. Takové prameny nazýváme přepadávající. Přepadávající prameny za sucha, když poklesne hladina podzemní vody, často vysychají. Mezi přepadávající prameny patří i prameny v krasových oblastech, nazýváme je **krasové prameny**. Může je napájet jen voda, občasně vytékající z nádrže anebo jezírka v jeskynních prostorách, a v tom případě jsou jen občasné, anebo to jsou vývěry podzemních vod, tak vydatné, že zásobují pramen po celý rok.

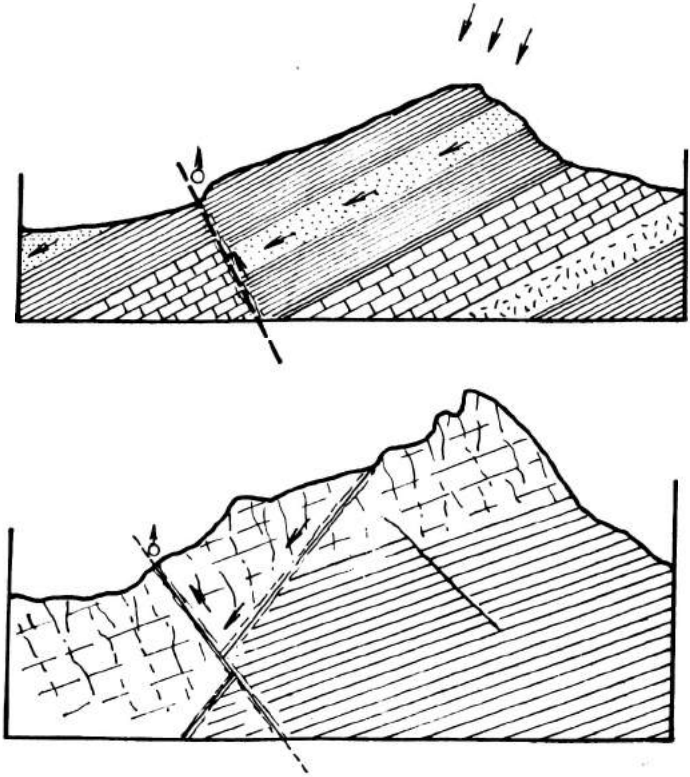




Krasový pramen

Výstupné prameny

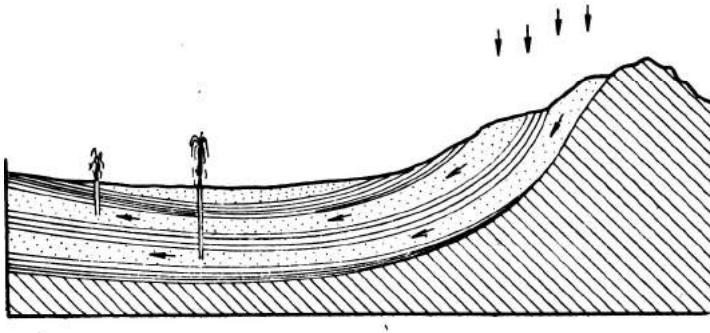
Jsou založené na principu spojených nádob. Většinou se skládají z delšího sběrného ramene a kratšího výstupného ramene. Takové prameny vznikají často na zlomech v horninách, rozrušených puklinami. Voda, která se dostává z povrchu do horniny, postupuje směrem dolů po puklinách. Zde se hromadí a stéká podél nakloněné zlomové plochy až do



Zlomové prameny

místa, kde je tato porušená jinou, strmě nakloněnou zlomovou plochou, směřující k povrchu. Podél tohoto zlomu potom vodu vytlačuje na zemský povrch nová přitékající voda. Tyto **prameny** nazýváme **zlomové.** Mírně nakloněné rameno zlomu a pukliny mohou být nahrazeny propustnou vrstvou, která končí na zlomu.

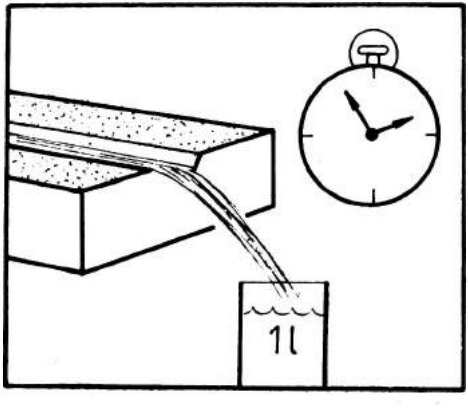
Do této skupiny pramenů patří i přirozené **artéské prameny.** Název **artéské podzemní vody** je přebrán z francouzštiny. Tyto prameny jsou dobrým zdrojem pitné vody v málo zavodněných oblastech. Takovými místy jsou například okraj Sahary, rozsáhlé oblasti v Mexiku, Austrálii nebo v severoamerických préríích. Na principu spojených nádob se tu voda vsakuje do propustných vrstev na povrchu ve větší vzdálenosti od místa výskytu artéských vod. Tuto oblast nazýváme zdrojová infiltrační oblast, odtud voda proudí propustnou vrstvou, přičemž jejímu úniku zabraňují nepropustné vrstvy v jejím nadloží i podloží. Tlak vody se v propustné vrstvě, odkud nemůže uniknout, zvětšuje, proto takovou vodu nazýváme vodou s napjatou vodní hladinou. Tlak vody je tím větší, čím větší je výškový rozdíl mezi sběrnou oblastí a místem výstupu vody. Artéská voda může vystupovat na povrch například po zlomu, častěji ji však lidé získávají kopáním nebo vrtáním artéských studní.

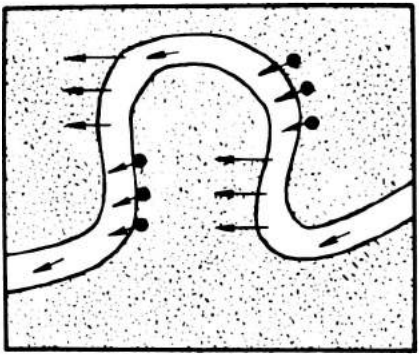


Na Slovensku jsou artéské vody známé z Pováží a jižního Slovenska. Zajímavý, střídavě vystupující artéský pramen, je gejzír v Herlanech, navrtaný do hloubky 400 m. Jeho síla v posledních letech klesá. V Čechách jsou artéské vody v oblasti české křídové tabule, kde se střídají polohy propustných pískovců s polohami nepropustných jílů a slínů. Z vydatných artéských pramenů mají vodu například města Poděbrady, Pečky, Pardubice, Chrudim, Hradec Králové apod. Z třetihorních usazenin poznáme artéské studně z okolí Brna, Prostějova a z Dolnomoravského úvalu.

Zásoby artéských vod nejsou nevyčerpatelné, a proto je třeba s nimi šetřit. Příkladem bezohledného zásahu člověka do přírody je vyčerpání artéských pramenů v Kalifornii v USA.

Prameny mají svou vydatnost, vytéká z nich různé množství vody. Geologové toto množství vody vyjadřují průtokem. Průtok pramene si lehce zjistíš sám. Budeš na to potřebovat nádobu se známým objemem a hodinky. Zahradíš pramínek tak, aby voda vytékala jen přes tenký žlábek. Potom si odměříš čas, za jaký se ti nádoba zaplnila vodou a průtok vody vyjádříš v litrech za sekundu.





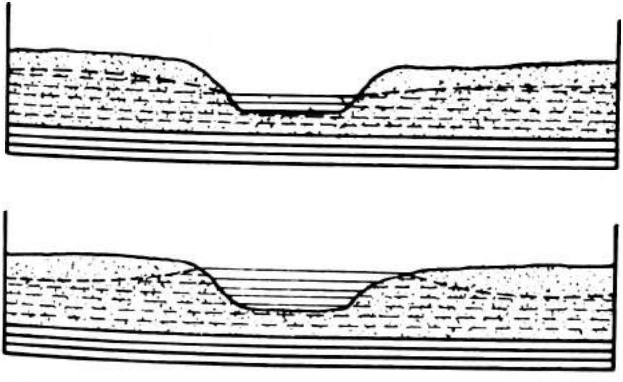
K podzemní vodě počítáme i vodu, která se dostává do náplavů v **okolí říčního koryta**. Protože náplavy jsou sypké a často hrubozrnné, například říční štěrk, proud podzemní vody přes něj je poměrně silný. Voda se tu dostatečně nepročistí, často se v ní udrží kromě roztoků i drobné částečky jílů. Na pití je vhodná až po úpravě. V místě, kde řeka vytváří zákruty, tam, kde voda naráží na břeh, voda vniká do náplavů anebo propustných hornin. Naopak, na druhé straně zase vytéká ve formě pramenů a vrací se do říčního koryta. Podobně reaguje hladina podzemní vody i na období vysokých a nízkých vodních stavů v řece. Při vysokém stavu proniká voda do náplavů, při nízkém stavu vody se z nich vrací zpět do řek.

Jako zdroj vody je nepoužitelná **skalní vlhkost**. Je to voda vázaná v malém množství v nejjemnějších pórech horniny. Nevytváří vodní hladinu. Skalní vlhkost nepropustných hornin však ulehčuje práci kameníkům. Po jejím odstranění či vyschnutí se skály špatně lámou a stávají se tvrdšími.

Jak jsme si již říkali, v městech se dostává voda do příbytků vodovodem. Získává se z pramenů nebo z artéských studní. Tam, kde je jí nedostatek, čerpá se z říčních náplavů. Říční voda se musí upravovat: čistit ve filtračních stanicích. Pro velkou Prahu je tato filtrační stanice v Podolí, v Bratislavě na Vodárenském okrese.

O podzemní vodě jsme si už povídali dost. Známe její cestičky pod povrchem, víme už jak pramení, jak ji najít. Ale jak bys asi odpověděl na otázku: Jaká má být vlastně pitná voda?

Dobrá pitná voda má mít stálou teplotu (7—11 stupňů Celsia). Chladnější voda škodí trávicímu ústrojí, teplejší nemá dobrou chuť. Její chuť má být lahodná. Tuto chuť způsobují roztoky, kterými se voda obohatila v době své podzemní cesty. Voda musí být čistá, bez mikroorganismů a choroboplodných zárodků, zejména bakterií. Některé dru-



Hladina podzemní vody v okolí říčního koryta při nízkém a vysokém stavu

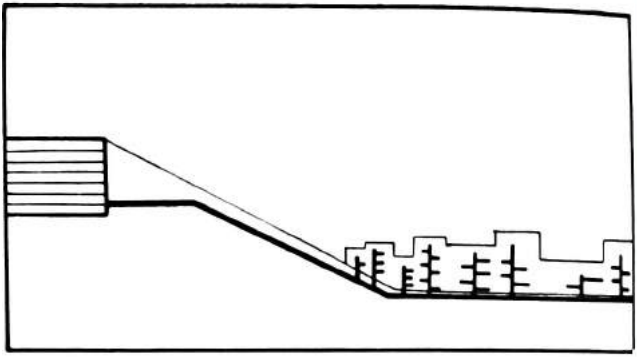


Schéma gravitačního vodovodu

hy mikroorganismů, žijící ve vodě pramenů, nejsou škodlivé, ale jiné mohou způsobovat řadu vážných onemocnění, například tyfus. Voda nesmí zapáchat. Zapáchá-li, je zcela jistě znečištěná.

Nezapomeň na zálesáckých 5 N o pitné vodě!

— neohřátá — studená
— nezkalená
— nepáchnoucí
— nepěnivá
— neochucená — bez chuti

Některé podzemní vody, s kterými ses určitě setkal, **minerální vody a kyselky** — obsahují zvýšené množství rozpuštěných solí, tedy více jak 1 g/l. Často jsou obohacené i různými plyny, může to být například oxid uhličitý (CO_2), sirovodík H_2S a podobně. Používají se buď jako stolové vody, anebo na léčebné účely. O jejich obsahu se dozvíš, když se podíváš na nálepku na láhvi. Podle jejich složení a původu rozlišujeme velké množství druhů.

Poměrně blízko pod povrchem Země vznikají rozpouštěním ložisek kamenné soli (NaCl) solanky. Poznáme je z okolí mladotřetihorních ložisek u Prešova, na východním Slovensku (Solivar). Podobně vznikají i minerální vody, které protékají mořskými usazenými horninami. Obohacují se tím o jód a bróm, například vody v Darkové nedaleko Karviné, anebo prameny u Fiľakova na Slovensku.

Přetéká-li podzemní voda přes horniny bohaté na sulfidy, tedy přes tufy, obohacují se o síran hořečnatý ($MgSO_4$) anebo síran sodný (Na_2SO_4). Tak vznikají i horské vody například Šaratice u Slavkova na Moravě, v Sokolníkách a podobně.

Z hlubších částí zemské kůry pocházejí minerální vody, často obohacené o kysličník uhličitý (CO_2), o kterých jsme hovořili v kapitole Po stopách pekla na Zemi (str. 96). Prameny těchto vod mohou být chladné nebo teplé. Nazýváme je **zřídla**.

Vznikají prosakováním dešťové vody do velkých hloubek, nejčastěji po zlomech, kde se jejich voda zahřívá v blízkosti chladnoucího podpovrchového magmatického tělesa. Teplá voda stoupá na povrch. Na své cestě se může mísit s chladnou vodou, anebo si svoji teplotu uchovává. (Termální prameny mají více jak 20 stupňů Celsia.)

Na území ČSSR je mimořádné množství různých typů zřídel a pramenů. V oblasti Českého masívu se zřídla minerálních vod počítají na stovky. Nejvýznamnější zřídla jsou v Krušných horách, v Karlových Varech, Františkových a Mariánských Lázních, v Bílině. Méně mineralizované vody jsou v Jáchymově a termální vody v Teplicích.

Zřídla kyselek se vyskytují v Doupovských horách a západní části Žatecké pánve. Další prameny kyselek jsou v Karlově Studánce, v Jánských Lázních a v Ondrašově. Na rozhraní Českého masívu a karpatské soustavy se nacházejí významná zřídla kyselek v Teplicích nad Bečvou, v Jeseníku nad Odrou a v Moštěnici.

Nejvydatnější zdroje minerálních vod na Slovensku jsou

v Západních Karpatech, kde jich evidujeme 1300. Jsou v Bojnicích, Lúčkách, Dudincích, v Liptovském Jáně, Kováčové, Sklených a Turčianských Teplicích, a jinde. V karpatské soustavě se vyskytují i mnohé termální zdroje vod. Mezi termální prameny počítáme zřídla v Piešťanech, Sklených Teplicích, Bánské Štiavnici, Kováčové, Bojnicích, Turčianských Teplicích, a jinde. Vyskytují se i v hlubokých vrtech v Podunajské nížině, v Dunajské Středě a Čalově.

Československo je zemí s mimořádně velkým bohatstvím přírodních léčivých a minerálních vod, které svou kvalitou často předstihnou i světoznámé minerální prameny.

GALÉRIE ZEMĚ

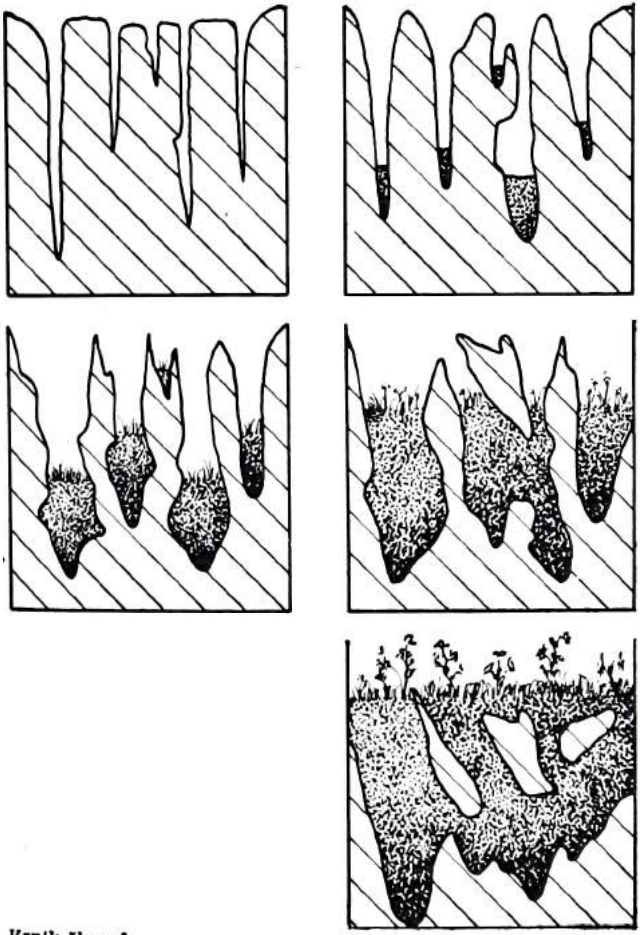
„Nacházíte se v Růžové galérii. Před vámi padá do Modrého jezírka kamenný vodopád. Jeho hladinu pokrývají kamenné listy leknínů a po dně jsou roztroušené perly. Na pravém břehu se tyčí červené pagody, vedle několik svícnů. Úplně vzadu zdobí stěnu záhyby kamenných záclon."

Nemýlíš se, je to hlas průvodce z některé jeskyně, kterou jsi navštívil.

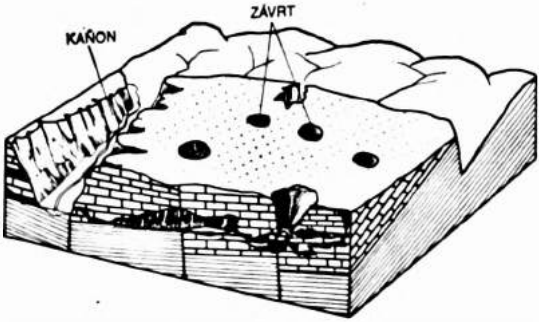
Tyto nádherné tvary jsou dílem vody, prosakující s povrchu v oblastech, kde jsou silné vrstvy vápenců. Podobné výtvory „modeluje" voda i v jiných snadno rozpustných horninách, například v dolomitu anebo v sádrovci. A nejen to. V podzemních prostorách, kde nevystoupí teplota nad 0 stupňů Celsia, vzniká ledová výzdoba.

Prosakující dešťová voda obohacená o oxid uhličitý (CO_2) rozpouští vápenec za vzniku hydrogenuhličitanu vápenatého $Ca(HCO_3)_2$. V oblastech budovaných vápenci se začíná výrazně měnit povrch krajiny. Takovou oblast nazýváme **kras.**

Na povrchu krasu se rozpouštěním vápenců vodou zvětšu-



Vznik škrapů



jí pukliny. Vznikají hřebínky a jiné nerovnosti, často ostré jako břitva. Říkáme jim **škrapy**. Někdy pokrývají rozsáhlé oblasti, tak vznikají **škrapová pole**. U nás jsou známá především z Pavlovských vrchů u Mikulova, z oblasti Slovenského krasu, ze Silické a Plešivecké planiny.

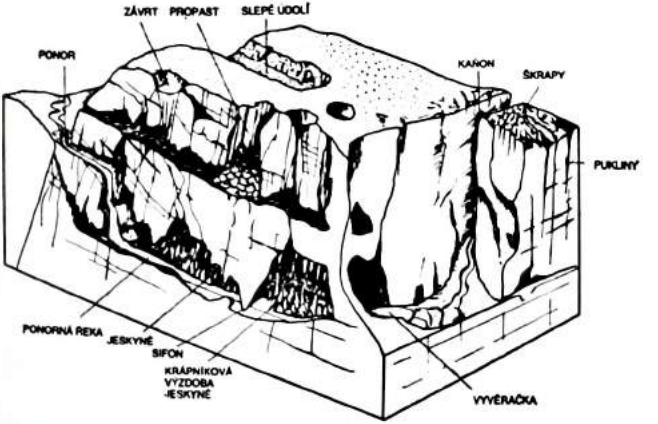
Na místě, kde si voda našla cestu pod povrch Země, se postupně začne vytvářet sníženina nálevkovitého tvaru, **závrt**, krasová jáma. Často tu dochází k porušení rozpukaného a dutinami proděravělého vápence, který se postupně sesedá a hroutí se. Závrt se prohlubuje. Známe malé závrty široké jen 1 metr, běžné jsou závrty široké 25 až 50 m, ale jsou známé i závrty až 100 m široké. Jejich množství na určité ploše je také různé, od jednoho dvou závrtů až po oblast, jakou je například Plešivecká planina, kde na 1 km^2 je až 20 závrtů.

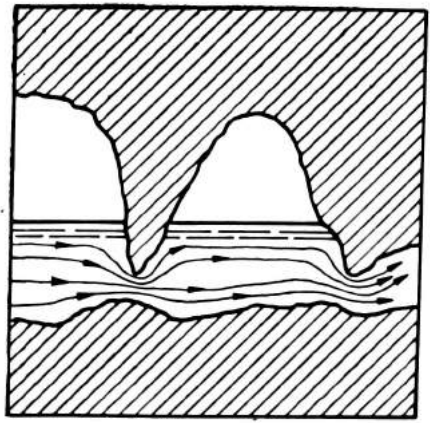
Řeky, které protékají krasovými oblastmi, se ostře zařezávají do krajiny. Jejich koryta vedou hlubokými zaklesnutými údolími, která se nazývají kaňony. Svahy kaňonů nemodeluje dešťový ron, neboť voda rychle mizí v puklinách vápenců. Na rozdíl od jiných údolí řek jsou stěny kaňonů vroubené strmými skalními srázy. Ve Slovenském krasu

jsou to například údolí řeky Slané, Štítníku, Zádielská a Hájská dolina, údolí Hornádu ve Slovenském ráji a jiné.

Stává se, že na některém místě potok či říčka najednou zmizí v útrobách vápencového tělesa. Takové řeky nazýváme ponorné řeky a místo, kde se ztrácejí s povrchu, ponor. Údolí, které je ukončeno ponorem, se nazývá slepá dolina anebo slepé údolí. V horní části má údolí normální tvar, v dolní části nad ponorem končí strmou skalní stěnou. U nás známe taková údolí ve Slovenském krasu. Je to dolina Červeného kamene u Silické Brezové anebo Ardovská dolina u Domici.

Údolí, v kterém se potok noří, ale které pokračuje dále se nazývá poloslepé údolí. Takovým je například údolí Sloupského potoka v Moravském krasu. Sloupský potok končí ponorem pod Hřebenáčem. Odtud pokračuje údolí Pustý žleb. Podobně i holštýnský potok Bílá voda končí v Rasovně a





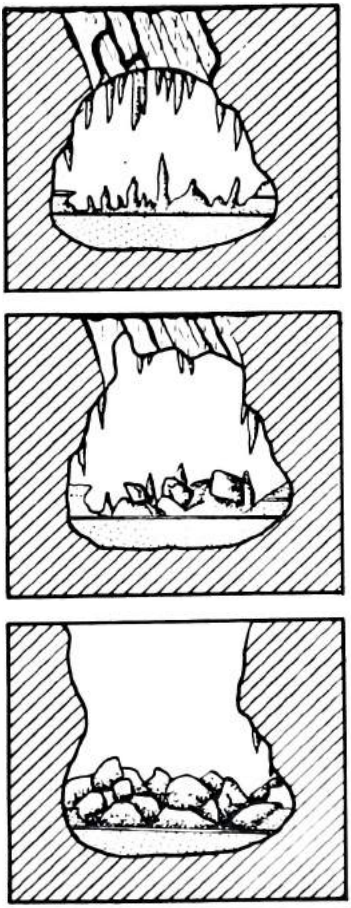
Sifon

za ním pokračuje údolí Suchý žleb. Za velkých dešťů anebo při tání sněhu protékají těmito údolími povodňové vody. Jinak jsou suchá.

Voda, která vniká do vápenců, si nejčastěji vyhledává cestičky po puklinách a zlomech. Okolí místa porušeného puklinami anebo zlomy se postupně rozpouští. Ve vápencovém tělese vznikají dutiny, které mají často značné rozměry. Říkáme jim **jeskyně**.

Při vzniku jeskyň spolupůsobí několik činitelů. Kromě rozpouštění vápence vodou je významné i hroucení jeskynních kleneb. Často se uvolňují obrovské balvany, které padají na dna jeskyň.

Když do dutin (jeskyň) vnikne ponorem povrchová voda, vytváří se v jeskynním prostoru podzemní koryto. Když voda s sebou unáší zrníčka písku a valouny, začne intenzívně rozrušovat jeskynní prostory, podobně jako voda potoků rozrušuje svoje dna a břehy. Podzemní voda proudí složitou spletí chodeb. Někde se nad ní nacházejí volné



Vznik krasové propasti

prostory, jinde protéká jako by potrubím celou chodbou. Vířivým pohybem vody vznikají na stropě chodeb útvary podobné obřím hrncům na dně horských bystřin. Nestejným způsobem rozrušováním vápenců (některé jsou odolnější, jiné méně), vznikají na stěnách chodeb žebrovité výstupky, nebo se klenba náhle sníží. Takové zúžení chodby, při vysoké hladině vody často zaplavené, nazýváme sifon.

Ponorným řekám, které se mění na **podzemní toky**, dávají jeskyňáři různá jména. Tak například holštýnský potok Bílá voda mizí v Rasovně v Moravském krasu jako ponorná říčka Punkva. Jeskyní Domica protéká řeka Styx.

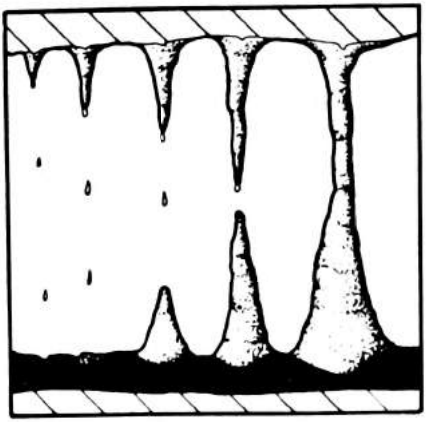
Sníží-li se hladina povrchové vody v okolí vápencového tělesa, podzemní tok si vytváří nové koryto v hlouběji položené části. Takto vzniká několik jeskynních poschodí nad sebou.

Místo, kde se podzemní řeka či potok objevuje na povrchu, nazýváme **vyvěračka**. V Slovenském krasu víme o více než třiceti vyvěračkách. Ponorná říčka ze Silické ledové jeskyně vytéká u obce Gombasek nedaleko Rožňavy, Styx u Aggteleku v Maďarsku, ponorné říčky z jeskynních soustav z okolí Silické Brezové se objevují na povrchu ve velké vyvěrače u obce Kečov atd. V Moravském krasu jedovický potok mizí pod kopcem Jedovicou a vyvěrá pod Býčí skálou. Říčka Punkva vyvěrá v Pustém žlebu.

Postupem času se rušivou činností vody klenba jeskyně zvětší a zeslabí natolik, že se zřítí. Tak vznikají komíny a krasové propasti. Komín je úzká svislá chodba, která spojuje jeskyni s povrchem. Komíny často vyplňují mladší nánosy. Jsou známé ze všech krasových oblastí. (Jsou-li vyplněné usazeninami, často obsahují důležité zkamenělé zbytky čtvrtohorních obratlovců.)

Propasti mají mnohem větší rozměr. Například propast Brázda na Silické planině je hluboká 180 m, propast Zvonice na Plešivecké planině 110 m, propast Macocha v Moravském krasu 138 m.

Pro krasové oblasti jsou charakteristická i rozlehlá údo-



lí, ohraničená strmými skalními stěnami. Nazýváme je **polje**. Některá jsou zamokřena jen v období dešťů, z jiných se stala jezera. Známe je zejména z krasových oblastí Jugoslávie, například Mostarská polje anebo Ochridské a Skadarské jezero.

Vraťme se k jeskyním, jejichž krása nás tak udivuje. Víme, že jejich krápníková výzdoba vzniká vysrážením vápence ($CaCO_3$) z hydrogenuhličitanu vápenatého $Ca(HCO_3)_2$ obsaženého ve vodě. Známe však i jeskyně aragonitové, dolomitové, sádrovcové a jiné. Voda, která protéká puklinami, odkapává z klenby jeskyně. Na tomto místě se začíná okolo kapky srážet vápenec, který narůstá ve směru odkapávající vody. Vzniká zárodek vápencového „rampouchu", který nazýváme brčko. Název dostal od dutiny v středu kapky, kterou protéká voda. Postupně se dutina zaplní a začíná se vytvářet velký krápník, který nazýváme **stalaktit.**

Tam, kde voda dopadá na dno jeskyně, se postupně začne

vytvářet nános vápence rostoucí do výšky. V jeho horní části často nacházíme drobnou prohlubinku od dopadající vody. Takový krápník rostoucí zdola nahoru se nazývá **stalagmit.** Když doroste ke klenbě jeskyně anebo se spojí se stalaktitem rostoucím z klenby, vznikne **stalagnat.** Stalagnat má sloupcovitý tvar a spojuje klenbu jeskyně s jejím dnem.

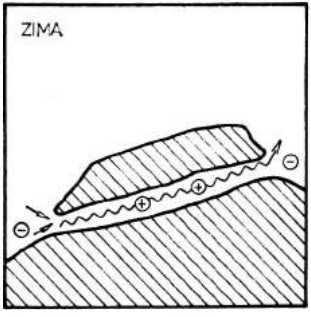
Krápníková výzdoba jeskyně roste velmi dlouho, podle některých odhadů roste stalaktit dlouhý 2,5 m až 3800 let. Proto, když budeš procházet prostorami jeskyně, dbej pokynů průvodců, abys nic nepoškodil. Z jeskyně si můžeš odnést jen fotografie a nákresy v zápisníku.

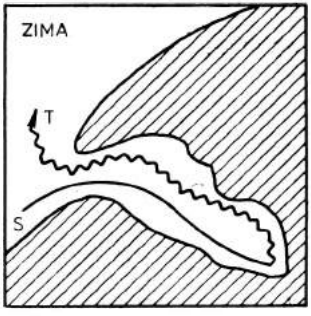
Na stěnách jeskyní se vytvářejí i vápencové povlaky — **sintry,** nejrozmanitějších tvarů. Podobně jako na hladinách podzemních jezírek vytvářejí sintry plotýnky, podobající se listům leknínu. Vápenec, který se sráží okolo zrníček písku, vytváří jeskynní perly. Jeskynních útvarů je celá řada. Pokud se o ně zajímáš vážněji, a právě jeskyně se staly tvým koníčkem, je u nás dost literatury, zabývající se touto problematikou.

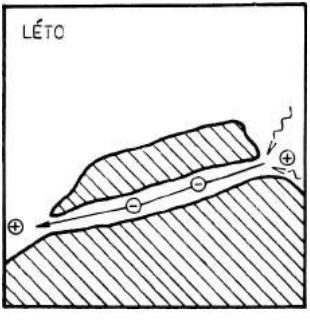
V jeskyních je důležitá i cirkulace vzduchu. Zjednodušeně poznáváme dva druhy jeskyní. Jeden typ jeskyně má dva hlavní otvory, druhý jen jeden. V jeskyních, které mají dva otvory, přičemž je jeden položený výš a druhý níže, uniká v zimě teplý vzduch horním otvorem ven z jeskyně a na jeho místo se dolním otvorem tlačí chladný vzduch. V létě je tomu naopak. Přes horní otvor se dostává do jeskyně teplý vzduch a těžší, chladný uniká spodním otvorem z jeskyně.

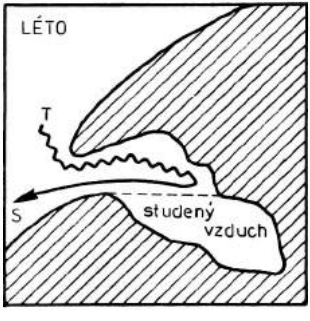
Má-li jeskyně jen jeden otvor a její prostory od něho klesají do hloubky, chladný vzduch se v jeskyni nevyměňuje. Tak se vytvářejí podmínky k udržení ledu. Vznikají ledové jeskyně s bohatou krápníkovou výzdobou, jejichž dno, jako například v Dobšínské ledové jeskyni, je pokryté až 20 m silnou vrstvou ledu. Z dalších můžeme uvést Silickou ledovou jeskyni anebo Demänovskou ledovou jeskyni.

Aragonitové jeskyně jsou u nás například Zbrašovské jes-









kyně u Teplic nad Bečvou nebo Ochotinská aragonitová jeskyně u Rožňavy.

Závěrem alespoň některé typy k návštěvě jeskyní: V Čechách jsou to jeskyně na Zlatém koni u Koněprus, jeskyně nedaleko Srbska, Chýnovská jeskyně u Tábora. Na Moravě v oblasti Moravského krasu jsou Sloupská punkevní, Kateřinská, Ostrovská, Císařská, Kůlna, Výpustek, Pekárna, Ochozská jeskyně a propast Macocha. Na Drahanské vysočině to jsou jeskyně: Mladečská, dále při Javoříčku, Svěcená díra, Zkamenělý zámek anebo Ludmírova jeskyně u Průcho-

dic. Na Slovensku to jsou Demänovská jeskyně v Nízkých Tatrách, Važecká jeskyně u Vážce, Bellanská jeskyně ve Vysokých Tatrách, Harmanecká jeskyně Izbica ve Velké Fatře, jeskyně Driny v Malých Karpatech, z oblasti Slovenského ráje je to Dobšinská ledová jeskyně, ze Slovenského krasu Jasovská jeskyně, Gombasecká jeskyně, Silická jeskyně, Domica a tak dále.

Člověk už od pradávna jeskyně nejen obdivoval, ale také v nich hledával útočiště. Dosvědčuje to právě poslední z jmenovaných jeskyň, Domica. Už před 5000 lety tu bylo sídlo neolitického člověka. Dnes po něm nacházíme v Posvátné chodbě jeskyně uhlové kresby, které tu zanechal neznámý malíř dávno minulých let.

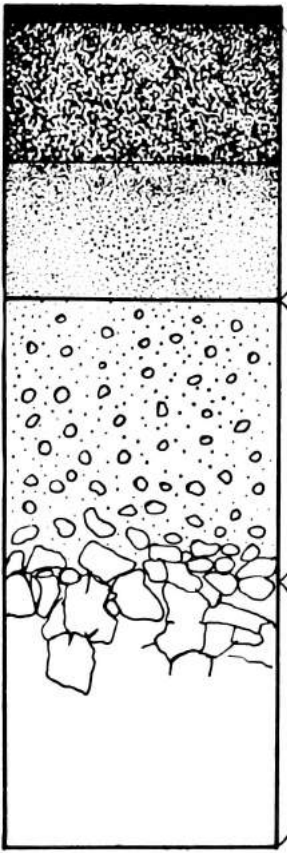
ZÁKLAD ZELENÉHO KRÁLOVSTVÍ

Půda je důležitou složkou prostředí, ve kterém žijeme. Je především živitelkou rostlin. Rostliny přijímají listy ze vzduchu oxid uhličitý (CO_2), kořeny z půdy vodu a v ní rozpuštěné soli — živiny. Tyto anorgatické látky se v složitých procesech přeměňují za spolupůsobení slunečního záření fotosyntézou na organické látky. Rostliny jsou ve své výživě soběstačné a zároveň jsou zdrojem obživy dalších organismů, zejména živočichů. Pro člověka je proto půda, tento základ zeleného království, neodmyslitelná zvláště v zemědělství a lesnictví.
Jak půda vzniká a z čeho se skládá?

V puklině na povrchu skal se uchytí nenáročný trs lišejníků nebo mechu. Rostlinky malými kořínky postupně rozrušují skálu a rozšiřují v ní puklinu. Zabraňují odplavení drobných zrníček zvětralin, které se tu začnou hromadit. Po odumření části těl lišejníků anebo mechu se zvětralina obohacuje o organické látky, které vznikají ze spoluúčasti ještě drobnějších organismů — bakterií. Dešťová voda sice některé látky odplaví, ale další splavené z okolí obohacují původní zvětralinu o živiny. Takto tito první průkopníci života připraví podmínky na uchycení dalších rostlin, které už potřebují ke své existenci alespoň kousek půdy. Chomáček rostlin s dalšími přikryjí holý povrch skal.

Všude na povrchu země dochází ke složité přeměně zvětralin na půdu. Tuto činnost nazýváme **půdotvorný proces.** Mezi zvětráváním a tvorbou půd není ostrá hranice a oba děje většinou probíhají současně. Tak jako na povrchu skal, začíná i život na štěrkovém nánosu řeky anebo na sutinách horských svahů, o čemž se můžeš lehce přesvědčit vlastním pozorováním. Zvětraliny se postupně obohacují o odumřelé zbytky organismů. **Rozpadem organických látek** za spolu-

PŮDNÍ HORIZONT



působení bakterií se vytvářejí huminové látky, které jsou hlavní součástí **humusu**. Chemickým zvětráváním vznikají nové druhy nerostů — **jílové nerosty**. Do **roztoků** se dostávají rozpustné látky, které se stávají součástí vsakující dešťové vody a postupně se přemisťují do spodnějších částí zvětralin. Jsou to zejména sloučeniny železa a hliníku, soli obsahující sodík, draslík, vápník a kyselinu křemičitou.

Vzniklá **půda** — složitý přírodní útvar, jehož neoddělitelnou součástí, kromě neživých částí, jsou organismy. Bez nich by půda nemohla vznikat ani existovat. Svým složením a vlastnostmi prozrazuje prostředí, v kterém vzniká.

Půda se skládá z pevné, tekuté a plynné části. Pozorně si prohlédni hrudku půdy: je vlhká a pórovitá.

Pevnou část půdy tvoří zejména zvětraliny původní mateřské horniny, v našich půdách až 90 %, drobné úlomky hornin, zrnéčka původních a chemickým zvětráváním vzniklých nerostů. Dále ji tvoří organické látky ve formě humusu a půdní organismy.

Při zvětrávání hornin vznikají zvětraliny různé zrnitosti. Postupně se mění na půdu, v které zůstává zachovaná velikost části jejího nerostného bohatství. Hovoříme o **zrnitosti půdy**. Zrnitost tedy závisí na původní mateřské hornině, na které půda vzniká. Na jílovitých horninách, které tvoří jíly, břidlice, anebo vápence s vysokým obsahem jílové příměsi, budou vznikat **jílovité půdy**, v kterých převládají drobné, prostým okem neviditelné jílovité částice (do 0,01 mm) a zrnka prachu. Na zrnitých horninách, jako jsou žuly, pískovce, ruly a tak dále, se budou tvořit **hlinité** a často písčité půdy s převahou částic písku (0,1—2 mm). Tam, kde se vyskytují silně rozpadavé horniny, jako například vápenec anebo štěrky a slepence, vznikají **štěrkové** a **kamenité půdy** s velikostí částic nad 2 mm. Tyto největší částice nazýváme drť anebo **půdní skelet**. Podle jeho obsahu rozlišujeme štěrkovitou půdu (20—50 % drtě) a kamenitou půdu (více než 50 % drtě).

Jílovité půdy jsou, vzhledem na velký obsah drobných

částic, poměrně celistvé, špatně propouštějí vodu, jsou málo provzdušněné a náchylné na zamokření. Těžko se obrábějí, a proto je nazýváme **těžké půdy** na rozdíl od písčitých, které nazýváme **půdy lehké**. Hlinité půdy představují skupinu **středně těžkých půd.**

Seskupení a prostorové uspořádání jednotlivých nerostných a organických částic půdy do větších celků vytváří **strukturu půdy.** Půdy mohou být například celistvé, hrudkovité anebo hrudovité, lístkově se rozpadající anebo spojené do hranolovitých útvarů a podobně. Strukturu půdy ovlivňuje množství mezer mezi jejími částicemi. Mezery nazýváme **póry.** Na **pórovitosti půdy** závisí obsah vody a vzduchu v půdě a jejich cirkulace. Proto pórovitost ovlivňuje obsah živin, život půdních organismů a jiné.

Největší je struktura půd při hrudkách o velikosti 2 mm. Taková půda lehce propouští a zachytává vodu. Umožňuje se dobrá výměna vzduchu, což je nevyhnutelné pro život půdních organismů. I rostliny v takové půdě mají dostatečný přísun živin. Obděláváním půdy v nevhodné době, například v létě za velikého sucha, se může vytvořit struktura velkých hrud, které se musí uměle rozbíjet. Proto zemědělci ořou půdu na podzim. Led, který se v půdě v zimě vytvoří, má větší objem než voda a rozšiřuje póry v půdě. Z jara, po roztátí ledu, půda zkypří. Nepříznivou celistvou strukturu mají **slance, pseudogleje** a **podzoly**. O těchto typech půd se dočteš dále. Nejpříznivější strukturu má u nás **černozem, hnědozem, rendzinovité půdy, hnědé půdy, lužní** a **nivní půdy.**

Z odumřelých těl rostlin a živočichů za spolupůsobení bakterií vznikají v půdě složitými procesy organické látky, které jsou součástí humusu (z latinského slova humus – půda). A nakonec do pevné části půdy zařazujeme i živé organismy.

Půdní organismy se odborně nazývají **edafon.** Patří sem všichni živočichové a rostliny, kteří úplně anebo částečně žijí v půdě. Obsah živin v půdě ovlivňují drobné, prostým

okem neviditelné organismy, které způsobují rozklad a přeměnu látek. Žijí v pórech zaplněných vodou anebo vzduchem. Kromě toho, že rozkládají a přeměňují organickou hmotu na humus, mají některé z nich i další vlastnosti. Bakterie, žijící zejména v kořenech bobovitých rostlin, jsou například schopné vázat a přeměňovat vzdušný dusík na dusíkaté látky, potřebné k výživě rostlin. O jejich významu svědčí skutečnost, že 1 ha pole za 1 rok zachytí ze vzduchu až 10 kg dusíku, proto zemědělci často zařazují při stří-

dání osevních ploch výsadbu bobovitých rostlin (str. 273), aby zvýšili úrodnost půdy. O tom, jaké množství bakterií žije v půdě, si můžeš udělat představu ze zjištění, že v 1 gramu dostatečně provzdušněné a vlhké černozemě žije až 5 miliard bakterií.

Na život je nejbohatší horní, 5 až 10 cm silná vrstva půdy. I ty ses už setkal s jejími obyvateli, jako jsou stonožky, dešťovky, různí roztoči, hmyz či jeho larvy. Nejužitečnější činnost vykonávají dešťovky. Živí se organickými zbytky, zejména zahnívajícími částmi rostlin, které přijímají spolu s půdou. Ve svém nitru směšují nestrávené zbytky potravy s nerostnými částicemi. Hmota, kterou vylučuji, je dokonale rozdrcená a promíchaná. Touto svou životní činností půdu kypří, a tím ji provzdušňují. Podobně kypří a provzdušňují půdu i větší živočichové jako krtek, sysel, hraboš anebo polní myš.

V pórech mezi jednotlivými pevnými částmi půdy se nachází voda anebo vzduch. Tvoří **tekutou** a **plynnou část půdy.**

Půdní vlhkost (půdní voda) je všechna voda, která se dostala do půdy ve formě srážek, vlhkosti vzduchu anebo kapilárním zdvihem z podzemní vody. Už v předcházející části jsi četl, jaký význam má pórovitost půdy pro pohyb vody a vzduchu v ní. Když mají póry malé rozměry (0,1 až 0,001 mm), způsobují pohyb vody směrem k zemskému povrchu čili kapilární zdvih a pevněji vážou vodu v půdě. Přes póry větších rozměrů proniká dešťová voda směrem dolů ve směru gravitace, do hlubších částí. Zároveň přes větší póry se vymění vzduch v půdě.

Voda, která se v půdě vyskytuje, obsahuje rozpuštěné nerostné a organické látky, anebo jsou v ní rozptýlené ve formě velmi malých částic (pod 0,1 mm). Takto obohacenou vodu potom nazýváme **půdním roztokem.** Při změně jeho koncentrace dochází v půdě k vysrážení nerostných látek, vznikají novotvary. Vzpomeň si na kapitolu o usazených horninách. Tak vznikají ve vápenitých půdách na spraších

rampouchy, uhličitan vápenatý $CaCO_3$ nebo rezavé povlaky oxidů železa.

Kromě vody vázané ve sloučeninách, vody kapilární, gravitační (voda pohybující se směrem dolů), vodních par, ledu a podobně, působí na vývoj půdy i podzemní voda. Je-li podzemní voda blízko pod povrchem, hromadí se v souvislé hladině ve všech pórech půdy. Půda se začne obohacovat o určité látky (glejový proces) a dochází ke změnám, které zhoršují její vlastnosti. Vytvářejí se podmínky k růstu vlhkomilných a močálových rostlin. U nás se setkáváme s tímto typem půd především v nížinách, kde je vysoká hladina podzemní vody.

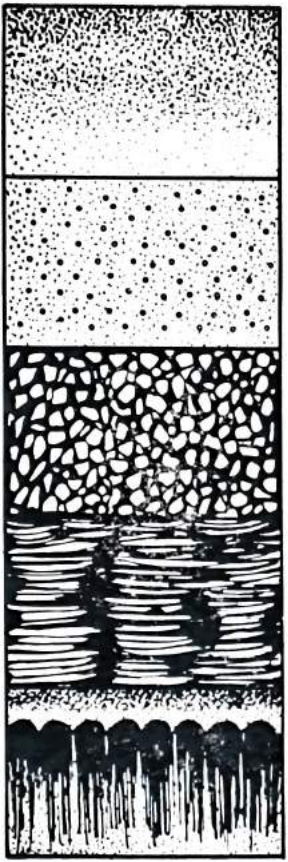
Půdní vzduch vyplní póry, v kterých není voda. Vzdor tomu, že je ve stálém spojení s atmosférickým vzduchem, obohacuje se více oxidem uhličitým (CO_2) a méně kyslíkem (O_2). Někdy se v půdě hromadí i plyny, které vznikly rozkladem organických látek v půdě, například čpavek. Vlhkost půdního vzduchu je velká, nad 95 %. Provzdušnění půd je velmi důležité pro život půdních organismů a je podmínkou některých chemických procesů.

Svislý řez půdou od povrchu po nezvětrané skalní podloží je **půdní profil.** Je rozdělený na několik **půdních horizontů,** které se liší tlouštkou, zrnitostí, barvou, vodními poměry a tak dále. Vznikly současně složitými půdotvornými procesy, které směrem od povrchu do hloubky nestejně účinně a rychle proměňují zvětraliny na půdu. Proto půdní horizonty nesmíš zaměňovat s vrstvami usazených hornin, které vznikaly postupně, v různé době. Jako praktická pomůcka ti poslouží výkop, nebo čerstvý zářez, případně sám můžeš odkopat potřebnou vrstvu půdy, abys mohl sledovat půdní horizonty a odebrat z nich vzorky.

Nejvrchnější půdní horizont tvoří dokonale zvětralé částečky nerostů, je bohatý na humus, a proto ho nazýváme **humusový horizont (A).** Zbarvený je do šeda, hněda až černa. Je důležitý pro výživu rostlin. V lesních půdách na něm často najdeš ještě nadložní vrstvu čistého humusu (A o).

Schéma půdního profilu

PŮDNÍ STRUKTURA



CELISTVÁ

HRUDKOVITÁ

OŘECHOVITÁ

DESTIČKOVITÁ

HRANOLOVITÁ

Pod humusovým horizontem může vznikat **vyluhovaný horizont**, z kterého se prosakující vodou splavují rozpuštěné nerostné látky do podložního, obohacovaného horizontu.

Obohacený horizont (často označovaný **B**) vzniká zvětráváním mateřské horniny anebo nahromaděním drobných nerostných částic a sloučenin, vyplavovaných z horizontu A. Tento horizont se netvoří u všech typů půd, například se netvoří v půdách, kde je mateřskou horninou vápenec, netvoří se ani v podmínkách suchého podnebí a podobně. Bývá zbarvený hnědelem na hnědo.

Jako **horizont C** označujeme **nezměněnou mateřskou horninu.**

Co ovlivňuje půdotvorný proces a jednotlivé typy půd, které při něm vznikají na stejném podkladě v listnatém a jehličnatém lese? Půdy, které vznikly na vápencích, se odlišují od půd, které vznikly na navátých písciích nebo na žulách. Jiné jsou půdy, které pokrývají vrcholky hor s chladnějším a vlhčím podnebím, než půdy v nížinách nebo v suchých a teplých oblastech. Půdotvorný proces tedy ovlivňuje celá řada činitelů — faktorů a podmínek, které určují, jaký druh půdy vznikne. Skupinu půd, pro jejichž vznik jsou typické stejné podmínky a faktory, nazýváme **půdním typem.** Jednotlivé typy půd na území ČSSR jsou popsané v další části této kapitoly.

Půdotvorné faktory dodávají půdě hmotu a energii. Patří sem především mateřská hornina, voda, rostliny, vzduch, sluneční záření, působení organismů, člověka atd. Půdotvorné podmínky mají sice nehmotný charakter, ale významně ovlivňují půdotvorný proces. Počítáme k nim polohu místa vzniku na zemském povrchu, rozdílné podnebí, členitost, čili reliéf krajiny, čas, v němž půdotvorný proces probíhá a podobně.

Základní vliv na půdotvorný proces má **mateřská hornina**, na níž půda vzniká. Velmi výrazně se uplatňuje zejména v jeho prvních fázích. Na mateřských horninách bohatých na křemen (SiO_2), jako je žula, granodiorit, pískovec anebo

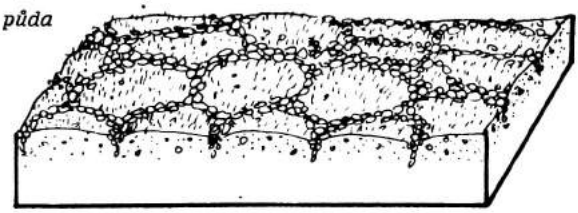
andezit, se vytváří v půdě **kyselé prostředí**. Naopak, tam, kde je v podloží vápenec, dolomit anebo slínovec, je reakce půdy při svém vzniku zásaditá. Čím déle se uplatňuje půdotvorný proces, tím větší vliv získává podnebí a zastírá se vliv mateřských hornin. Výjimku tvoří případy, kde je mateřská hornina v takové převaze, že udržuje svůj vliv na tvořící se půdu velmi dlouho. Podnebí se tu nemůže projevit. Takto vznikají na vápencích rendziny.

Tím, že mateřská hornina do značné míry určuje chemické složení půdy, určuje i **obsah živin v půdě.** Živiny jsou významné pro rostliny. Jsou to hlavně fosfor, draslík, vápník a hořčík. Půdy bohaté na živiny se tvoří například na spraších, sopečných horninách anebo vápnitých slínech. Půdy, které vznikají na navátých pískách, křemencích anebo štěrcích, obsahují málo živin, a proto se musí zkvalitňovat umělými hnojivy.

Trvalým činitelem, který ovlivňuje půdotvorný proces, je **podnebí.** Z něho vyplývá zejména různá teplota a různá vlhkost. Dá se to jednoduše vyjádřit poměrem srážek a vypařování. Tam, kde převládají srážky, prosakující dešťová voda vyluhuje a odvápňuje vrchní půdní horizont. Tvoří se kyselý humus. Látky vymývané z vrchního horizontu se hromadí ve spodnějším a obohacují jej. Tento proces v našem podnebí, například v horách se smrkovými lesy, kde je více srážek, nazýváme **podzolizace.** Snižuje se jím úrodnost půdy. O půdách, které takto vznikají, podzolech, se dočteš dále. Tam, kde převládá výpar, dochází naopak k pohybu vody kapilárním zdvihem směrem vzhůru. Tím se horní horizont obohacuje solemi, vznikají půdy zvané **slance.**

V oblastech s teplým podnebím probíhají půdotvorné děje mnohem rychleji a intenzívněji, než v oblastech s chladným podnebím. Množství tepla určuje sluneční záření. Jeho zákonitý úbytek sledujeme od rovníku k pólům. Na Zemi rozlišujeme podnebná pásma, která se rovnoběžně s rovníkem táhnou nad hladinami oceánů a pevnin. Svojí plochou přecházejí bez rozdílu vysokými horami a nížinami, kde všude

Polygonální půda



vznikají půdy. To, jaké půdy se tu tvoří, vyjadřuje **půdní geografické pásmo.** Svým rozsahem je shodné s podnebným pásmem. Při pobřeží oceánů je jiná cirkulace a vlhkost vzduchu než nad pevninou, a tak rozlišujeme oblasti oceánské a kontinentální. Území ČSSR je v mírném půdním geografickém pásmu, které má charakter přechodné oblasti mezi oceánskou a kontinentální. Zimy jsou u nás studené a léta teplá. Vytvářejí se tu typy půd, černozem, hnědozem, illimerizovaná půda, hnědá půda, podzol, rendzinová půda, o kterých se dočteš dále.

Extrémní podmínky má arktické a subarktické (antarktické) půdní geografické pásmo s celoročním mrazem anebo mrazem v převážné části roku. Tvoří se tu zejména, arktická a tundrová půda. Tyto půdy jsou pod povrchem přemrzlé, anebo dokonce zamrzlé po celý rok. Rozmrzá jen jejich vrchní část, která se mění v letním období na kašovitou hmotu. Její nasycenost vodou způsobuje, že už i při mírných sklonech terénu se dává do pohybu. Tento jev nazýváme **půdotokem — soliflukcí.** Stálým zamrzáním a rozmrzáním půdy v ní nastávají objemové změny, voda se mění v led a opačně. Tyto změny způsobují vynášení drtě — spodního skeletu na povrch. Další pohyb vynáší úlomky k okrajům od centra zamrzání. Povrch takových půd se potom začne pokrývat drobnými ploškami bez obsahu úlomků, oddělených od sebe navzájem malými valy kamínků. Takové půdy nazýváme polygonální půdy neboli mnohoúhelníkové. U nás

se zachovaly v horách jako svědkové chladného podnebí čtvrtohor ve Vysokých Tatrách, Nízkých Tatrách, v Krkonoších a v Jeseníkách.

Teplými až velmi teplými léty a mírnými zimami se vyznačuje subtropické pásmo. Dále známe tropické a rovníkové pásmo, které má vysoké celoroční teploty. V závislosti na vlhkosti vzduchu a srážek tu vznikají zvláštní druhy půd, například pouštní půdy, lateritové půdy stále vlhkých tropických lesů a tak dále.

Laterity jsou zvláštním druhem půd, jejichž nejvrchnější vrstva je velmi tenoučká a obsahuje jen malé množství humusu. Na obdělávání jsou velmi nevhodné, ale mají velký ekonomický význam jako surovina na výrobu hliníku a niklu. Vznikají v teplých oblastech bohatých na srážky. Tam se půda neustálým vyplavováním sloučenin vápníku, sodíku a draslíku, ale i sloučenin méně rozpustných, jako křemíku a železa, obohacuje o hliník vázaný v podobě jílových nerostů a oxidů hliníku. Dnes vznikají laterity zejména v Africe, v Jižní Americe a Austrálii (zabírají asi čtvrtinu jejich pevnin). Od oxidů železa jsou zbarvené do červena. V subtropickém pásmu proces lateritizace neprobíhá tak účinně jako v tropech. Kyselina křemičitá zůstává v různé míře zachovaná v půdě.

Na cestě k moři, například v Jugoslávii, jistě uvidíš, že na vápencích se nachází do červena zbarvená půda oxidy železa, kterou nazýváme **terra rossa**. I ta vzniká lateritizačním procesem. U nás ji můžeme vidět v některých oblastech krasu na jižním Slovensku.

Tvorbu půd značně ovlivňují i tvary zemského povrchu. Všeobecně platí, že s nadmořskou výškou stoupá i množství srážek. Na stráních a svazích odnáší dešťový ron a vítr soustavně část tvořící se půdy. Půda, která zůstává, se nazývá **erozní půda**. Vyžaduje si speciální ochranu.

Ve sníženinách zůstává vytvořená půda ležet na místě a ještě se na ní z výše ležících poloh nanášejí půdní usazeniny. Proto ji nazýváme akumulační půda. Protože se tu hro-

madí i výživné látky důležité pro rostliny, je úrodnější než jiné půdy.

Vliv na vývoj půdy má i expozice, čili orientování svahů. Je všeobecně známé, že jižní svahy jsou sušší a teplejší, než svahy severní. Jako dobrá ukázka vlivu reliéfu, jeho sklonů a expozice svahů při tvorbě jednotlivých typů půd jsou pohoří Západních Karpat. Velké rozdíly v nadmořské výšce reliéfu tu svahovým modelováním ovlivňují tvorbu půdního krytu. Protože na Slovensku převažují svahy, a to horské a parovinné, je tu velmi silný vliv eroze, při které vzniká většina půdního krytu. Hovoříme, že svahové půdy se stále omlazují. V údolích řek a v jejich terasách, v nížinách, anebo na plochých hřbetech pahorkatin či náhorních plošin působí procesy odnosu (eroze) slabě, nebo vůbec nepůsobí (například Malé Karpaty, Krupinská vrchovina, Slovenské rudohoří, Slovenský kras atd.). Na druhé straně zase v některých oblastech Tater jsou časté takové strmé svahy, že se na nich půdní kryt nemohl vytvořit.

Pro půdotvorný proces mají rozhodující význam **organismy**. Bez nich by působením slunka, vzduchu a vody vznikla jen mrtvá zvětralina. Kromě půdotvorných organismů mají na tvorbu půd vliv zejména zelené rostliny. Vegetační kryt určitého složení působí na vlhkost půdy, její teplotu, zabraňuje erozi. Slouží jako zdroj organických látek, čímž nepřímo reguluje i složení a činnost droboučkých půdních organismů.

Hlavním zdrojem nejlepšího humusu je směs kořínků trav a bobovitých rostlin. V lesích tuto funkci zastupuje opadané listí a drobné úlomky větviček. Tak vznikaly na našem území černozemě pod lesostepní, respektive stepní vegetací. Na rovinách hrála důležitou roli i močálová vegetace. Většina ostatních půd vznikala pod lesními porosty. Pod dubinami a bučinami se tvořily půdy s příznivějšími vlastnostmi než pod smrkovými a borovicovými lesy. Jehličí, zejména smrkové, způsobuje větší kyselost půdy. Nad hranicí lesa se uplatnila kosodřevina, ještě výše rostliny alpských luk (hole).

I podzemní voda ovlivňuje vývoj a tvorbu půd. Je-li její hladina nízko pod povrchem, je půda úplně nasycená vodou. Nedostatkem vzduchu se v ní tvoří sloučeniny železa, které zbarvují tuto půdu do modrozelena. Vytváří se takzvaný glejový horizont (G).

Část našich půd se vyvinula pod vlivem povodní. Řeky na březích stále znovu ukládají své nánosy, čímž zabraňují půdotvornému procesu, a zároveň způsobují vznik glejových horizontů. Dnes tento proces omezuje regulace vodních toků.

Působení všech půdotvorných činitelů probíhá v nestejném čase a v různých kombinacích. A to je jedna z příčin velkého počtu druhů a typů půd.

Dnešní půdy na našem území se tvořily od poslední doby ledové, mají nejvíce 15 000 až 20 000 let. V současnosti nacházíme na některých místech jen útržky starších půd, které se zachovaly z předcházejících geologických období. Takové půdy nazýváme **fosilními půdami**. Fosilní lateritové půdy nacházíme v podloží české křídové tabule. Do červena zbarvená terra rossa a terra fusca z teplejšího období třetihor se zachovala přeplavená v dutinách a trhlinách vápenců Slovenského krasu, Muráňské planiny a Slovenského ráje.

Půdotvorný proces ovlivňuje svými zásahy i **člověk**, a to jednak nepřímo změnou některých přírodních podmínek a faktorů, a jednak přímo orbou, zavlažováním, hnojením atd.

Z nepřímých zásahů člověka můžeme připomenout například rušivé účinky, které vznikají po odstranění vegetačního krytu. Člověk ohrožuje půdu kácením lesů, zúrodňováním luční půdy anebo pasením dobytka na travnatých svazích. Urychlují se tu procesy vodní a větrné eroze. Pokud se v minulosti tvořily na svazích erozní půdy, byl jejich odnos vždy menší, než rychlost půdotvorného procesu. Umělými zásahy však došlo k urychlené erozi, která na rozdíl od přirozené, výrazně snižuje kvalitu půdy, případně na některých místech vede k jejímu zániku. O tom, jak nebezpečný faktor představuje urychlená eroze, nás přesvědčují čís-

la. Na Slovensku je urychlenou erozí postižen 1 223 740 ha půdy, což představuje 43 % celkové zemědělské půdy našeho území. Tím, že člověk začal pěstovat kulturní rostliny, zvyšuje se odčerpávání živin, což má za následek snižování úrodnosti půdy. Postavením hrází se často změnil vodní režim oblastí. V průmyslově rozvinutých oblastech se dostává do půdy značné množství zplodin. Část zemědělské půdy zabírá výstavba měst a komunikací, případně se půda odstraňuje při těžbě nerostných surovin, jak je tomu například v severních Čechách.

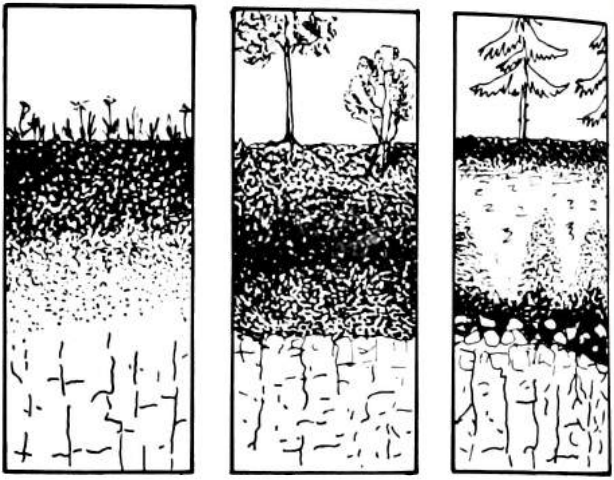
Na druhé straně některými meliorační mi pracemi se odvodnily určité oblasti nevhodné pro zemědělské využití anebo naopak, zavlažováním se zvýšila kvalita půdy. Správnou úpravou skládek jaloviny a zavážením těžních jam se znovu získává půda využitelná v zemědělství. Odnosu půdy se zemědělci snaží zabránit terasovitými úpravami svahů. Kvalita se udržuje soustavným obděláváním. Správným hnojením se dodávají půdě potřebné živiny. Zvláštními zákony se zabezpečuje, aby se rozloha orné půdy snižovala co nejméně.

Půdy na území naší republiky

Seznámil ses s faktory a podmínkami, které ovlivňují vznik a tvorbu půdy. Při vzniku některých druhů se více uplatňuje vliv mateřské horniny, při vzniku jiných nabývá převahy podnebí nebo reliéf krajiny.

Na vznik půd působí rostlinná pokrývka anebo hladina podzemních vod a podobně. Půdy vznikaly a vznikají v různém čase a jsou i rozdílného stáří. Na základě převládajícího půdotvorného procesu a charakteristického půdního profilu rozeznáváme na území našeho státu několik typů půd: **černozemní půdotvorný proces — černozem — půdy s profilem A, C — surová půda — ranker — rendzina.**

Nejkvalitnější půdou v zemědělství je černozem. Je středně těžká a má přirozenou drobnohrudkovitou strukturu



Černozem, hnědozem, podzol

s velmi dobrým vodním a vzdušným režimem. Půdní prostředí je neutrální.

Černozem vzniká většinou na spraších. Je bohatá na vápník. Představuje půdu s profilem A, C, kde humusový horizont A přímo přechází do mateřské horniny C. Humusový horizont je hnědošedý až hnědočerný, tlustý 40—70 cm. Většina černozemí u nás vznikla v době čtvrtohor za teplejšího a suššího období ve stepích. Humus se tu tvořil z kořínků odumírajících rostlin — stepních trav a odumřelých živočichů. Málo pršelo a tak ho voda nemohla splavit do spodnějších horizontů. Proto se hromadil v povrchové vrstvě. Tomuto procesu říkáme **černozemní půdotvorný proces.** V současnosti na našem území neprobíhá. Na území ČSSR jsou černozemě omezené na oblasti s nejsušším podnebím.

Tvoří jakési ostrovy mezi ostatními půdními typy. Poznáme je ze severních oblastí Vltavy, podél řeky Ohře, ve střední části toku Labe, na Hané, v Dolnomoravském úvalu, Podunajské nížině a z oblasti Východoslovenské nížiny.

Dalšími typy hornin s půdním profilem A C jsou surové půdy, ranker a rendzina. U těchto půd se kromě podnebí silně uplatnil i vliv reliéfu a mateřské horniny.

Surová půda má velmi mělký humusový horizont A, který je tak chudý na humus, že ho nelze pozorovat pouhým okem. Velmi rychle přechází do mateřské horniny C. U nás se vyskytuje alpínská surová půda ve výškách nad 2300 m ve Vysokých Tatrách. V polohách nižších se setkáváme se syrovou zemí. Vzniká tam, kde je půdotvorný proces velmi krátký, například v kamenných mořích, velkých sutinách a podobně.

Ranker vzniká na horninách bohatých na křemen. Humusový horizont různé hloubky obsahuje mnoho drtě čili půdního skeletu nebo písečného materiálu. Je dobře provzdušněný a špatně drží vodu. Má světle hnědou až tmavošedou barvu a kyselou reakci. V pohořích se vyskytuje na strmých svazích a sutinách. V nížinách se s ním setkáváme na slepencích, štěrcích anebo navátých píscích.

Rendzina vzniká hlavně na vápencích a dolomitech. Má několik decimetrů hluboký humusový horizont A. Má šedohnědou až tmavošedou barvu s vysokým obsahem drtě. Je bohatá na uhličitan vápenatý ($CaCO_3$) a má zásaditou reakci. Je dobře provzdušněná a lehko se přesouší. Podobně jako rendzina, i vápenaté půdy jsou vázané na území tvořené vápenitými horninami a vápenci. Mají menší obsah drtě než rendzina. Charakteristický je pro ně vliv mateřské horniny, horizont C, což se projevuje zásaditou reakcí. Vápenaté půdy a rendzina se v Čechách vyskytují v oblasti české křídové tabule v okolí Mělníka, v Mladé Boleslavi, Chlumce nad Cidlinou, v okolí Loun a podobně. Na Moravě je známe z Chřibova, z okolí Mikulova. Na Slovensku se rendziny vyskytují na vápencích pohoří vnitřních Západních Karpat,

například v Belianských Tatrách, v Chočských vrších, ve Velké Fatře, ve Strážovských vrších, v Slovenském krasu, na Muránské planině, v Slovenském ráji a tak dále. Jsou poměrně úrodné.

Půdy s profilem A B C — hnědé lesní půdy — podzolizační proces — podzoly — obohacování horizontu B jílovými částicemi — illimerizace — hnědozem — illimerizovaná půda.

Hnědé lesní půdy (hnědé půdy) jsou nejrozšířenějším vyvinutým typem půd na území naší republiky. Představují půdní kryt v pohořích i část kotlin, kde vznikly na přemístěných silných zvětralinách horských svahů, na štěrkovitých terasách řek a podobně, v nadmořských výškách okolo 300—50 m n. m. Vznikají pod dubovým, bukovým i smrkovým porostem, většinou na horninách obsahujících křemen, v mírném a ve vlhkém podnebí. Základ jejich půdotvorného procesu je chemické zvětrávání nerostů, při kterém se uvolňují sloučeniny železa, zbarvují půdní hmotu do hněda. Zároveň probíhá tvorba druhotných jílových nerostů. Tento proces se děje pod humusovým horizontem A, který je hnědavý, tmavošedý, hluboký maximálně 20 cm. Takto se vytváří horizont B, žlutohnědý, hnědý až rezavě hnědý, který obsahuje ještě značné množství drtě, půdního skeletu. Nazýváme jej horizontem vnitropůdního zvětrávání. Pod ním v hloubce 50—70—100 cm se nachází mateřská hornina, zvětralina, sutina, horizont C. Hnědé půdy mají kyselou reakci, horizont A je většinou chudý na $CaCO_3$ a humus má mnohem horší kvalitu než v černozemi. Proto se musí hnojit a vápnit.

V horských oblastech nad 500 m nadmořské výšky, bohatých na srážky, kde půdní kryt vytváří smrk anebo kosodřevina, se tvoří **podzoly.** Je to typ půdy s profilem A1 A2 B C. Humusový horizont A1 je jen několik centimerů silný, tmavošedý a přechází do vyběleného světle šedého horizontu A2. Pod ním se nachází rezatý až tmavošedý horizont B,

který v hloubce 50—100 cm přechází do mateřské horniny C. Podzoly vznikají tak zvaným **podzolizačním procesem** v oblastech mírného pásma, kde srážky jsou větší než vypařování. Dešťová voda proniká do hloubky. Jejich humus je kyselejší, vzniká rozkladem jehličí. Organické kyseliny v horním horizontu rozkládají jílové nerosty a začíná přesun produktů zvětrávání, sloučenin železa a hliníku spolu s částí humusu z horní části půdního profilu do spodnější. Takto vzniká pod humusovým horizontem A1 vyluhovaný horizont A2. Nerostné látky, především sloučeniny železa, se hromadí v obohacovaném horizontu B, pod kterým se nachází mateřská hornina C.

Na území naší republiky se setkáváme s podzoly na Šumavě, v hornaté části Českomoravské vysočiny, Jeseníkách, Beskydech, Tatrách, v pohoří středního Slovenska atd. Jsou to velmi nekvalitní půdy, neobsahují dostatek živin. Nepomáhá ani hnojení, nejsou schopné vázat půdní vlhkost ani výživné látky. Jejich zušlechťování je velmi pracné a nákladné.

Půdotvorným procesem, který nazýváme **illimerizace**, vznikají hnědozemě a illimerizované půdy. Je to mechanický transport jílovitých částic půdy z horního humusového horizontu A1 do spodního obohacovaného. Tento přesun probíhá bez chemického rozpadu nerostů. Horizont A2, z kterého jsou vyplavované jílové částice bohaté na železo a hliník, se odbarvuje. V obohacovaném horizontu B dochází k hromadění jílovitých částic až v trojnásobném množství oproti horizontu A2, čímž vzniká poměrně málo propustná vrstva, na které se zadržuje srážková voda.

V sousedství černozemí, na spraších a jim podobných horizontech, se při vlhčím podnebí vytváří hnědozem. Humusový horizont A1 je hnědý až šedohnědý. Je méně vyvinutý než u černozemě. V jeho spodní části se nachází vyluhovaný horizont A2 a pod ním rezavohnědý obohacovaný horizont B. Před odlesněním území vznikala tato půda pod doubravami a habřinami. Reakce půdy je kyselá. Jsou to úrodné

půdy, rozšířené podobně jako černozem v nížinách a části kotlin, v o něco větších nadmořských výškách.

Hlubším půdním profilem jako hnědozem se vyznačuje **illimerizovaná půda.** Vznikala na sprašových hlínách a vyskytuje se v nejvlhčích částech nížin a kotlin. Pod humusovým horizontem A1 tmavošedé barvy se nachází žlutavě světle hnědý až světle šedý vyluhovaný horizont A2, pod kterým je rezatohnědý obohacený horizont B, ležící na mateřské hornině C.

Vlivem podzemní vody vznikají v různých podmínkách zvláštní typy půd.

Zamokřené půdy vznikají tam, kde je vysoká hladina podzemní vody, případně hladina sahá až po horní hranici půdního profilu.

Při vyplnění pórů půdy vodou nedochází k jejímu provzdušnění a v redukčním prostředí se začínají srážet sloučeniny železa. Zároveň kapilárním zdvihem se půda obohacuje o jílovité částice. Tak vzniká horizont s typickým zelenomodrým zabarvením a vysokým obsahem jílovitých částic — **glejový horizont G.** Nemá přesně vymezenou polohu. Jeho poloha závisí na hladině podzemní vody. Půdy s glejovým horizontem nazýváme glejové půdy. Glejový horizont obsahují i půdy, které vznikají na štěrkovitých, písečných anebo jílových náplavech řek a potoků. Jsou neúplně vyvinuté a nazýváme je nivní půdy.

Sahá-li hladina podzemní vody až k povrchu terénu, začíná vznikat rašelinová půda. Zopakuj si, co víš o tvorbě hořlavých usazených hornin. V nížinách se tvoří slatinná půda bohatá na živiny s neutrální nebo zásaditou reakcí. V horských oblastech vznikají vrchovištní půdy, které jsou chudé na živiny a mají kyselé prostředí.

Při vzniku slaných půd je hlavním půdotvorným procesem zasolení. Dochází k němu v teplých a suchých obdobích, když kapilárním zdvihem stoupá voda vzhůru z mělce ležící, na soli bohaté podzemní spodní vody. Soli se hromadí ve vrchní části půdy, ba často i na povrchu půdy v podobě

bělavých povlaků. Na území Podunajské nížiny a Východoslovenské nížiny najdeme takové půdy jako malé ostrůvky v jiných půdách.

Zákonitost v uspořádání půd

I při složitém vzájemném působení půdotvorných činitelů sledujeme určité zákonitosti v jejich rozmístění. Uveďme si nejdříve oblast nížin, kde je podloží tvořené spraší. Půdy, které zde vznikají, mají stejnou mateřskou horninu, přesto že v oblastech s přibývajícími srážkami, směrem k pohořím, se v nížinách bude vyskytovat nejprve černozem, blíže k horám, tedy ve směru přibývání srážek, bude zóna hnědozemě a potom na úpatí hor zóna illimerizovaných půd.

Zákonitosti platí i ve vertikálním — výškovém uspořádání půd. V horách s přibýváním výšek dochází k poklesu teploty. Proto na mateřských horninách s nízkým obsahem vápníku se nejprve sejdeme s hnědými lesními půdami, ve větších výškách nacházíme podzoly a na vrcholech alpínské půdy.

Odborníci, kteří se zabývají výzkumem, rozšířením, vlastnostmi, vývojem, ochranou a využitím půd, stejně jako zákonitostmi vzniku a půdotvorného procesu se nazývají půdoznalci. Obor, v kterém pracují se nazývá **pedologie**. Výsledky svých pozorování, kromě odborných prací, zanášejí v zjednodušené formě do **pedologických map**.

A nakonec ještě několik slov k nejdůležitější vlastnosti půdy, k její úrodnosti. Můžeme ji všeobecně definovat jako vlastnost půdy poskytovat rostlinám dostatečné množství vody a živin pro jejich příznivý růst a dobrou úrodu v určitém přírodním prostředí. Neovlivnitelná je základní úrodnost půdy, daná jejím původním půdním typem. Úrodnost však člověk může zvyšovat vhodným obhospodařováním, hnojením, zavlažováním, případně na vhodných místech i melioracemi a podobně. Ale pozor, nesprávnými zásahy je možné půdu i znehodnotit.

PESTROBAREVNÁ MOZAIKA

Ne bez příčiny můžeme přirovnat geologickou mapu ČSSR k pestrobarevné mozaice. To, že ji tvoří velké množství pestrobarevných ploch, způsobila pestrost geologických poměrů na území naší republiky, která je větší než v kterémkoliv jiném státě. Geologové na ní v rozdílných barvách — kódech vyjádřili **rozdíly v geologickém vývoji**, ve stavbě, věku anebo horninovém složení dvou základních stavebních jednotek Československa — Českého masívu a Západních Karpat. Hranici mezi nimi tvoří spojnice měst Znojmo — Brno — Přerov — Ostrava. Nalevo od této pomyslné čáry se nachází oblast Českého masívu. Napravo, tedy na východ, se nacházejí Západní Karpaty.

Český masív je součástí starší,. mnohem dříve horotvornými procesy postižené části Evropy. Západní Karpaty spolu s pohořím východních a jižních Karpat tvoří řetězec mladých pásemných pohoří, které nazýváme karpatská soustava. **Karpatská soustava** podobně jako Alpy nebo Dinárské pohoří, vznikla mnohem později, v době horotvorných alpinsko-himálajských pohybů. Horotvorné děje, které vytvo-

řily Český masív se odehrály v době prvohor, tedy před 360 až 280 milióny lety a nazýváme je variské vrásnění. A alpinsko-himálajské vrásnění, které dalo vznik karpatské soustavě, probíhalo koncem druhohor a v třetihorách, tedy před 90 až 25 milióny let.

Byla by však chyba, kdyby sis myslel, že Český masív se od variského vrásnění už nevyvíjel, anebo že Západní Karpaty neobsahují starší než druhohorní či třetihorní horniny. Naopak, po vyvrásnění variského horstva byla oblast horského masívu ještě několikrát zalita mořem anebo se na ní rozprostírala rozsáhlá jezera, ukládaly se horniny vyvrhované na povrch komíny sopek. Součástí stavby Západních Karpat jsou zase horniny staroprvohorního věku. Dnes je nacházíme především v jádrech slovenských pohoří. Takovými jsou především Vysoké Tatry, Nízké Tatry, Malá Fatra, Velká Fatra, Považský Inovec, Tríbeč, Malé Karpaty, Suchý, Malá Magura a jiné.

Rozdíly, které jsi vypozoroval v barvách geologické mapy ČSSR na její levé a pravé polovině a o kterých víš, že v sobě skrývají rozdíly ve vývoji Českého masívu a Západních Karpat, se odrážejí i v dnešním utváření povrchu. Snadno se přesvědčíš na vlastní oči při cestě vlakem nebo autem přes území naší republiky. Na území Čech se nesetkáš s takovými výraznými výškovými rozdíly jako na Slovensku. Krajina je tu plošší a více zarovnaná. Údolí řek jsou široká s mírnými svahy. Západní Karpaty na rozdíl od Českého masívu jsou modelované „jen před nedávnem . Údolí se hluboko zařezávají mezi hřbety pohoří a vytvářejí velké výškové rozdíly a ostré tvary.

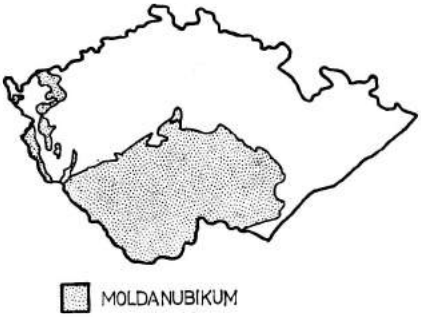
Další text tě zaplaví názvy hornin, útvarů, pojmenováním určitých oblastí. S částí z nich ses už seznámil v předcházející části. Je to vlastně souhrn tvých dosavadních poznatků z různých odvětví geologie na území ČSSR (regionální geologie ČSSR).

Český masív

Stavbu Českého masívu přirovnává Petr Jakeš v knize Planeta Země ke stavbě domu. Při jeho budování se použily cihly z různých cihelen, ba některé byly i součástí starších domů. Kromě cihel se na stavbu použily i tvárnice a nejrůznější druhy malty a betonu. Když byl dům hotový, dostal ještě několik vrstev omítek. Tak vznikl slepenec ze všeho možného, co bylo v době stavby dostupné. Stavba Západních Karpat i celé karpatské soustavy je podobná, až na to, že tu byl ještě použit buldozér, který svou radlicí jednotlivé částice, cihly a tvárnice posunoval v době alpínsko-himálajského vrásnění v horizontální rovině. Nyní se spolu pokusíme pochopit toto přirovnání geologické stavby ČSSR ke stavbě domu.

Za nejstarší „stavební kámen" Českého masívu je považováno **moldanubikum.** Název je odvozený od latinských řek Vltavy a Dunaje, mezi nimiž se rozprostírá **oblast vltavsko-dunajská.**

Oblast mezi Vltavou a Dunajem tvoří hlavně ruly, přičemž převažují pararuly. Vzpomeň si na kapitolu Pečené kameny (str. 178) a z tajemného názvu pararula vyčteš, že jde o přeměněné usazené horniny. Tam, kde se vyskytují tyto horniny, hovoříme o jednotvárné sérii moldanubika. Jejím protikladem je pestrá série moldanubika, v které se střídají migmatity, amfiboly, ortoruly, které vznikly přeměnou z vyvřelých hornin a místy i krystalické vápence a horniny obsahující tufy. Vznik hornin moldanubika odvozujeme původně z mořského dna. Tam, kde se dnes objevuje pestrá série, usazování provázelo výlevy láv. Z nich odvozujeme vznik dnešních amfibolů a částečně ortorul. Původní horniny byly později, v době horotvorných procesů, ponořené do velkých hloubek v zemské kůře. Zde při vysokých teplotách, až 600 stupňů Celsia, došlo k jejich přeměně. Původní usazené hor-



iny a vyvřelé horniny se proměnily na krystalické břidlice. Na území naší republiky počítáme k moldanubiku Českomoravskou vysočinu, podloží jihočeských pánví, Šumavu a Český les.

Další tvárnice, z které je postavený Český masív, je **tepelko-barrandienská starohorní oblast (proterozoikum)**, v starší literatuře často nazývaná algonkium. Její horniny vznikaly podobně jako horniny moldanubika. Usazování probíhalo původně na dně moře a provázely ho výlevy láv. Usazené horniny ale nepřekonaly takovou výraznou přeměnu jako horniny moldanubika, proto dnes tepelsko-barrandienskou

ROZŠÍŘENÍ HORNIN STARŠÍCH PRVOHOR

oblast tvoří především břidlice, droby a na některých místech jen slabě přeměněné křemence a čediče. Na území naší republiky se tepelsko-barrandienská starohorní oblast nachází severozápadně od spojnice měst Klatovy — Příbram — jižní okraj Prahy — Úvaly. Jak už vyplývá z názvu, jde o horniny z období starohor (proterozoika).

V jejich nadloží se nacházejí mladší **staroprvohorní horniny**, které se začaly usazovat v období před 570 milióny lety. Tato oblast se polkádá za jedno z klasických (nejtypičtějších) území výskytu útvaru starších prvohor. Jméno dostala podle badatele, který zasvětil jejímu poznání větší část svého života a proslavil ji svými pracemi, Joachima Barranda (1799—1833) — barrandien. Za jedinečný důkaz o přítomnosti prvohorního moře v této oblasti považujeme překrásné zbytky organismů — trilobitů, korýšů, lasturnatců, graptolitů, hlavonožců a lilijic. Jsou tu zastoupené horniny staroprvohorního útvaru, a to kambria, ordoviku, siluru a devonu. Moře se v době prvohor neomezilo jen na tuto část Českého masívu, ale rozprostíralo se i v oblasti dnešních Smrčin a Duryňska, Krkonoš, Lužických a Jizerských hor, v oblasti Jeseníků a části Drahanské vrchoviny. Zde všude dnes nacházíme horniny prvohorního věku. Prvohory byly velmi dlouhým obdobím, od 570 miliónů let do 230 miliónů let, a proto oblasti, kde dnes nacházíme horniny prvo-

horního věku, vykazují odlišnou geologickou historii. Na některých územích, například v Jeseníkách, ale i ve středních Čechách se vytvořilo více vulkanických hornin, jinde se zase usazování přerušilo, anebo naopak, pokračovalo velmi dlouho až do mladších prvohor — do karbonu.

Významnou událostí v geologickém vývoji Českého masívu bylo **variské vrásnění,** čili variské horotvorné pohyby, které stmelily různé staré geologické útvary, naše jednotlivé cihly do jednotného celku a **Český masív** se tak stal pevninou, domem. Další usazeniny, vznikající na jeho území v jezerech, anebo mělkých mořích, které se čas od času v geologické minulosti objevily, vytvářely už jen pokryv starší geologické stavby, tedy představují jen vrstvu omítky.

Ještě v **době prvohor,** v **karbonu,** se vytvořily uprostřed vysokých variských hor jezera. Usazeniny, které v nich vznikaly, jsou dnes pro nás velmi důležité. Obsahují velké množství zuhelnatělých rostlinných zbytků. Tam, kde rostlinné zbytky měly převahu nad ostatními usazeninami, nacházíme **ložiska kvalitního černého uhlí.** Jezera v karbonu byla v oblasti dnešní kladensko-rakovnické pánve, v okolí Plzně, v Podkrkonoší, v oblasti boskovické brázdy na Moravě, v okolí Boskovic, Rosic a Oslavan. Ostravsko-karvinská pánev, jejíž větší část leží na území Polska, měla už přímořský ráz.

V **období starších druhohor** zavládlo na území Čech tropické podnebí a oblast Českého masívu se stala souší. Dnes nám o tom hovoří malé ostrůvečky usazených hornin **triasového** a **jurského věku**, známé ze severních Čech. Není však vyloučeno, že omezený výskyt hornin z tohoto období je způsobený pozdější erozí.

V **mladších druhohorách** se na poměrně velké ploše ukládaly usazené **horniny křídového moře**. Tvoří především oblast **české křídové pánve**, nazývané i česká křídová tabule. Dále v době křídy vznikly i pískovce a slepence, které tvoří dnes turisty a horolezci vyhledávanou oblast pískovcových skal v severních Čechách, anebo jsou to horniny v okolí Loun a Čáslavi.

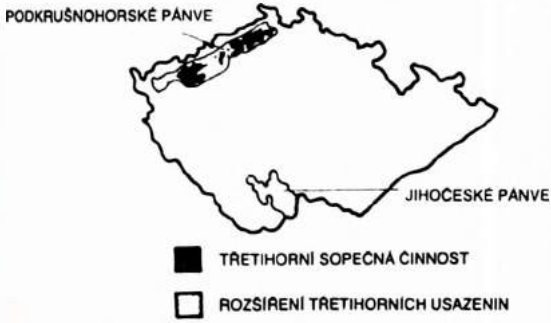
Z křídového období kromě mořských usazenin z území Českého masívu známe i usazené horniny, které vznikaly v rozlehlých jezerech. Jezerního původu jsou především všechny křídové usazené horniny na území jižních Čech, a to v oblasti **třeboňské** a **českobudějovické pánve**. Původně i oblasti, kde dnes nacházíme usazené horniny mořského původu, se začaly usazovat v jezerních podmínkách.

V oblasti jižních Čech usazování pokračovalo i později, v **době třetihor**, když se tu ještě několikrát objevila **velká jezera**. Z usazených hornin, které vznikly v těchto pánvích,

se dnes, kromě štěrků, těží především rozsivkové zeminy; tvořené drobnými schránkami řas — rozsivek. Používají se na výrobu izolačních materiálů.

V třetihorách se jezera rozprostírala i na území dnešních **severozápadních** Čech. Mezi geology je toto území známé pod názvem podkrušnohorské pánve. Vyznačuje se především výskytem mocných **slojí hnědého uhlí** a **lignitu.** Spolu s uhlím nacházíme jíly, písečné sedliny a tufy. Tufy se usadily v této oblasti v době výbuchů **třetihorních sopek.** Největší sopkou na území ČSR v tomto období byl **stratovulkán** Doupovských hor. Dnes o sopečné činnosti v okolí Litoměřic, Ústí nad Labem anebo Teplic svědčí výplně sopouchů (sopečných komínů), bývalých sopek. Tyto vyvřeliny byly odolnější a nepodléhaly erozi tak rychle, jako méně odolné usazené horniny křídového moře.

Nejkratším obdobím ve vývoji Českého masívu jsou **čtvrtohory.** Navzdory tomu, usazeniny z tohoto období nacházíme skoro všude. Je to proto, že zatím ještě nepodlehly rozrušování. A jako jeden z příkladů můžeme uvést říční nánosy — terasy, které se nacházejí na obou stranách většiny řek. Skoro celá Praha je postavená na říčních terasách



Vltavy. Dále sem patří spraše, často používané na výrobu cihel. O přítomnosti pevninského ledovce v období čtvrtohor na území severních Čech a Moravy nám hovoří obrovské balvany, původem ze Skandinávie. Tyto bludné balvany dokumentují zároveň obrovskou sílu ledovce při přenášení úlomků hornin. Na původní aktivitu sopek je vázán výskyt zřídel v oblasti Mariánských Lázní, Františkových Lázní a Karlových Var.

Seznámil ses s geologickou stavbou Českého masívu, jehož vývoj můžeme zjednodušeně rozdělit do dvou hlavních období. V prvním vznikaly na dně starohorního a prvohorního moře horniny, které se v době variského vrásnění staly součástí pevniny Českého masívu, v naší představě cihly, tvárnice, malta, beton na stavbu domu. A v druhém období byla pevnina Českého masívu několikrát zalita mořem, případně ji pokrývaly hladiny jezer, v naší představě se vytvářely vrstvy omítky na tomto domě.

Západní Karpaty

Nyní se pustíme do **oblasti Západních Karpat**, kde se budeš muset vyzbrojit mnohem větší dávkou fantazie. Už barevný kód ti prozradil jejich základní rozdělení. Méně pestrá část, v které převládají světlé barvy útvaru starších třetihor, lemující v podobě oblouku od západu na východ vnitřní část pokrytou různými plochami pestrých barev, se nazývá **vnější Západní Karpaty**. Hranici tvoří **bradlové pásmo**. Název má odvozený od skalních útvarů — bradel, které jsou velmi pěkně vyvinuté například v Bílých Karpatech v okolí Vršatce, v Pováží, Oravě, Pieninách, východně od Vysokých Tater a tak dále.

Na pochopení stavby pohoří **vnitřních Západních Karpat** je důležité, aby sis zapamatoval, že na rozdíl od pohoří vnějších Západních Karpat, se tyto skládají z jádra pohoří

(krystalinikum), na kterém se nachází pokryv z usazených hornin mladších prvohor a druhohor. Přes pokryvné útvary jsou nasunuté horniny mladších prvohor a druhohor v podobě příkrovů. Mladší třetihorní usazené horniny anebo horniny sopečného původu jsou už jen plošně naložené na této stavbě.

Staroprvohorního věku jsou horniny, které nacházíme především v jádrech pohoří Vysokých Tater, Nízkých Tater, Malé a Velké Fatry, Považského Inovce, Tríbeče, Malých Karpat a jinde. Nazýváme je **krystalinikum.** Jsou to různé druhy rul a svorů. Původně tyto horniny vznikaly na dně moře, později byly v době horotvorných pohybů přeměněné.

KRYSTALINIKUM ZÁPADNÍCH KARPAT

V jádrech některých pohoří, jako například ve východní části Nízkch Tater, v okolí Brezna anebo v Malých Karpatech, nacházíme mezi krystalickými břidlicemi amfibolity. Prozrazují nám, že v době usazování těchto nejstarších, dnes přeměněných hornin na dně staroprvohorního moře se tu nacházely podmořské sopky. Amfibolity vznikly přeměnou jejich diabasových tufů a láv.

Staroprvohorního věku jsou i přeměněné horniny, krystalické břidlice, které tvoří velkou část Slovenského rudohoří. I tyto vznikaly na dně moře. Tu se usadily pískovce, břidlice, lydity, a vápenec. O činnosti sopek nám svědčí lávy a tufy, které se střídají s břidlicemi. Zastoupené jsou křemité porfyry a diabasy.

Koncem starších prvohor, asi před 300 milióny lety, podobně jako oblast Českého masívu postihlo vrásnění o oblast Západních Karpat. Dna prastarých moří se zdvihla do velkých výšek, bahno a kal ztuhly v podobě velehorských štítů. V tomto období vznikly i **žulové masívy**, které nacházíme v jádrech pohoří spolu s **krystalickými břidlicemi**. Tehdejší území Západních Karpat se na čas stalo souší.

Podobně jako na území Českého masívu, i v oblasti Západních Karpat se v **karbonu** vytvořily v údolích mezi vysokými hřebeny pohoří močály, v kterých byla soustředěná

ROZŠÍŘENÍ PRVOHORNÍCH HORNIN

vegetace. Tam, kde došlo k nahromadění rostlinných zbytků, se vytvořila ložiska černého uhlí, například v oblasti Zemplína. Celé území Západních Karpat ale nezůstalo souší. Od jihu a západu sem v karbonu vnikalo moře a zaplavilo zejména oblast Slovenského rudohoří. Jeho zálivy se rychle zaplnily usazeninami. Dnes je nacházíme jako slepence, pískovce, břidlice a vápence. Ve vápencích mezi Lučencem a Košicemi vznikala významná ložiska magnezitu. Z tohoto období se nám zachovaly též důkazy života, zkamenělé schránky mořských živočichů, korálů, ramenonožců, lasturnatců, hlavonožců, trilobitů a lilijic. Usazování provázela vulkanická činnost, především výlevy láv křemenných porfyrů. Kromě Slovenského rudohoří známe usazeniny karbonových moří ještě z Braniska, z Černé hory a Povážského Inovce.

V permu se změnilo podnebí a oblast Západních Karpat, podobně jako Český masív, se podobala dnešní Sahaře. V **pouštních podmínkách** se v pánvích začaly usazovat **pestré červené, fialové, zelené slepence, arkózy** (druhy pískovců s větším obsahem živců), **droby a břidlice.** Ty můžeš vidět na mnoha místech Slovenska, u Ulanky, u Banské Bystrice, u Starých Hor, u Malužné, v Květnici nad Popradem, ve Vihorlatském hřbetě, v Zemplínských vrších. Usazo-

vání provázel silný vulkanismus, který dnes představují výlevné vyvřeliny a jejich tufy — melafýry a diabasy, například v malužinském souvrství Malých Karpat.

Na rozdíl od Českého masívu, který se jako celek formoval variským vrásněním, vývoj území vnitřních Západních Karpat v druhohorách pokračoval pod hladinou moře.

Bylo to asi před 225 milióny lety, když sem z jihu pronikly vlny **praoceánu**, který nazýváme Paleotethys. V tomto moři na území Slovenska vznikaly horniny, které dnes vytvářejí nejkrásnější zákoutí Slovenských hor, dolomity, vápence a slínovce. Jistě mi dáš za pravdu, vždyť takovými krásnými pohořími jsou Bílé Hory Malých Karpat, Bílé Karpaty, Malá Fatra s Vrátnou dolinou, Slovenský ráj, Belianské Tatry, Slovenský kras a další.

Moře v druhohorách bylo teplé, subtropického charakteru. Jeho dno bylo rozčleněné na hluboké protáhnuté pánve, oddělené od sebe podmořskými hřbety a vyvýšeninami, které se čas od času vynořily nad hladinu moře v podobě ostrovů nebo souvislé pevniny. Takto se vynořily nad hladinu koncem **triasového období** asi před 190 milióny lety i tak zvané mořské louky vytvořené porostem řas. Velké množství jejich zkamenělých zbytků, spolu s korály a ramenonožci a dalšími zkamenělinami organismů, nacházíme v dolomitech a vápencích z tohoto období. Pálící paprsky slunce rychle vysušily i poslední jezerní zbytky moře a v usazeninách této doby v Červených vrších Vysokých Tater zanechali své stopy veleještěři, kteří sem přeběhli ze severoněmecké polopouštní oblasti.

Před 175 milióny lety začal povrch dnešního Slovenska opět klesat pod mořskou hladinu. Dno **jurského moře** s porosty korálů a jiných mořských organismů postupně klesalo stále hlouběji. Namísto korálových a mušlových vápenců se na dně moře ukládaly kalové vápence a břidlice. S postupujícím prohlubováním se objevily křemité horniny, které svědčí o tom, že v tomto období moře dosáhlo oceánskou hloubku. Na oceánském dně se totiž nemůže v největších

ROZŠÍŘENÍ DRUHOHORNÍCH USAZENIN

hloubkách ukládat vápenitý kal, protože zbytky vápenitých schránek, které sem dopadají z hladiny, rozpouští oxid uhličitý, udržující se v chladné vodě oceánských hloubek tlakem nadložních vodních mas.

Koncem jury a **začátkem křídy** se hloubka moře začala zmenšovat. Na jeho dně v hloubkách 500 až 1000 m se usazovaly slíny, slínové vápence, písčité břidlice a pískovce.

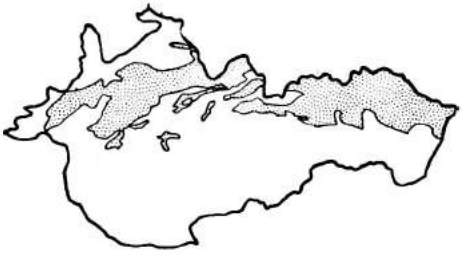
K největší změně ve vývoji Západních Karpat došlo před 100 milióny lety, v **období střední křídy.** Naše planeta se v té dodbě probudila k novému **vrásnění,** a to k **alpinsko-himálajskému.** Horotvorné děje tohoto vrásnění jako radlice buldozéru způsobily, že se pravěký oceán Paleotethys začal uzavírat a přitom stlačil ohromné masy usazenin. Pod tlakem, který se šířil z jihu, se naklonily horniny druhohorních, ale i starších útvarů na sever. Vytvořily se obrovské vrásy. Tam, kde byl tlak velmi silný, se často přetrhlo spodní rameno vrásy a vznikaly přesmyky obrovských rozměrů. Při tomto vrásnění se některé horniny druhohorního věku dostaly do velkých hloubek, kde se přeměnily. Takovéto metamorfované přeměněné horniny známe například z pohoří Tríbeč. V jižních částech Slovenska prorazily v době alpinsko-himálajského vrásnění zemskou kůru žulové masívy. Svým vznikem se na ně vážou důležitá ložiska rud, mědi, železa a antimonu v okolí Rudňan, Gelnice a Rožňavy.

Když tlak neustával, celé plotny horniny druhohorního, ale i mladoprvohorního věku se oddělily od svého podkladu a v **podobě příkrovů pokračovaly ve své cestě na sever.** V době pohybu příkrývaly pod sebou už zvrásněné, případně přeměněné horniny druhohor a mladších prvohor. Měl by sis uvědomit, že přesouváním obrovských příkrovových mas se území vnitřních Karpat zkrátilo na zlomek jejich dřívější rozlohy, jako když zavřeš obrazovou skládačku, leporelo, nebo skládací harmoniku. Část území Slovenska se po dlouhém čase opět vynořilo nad hladinu. Západní Karpaty však jako celek nebyly zformované.

Pohyby vrásnění koncem druhohor trvaly z hlediska geologie poměrně krátce, 5 až 10 miliónů let. Vytvořily pevninu vnitřních **Západních Karpat,** v našem přirovnání stavbu domu. Pevninu později ještě několikrát zalilo moře. Někdy více, někdy méně, ale usazeniny třetihorních moří už jen plošně pokrývají starší útvary vnitřních Karpat jako omítka našeho domu.

V oblasti **vnějších Západních Karpat,** v našem přirovnání pokračoval geologický vývoj pohoří s nezměněnou silou. V nejhlubších částech moře, které tu zůstalo, se ukrývala jizva mezi Českým masívem, představujícím zformovanou část dnešní Evropy a pevninou vnitřních Západních Karpat, která upozorňovala na následující dějství alpínsko-himálajského vrásnění.

Moře, které se v Západních Karpatech **ve starších třetihorách** nacházelo, se neomezovalo jen na dnešní území Slovenska, ale rozprostíralo se i na Moravě a přilehlých oblastech Rakouska, Polska, SSSR a Maďarska. Nepokojné klesající dno moře zanášelo velké množsství zvětralin. Na březích moře, stejně jako na svazích ostrovů s rozeklanými hřebeny, které nazýváme kordillery, se nahromadilo mnoho usazenin. Často se však zemětřeseními narušila jejich soudržnost a kalné turbiditní proudy mohutné síly se hrnuly do hlubšch a vzdálenějších částí pánve. Z turbiditních proudů se usazovaly vrstvy slepenců a pískovců a později z jemné-



ROZŠÍŘENÍ USAZENIN STARŠÍCH TŘETIHOR

ho zvířeného bahna vrstvy jílovitých břidlic. Opakováním tohoto děje vznikla až několikatisícimetrová souvrství střídajících se vrstev pískovce a břidlic, která geologové nazývají **flyš.**

Starotřetihorní moře nezůstalo jen na čele tehdejších vnitřních Západních Karpat. Postupně zalilo skoro celé území Slovenska a nad jeho hladinou vyčnívaly jen zárodky hřebenů Vysokých Tater a Slovenského rudohoří. Důkazem toho jsou starotřetihorní usazeniny, které dnes nacházíme ve velkých výškách, například v sedle Mezirozsutce (1200 m) anebo v Západních Tatrách na Západních Košariskách (1400 m).

Usazeniny starších třetihor v oblasti vnitřních Západních Karpat tvoří dnes hlavní část levočských vrchů, Spišské Magury a Šarišské vrchoviny. Dále je nacházíme jako výplň spišské, liptovské a oravské kotliny, vyskytují se i v žilinské a rájecké kotlině a tvoří přilehlou oblast malebných Súľovských skal. Usazeniny starších třetihor jsou známé i z nejjižnějších oblastí Slovenska z okolí Štúrova, Lučence a Rimavské Soboty. Byly součástí mořské záplavy na jih od území Západních Karpat.

V usazeninách starších třetihor se nám zachovalo velké množství zkamenělých organismů. Kromě ježovek, mořských červů s překrásnými rameny chapadel, různých druhů las-

turnatek a korýšů jsou to především numulity, mořští dírkonošci, připomínající drobné peníze.

Asi v polovině třetihor dochází k zesílení horotvorných tlaků a nastupuje **druhá etapa alpínsko-himálajského vrásnění.** Obrovské masy hornin se dostaly jakoby do čelistí svěráku, zužujícího se prostoru mezi stabilní částí Evropy, kam patří i Český masív, a blokem vnitřních Západních Karpat. Původně plošně uložené usazeniny dnešních vnějších Západních Karpat byly různě zprohýbané, trhaly se v přesmykových liniích a takto vzniklé celky se na sebe nasouvaly v podobě příkrovů. Zúžením prostoru část usazenin navždy zmizela v hlubinách země, část se zdvihla jako hradba mladých pohoří v čele Západních Karpat. Když navštívíš pohoří Žďánický les, Chřiby, Bílé Karpaty, Javorníky, Hostýnské a Vsetínské hory, Vizovickou vrchovinu, Beskydy, Oravskou Maguru, Čergov, Ondavskou a Užskou vrchovinu, vrať se v mysli zpět o několik desítek miliónů let a představ si původní rozlohu flyšového moře.

V mladších třetihorách se plocha moře v oblasti Západních Karpat značně zmenšila. Mezi Českým masívem a vnějšími Západními Karpatami se rozkládalo mělké moře, které geologové nazývají karpatská čelní předhlubeň. Odtud se šířilo přes oblast Záhorské nížiny, geologové ji nazývají vídeňská pánev, do oblastí na jihu Slovenska, do Podunajské nížiny, ipelské a rimavské pánve. Na východě jsou známé usazeniny mladotřetihorního moře z oblasti Východoslovenské nížiny. Mladotřetihorní moře, které se do Západních Karpat šířilo ze středozemní oblasti, už nepředstavovalo rozlehlou záplavu, ale jen zálivy mělkého vnitrozemního moře. Dějiny tohoto moře se blížily ke konci, náš dům dostával poslední omítku.

V některých zálivech, oddělených od moře, slunce vysušilo vodu a na dně zůstaly krystalky solí a výkvěty sádrovce. Dodnes se nám zachovaly ukryté pod vrstvou usazenin jako těžitelná ložiska solí (Michalovce, Zbuzany, Solivar). O životě v tomto moři podávají důkazy stovky druhů zka-

menělých organismů, které se nápadně podobají organismům žijícím dnes v Jaderském anebo Středozemním moři. V močálech na pobřeží moře a v okolí jezer v nitru pohoří se hromadily rostlinné zbytky. Ve vhodných podmínkách podlehly procesu zuhelnatění a dnes je nacházíme v podobě ložisek hnědého uhlí a lignitů (hornonitranská oblast, modrokamenská oblast a tak dále).

V důsledku uvolnění tlaků koncem alpínsko-himálajského vrásnění vznikají především v jižní a střední oblasti Slovenska zlomy, které se stávají přívodovou cestou **mladotřetihorního vulkanismu.** Sopky vychrlily velké množství lávy a rufů andezitového, ryolitového a čedičového složení. Dnes tvoří sopečné pohoří Kremnické a Štiavnické vrchy, Vtáčník, Javorie, Pořana, Slanské vrchy, Milič a Vihorlat. S touto sopečnou činností je spojený i vznik zlatých, olověných, zinkových a měděných rud u Kremnice a Bánské Štiavnice.

Koncem třetihor se moře v jižní části Západních Karpat pomalu mění na obrovské jezero. Tehdy vzniká gabčíkovská pánev v oblasti Podunajské nížiny. Její klesající dno se zanášelo množstvím usazenin, zejména štěrků a písků, které přinášely řeky. Ty se víc a víc zařezávaly do skalnatých masívů slovenských pohoří. Tak se postupně modeloval po-

vrch Slovenska do dnešní podoby. V tomto období, asi před 5 milióny lety, se naposledy obnovila i vulkanická činnost v okolí Hajnáčky u Fiľakova, kde čedičové lávové proudy zpustošily okolní krajinu.

Poslední úpravy povrchu Západních Karpat způsobila klimatická změna ve **čtvrtohorách**. **Pevninský ledovec** zasáhl až na úpatí flyšových Karpat. **Horské zalednění** postihlo Vysoké Tatry, Nízké Tatry, Malou a Velkou Fatru, Moravskoslezské Beskydy a Babiu horu. Tvořil se zvětralinový plášť, hlíny a sutě. Vznikla dnešní říční síť. V nížinných oblastech se vytvářely větrem nanesené usazeniny, naváté písky v Záhorské nížině a Východoslovenské nížině a spraše v Podunajské nížině. Povrch Západních Karpat se ještě více rozčlenil. Horská pásma se nadále pomalu zdvíhala a nížiny klesaly. O činnosti zlomů se můžeme přesvědčit ještě i dnes. Pohybem zemské kůry, podél níž dochází k vzniku slabých otřesů — zemětřesení (oblast Komárna, Bratislavy, Žiliny, Bánské Štiavnice, východního Slovenska). Zlomy jsou často provázeny vývěrem minerálních vod a termálních pramenů. (Piešťanská zřídla termální vody v Trenčianských Teplicích, koupelová zřídla v Bojnicích, na Sliači, v Kováčově, Dudincích, Bardejovských koupelích a tak dále).

To, že karpatský geologický cyklus ještě neskončil, dokazují pohoří neustále. Mění se spolu s námi, dokonce na mnohých místech je měníme sami. Zítra budou možná na první pohled stejná, ale možná i jiná, než dnes. To jen básníci tvrdí, že Tatry tu stojí jako žulová hradba od nepaměti. Paměť přírody však ví o jejich vzniku a staletých proměnách.

SKONČÍME JAKO DINOSAUŘI?

Začátkem 19. století byly objeveny první pozůstatky obdivuhodných příšer, které připomínaly draky z pohádek. Postupně nálezů přibývalo. Vznikaly první rekonstrukce veleještěrů, Anglický badatel Owen Richard jim dal pojmenování dinosauři — (z řeckého deinos — hrozný a sauros — ještěr). Byli to po velrybách největší obyvatelé naší planety v celé historii Země. Někteří vážili až 50 tun, což je desetinásobek hmotnosti slona. Veleještěři byli v období druhohor vládci světa. A najednou zmizeli beze stopy. Vymřeli na hranici křídy a paleogénu.

Co bylo příčinou jejich zániku? Byl to boj mezi druhy po nástupu ptáků a savců, anebo je příčina ukrytá v přeměnách životního prostředí, které obývali? Co způsobilo tyto změny? Byl to posun zemských pólů, roztátí ledovců v polárních oblastech, pohyb světadílů, obrovské sopečné katastrofy, anebo ještě něco jiného? Jedním z dohadů je, že smrt veleještěrů přišla z kosmu v podobě meteorologických dešťů. Vyslovil jej nositel Nobelovy ceny profesor Luis Alvaréz, který v roce 1980 v usazeninách starých 65 miliónů let na území Itálie zjistil, že obsahují třicetinásobně zvýšený obsah iridia a dalších vzácných kovů, než je běžný výskyt těchto prvků na zemském povrchu. Zvýšenou koncentraci iridia obsahují některé meteority. Tak vznikla hypotéza, že koncem druhohor se Země srazila s obrovským meteoritem. V důsledku této katastrofické události se změnily podmínky života na Zemi. Veleještěři, kteří se neuměli přizpůsobit novým podmínkám života, vyhynuli.

Zánik veleještěrů není však jediným příkladem změny životních podmínek. Nemusíme chodit do minulosti anebo hledat příčiny katastrof v kosmu S nástupem civilizace začal člověk zúrodňovat půdu, kácel lesy. Nevěděl o jejich nesmírném významu pro podnebí, pro režim vod, pro ochra-

nu půdy před erozí. Tak se stalo, že mnohé oblasti na zemském povrchu se změnily v pouště, například Sahara, pouště ve Střední Asii a jinde. Jak je vidět, člověk se nepoučil. Rubání tropických dešťových pralesů pokračuje. Postupně mizí z mapy světa a nahrazují je lány zemědělské půdy. Spolu s tropickými pralesy hynou i mnohé druhy živočichů a rostlin, kterým nové prostředí nevyhovuje. Půda, která po staletí živila prales, kde jsou kořeny stromů přizpůsobené díky symbióze hub a mravenců čerpat živiny přímo z rozkládajících se odumřelých částí rostlin, se stává rychle neúrodnou. Vrstvička humusu se odplavuje, nastupuje rychlý proces, laterizace, při kterém se půda vysušuje a vytváří tvrdou skořepinu. V těchto oblastech se snižuje výpar půdy, který závisel na hustém rostlinném pokryvu. Oblasti začínají trpět suchem. Odstrašujícím příkladem jsou zejména pralesy Amazonky a rovníkové Afriky, ale i jiná města na Zemi. Vždyť odstraněním dešťových tropických pralesů, například v oblasti Amazonky, by zmizela anebo se podstatně zmenšila největší řeka na světě. Změnil by se podnebný režim celého kontinentu.

Stejně nebezpečné, není-li to dokonce zákeřnější než rubání lesů, jsou tak zvané kyselé deště. Stávají se obrovským nebezpečím pro životní prostředí v průmyslově vyspělých zemích. Oxid siřičitý a plyny sloučenin dusíku se srážejí v povětří nad těmito místy. Vzniká kyselina sírová a dusičná, která se vrací s deštěm na zemský povrch. Postižená jsou však nejen centra znečišťující vzduch exhalacemi, ale i rozsáhlá území v širokém okolí, kam vítr exhaláty zanáší.

Kyselý déšť změní za krátkou dobu chemické složení půdy. Nejhůř působí tam, kde půdy vznikají na žulovém podkladu, o něco méně nebezpečný je pro půdy na vápencích, protože vápence mají zásaditou reakci. Lidé se proti němu brání vápněním půdy, které je účinné jenom dočasně. Lesy střední Evropy postupně vymírají. Pro příklady netřeba chodit daleko. Následky kyselých dešťů v západoevropských státech jsou více než varující. I u nás se můžeš na

vlastní oči přesvědčit, jak exhaláty, které přináší vítr z oblasti Ostravy nebo Horního Slezska postupně zabíjejí kosodřevinu na svazích Vysokých Tater, jak vysychají smrky podél cesty Svobody. V Čechách se pak důsledkem exhalací přicházejících na naše území z NDR, Polska, počítá s tím, že budou jehličnaté lesy Jizerských hor zcela zlikvidovány. Nedozírné škody jsou způsobeny rovněž v Krušných horách.

Člověk často nedomyslí, jaký následek může mít jeho zásah do života přírody. Vždyť jen nevyhnutelná úprava břehů na regulaci toku řek, aby se zabránilo povodním, často způsobuje snížení hladiny podzemní vody. Potom je nutné takováto území uměle zavlažovat. Jsou tu však i další důsledky. Tím, že z břehů zmizely olšiny a vrbiny, odstěhovali se i jejich drobní obyvatelé. Tím se snížil počet zpěvného ptactva, bažantů, zajíců a dalších živočichů, kteří jsou součástí potravy dravých ptáků, nastala nerovnováha v přírodě, právě díky tomu, že ubylo například dravých ptáků. Hlodavci ztratili přirozené nepřátele a začali se neúměrně rozmnožovat. Jejich nadměrné rozmnožení vyžaduje zvýšené používání chemických prostředků na ochranu rostlin proti škůdcům. Tyto látky nepůsobí však jen na škůdce, ale i na rostliny, po jejich užití hynou i zvířata, která se těmito rostlinami anebo otráveným hmyzem živí. Trvá velmi dlouho, než si příroda dokáže obnovit svůj přirozený chod, než se znovu objeví rovnováha v přírodě. Vyhynulé živočichy museli nahradit jiní, ale stále hrozilo nebezpečí, že nový druh vytlačí svými nároky na život další druhy s podobnými nároky.

Na změny na zemském povrchu nereaguje jen živá příroda, ale příroda jako celek. Tak jako má spásání trávy na svazích kopců za následek zvýšenou erozi půdy, tak stavba přehrady změní režim podnebí, případně tato stavba může způsobit velkým zatížením a prosáknutím hornin vodou sesuvy půdy a nebo zemětřesení. Báňské práce, při kterých se na skládkách hromadí jalovina, jsou nejen ranou na tváři Země, ale mohou být při nedodržování správných zásad

příčinou škod, ať již to je znečištění vod prvky, jako jsou olovo a arzén ze skládky, kterou prosakuje dešťová voda, zhroucení klenby ve starých štolách anebo znečištění ovzduší v bánských a průmyslových oblastech. Proto je nutná přirozená ochrana těchto oblastí. Haldy se vysazují stromy a travou, čímž se zmenšuje riziko onemocnění lidí na plicní choroby v těchto oblastech. Zároveň se zvyšuje plocha zemědělské půdy, která ustavičně mizí v důsledku zvyšující se výstavby měst, komunikací a podobně.

Každý z nás už jen na základě těchto několika příkladů si musí uvědomit, že příroda je jeden celek, že člověk, neživá a živá příroda patří k sobě. S rozvojem společnosti roste i potřeba člověka co nejvíce užívat její bohatství, ale musí je využívat rozumně a ve vlastním zájmu musí přírodu chránit. Se zánikem přírody je odsouzený k zániku i člověk.

Chyby, které člověk v minulosti udělal, si už dnes uvědomuje, ač ne vždy se podle toho řídí. Dnes už u nás platí mnohé zákony na ochranu přírody. Zabraňujeme zvětšování úrodné plochy nerozumnou výstavbou měst.

Tam, kde ohrožovaly úrodu a obydlí obyvatel pohyblivé písky, začali stavět větrolamy, povrch písečné půdy začali vysazovat rostlinami. Takovéto zpevnění povrchu sypkých usazenin zabraňuje větrům další rozmisťování částic písků.

Tam, kde se půdní kryt narušuje povrchovou těžbou nerostů, se opět přeměňují skládky hlušiny na užitkovou půdu. Rekultivuje se. Půda se hnojí, zavlažuje, odvodňuje, na svazích se dělají terasové úpravy, které brání rychlé erozi. Staré štoly se zavážejí jalovinou, čímž se zabraňuje klesání půdy na povrchu. Člověk se naučil hospodařit i s vodou. Umí zvládat divoká koryta řek. Staví vodní přehrady, které snižují erozi a zároveň mají vliv na ovzduší. Využívá je na výrobu elektrické energie, na rekreační účely a podobně. Uvědomuje si nebezpečí znečišťování povrchové vody odpadem z továren, jakož i látkami, které se do ní dostávají po hnojení anebo po postřicích proti škůdcům. Ví, že

kvalita podzemní vody závisí na srážkách, které by neměly obsahovat životu či zdraví nebezpečné látky, jako je olovo, oxid siřičitý a podobně.

Význam neživé přírody si člověk uvědomoval už od pradávna. Už lovec mamutů si musel hledat úkryt před špatným počasím, když se rozpoutala sněhová fujavice v chodbách jeskyň. Postupně se naučil poznávat vlastnosti některých hornin a nerostů, z kterých si zhotovoval předměty potřebné pro lov a práci, například pazourek. Začal obrábět půdu. Postupně si stavěl obydlí z cihel a kamene, začal vyrábět nádoby. S růstem měst rostla i spotřeba stavebních materiálů, začal se těžit štěrk, písek, kámen. Stačí se porozhlédnout po krajině a všude nacházíme strmé stěny kamenolomů anebo výkopy, v kterých se těží žula, vápenec, pískovec, štěrk, kaolín, jíly a podobně. S objevením kovů se rozvinula těžba rud. Nejprve z povrchových nalezišť, pak se postupně člověk dostával stále hlouběji a hlouběji. Hromadily se skládky a haldy jaloviny, které ještě i dnes na mnoha místech hyzdí tvář krajiny. Člověk objevil význam uhlí a ropy. Nejprve těžil jen v malých množstvích, dnes jsou uhlí a ropa jedněmi z nejdůležitějších surovin pro chemický a energetický průmysl. Mezi významné energetické suroviny patří i ložiska uranových rud. Mohli bychom pokračovat ve vyjmenovávání ložisek nerostných surovin a jejich významu pro člověka, ale o nich ses dočetl již v předcházejících kapitolách.

Všichni si uvědomujeme význam neživé přírody jako surovinové základny, bez které by pokrok a život lidí nebyl možný. Ale my všichni se musíme naučit hospodařit tak, abychom chránili prostředí, v kterém žijeme. Součástí našeho životního prostředí je i kamenná krása, výtvory přírody, s kterými jsme se seznámili v době našeho vyprávění o geologii.

Krásy neživé přírody bychom mohli vyjmenovávat ještě dlouho. Třeba si ale uvědomit, že tato kamenná krása vznikala dlouhé období geologické minulosti. Je křehká a

nádherná. Musíme ji chránit i pro budoucí generace, neboť nerozvážnou činností by se mohla velmi rychle nenávratně zničit. Proto naše republika vydala celou řadu zvláštních zákonů na ochranu přírody a životního prostředí.

LITERATURA

ANDRUSOV, D.: *Geológia československých Karpát.* I.—III. Bratislava, SAV 1958—1964.

AUGUSTA, J.: *Divy prasvěta.* Praha 1942.

AUGUSTA, J.: *Ztracený svět.* Praha, Universum 1948.

AUGUSTA, J.: *Z pradějin tvorstva.* Praha, Orbis 1954.

AUGUSTA, J.: *Z pradějin života.* Martin, Osveta 1961.

BARTH a kol.: *Geologické exkurze do Hornomoravského úvalu a okolí.* Ped. fak. univ. Palackého, Olomouc 1971.

BELEŠOVÁ, O.: *Minerály.* Bratislava, Mladé letá 1978.

BERNARD, J. H. a kol.: *Mineralogie Československa.* Praha, Academia 1969.

BOZÁLKOVÁ, I.—GALVÁNEK, J.—SLIVKA, D.: *Ochrana neživej prírody Slovenska.* Bratislava ČSTK, Pressfoto 1979.

BOUČEK, B—KODYM, O.: *Geologie I.* Praha, Academia 1958.

ČINČUROVÁ, E.: *Skamenelý život.* Bratislava, Mladé letá 1982.

DROPPA, A.: *Jaskyne na Slovensku.* Bratislava, Obzor 1967.

DUDA, K.—BOUŠKA, V.: *Živé—neživé.* Praha, Mladá fronta 1970.

DUDEK, A.—MALKOVSKÝ, M.—SUK, M.: *Atlas hornin.* Praha, Academia 1969.

DVOŘÁK, J.: *Význačné zkameněliny geologických útvarů.* Praha, SPN 1956.

DVOŘÁK, J.—RŮŽIČKA, B.: *Geologická minulost Země.* Praha, SNTL 1966.

FERKO, V.: *Magické kamene.* Bratislava, Obzor 1985.

FERSMAN, A.: *Divy světa nerostů.* Praha, Orbis 1950.

FERSMAN, A.: *Poklady Zeme.* Bratislava, Práca 1949.

GALVÁNEK, J.—JANÁČIK, P.—MAZUREK, J.: *Prírodné výtvory a zaujímavosti Stredoslovenského kraja.* Banská Bystrica 1976.

GAMOV, G.: *Životopis Země.* Praha, Svoboda 1949.

HABĚTÍN, V. a kol.: *Geologické vědy — přehled mineralogie, petrografie a geologie.* Praha, SPN 1973.

HAVIAROVÁ, M.—UHRÍN, V.: *Vlastivedný sprievodca po Slovensku.* Bratislava, SPN 1977.
HEČKO, I.: *Minerály Slovenska.* Martin, Osveta 1984.
HEJTMAN, B.: *Petrografie.* Praha, SNTL 1969.
HYNIE, O.: *Hydrogeologie ČSSR I.—II.* Praha, ČSAV 1961 až 1963.
JAKEŠ, P.: *Planeta Země.* Praha, Mladá fronta 1964.
KAŠPAR, J.—PŘISTOUPIL, V.: *Surovinové zdroje průmyslu.* Praha, SNTL 1970.
KETTNER, R.: *Všeobecná geologie I.—IV.* Praha, Academia 1956.
KIELAN—JAWORSKA, M.: *Lov na dinosaury.* Praha, Orbis 1972.
KLEIBL, J.: *Cesta za Adamom.* Bratislava, Mladé letá 1983
KOUŘIMSKÝ, J.: *Nerosty Slovenska.* Praha, Orbis 1958.
KUKAL, Z.: *Vznik pevnin a oceánů.* Praha, Academia 1973
MALÁČ, B.: *Hlavné pôdne typy Slovenska.* Bratislava SVPL 1962.
MAZÁNEK, Z.: *Geologické vychádzky do Kremnicko-štiavnického pohoria.* Žiar nad Hronom, OPS 1966.
MIHÁLIK, S. a kol.: *Chránené územia a prírodné výtvory Slovenska.* Bratislava, príroda 1971.
MIŠÍK, M.: *Geologické exkurzie po Slovensku.* Bratislava, SPN 1976.
NÁUČNÝ GEOLOGICKÝ SLOVNÍK I., II. Praha ČSAV 1960 až 1961.
NĚMEC, F.: *Klíč k určování nerostů a hornin.* Praha. SPN 1967.
POLÁK, A.: *Nerudné nerostné suroviny.* Praha, SNTL 1972
PŘÍRODOVĚDA pro 8. ročník ZŠ. Praha, SPN 1982
ROST, R.—KOCER, M.: *Atlas nerostů.* Praha, SPN 1964.
SENEŠ, J.: *Moria sa sťahujú.* Bratislava, Obzor 1968.
SCHEIBNER, E.—SCHEIBNEROVÁ, V.: *Za tajomstvami vyhynutého života.* Martin, Osveta 1962.
SIEGL, K. a kol.: *Vo svete nerastov.* Bratislava, Alfa 1974
ŠIPOŠ, J.: *Pri prameňoch zdravia.* Bratislava, Obzor.

ŠPINAR, Z.: *Základy paleontologie bezobratlých.* Praha, Academia 1960.
ŠPINAR, Z.—BURIAN, Z.: *Paleontologie obratlovců.* Praha, Academia 1984.
ŠPINAR, Z.—BURIAN, Z.: *Velká kniha o pravěku.* Praha Artia 1984.
ŠVAGROVSKÝ, J.: *Základy systematickej zoopaleontológie.* Bratislava, SPN 1976.
TUČEK, K.—TARZ, B.: *Kapesní atlas nerostů a hornin.* Praha, SPN 1982.
VALIŠ, J.: *Cvičení a pokusy z mineralogie, geologie a petrografie.* Praha, SPN 1974.
VARGA, K.: *Poznaj a chráň prírodu Československa.* Bratislava, Krajské stredisko pamiatkovej starostlivosti.
ZORKOVSKÝ, V.: *Ložiská nerastných surovín.* Bratislava, Alfa 1972.
ZORKOVSKÝ, V.: *Život v slovenských praoceánoch.* Bratislava, SPN 1983.
WILLE, H. H.: *Do hlbín Zeme.* Bratislava, Smena 1983.

Další kolektivní díla:
NEROSTNÉ SUROVINY ČSSR ve fotografii. Praha, ČGÚ 1983.
Z NAŠEJ PRÍRODY. Bratislava, Príroda 1978.

ODZNAK ODBORNOSTI GEOLOG

Tato knížka ti má pomoci k získání odznaku odbornosti Geolog. Při jeho plnění prohloubíš své znalosti v oboru, o který máš zájem, získáš nové vědomosti, naučíš se samostatně pracovat.

Až si přečteš jednotlivé podmínky tohoto odznaku, uvidíš, že nejsou všechny lehké. Proto se na získání odznaku odbornosti můžeš připravovat celý rok. Pokud se přesvědčíš, že sis vybral správně, že je to skutečně obor, který tě zajímá, vyplň přihlášku, kterou najdeš na konci této knížky, a odevzdej ji svému oddílovému vedoucímu. Oddílový vedoucí ti pak oznámí jméno odborného poradce, který ti bude při získávání odznaku pomáhat. Sdělí ti také jeho adresu, telefon a další údaje, které si zapíšeš do další tabulky na konci knížky — Přehledu o plnění odznaku odbornosti Geolog. Do této tabulky budeš postupně zaznamenávat plnění jednotlivých podmínek.

Kdo je odborný poradce?

Odborným poradcem může být učitel, vedoucí zájmového pionýrského oddílu, odborný pracovník z domu pionýrů a mládeže, zkrátka člověk, který se vyzná v dané problematice. S ním si uděláš plán, jak a kdy budeš kterou podmínku plnit, které úkoly můžeš vypracovat sám, při kterých ti bude pomáhat. Pomůže ti také při výběru literatury a nakonec se přesvědčíš, co umíš, co jsi ve zvoleném oboru dokázal a potvrdí ti splnění odznaku odbornosti. Od odborného poradce se můžeš mnoho dozvědět, nezapomeň se proto ptát na všechno, co tě ve zvoleném oboru zaujme.

Jak začneš

Začneš s vycházkami do přírody. Do nejbližšího okolí svého bydliště a postupně i do vzdálenějších míst. Proto musíš mít dobrou fyzickou kondici a dobré turistické oblečení. Možná, že si myslíš, že to není důležité, ale nevhodná obuv na

dlouhé túře nebo zapomenutá pláštěnka při nečekaném dešti, umí velmi znepříjemnit situaci. Pro lepší orientaci v terénu a také pro označení nalezišť odkryvů a míst, která jsi navštívil, ti poslouží **turistická mapa.** Nikdy by ti neměl chybět zápisník a tužka. Poznámky o svých pozorováních dělej hned na místě, v terénu. Podle potřeby (ne vždy budeš odebírat vzorky hornin) bys měl mít ve svém tlumoku **kladívko,** případně dlátka, papír na zabalení vzorku, v pevně uzavřené lahvičce zředěnou kyselinu solnou, lupu a měřicí pásmo. Pro orientaci a určení směru a sklonu vrstev bys měl mít s sebou **busolu** anebo **geologický kompas.** Chceš-li se pokusit na mapě a náčrtcích barevně odlišit výskyt jednotlivých hornin, nezapomeň si přibalit **pastelky.** A nakonec: Při práci s kamenem a při lezení v terénu se člověk může lehce zranit. Proto je dobré mít s sebou vždy alespoň malou **lékárničku.**

Nálezy nerostů, hornin a zkamenělin, které chceš mít ve své sbírce, musíš vždy označit štítkem. Na něm bude přesné místo nálezu, datum a tvoje jméno.

Do zápisníku si zaznamenáš místo nálezu, takzvaný popis lokality. Zaznamenáš její charakter či původ (například zářez cesty, kamenolom, břeh potoka, pískoviště), odhadneš výšku a délku místa nálezu, případně jej změříš pásmem. Určíš, z jakých hornin se skládá, jaká je barva hornin, jejich složení, velikost částic, zkrátka všechno, co charakterizuje vyvřelé, usazené a přeměněné horniny. Na lokalitě si všímáš i vzájemného vztahu hornin a toho, jak jsou uloženy. Nevynecháš ani jednu maličkost. Odkryv se pokusíš nakreslit. Máš-li fotoaparát, udělej několik celkových i detailních snímků lokality. Fotografie ti při rozboru terénu a popisu místa nálezu a odkryvu velmi pomohou. Pro jistotu si lokalitu zakresli nebo vyfotografuj.

Při **určování nálezů** krystalů nerostů, hornin nebo zkamenělin se poraď se svým učitelem nebo odborným poradcem. Nerosty, horniny a zkameněliny neurčujeme jen porovnáváním barevných obrázků v některé z knížek, ale ze-

jména na základě jejich popisu, což je mnohem složitější.

Po celou dobu plnení odznaku by sis měl vést kartoteku nálezů a literatury. Jednu můžeš věnovat krystalům nerostů, druhou horninám (rozdělíš ji podle původu hornin), třetí zkamenělinám. Jednotlivé kartičky se záznamem označ tím číslem, kterým označíš i nález ve sbírce.

Kartotéku literatury si založ hned na začátku. Každý, kdo se o něco vážně zajímá, musí mít přehled o tom, se se v oblasti jeho zájmu napsalo. Nejlépe se osvědčují volné lístky z bloku nebo kartičky stejného formátu, nastříhané z tvrdšího papíru. Na jednu stranu si napíšeš jméno autora, název knihy, rok a místo vydání, na druhou podrobnější údaje: stručný obsah toho, co tě zajímá. Stejně tak budeš postupovat v případě, budeš-li do svého literárního přehledu zařazovat články, s tím, že si místo názvu knihy uvedeš název časopisu.

Ve studiu ti pomohou i návštěvy výstav nebo muzeí, v nichž jsou trvale anebo dočasně vystaveny zajímavé exponáty z oblasti neživé přírody. Nezapomeň při výletech do přírody na některé nevšední přírodní výtvory, navštiv jeskyně, významná naleziště nerostů, zkamenělin a podobně.

Jak budeš pokračovat?

Splněním podmínek tvůj zájem o geologii jistě nekončí, proto si všechnu dokumentaci pečlivě uschovej.

Svoje vědomosti z oblasti geologie si neustále rozšiřuj a prohlubuj spoluprací s přáteli a spolužáky, kteří mají podobné zájmy.

Využij i každou možnost pohovořit si se zaměstnanci kamenolomů či pískoven, nebo příležitost nahlédnout pod plášťík zemského povrchu, ať už půjde o výkop potrubí, základ domu nebo studně. I pobyt v pionýrském táboře je vítanou příležitostí k poznávání okolního terénu.

Využij každé možnosti k rozšíření svých vědomostí o přírodě, například účastí na akcích, které organizuje svaz ochránců přírody či správa jednotlivých rezervací, chráně-

ných oblastí a národních parků, a jiných institucí, jejichž činnost se týká naší přírody.

Aktivně chraň přírodu a neboj se zasáhnout, uvidíš-li, že se někdo dopouští činů, které porušují zákony o ochraně životního prostředí a přírody.

Už dnes můžeš v mnohém prospět celému pionýrskému kolektivu, své třídě i celé naší společnosti tím, že budeš získané vědomosti o geologii uplatňovat v dalším životě, že se s přáteli a spolužáky podělíš o to, co ses naučil.

Při plnění odznaku ti přeje mnoho úspěchů česká ústřední rada Pionýrské organizace SSM.

PODMÍNKY ODZNAKU ODBORNOSTI GEOLOG

II. STUPEŇ

1. Orientuj se v geologické mapě ČSSR 1:1 500 000 a vysvětli hlavní stavební prvky geologické struktury. Nauč se poznávat hlavní symboly používané v geologických mapách a obeznam se se základními údaji geologie svého bydliště (útvary).
2. Vysvětli rozdíl mezi vrstvou a souvrstvím. Vysvětli, jak vznikají vrstvy usazenin a jak na ně působí vnitřní geologické síly. Podle možnosti se pokus objevit je v okolí svého bydliště (v zářezech, lomech, přirozených výchozech). Nakresli si je, popiš, případně zhotov jednoduchý model. Vysvětli, co je to sopečná činnost, jaký má význam a jak se uplatňuje při utváření zemského povrchu.
3. Vysvětli, kteří vnější geologičtí činitelé formují tvářnost krajiny. Porovnej jejich rušivou a tvořivou činnost. Uveď nejméně tři příklady, jak je jejich činnost ovlivňována člověkem.
4. Prokaž, že znáš horninotvorné a rudné nerosty. Na nasbíraných vzorcích urči fyzikální vlastnosti. Zjisti, zda je v okolí tvého bydliště naleziště nerostů. Vysvětli rozdíl mezi nerostem a horninou. Prokaž, že znáš horniny běžně se vyskytující v tvém okolí a že je dovedeš roztřídit podle vzniku. Nauč se poznávat vlastnosti hornin a nerostů. Najdi v okolí výchozy a odkryvy hornin, naleziště nerostů. Zakresli je do turistické mapy a nasbírej vzorky (pokus se o zhotovení tzv. formátu horniny).
5. Vysvětli, co je to zkamenělina a jak vzniká. Dokaž pohovořit o proměnách života na Zemi (podle rekonstrukcí J. Augusty a Z. Buriana). Snaž se objevit naleziště zkamenělin v okolí. Podaří-li se ti to, pořiď si sbírku a pokus se o určení nálezů.
6. Vysvětli oběh vody v přírodě a dokaž, že znáš vodní

zdroje ve svém okolí. Dokaž, že znáš význam vody pro vznik a zachování života na Zemi a její vliv na zvětrávání, rozrušování, odnos zvětralin a vznik nových hornin. Vysvětli, jak vznikají prameny, co jsou to minerální vody. Vysvětli hlavní zdroje znečištění povrchových vod a znečištění podzemních vod.

7. Dokaž, že znáš významná ložiska nerostných surovin v ČSSR (rud, uhlí, nafty, zemního plynu atd.). Zjisti, které nerostné suroviny se těží v okolí, zakresli si je do turistické mapy. Vysvětli, jaký vliv má těžba na životní prostředí a co je to rekultivace.
8. Vysvětli, jak vzniká půda a z čeho se skládá. Rozděl půdy podle zrnitosti a vysvětli, jak zrnitost ovlivňuje základní vlastnosti půdy a čím je podmíněna úrodnost půdy. Vysvětli rozdíl mezi přirozenou a zrychlenou erozí a podíl činnosti člověka na zrychlení eroze. Najdi příklady zrychlené eroze, popiš je. Uveď příčiny vzniku a způsoby, jak se jí bránit.
9. Vyhledej významné geologické objekty a zajímavosti v okolí; zjisti, které z nich jsou chráněné. Vysvětli jejich vznik a případně důvod ochrany. Polohu významných objektů v okrese zakresli do turistické mapy.
10. Volitelná podmínka.

PŘEHLED
O PLNĚNÍ ODZNAKU ODBORNOSTI
GEOLOG II. STUPEŇ

Jméno ..... nar. .....

Pionýrská skupina .....

Adresa ..... tel. .....

Odborný poradce .....

Adresa ..... tel. .....

Podmínky	Splnil dne	Podpis odb. por.
1. Orientuje se v geologické mapě ČSSR a umí vysvětlit hlavní stavební prvky geologické struktury Zná hlavní symboly používané v geologických mapách Zná základní údaje geologie svého bydliště		
2. Zná rozdíl mezi vrstvou a souvrstvím Umí vysvětlit, jak vznikají vrstvy usazenin a jak na ně působí vnitřní geologické děje Ví, co je sopečná činnost, jaký má význam a jak se uplatňuje při utváření zemského povrchu		
3. Umí vysvětlit, jak a kteří geologičtí činitelé formují tvářnost krajiny a uvede na příkladech, jak je jejich činnost ovlivňována člověkem.		

Podmínky	Splnil dne	Podpis odb. por.
4. Zná horninotvorné a rudné nerosty, na nasbíraných vzorcích umí určit jejich fyzikální vlastnosti. Umí vysvětlit rozdíl mezi nerostem a horninou Zná horniny běžně se vyskytující v okolí bydliště a dovede je roztřídit podle vzniku Umí poznávat vlastnosti hornin a nerostů Najde ve svém okolí výchozy a odkryvy hornin, zakreslí je do mapy a nasbírá vzorky		
5. Umí vysvětlit, co je zkamenělina a jak vzniká Umí vysvětlit proměny života na zemi (podle rekonstrukcí J. Augusty a Z. Buriana) Pokusí se nalézt v okolí svého bydliště naleziště zkamenělin, pořídí si jejich sbírku a pokusí se o určení nálezů		
6. Umí vysvětlit oběh vody v přírodě Zná vodní zdroje ve svém okolí Umí vysvětlit význam vody pro vznik a zachování života na Zemi, její vliv na zvětrávání, rozrušování, odnos zvětralin a vznik nových hornin. Umí vysvětlit vznik pramenů a minerálních vod Zná hlavní zdroje znečištění povrchových vod a znečištění podzemních vod		

Podmínky	Splnil dne	Podpis odb. por.
7. Zná významná ložiska nerostných surovin v ČSSR (rud, uhlí, nafty, zemního plynu atd.) Zjistí, které nerostné suroviny se těží v okolí, zakreslí je do turistické mapy Umí vysvětlit, jaký vliv má těžba na životní prostředí a co je rekultivace		
8. Umí vysvětlit, jak vzniká půda a z čeho se skládá Umí rozdělit půdy podle zrnitosti a vysvětlit, jak zrnitost ovlivňuje základní vlastnosti půdy a čím je podmíněna úrodnost půdy Umí vysvětlit rozdíl mezi přirozenou a zrychlenou erozí a podíl člověka na zrychlení eroze Umí uvést příklady zrychlené eroze, příčiny vzniku a způsoby, jak se jí bránit		
9. Vyhledá významné geologické objekty a zajímavosti v okolí a zjistí, které z nich jsou chráněné Umí vysvětlit jejich vznik a případně důvod ochrany		
10. Volitelná podmínka		

ZÁZNAM
O SPLNĚNÍ PODMÍNEK ODBORNOSTI
GEOLOG II. STUPEŇ

Jméno ..... nar. .....

Bydliště .....

Pionýrská skupina .....

Okres ..... kraj .....

Pionýr(ka) splnil(a) úspěšně všechny požadované podmínky odznaku odbornosti Geolog II. stupeň.
Žádám o vydání odznaku.

....

datum podpis a adresa odborného poradce

PŘIHLÁŠKA
PŘIHLAŠUJI SE K PLNĚNÍ ODZNAKU ODBORNOSTI GEOLOG II. STUPEŇ

Jméno ..... nar. .....

Bydliště .....

Pionýrský oddíl .....

Pionýrská skupina (adresa) .....

.....

podpis pionýra (pionýrky)

Tyto údaje vyplní oddílový vedoucí:

Odborný poradce ..... tel. .....

Adresa .....

Plnění odznaku zahájeno dne ..... skončeno .....

Odznak vydán dne .....

.....

podpis oddílového vedoucího

OBSAH:

ÚVOD 5
Myšlenkou a kladivem 7
Srážka kontinentů 11
Do hlubin Země 11
Ohnivý řetězec 16
Srážka kontinentů 23
I pevniny rostou 24
Zeměklíč 28
Kamenná kronika 38
Obři a trpaslíci 66
Z vody nebo z ohně 87
Po stopách pekla na zemi 96
Žhavý dech masívů 108
Svědectví věků 120
Drsné a jemné kameny 122
Slané kameny 134
Bílé a hořící kameny 141
Rozlámané a zprohýbané 154
Rozlámané horniny 155
Zpřehýbané horniny 159
Způsobili to permoníci 166
Pečené kameny 178
Tajný kód geologů 186
Zápas gigantů 194
Zub času 186
Cestující a černí pasažéři 199
Po cestě na konečnou 202
Od pramene k moři 203
Říše větrů 218
Led v pohybu 224
Věčný nepokoj 231
Tajemství studánek 245
Galérie Země 258
Základ zeleného království 269
Pestrobarevná mozaika 290
Skončíme jako dinosauři 309
Odznak odbornosti Geolog 319

odznak odbornosti
GEOLOG

Zpracoval RNDr. Michal Kováč, CSc.
Ze slovenského originálu
Odznak odbornosti Geológ,
vydaného nakladatelstvím Smena,
přeložila Soňa Pilková
Ilustroval RNDr. Michal Kováč, CSc.
Obálku s použitím fotografie
Bohuše Krále navrhl a graficky
upravil Pavel Štefan
Vydala česká ústřední rada PO SSM
v nakladatelství Mladá fronta
jako svou 5044. publikaci
Edice Odznaky odbornosti, svazek 48
Odpovědná redaktorka Taťána Hedbávná
Výtvarný redaktor Bedřich Skála
Technická redaktorka Hana Hubálková
Vytiskl Mír, novinářské závody, n. p.,
závod 5, Václavská 12, Praha 2
11,83 AA. 17,03 VA. 336 stran
Náklad 4000 výtisků. Praha 1988
510/21/82.5. 2. vydání (v MF 1.)
23-097-88 14/76
Cena brožovaného výtisku 17 Kčs

OBLAST PŘÍRODOVĚDNÁ

Astronom
Botanik
Geolog
Meteorolog
Zoolog
Ochranc přírody
Akvarista
Houbař
Chovatel
Myslivec, Lesník
Pěstitel
Rybář
Terarista
Včelař
Zemědělec