

UČEBNÍ TEXTY VYSOKÝCH ŠKOL

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Prof. RNDr. Milena Šamalíková, CSc.

RNDr. Jiří Locker

RNDr. Pavel Pospíšil

GEOLOGIE

Učební texty pro studenty kombinovaného a denního studia

ÚVOD	5
Význam geologie pro stavební inženýry	5
Definice a základní pojmy	6
VŠEOBECNÉ POZNATKY O ZEMI	7
SUBDUKČNÍ A RIFTOVÉ ZÓNY	9
ROZDĚLENÍ HORNIN	11
STÁŘÍ HORNIN V ZEMSKÉ KŮŘE	12
HORNINY MAGMATICKÉ	14
Vznik magmatických hornin	14
Textury magmatických hornin	14
Minerály magmatických hornin	18
Klasifikace magmatických hornin	18
Přehled magmatických hornin	20
Hlubinné horniny	20
Žilné horniny	22
Výlevné horniny	23
HORNINY SEDIMENTÁRNÍ	27
Vznik sedimentárních hornin	27
Sedimentační prostředí	27
Textury sedimentárních hornin	29
Textury klastických sedimentárních hornin	29
Charakter pojiva zpevněných klastických sedimentů	30
Tvar zrn klastických sedimentárních hornin	31
Textury chemogenních a organogenních usazených hornin	32
Minerály sedimentárních hornin	33
Přehled usazených hornin	33
Klastické sedimenty	33
Biochemické karbonátové sedimenty	38
Biochemické křemité sedimenty (silicity)	40
Vulkanoklastické horniny	41
Reziduální horniny	42
HORNINY METAMORFOVANÉ	43
Vznik metamorfovaných hornin	43
Textury metamorfovaných hornin	45
Přehled metamorfovaných hornin	48
Regionálně metamorfované horniny	48
Přehled kontaktně metamorfovaných hornin	51
TECHNICKY VÝZNAMNÉ VLASTNOSTI HORNIN	52
HORNINY JAKO NEROSTNÉ STAVEBNÍ SUROVINY	53
HORNINOVÉ MASÍVY, JEJICH STRUKTURNÍ PRVKY A TEKTONICKÉ DEFORMACE	55
Tvary těles vyvřelých hornin	55
Tělesa hlubinných hornin	55
Tělesa žilných hornin	56
Tělesa výlevných hornin	58
Tvary těles usazených hornin	58
Tvary těles přeměněných hornin	59
Deformace horninových masívů	60
Plastické deformace	60
Rupturní (křehké) deformace	61

VULKANIZMUS.....	66
Geologická tělesa vznikající vulkanickou činností	67
Lávové sopky	67
Výbušné sopky	69
Stratovulkány	69
Produkty vulkanické činnosti	69
ZEMĚTŘESEŇI.....	70
Intenzita zemětřesení.....	71
Registrace zemětřesení	71
GEODYNAMICKÉ PROCESY	73
Zvětrávání.....	73
Sufóze.....	74
Eroze.....	74
Krasové jevy.....	74
Svahové pohyby	76
Faktory svahových	76
Geologické struktury příznivé pro vznik svahových pohybu.....	76
Typy svahových pohybu	78
PODZEMNÍ VODA.....	80
Původ podzemní vody.....	80
Propustnost horninového prostředí.....	81
Hladina podzemní vody	82
Prameny.....	83
Fyzikální a chemické vlastnosti podzemní vody.....	84
Agresivita podzemní vody	84
Opatření proti podzemní vodě na staveništi	85
REGIONÁLNÍ GEOLOGIE ČESKÉ REPUBLIKY	86
Geologické jednotky České republiky	86
Západní Karpaty.....	108
INŽENÝRSKO GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ	110
Krystalinikum.....	110
Zpevněné prvohorní sedimenty	111
Druhohorní zpevněné a soudržné sedimenty	113
Paleogenní zpevněné a soudržné sedimenty	113
Karbonátové horniny.....	114
Neovulkanity	114
Třetihorní nezpevněné sedimenty	115
Kvartérní pokryvy	116
GEOLOGICKÉ MAPY.....	117
LITERATURA.....	121

ÚVOD

GEOLOGIE je jednou z přírodních věd, která studuje složení, stavbu a vývoj zemské kůry. Dnes se rozsah výzkumu rozšířil na celou Zemi jako planetu. Geologie zkoumá procesy, které na ni působily po celou dobu jejího vývoje. Zabývá se fyzikálními silami (**geofyzika**), chemickým složením (**geochemie**) a také živočišnými pozůstatky (**paleontologie**). Rozsah geologie se stále rozšiřuje a vznikají nové mezioborové disciplíny. Studium se přesouvá i na jiná nebeská tělesa, v jejichž složení a vývoji je možné vidět analogii se Zemí. Všechny tyto poznatky jsou aplikovány pro lidstvo (**aplikovaná geologie**) tak, aby mu zajistily dostatek nerostných surovin, pomohly najít ekologicky vhodné prostory k osídlení a aby snížily nebezpečí rizika přírodních katastrof.

Geologie k tomu využívá i poznatků příbuzných vědních disciplín, jako např. **mineralogie**, jejíž náplní je studium minerálů, **petrografie**, která popisuje a člení horniny a vysvětluje jejich vznik. Důležité jsou i poznatky z takových oborů jako chemie, fyzika, astronomie, geografie, botanika i zoologie. Velmi významnou vědní disciplínou související s geologií je **geomorfologie**, studující tvary zemského povrchu, které jsou výsledkem působení jak endogeologických a exogeologických činitelů, tak i geografických faktorů.

Geologie je velmi obsáhlým vědním oborem, který se dělí na samostatné vědní disciplíny, a to na **geologii všeobecnou**, **geologii historickou** (stratigrafie a paleontologie), **geologii regionální** a **geologii aplikovanou**, která zahrnuje i **inženýrskou geologii**, disciplínu zabývající se geologickými otázkami spojenými s potřebami stavebního inženýrství. Geologický obor zabývající se především zajišťováním vodních zdrojů a problémy s tím spojených se jmenuje **hydrogeologie**.

Význam geologie pro stavební inženýry

Stavební inženýr se při své činnosti ať projekční, nebo při provádění staveb, vždy setkává s geologickými otázkami, které, i když sám často neřeší, musí umět správně posoudit a být schopen vyvodit z nich závěry pro hospodárné projektování a provádění staveb.

Aby mohl stavební inženýr posuzovat základní geologické jevy při provádění staveb a činit správné závěry z inženýrskogeologických posudků pro navrhování a projekt, musí mít především základní znalosti z **všeobecné geologie**, **regionální geologie** a **technické petrografie**.

Stavební inženýr přichází do styku s horninami jako se **základovou půdou** již při výběru a hodnocení staveniště, kdy často geologické podmínky určují jeho vhodnost a z toho vyplývající způsob založení stavby.

Inženýři konstruktivně-dopravní a vodohospodářské specializace mohou na základě znalostí z výše uvedených geologických disciplín hodnotit petrografický charakter horniny a z něho vyplývajících geotechnických vlastností pak mohou usuzovat na únosnost, stabilitu, pevnost, rozpojitelnost a

těžitelnost základové půdy i chemickou povahu podzemní vody. Velmi často je rozhodující znalost technických vlastností hornin při provádění zemních prací na liniových stavbách, kde zejména stabilita svahů, zářezů nebo násypů je na nich závislá.

Zvláště značné geologické znalosti musí mít inženýr zabývající se podzemními stavbami nebo při zakládání velkých inženýrských a hydrotechnických staveb.

Jiným způsobem se projevují vlastnosti hornin při jejich použití jako *stavebního materiálu*. Horniny použité jako *drcené nebo těžené kamenivo* i jako *stavební kámen* musí splňovat určité technické požadavky.

Geologické znalosti uplatní i architekti při výběru a použití hornin jako *dekoračního kamene*, pro jehož využití je důležitá znalost petrografického složení a strukturně-texturních parametrů, které především ovlivňují technické vlastnosti uvažovaného kamene.

Horniny mají značný význam pro stavebnictví také jako základní surovina pro výrobu stavebních hmot. Výběr, těžbu a kvalitu takových surovin musí umět posoudit inženýři-technologové.

Z uvedeného vyplývá, že geologie a z ní správně vyvozené závěry, ovlivňují náklady na zakládání staveb i výrobu stavebních materiálů a konstrukcí.

Definice a základní pojmy

***HORNINY** jsou přírodní inhomogenní minerální asociace různého složení, textury a struktury, které vznikly působením geologických procesů a v podobě různých horninových těles vytvářejí zemskou kuru. Chemické složení hornin nelze vyjádřit chemickým vzorcem, lze pouze provést kvantitativní chemickou analýzu, kterou určíme váhová procenta oxidu nejdůležitějších prvků, jako např. Si, Al, Fe, Mg, Ca, K, Na.*

Horniny se v inženýrské terminologii označují jako základová půda pokud jsou v interakci se stavební konstrukcí a dělí se na *zeminy*, jestliže jsou nezpevněné, bez pevných strukturních vazeb, a na dobře zpevněné *skalní horniny* s pevnými krystalizačními nebo cementačními vazbami.

HORNINOVÉ PROSTŘEDÍ se rozlišuje na:

A) HORNINOVÉ MASÍVY, což jsou horninová tělesa v přírodním stavu, jejichž celistvost je porušena diskontinuitami (plochy nespojitosti, např. plochy vrstevnatosti, břidličnatosti, pukliny, zlomové poruchy).

B) HORNINOVÝ MATERIÁL, zahrnující:

- **kamenivo pro stavební účely**, které se dělí na *kamenivo drcené* (skalní horniny podrcené drtičem) a *kamenivo těžené* (vytěžené v přírodním stavu, např. písek nebo štěrk)
- **stavební a dekorační kámen**.

Horniny se skládají z **minerálů** neboli **nerostů**, u kterých je možné charakterizovat chemické složení, na rozdíl od heterogenních hornin, chemickým vzorcem. Jde tedy o jakési "*stavební kameny*" skládající systémy vyššího řádu, a to **horniny**. Přesto, že existují i horniny, které jsou složeny prakticky z jediného minerálu (jako např. vápenec nebo křemenec), není možné jejich celkový chemismus vyjádřit stechiometrickým vzorcem, protože vždy jsou přítomny i jiné minerály jako příměsi. Mají tedy proměnlivé chemické složení.

MINERÁLY jsou *anorganické homogenní přírodniny, jejichž složení lze vyjádřit chemickým vzorcem nebo značkou, skupenství převážně pevného, někdy i kapalného, které jsou součástí zemské kůry. Vznikají přirozenými pochody, nezávisle na lidské činnosti a organizmu. Lze je makroskopicky charakterizovat řadou znaků, které odrážejí chemické i fyzikální vlastnosti, typické pro daný minerál. Patří k nim především barva, štěpnost, tvrdost, hustota, lesk a habitus.*

Minerály se mohou dělit podle celé řady kritérií. Základní mineralogické členění minerálů vychází z jejich chemizmu a molekulární struktury. Pro praktické účely je důležité znát rozdělení minerálů na **primární** a **sekundární**.

PRIMÁRNÍ minerály se dále dělí na:

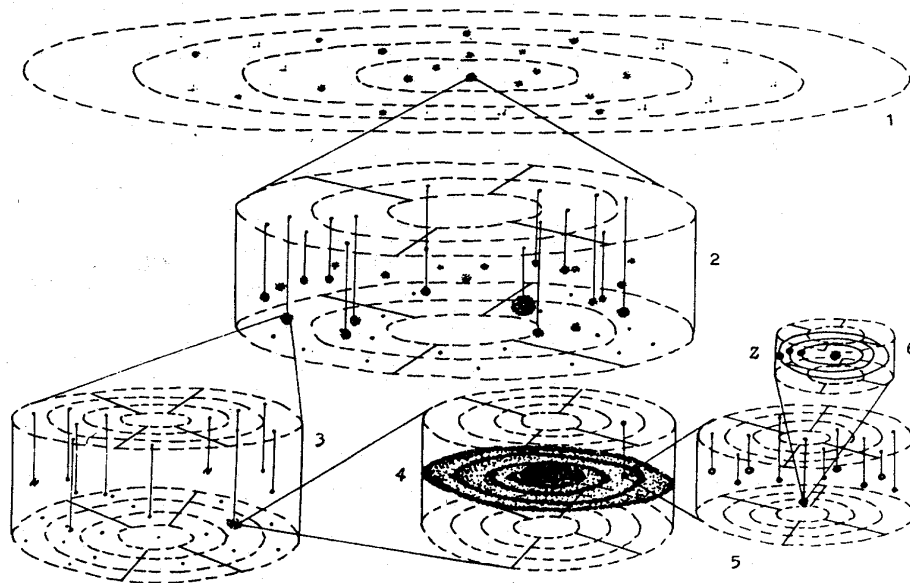
- a. **podstatné**, které jsou přítomny nejčastěji v podstatném množství a při určování hornin mají rozhodující význam (dělí se na světlé a tmavé)
- b. **podružné**, minerály se vyskytují v podružném množství a nemají pro klasifikaci horniny zásadní význam. V jiných horninách se mohou vyskytovat i v podstatném množství
- c. **akcesorické**, jsou zastoupeny ve velmi malém množství (viditelné obvykle pouze pod mikroskopem)

SEKUNDÁRNÍ minerály jsou důležitými indikátory hydrotermálních přeměn nebo zvětrávání postihujících horniny a způsobující snižování jejich kvality z hlediska technických parametrů jako např. pevnosti, mrazuvzdornosti, nasákavosti a obrusnosti.

VŠEOBECNÉ POZNATKY O ZEMI

Ve Vesmíru existují struktury různých velikostí, jejichž poznávání úzce souvisí s poznáváním galaxií. Na obr. 1 je znázorněn vesmírný systém. Jeho největšími celky jsou nadkupy, které se skládají z kup, kupy se skládají z galaxií. Naše Země je součástí sluneční soustavy, která je součástí Galaxie mléčné dráhy.

Tvar Země se nejvíce podobá zploštělému rotačnímu elipsoidu. Podle Mezinárodní unie pro geodézii a kartografii (IUGG) je rovníkový poloměr Země $6,38 \cdot 10^6$ m, zploštění Země 0,00337, povrch Země $510 \cdot 10^6$ km², z toho povrch souší $149 \cdot 10^6$ km² a povrch oceánů $361 \cdot 10^6$ km². Idealizovaný tvar Země je dán plochou geoidu.



1 - Vesmír, 2 - nadkupa, 3 - kupa, 4 - Galaxie mléčné dráhy, 5 - nejbližší okolí sluneční soustavy ve Vesmíru, 6 - sluneční soustava, Z - Země.

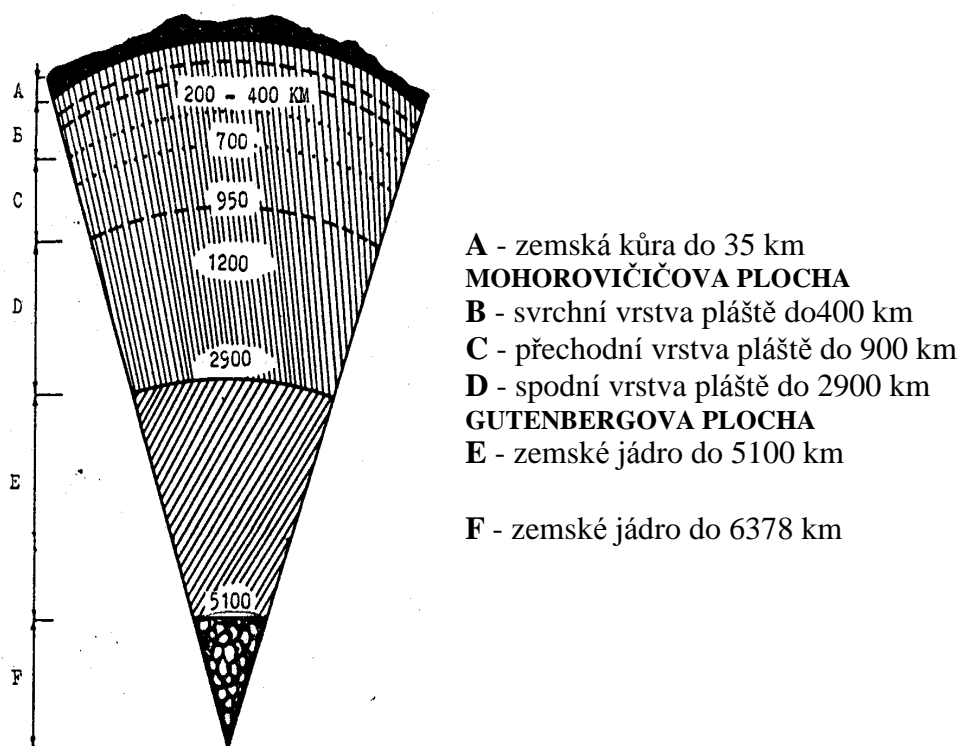
Pohyby Země jsou trojí: - kolem Slunce po eliptické dráze vzdálené od Slunce 147 až 152 km za 365 dní 5 hodin 49 minut, - kolem vlastní osy od západu k východu 365,2422 x ročně, rotační pohyb zemské osy po myšlené kuželové ploše s periodou 25 800 let. Malé pohyby mohou být vyvolávány atmosférickými vlivy nebo sluneční aktivitou.

Zemská tíže je výslednicí gravitace a rotace Země a projevuje se tíhovým polem Země. Je největší na pólech a nejmenší na rovníku.

Zemský magnetismus má původ v nitru Země a jeho intenzita je cca $0,5 \cdot 10^4$ Tesla. Magnetické pole se měnilo a mění s časem a studium paleomagnetismu pomáhá geologům vytvořit reálnou představu o vývoji Země. Na okraji zemské kůry se indukují sekundární magnetická pole, jejichž intenzita závisí na magnetické susceptibilitě minerálů (k). Magnetická susceptibilita vyjadřuje schopnost magnetizace hornin a minerálů v závislosti na intenzitě vnějšího magnetického pole. Nejběžnějším minerálem, který má feromagnetické vlastnosti je magnetit. Vnitřní stavba Země je znázorněna na obr. 2.

Zemská kůra je nejsvrchnější částí pevného zemského tělesa. Tvoří ji dva základní typy - kůra kontinentální a kůra oceánská. K nim přistupuje ještě další typ, tzv. kůra přechodného typu.

Kontinentální kůra je vyvinuta pod pevninou a její mocnost je asi 30 až 40 km. Je více rozšířena na severní polokouli a lze ji charakterizovat rychlostí podélných seizmických vln do $6200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ve svrchní části ji tvoří horniny usazené, slabě metamorfované a vulkanické. Ve střední části ji tvoří převážně granitoidy a ve spodní části bazaltoidy. Mezi granitoidní a bazaltoidní vrstvou je výrazná plocha nespojitosti - **Conradova plocha**.



Obr. 2 Schéma stavby Země se základními údaji o jednotlivých hloubkových zónách.

Oceánská kůra je tvořena převážně bazickými horninami. V tomto typu kůry se pohybují podélné seizmické vlny rychlostí vyšší než $6200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

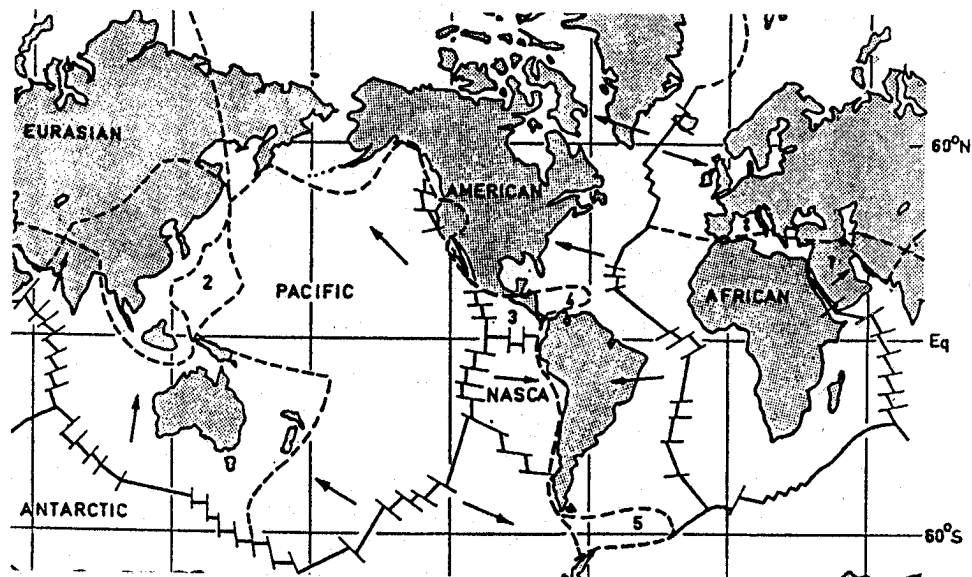
Mezi zemskou kůrou a svrchní vrstvou pláště je vyvinuta další diskontinuita - **Mohorovičičova plocha** a další významná nespojitost je mezi pláštěm a jádrem - **Gutenbergova plocha**, kde dochází k náhlému snížení rychlosti podélných seizmických vln a vymizení vln příčných. Předpokládá se, že zde přechází pevná fáze zemské hmoty ve fázi kapalnou.

SUBDUKČNÍ A RIFTOVÉ ZÓNY

Stavba zemské kůry a její pohyby jsou založeny na existenci tahových a tlakových zón, podle nichž se zemská kůra dělí a deformuje. Tyto zóny jsou doloženy jednak přímým pozorováním (fotografickou dokumentací ze satelitů Země a vesmírných výzkumů), jednak mapováním mořského dna pomocí echolotu. Zemská kůra je tvořena systémem různě velkých desek (obr. 3), které se v důsledku pohybu Země posunují.

Pohyb litosférických desek ovlivňuje konvekční proudění pod litosférou, v zóně nazývané **astenosféra** (v hloubce 70 až 250 km).

V tlakových zónách na sebe desky narážejí. V těchto zónách dochází ke vzniku metamorfických, magmatických i vulkanických procesů a silným zemětřesením.

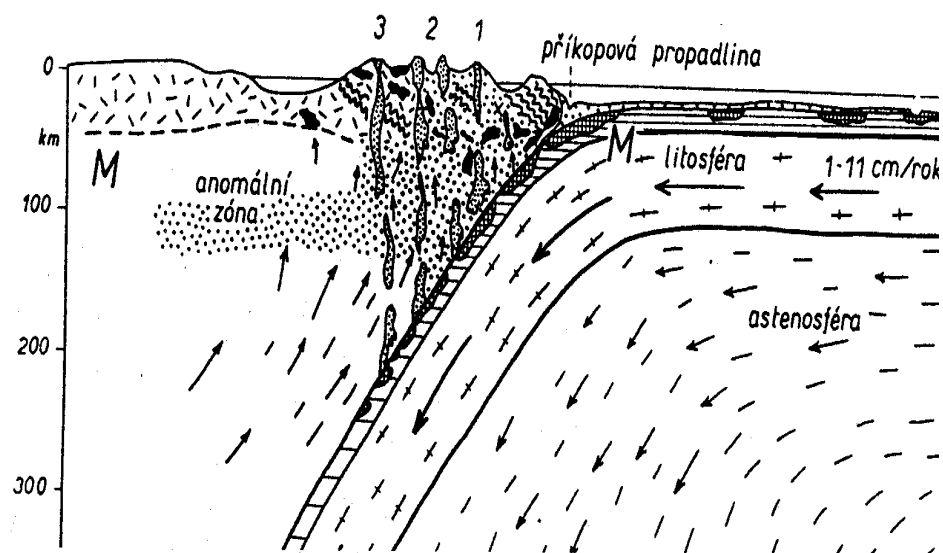


1 - Arabská deska, 2 - Filipínská deska, 3 - deska Cocos, 4 - Karibská deska

———— riftové zóny - - - - - zóny s největší seizmicitou

Obr. 3 Hlavní a vedlejší litosférické desky s vyznačeným charakterem pohybu na jejich kontaktních liniích. Přerušované linie značí oblasti komprese, mající v mnoha případech charakter subdukčních zón.

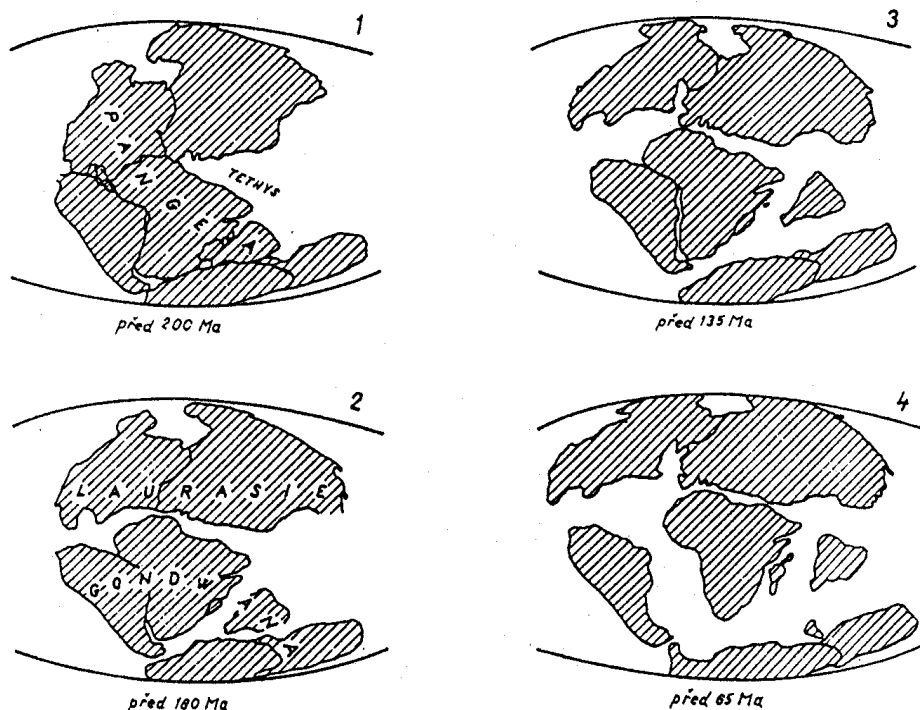
V případě, že se jedna deska podsune pod druhou, jde o tzv. **subdukcí** (oceánská deska se podsune pod pevninskou, např. vyvrásnění And podsouváním pacifické desky pod jihoamerickou). Střetnou-li se dvě pevninské desky, dochází k tzv. **kolizi** (např. vyvrásnění Himálaje kolizí indické a euroasijské desky). Současné **subdukční zóny** odpovídají průběhu hlubinných zlomů a mohou probíhat v délce stovek až tisíců km. Schéma subdukční zóny je na obr. 4.



Obr. 4 Schématické znázornění subdukce.

Riftové zóny jsou tahové, stovky až desetitisíce kilometrů dlouhé a několik kilometrů až několik stovek kilometrů široké příkopové struktury ohraničené poklesy. Může na ně být vázán výstup vulkanitů i zemětřesení, vyskytují se na pevnině i ve dně oceánů. Oceánské riftové zóny jsou hranice, na kterých dochází k oddalování litosférických desek.

Na základě výzkumů v řadě geologických disciplin byla vytvořena rekonstrukce rozmístění litosférických desek v různých geologických obdobích vývoje Země (obr. 5).



Obr. 5 Rekonstrukce rozmístění kontinentů v různých geologických obdobích vývoje Země. 1 - perm, 2 - konec triasu, 3 - konec jury, 4 - konec křídý.

ROZDĚLENÍ HORNIN

Horniny je možné dělit z mnoha hledisek. Pro základní představu je však nejvýhodnější členění na základě geologického prostředí a podmínek, ve kterých horniny vznikaly. Tomuto se říká **genetické hledisko**, podle kterého se horniny rozdělují do tří základních skupin. Horniny **vyvřelé (magmatické)**, **usazené (sedimentární)** a **přeměněné (metamorfované)**.

I. HORNINY MAGMATICKÉ (VYVŘELÉ)

- **hlubinné** (intruzivní, plutonické)
- **žilné**
- **výlevné** (vulkanické)
 - paleovulkanity
 - neovulkanity

II. HORNINY SEDIMENTÁRNÍ (USAZENÉ)

klastické (úlomkovité)

- nezpevněné

- *sypké*

- *soudržné*

- zpevněné

podle velikosti převládajících úlomků dělíme úlomkovité sedimenty na:

- *psefity* (> 2 mm)

- *psamity* (2 - 0,06 mm)

- *aleurity* (0,06 - 0,002 mm)

- *pelity* (< 0,002 mm)

biochemické

- organogenní

- chemogenní

Zvláštní postavení v systému hornin mají:

- *vulkanoklastické horniny*
- *reziduální horniny*

III. HORNINY METAMORFOVANÉ (PŘEMĚNĚNÉ)

- **kontaktně metamorfované**
- **regionálně metamorfované** (krystalické břidlice)

- ortobřidlice

- parabřidlice

STÁŘÍ HORNIN V ZEMSKÉ KŮŘE

Nejstarší horniny jsou známy z jižní Afriky a podle metody Rb-Sr, K-Ar a U-Th-Pb dosahují stáří 3,5 až 3,8 miliard let.

Z hlediska relativního stáří hornin v zemské kůře je důležitá *stratigrafie*. Je to odvětví geologie, které se zabývá studiem vrstevního sledu sedimentů, jejich vývojem a dělením. Podle způsobu metody rozlišujeme *biostratigrafii* (určování stáří pomocí zbytků organismů-fosilií, *litostratigrafii* (určování stáří pomocí litologického vývoje) a *chronostratigrafii* (určování stáří pomocí času). Přehled základních geologických údobí je v tab. 1.

Z hlediska praktických potřeb stavebního inženýra lze podle klastických usazených hornin odhadnout i jejich geotechnický charakter. Tak např. sedimenty prvohor a starší jsou zpevněné skalní horniny (droby, pískovce, slepence). Druhohorní a starší třetihorní sedimenty hlavně z období křídý a paleogénu se mohou vyskytovat jednak ve formě skalních hornin (pískovce,

slepence), jednak jako horniny soudržné (křídové slíny a měkké paleogenní jílovce). Klastické sedimenty mladší než paleogenní se vyskytují ve formě nezpevněných hornin - zemin a to buď sypké (písky, šterky) nebo soudržné (jíly, slíny). S tím úzce souvisí i způsob zakládání a volba vhodné konstrukce.

Tab. 1 Zjednodušené geologické členění historie Země s vyznačenými orogenezemi.

ÉRA	PERIODA	EPOCHA	OROGENEZE	DOBA TRVÁNÍ (v mil. let)
KENOZOIKUM	KVARTÉR (čtvrtohory)	holocén	alpínská	-0.01
		pleistocén		-1.8
	TERCIÉR (třetihory)	neogén pliocén miocén		-25
		paleogén oligocén eocén paleocén		-65
MEZOZOIKUM (druhohory)	křída		alpínská	-141
	jura			-195
	trias			-225
PALEOZOIKUM (prvohory)	perm		variská (hercynská)	-280
	karbon			-345
	devon		kaledonská	-395
	silur			-435
	ordovik			-500
	kambrium			-570
PROTEROZOIKUM (algonkium, starohory)			kadomská (asyntská)	-2600

HORNINY MAGMATICKÉ

Vznik magmatických hornin

Vyvřelé horniny vznikají krystalizací přirozené silikátové taveniny označované jako magma. Podle toho, v jakých podmínkách k této krystalizaci dochází, se vyvřelé horniny rozdělují na **horniny hlubinné, žilné a výlevné**. Vlivem různých zdrojů tepelné energie, ke kterým patří především teplo vznikající třením podsouvající se jedné desky zemské kůry pod druhou nebo teplo vznikající radioaktivním rozpadem, může docházet až k roztavení hornin a ke vzniku tzv. **magmatického krbu**.

Pokud magma zůstane v hloubce uvnitř zemské kůry, dochází vlivem různého výchozího chemizmu nebo různou **diferenciací magmatu** během pozvolného ochlazování, ke vzniku různých typů **hlubinných vyvřelých hornin**. Díky dlouhotrvající krystalizaci (řádově mil. roků) se hlubinné horniny vyznačují makroskopicky zrnitou hmotou. Velikost minerálů se zpravidla pohybuje od několika milimetrů až do několika centimetrů.

Má-li magma možnost prostupovat podél tektonických trhlin směrem k zemskému povrchu, vznikají v případě utuhnutí magmatu v puklinách deskovitá tělesa různé mocnosti. Někdy dochází i k jejich větvení a v příčném pohledu pak připomínají žíly v lékařském smyslu, od čehož je odvozen název **žilných hornin**. Tyto horniny se nezdíka vyznačují hmotou, ve které jsou větší, okem viditelné krystaly minerálů obklopeny jemně zrnitou hmotou, která utuhla až v puklině rychlejším ochlazováním. Např. vyšší koncentrací těkavých složek, jako H₂O, CO₂, F, B, může krystalizace i v těchto místech vést ke vzniku zvláštní žilné horniny pegmatitu s krystaly o rozměru i několik decimetrů.

Dostoupí-li magma až k zemskému povrchu a dojde k jeho výlevu, vznikají **horniny výlevné**, označované také jako **vulkanity**. Ochlazování taveniny na povrchu (**lávy**) probíhá ve srovnání s předchozím velmi rychle, a to podmiňuje často makroskopicky celistvý vzhled hmoty vulkanitů.

Uvedené rozlišení na základě zrnitosti je hrubé a v některých případech se můžeme setkat např. s jemně zrnitou hlubinnou horninou z okraje plutonického tělesa, mající již charakter žilné horniny nebo s žilnou horninou upomínající hmotou horninu výlevnou. V takových případech je pro správné určení horniny nezbytné ověřit charakter geologického tělesa v terénu.

Textury magmatických hornin

TEXTURA je soubor charakteristických znaků, které jsou podmíněny uspořádáním nerostných součástí v prostoru, jejich velikostí, omezením, stupněm krystalizace a vyplněním prostoru hmotou. Pro zjednodušení makroskopického popisu hornin jsou v tomto skriptu do pojmu textura zahrnuta i hlediska chápána v klasickém pojetí jako **struktura**.

Pro makroskopické rozlišování hornin jsou textury velmi důležité, protože odráží podmínky vzniku horniny, ze kterých vychází základní členění hornin na vyvřelé, usazené a přeměněné. Používají se i jako jedno z klasifikačních kritérií. Textury se rozlišují především na základě těchto hledisek:

- **orientace a rozložení součástek** (např. všesměrná, šmouhovitá, kulovitá)
- **vyplnění prostoru horninovým materiálem** (např. masivní, pórovitá, mandlovcovitá)
- **velikosti zrn** (podle skutečné velikosti např. jemně zrnitá, hrubě zrnitá, nebo podle relativní velikosti porfyrická, stejnoměrně zrnitá)
- **stupně krystalizace** (např. holokrystalická)
- **omezení minerálů** (např. hypidiomorfni)

Nejtypičtější texturou vyvřelých hornin, zvláště plutonitů, je textura **všesměrně zrnitá**. Hmota horniny se jeví při pohledu z různých směrů stejná. Anizometrické krystaly jsou orientovány všemi směry a nevykazují přednostní orientaci.

Méně běžná je **proudovitá** neboli **fluidální** textura se zjevnou přednostní orientací, která může být zpodobněna uspořádáním anizometrických krystalů nebo protažením pórů u výlevných hornin do směru pohybu lávy.

Některé granitoidy se ojediněle vyznačují **kulovitou** texturou. Značná část horniny je uspořádána do více méně kulovitých útvarů s koncentrickou stavbou, mezery jsou vyplněny běžnou stejnoměrně zrnitou základní hmotou.

Podle toho jakým způsobem vyplňuje hmota horniny prostor, se u vyvřelých hornin rozlišují textura **kompaktní** neboli **masivní**, u které hmota vyplňuje prostor souvisle a textura **pórovitá**, typická pro výlevné horniny, u níž prostor není zcela vyplněn. Pórovitá hornina obsahuje různě velké póry zpravidla oválného tvaru, které vznikají uvolněním plynů z horniny. Jejich velikost se může pohybovat od zlomků milimetrů do několika decimetrů.

Dojde-li později k zaplnění pórů nějakým minerálem za postvulkanických procesů, vzniká textura **mandlovcovitá**. Zvláštním případem je textura **pěnovitá**, kde jsou mezi jednotlivými dutinami jen velmi tenké stěny sklovité hmoty.

Velice důležitou kategorií textur vyvřelých hornin jsou textury vyjadřující průměrnou absolutní velikost zrn. Zrnitost horniny často velmi dobře charakterizuje podmínky, za kterých hornina vznikala, a je tedy důležitým hlediskem při makroskopickém určování hornin. Důležitá je i souvislost mezi velikostí zrna a některými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Vyčlenění textur podle průměrné velikosti zrn je uvedeno v tab. 2 podle stupnice E. O. Teuschera. Přehled nejdůležitějších textur vyvřelých hornin je na obr. 6.

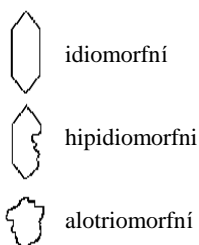
Tab. 2 Textury vyvřelých hornin podle průměrné absolutní velikosti zrna

Označení textury	Průměrná velikost zrna (mm)	Příklady hornin
<i>velkozrnná</i>	nad 33	
<i>velmi hrubozrnná</i>	33 až 10	pegmatit
<i>hrubozrnná</i>	10 až 3,3	
<i>středně zrnitá</i>	3,3 až 1	hlubinné horniny
<i>drobně zrnitá</i>	1 až 0,33	
<i>jemně zrnitá</i>	0,33 až 0,1	základní hmota žilných hornin
<i>velmi jemně zrnitá</i>	0,1 až 0,01	základní hmota výlevných hornin
<i>makroskopicky celistvá</i>	pod 0,01	

Podle relativní velikosti zrna lze rozlišit texturu *stejně zrnitou* s řádově stejně velkými minerály a texturu *porfyrickou*. Ta se vyznačuje relativně velkými krystaly obklopenými jemnozrnější *základní hmotou*. Větším krystalům se říká *porfyrické vyrostlice*. Porfyrická textura je běžná u některých hornin výlevných a žilných.

Podle stupně krystalizace hmoty horniny lze vyčlenit texturu *holokrystalickou* s plně vykrytalizovanou hmotou, texturu *hypokrystalickou*, kde vedle krystalů je v horninové hmotě přítomno i sklo a texturu *hyalinní* neboli *sklovitou*, v případě, že většina hmoty vlivem rychlého ochlazení utuhne jako sklo (vulkanická skla). Textury hypokrystalická a sklovitá se vyskytují pouze u hornin výlevných.

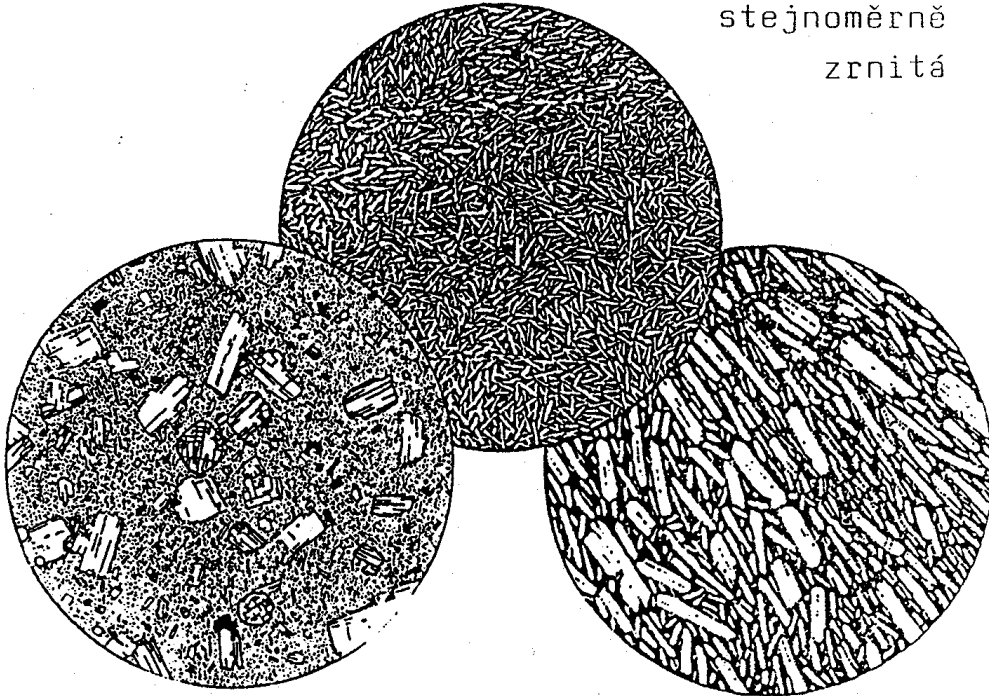
Minerály v hornině bývají různě dokonale omezeny krystalovými plochami. Podle stupně idiomorfie se rozlišují *idiomorfně (dokonale)* omezené minerály, které jsou ohraničeny vlastními krystalovými plochami. *Hypidiomorfně* omezené minerály jsou ohraničeny vlastními krystalovými plochami jen z části. Částečně jsou nepravidelné, protože se při svém růstu musely přizpůsobit již dříve vykrytalizovaným minerálům. *Alotriomorfně* omezené minerály jsou zcela nepravidelné. Jsou to obvykle ty, které krystalizují z taveniny jako poslední (např. křemen).



U stejně zrnitých textur se vyjadřuje charakter vzájemného omezení minerálů v hornině texturami panidiomorfně zrnitou, hypidiomorfně zrnitou a panalotriomorfně zrnitou (aplitickou), které lze však jednoznačně identifikovat zpravidla až mikroskopicky.

Panidiomorfní textura je případ, kdy většina krystalů v hornině je omezena idiomorfně. *Hypidiomorfní textura* vystihuje případy, kdy jsou v hornině přítomny jak minerály omezené idiomorfně, tak i hypidiomorfně a jiné i alotriomorfně. Konkrétním příkladem hypidiomorfní textury je textura *granitická*, kde tmavé nerosty (amfibol, biotit) mají vyšší stupeň idiomorfie než nerosty světlé, jako např. živce a křemen, který krystalizuje poslední a je téměř vždy alotriomorfní.

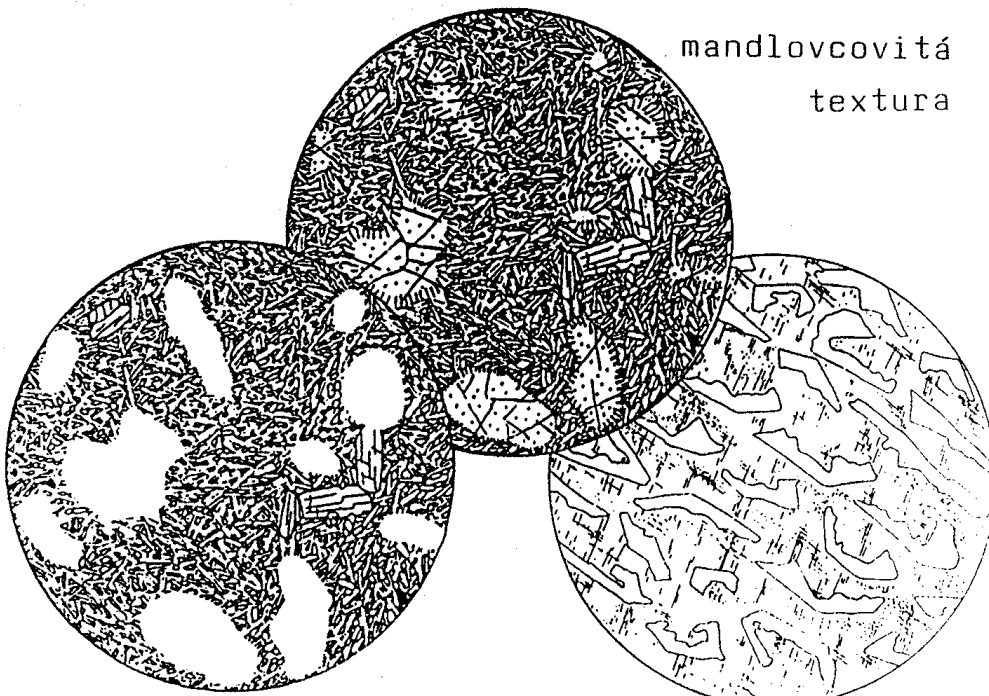
všesměrná textura,
stejněměrně
zrnitá



porfyrická textura

fluidální textura

mandlovcovitá
textura



pórovitá textura

písmenková textura

Obr. 6 Textury vyvřelých hornin.

Panalotriomorfní textura charakterizuje hmotu, ve které jsou téměř všechny minerály omezeny alotriomorfně. Tato textura je příznačná pro horninu aplit. **Grafická (písmenková)** textura je zvláštní případ orientovaného prorůstání křemene a draselného živce, připomínající klínové písmo. Vyskytuje se jen u některých typů žilné horniny pegmatit.

Minerály magmatických hornin

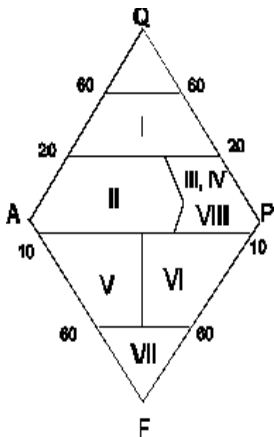
Přehledná charakteristika všech horninotvorných minerálů podle jejich četnosti výskytu a množství v jednotlivých typech hornin je zpracována v tabulkové formě v učebním textu VUT v Brně "Návod k popisu a určování hornin při samostudiu". Minerály jsou seřazeny tak, že se nejprve seznámíte s minerály nejběžnějšími, vyskytujícími se ve všech třech typech hornin a následně s typickými minerály pro magmatické, sedimentární a metamorfované horniny. Minerály jsou charakterizovány základními makroskopicky pozorovatelnými znaky tj. barvou, štěpností, tvrdostí, leskem a habitem. Kromě toho je u každého minerálu uveden jeho chemický vzorec a hustota. Zmíněny jsou také nejdůležitější výskyty daného minerálu v horninách.

Pro přehled je zde uveden pouze výčet nejdůležitějších minerálů, běžně se vyskytujících ve vyvřelých horninách. Mezi nejhojnější minerály, zastoupené ve většině hornin i v největším objemovém množství, patří skupina živců. Ty se dělí podle přítomných kationtů na **živce draselné**, označované obvykle **K-živce**, a na **živce sodno-vápenaté**, značené **Na-Ca živce** tzv. **plagioklasy**.

Dále je velmi běžným a důležitým minerálem **křemen**, který spolu s živci má zásadní klasifikační význam. Následující minerály se v nejrozšířenějších typech hornin zpravidla vyskytují jako minerály podružné. Jsou to slídy **muskovit** a **biotit**, dále **amfiboly**, **pyroxeny**, **foidy**, a zcela v nepatrném množství pak **turmalín**, **granát**, **olivín**, **analcim** a ze sulfidů **pyrit**.

Klasifikace magmatických hornin

Základní rozdělení vyvřelých hornin je možné provést z genetického hlediska na horniny hlubinné, žilné a výlevné.



Podrobné členění vychází z kvantitativního zastoupení vybraných horninotvorných minerálů. Tato klasifikace byla vypracována mezinárodní komisí Mezinárodní unie geologických věd na podkladě návrhu A. Streckeisena v roce 1972. Podle něho se označuje jako **Streckeisena klasifikace plutonických hornin** a je mezinárodně uznávána. Ke klasifikačním účelům se využívá těchto minerálů:

Q - křemen, A - alkalické živce, P - plagioklasy, F - foidy, M - mafické (tmavé) minerály. Horniny s obsahem mafických minerálů do 90 % se klasifikují podle světlých minerálů, s vyšším obsahem, podle tmavých minerálů. Klasifikační diagram má podobu dvojitého trojúhelníka s vrcholy Q,A,P,F u hornin s $M < 90\%$, přičemž je nutné světlé součástky přepočítat na 100 (tj. $Q + A + P = 100$ nebo $A + P + F = 100$). Přesné zařazení do diagramu je možné až po kvantitativní mikroskopické analýze obsahu minerálů z výbrusu horniny. **Vysvětlivky k diagramu:** I - granitoidy, II - syenitoidy, III - dioritoidy, IV - gabroidy, V - foidové syenitoidy, VI - foidové dioritoidy, VII - foidotity, VIII - anortozity (horniny tvořené převážně z plagioklasů).

Tab. 3 Přehled vybraných typů magmatických hornin rozdělených na základě geneze a minerálního složení. Pro jednotlivé kategorie jsou uvedeny typické textury a horninotvorné minerály. Horniny napsané drobně kurzívou nejsou probírány pro jejich malé rozšíření.

		Horniny s křemenem	Horniny bez křemene nebo s jeho podružným množstvím				Horniny s foidy
Minerály hlavní: světlé tmavé akcesorické:		křemen K-živce plagioklasy (kyselé) muskovit biotit amfiboly pyroxeny turmalín pyrit	K-živce plagioklasy (kyselé) biotit amfiboly pyroxeny zeolity	plagioklasy (andezín) amfiboly pyroxeny biotit zeolity	plagioklasy (bazické) pyroxeny amfiboly olivín magnetit	plagioklasy (bazické) pyroxeny amfiboly analcim (v těšinitu)	K-Na živce foidy amfiboly pyroxeny biotit olivín magnetit
Typické textury	Původ						
<i>porfyrická s makroskopicky celistvou základní hmotou, pórovitá, velmi jemně zrnitá nebo makroskopicky celistvá, fluidální, sklovitá</i>	Neovulkanity Paleovulkanity	ryolit (liparit) křemenný porfyr	trachyt <i>paleotrachyt</i>	andezit <i>porfyr</i>	čedič (bazalt) melafyr diabas	<i>pikrit</i>	fonolit (znělec)
<i>porfyrická s jemně zrnitou základní hmotou, písčinková, velkozrná</i>	Žilné	žulový porfyr pegmatit aplit	<i>syenitový porfyr</i> <i>mineta</i> <i>vogezit</i>	<i>dioritový porfyr</i> <i>kersantit</i> <i>spesartit</i>	<i>gabrový porfyr</i>		
<i>všesměrná, středně až hrubě zrnitá, stejnoměrně zrnitá nebo porfyrická se středně zrnitou základní hmotou</i>	Hlubinné	granitoidy: granit (žula) granodiorit křemenný diorit	syenit	diorit	gabro labradorit	amfibolovec pyroxenit těšinit	<i>essexit</i> <i>thermalit</i>

Podle obsahu SiO_2 se vyvřeliny rozdělují na horniny:

- **kyselé** (*obsah SiO_2 - nad 65%*), pro které je typické to, že obsahují křemen v podstatném množství. Jsou to např. všechny *granitoidy*.
- **intermediární** (*obsah SiO_2 - 52 až 65 %*), které prakticky křemen neobsahují nebo jen v nepatrném množství. Běžnými intermediárními horninami jsou *syenit* nebo *diorit*.
- **bazické** (*obsah SiO_2 - 44 až 52 %*) horniny jsou bezkřemenné, bohaté na tmavé minerály jako je amfibol, pyroxen, olivín.
- **ultrabazické** (*obsah SiO_2 - pod 44%*) jsou složeny výhradně z tmavých minerálů.

Klasifikace založené na celkovém chemizmu jsou účelné jen pro některé typy hornin, zvláště pro vulkanity a pro řešení genetických problémů.

Pro účel hrubšího makroskopického určování je výhodné vycházet z rozdělení vyvřelých hornin na základě hlediska genetického a podle obsahu křemene, typu živců a množství foidů, jak je znázorněno v tab. 3.

Přehled magmatických hornin

Hlubinné horniny

Hlubinné horniny s křemenem - granitoidy

Do skupiny granitoidů patří **granit**, **granodiorit** a **křemenný diorit**.

Nejrozšířenějšími granitoidy u nás jsou **granit** neboli **žula** a **granodiorit**, jejichž barva může být od šedobílé přes různé odstíny šedi až po šedorůžovou a masově červenou. Granitoidy jsou kompaktní, všesměrně zrnité, nejčastěji stejnoměrně zrnité. U některých žul se vyskytuje textura porfyrická s vyrostlicemi draselného živce. Hmota granitoidů je nejčastěji drobně až středně zrnitá, nezřídka i hrubozrná. Společným znakem všech granitoidů je makroskopicky viditelný křemen ve formě izometrických, alotriomorfně omezených, neštěpných zrn, šedé barvy a skelného lesku.

Granit

Vyznačuje se převahou K-živce nad plagioklasem. Z tmavých minerálů jsou přítomny obvykle slídy (biotit a muskovit), řidčeji amfibol a ojedinele se vyskytují žuly s turmalínem a granátem. Při zvětrávání je pro žuly typický balvanitý rozpad a vznik písčitého eluvia. Žula je velmi vhodný kámen jak pro hrubé, tak i ušlechtilé kamenické zpracování. U nás je žula velmi rozšířenou horninou, která v různých varietách tvoří řadu masivů. Mezi největší tělesa tvořená žulou patří centrální masív moldanubika, masív krkonošsko-jizerský, masívy Krušných hor. Hlavními lomařskými oblastmi jsou Českomoravská vrchovina s nejznámějšími ložisky Mrákotín, Řásná, Lipnice.

Granodiorit

Je to nejrozšířenější hlubinná vyvřelina na zemském povrchu a tvoří zpravidla největší masívy. Granodiorit se liší od žuly převahou plagioklasů nad K-živci a z tmavých minerálů se běžně vyskytuje biotit a amfibol. Vzhledem k výborným technickým vlastnostem je granodiorit jednou z nejvhodnějších hornin pro kamenickou výrobu i jako kamenivo pro stavební účely. V České republice je granodiorit nejvíce zastoupeným horninovým typem ve středočeském plutonu (např. ložiska Blatná, Hudčice), v brněnském masívu (např. Leskoun u Mor. Krumlova) a v dyjském masívu (Mašovice).

Křemenný diorit

Jde o horninu tvořenou křemenem a plagioklasem odpovídajícím konkrétně andezínu. Z tmavých minerálů bývá zastoupen biotit, amfibol a pyroxen. Tato hornina se obvykle vyskytuje jako součást větších granitoidních těles, kde je možné sledovat plynulý přechod mezi granodioritem a křemenným dioritem až dioritem.

Hlubinné horniny bez křemene

Mezi hlubinné horniny bez křemene patří *syenit*, *diorit*, *gabro*, *amfibolovec*, *pyroxenit*, a *těšinit*. Texturně se hlubinné horniny bez křemene v podstatě shodují s předchozími.

Syenit

Vyznačuje se značně proměnlivou barvou. Hlavní minerály tvořící syenit jsou K-živce (ortoklas, mikroklin), plagioklasy jsou přítomny jen ve velmi malém množství, z tmavých minerálů bývá nejčastější složkou amfibol a biotit, méně častý je pyroxen. Syenit má zpravidla středně zrnitou až hrubozrnnou texturu. Velmi tmavý, porfyrický syenit s množstvím tmavých minerálů v základní hmotě a vyrostlicemi bílého K-živce se nazývá durbachit. Tato varieta, amfibol- biotitový syenit se v Českém masívu vyskytuje např. ve středočeském plutonu a tvoří velkou část třebečského masívu. Zde byl využíván jako stavební kámen již ve středověku např. na raně gotické bazilice v Třebíči. Na rozdíl od něj se v jihlavském masívu vyskytuje pyroxenový syenit používaný jako kvalitní drcené kamenivo.

Diorit

Odlišuje se od předchozích plutonitů vždy tmavě šedou až černošedou barvou díky velkému podílu tmavých minerálů. Ze světlých minerálů jsou zastoupeny výhradně plagioklasy. Z tmavých minerálů je běžně zastoupen amfibol a pyroxen, biotit je méně častý. Oproti syenitu je diorit častěji drobně a stejnoměrně zrnitý. Diorit netvoří zpravidla samostatná tělesa, ale bývá součástí rozsáhlejších magmatických plutonů. V České republice se diority vyskytují např. ve středočeském plutonu, při východním okraji dyjského masívu, v brněnském masívu, v kdyňském bazickém masívu. Diorit má

výborné fyzikálně-mechanické vlastnosti (vysoká pevnost, leštitelnost) a často se těžil ve středních Čechách jako tmavý ušlechtilý kámen.

Gabro

Obvykle velmi tmavá hornina složená z bazických plagioklasů a pyroxenů. Podle charakteru pyroxenu se odlišují různé variety gabra se specifickými názvy. Často obsahuje rudní minerály jako např. magnetit, ilmenit nebo pyrotin. Gabro se nezřídka vyznačuje hrubozrnnou texturou. V Českém masívu gabro vystupuje, podobně jako diorit, v rámci větších plutonických těles. Známé výskyty gabra jsou ve středočeském plutonu mezi Sázavou a Březnicí. Zde byl těžen jako ušlechtilý, ozdobný kámen (např. lokalita Pecerady). Gabro je rovněž typickou horninou ranského masívu v Železných horách. Stavební význam jako kamenivo má gabro v západních Čechách u Poběžovic. Podobné složení jako gabro má i hrubozrnná hornina **labradorit**. Na rozdíl od gabra je složena převážně jen z plagioklasu labradoritu, podle něhož se jmenuje. Vyznačuje se barevnou opalescencí na štěpných plochách plagioklasu a patří mezi vyhledávané dekorační kameny.

Hlubinné horniny tvořené téměř výlučně tmavými minerály se u nás vyskytují zřídka, zpravidla jako polohy v okolních bazických a ultrabazických horninách. Jsou to především **amfibolovec**, hornina tvořená obecným amfibolem a **pyroxenit** obsahující jeden nebo více druhů pyroxenů podle nichž se vyčleňují speciální názvy horniny. Amfibolovec i pyroxenit jsou obvykle středně zrnité až hrubozrnné, černě zbarvené horniny.

Těšinit

Barva těšinitu bývá nejčastěji tmavě šedá (opticky vynikají černé vyrostlice amfibolu ve světle šedé základní hmotě). Typickou texturou je porfyrická se středně zrnitou základní hmotou. Vyroستlice tvoří černý, sloupcovitý amfibol nebo pyroxen. V základní hmotě jsou přítomny plagioklasy a analcim, který v případě nevhodného chemizmu podzemní vody způsobuje rozložení plagioklasů a tím rozpad horniny. Těšinit není proto vhodný pro využití ve stavební praxi.

Žilné horniny

Žilné horniny s křemenem

K typickým zástupcům této skupiny hornin patří **žulový porfyr**, **aplit** a **pegmatit**.

Žulový porfyr

Vyznačuje se porfyrickou texturou, v níž se jako vyrostlice vyskytují obvykle křemen a živce (K-živce převládají nad plagioklasy), vzácněji je přítomen i amfibol nebo biotit. Složení jemnozrnné až velmi jemně zrnité základní hmoty je obdobné. Žulový porfyr je hojnou žilnou horninou ve středočeském plutonu. V jiných granitoidních masívech se vyskytuje vzácněji.

Aplit

Hojná žilná hornina vyskytující se ve všech granitoidních masívech. Hlavními minerály aplitu jsou živce, a to jak K-živce, tak i plagioklasy a křemen. Tmavé minerály se vyskytují rozptýleně ve velmi malém množství, takže barva aplitu je ovlivněna především živci. Nejčastěji je aplit šedobílý nebo narůžovělý. Nejběžnějšími tmavými minerály jsou biotit a turmalín. Aplitické žíly bývají často rozpukány, a proto se hodí převážně na štěrk nebo lomový kámen. Pěkná ukázka aplitu je v dálničním zářezu u Velkého Meziříčí, kde mléčně bílý aplit proráží tmavým syenitem třebičského masívu.

Žulový pegmatit

Tento druh žilné horniny má obdobné minerální složení jako aplit, vyznačuje se však hrubší zrnitostí (velikost zrna nad 2 mm). Větší pegmatitové žíly se vyznačují typickou zonální stavbou. Od okraje se mohou vyskytovat **zóna granitická**, připomínající texturně granit nebo aplit, dále **zóna písmenková** a za ní **bloková zóna** vyznačující se velmi hrubozrnnou nebo až velkozrnnou texturou. Někdy jsou starší minerály pegmatitu metasomaticky nahrazovány mladšími, často vzácnými minerály, které se jinde prakticky nevyskytují. Pegmatit může být surovinou pro celou řadu odvětví, od keramické živcové suroviny až po strategicky významné minerály s vzácnými prvky jako např. Be, Li, Rb, Ni, Ta, Zr nebo minerály drahokamové jakosti. Kromě živců, křemene a slíd, jako základních minerálů, se v pegmatitu zpravidla vyskytuje turmalín, beryl, zirkon, kasiterit a množství fosfátových minerálů. V Českém masívu jsou nejznámější pegmatity ze západní Moravy (Dolní Bory), z Písecka a Domažlicka.

Žilné horniny bez křemene

K těmto horninám patří **syenitový porfyr**, **dioritový porfyr**, **gabrový porfyr** a horniny označované souhrnně jako **lamprofyry**. Vzhledem k nepodstatnému rozšíření těchto hornin na území našeho státu, se jimi nebudeme v rámci tohoto zjednodušeného přehledu magmatických hornin blíže zabývat.

Výlevné horniny

Podle starší nomenklatury se výlevné horniny rozdělují na paleovulkanity tj. horniny starší než třetihorní a neovulkanity terciárního a kvartérního stáří. Dvojí pojmenování vychází z případů, kdy je možné podle okolních sedimentů dané vulkanity stratigraficky určit, a i z často odlišného vzhledu paleovulkanitů od neovulkanitů, způsobeného druhotnými přeměnami. To však neplatí obecně a někdy i neovulkanit je postižen intenzivnější hydrotermální přeměnou než paleovulkanit. Některé novější trendy proto toto dělení nedoporučují. Pro stavební praxi to je však výhodné, neboť většinu paleovulkanitů lze využít pro drcené kamenivo, zatímco neovulkanity jsou kvalitativně proměnlivé a často pro stavební účely nevhodné. Typickou texturou většiny výlevných hornin je porfyrická textura, kde lze rozlišit dvě generace krystalů. Větší, makroskopicky viditelné **porfyrické vyrostlice** vznikaly ještě v nitru zemské kůry (delší krystalizací). Okolní **základní hmota**, která je často až makroskopicky celistvá

(mikrokrytalická), vznikala za rychlého ochlazení již na zemském povrchu. Při velmi rychlém ochlazení v ní může vzniknout i sklo.

V případě, že většina hmoty utuhne ve formě skla, vznikají **vulkanická skla**, která nejčastěji odpovídají kyselým vulkanitům s křemenem. Neovulkanity bývají často pórovité. Pórovitost a charakter pórů má značný vliv na fyzikálně-mechanické vlastnosti horniny jako je pevnost v tlaku a mrazuvzdornost.

Výlevné horniny s křemenem

K výlevným horninám s křemenem patří **křemenný porfyr a ryolit**.

Ryolit

Může mít rozmanité zbarvení. Často je šedobílý, narůžovělý až slabě fialový. Vyroستlice tvoří křemen, živce (zejména K-živce, méně kyselý plagioklas) a biotit. Běžnou texturou ryolitu je fluidální (proudovitá), která bývá mnohdy patrná až na větších horninových celcích. Velmi často je ryolit pórovitý. Silně pórovitá odrůda se označuje podle typického výskytu na Liparských ostrovech jako *liparit*. Výskyt ryolitu je vázán prakticky na mladá pásemná pohoří. Nejblíže známý výskyt je na Slovensku v centru Západních Karpat (Štiavnické a Kremnické pohoří - lokalita Vyhne).

Křemenný porfyr

Odlišuje se od ryolitu často barvou, která souvisí s druhotnými přeměnami minerálů. Vlivem sekundárního chloritu bývá křemenný porfyr tmavě zelený nebo vlivem hematitu červenohnědý až temně hnědý. Na rozdíl od ryolitu je křemenný porfyr kompaktní. Typická je výrazná porfyrická textura. V Českém masívu se nachází především v severních Čechách (teplický porfyr), v Podkrkonoší, kambriické křemenné porfyry se vyskytují v křivoklátsko-rokycanském pásmu ve středních Čechách.

Výlevné horniny bez křemene

Trachyt

Tato hornina je tvořena hlavně živci. Z nich převažuje K-živce *sanidin*, vyskytují se i plagioklasy *oligoklas* až *andezín*. Z tmavých minerálů je hojný biotit a amfibol nebo pyroxen. Vyroستlice mohou tvořit všechny uvedené nerosty. Barva trachytu je obvykle světle bílošedá až hnědošedá. V České republice se trachyt vyskytuje ojediněle, např. u obce Úterý v blízkosti Mariánských lázní. Kromě běžného využití jako lomový kámen se v některých zemích (např. Řecku) využívá i jako ušlechtilý kámen v architektuře.

Andezit

Jde o jednu z nejrozšířenějších neovulkanických hornin na světě. Hlavní výskyt andezitu je vázán na mladá pásemná pohoří a na cirkumpacifický pás. Na jeho složení se podílí především plagioklasy oligoklas a andezín, z tmavých

minerálů hlavně amfibol a pyroxen, méně biotit. Vyrostlice tvoří jak živce, tak i tmavé minerály. Porfyrická textura andezitu bývá velmi nápadná díky vyrostlicím černého, často sloupečkovitého amfibolu. Andezity jsou převážně kompaktní, a vyznačují se dobrými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, které však mohou negativně ovlivnit hydrotermální procesy, označované jako *propylitizace*. Při tom se mění výchozí minerální složení za vzniku sericitu, epidotu, kaolinitu a kalcitu, což má za následek zhoršení technicky významných vlastností (např. mrazuvzdornosti). Andezity se vyskytují nejvíce na Slovensku v řadě středoslovenských vulkanických pohoří (Štiavnické a Kremnické vrchy, Slánské vrchy a Vihorlat). Na Moravě jsou známy z lomařské oblasti v okolí Uherského Brodu (lokality Nezdenice, Bojkovice, Bánov).

Čedič (bazalt)

Je nejhojnější výlevnou horninou na Zemi vůbec. Typická barva čediče je šedočerná. Hlavní minerální součásti jsou plagioklasy (labradorit a bytownit) a pyroxen - augit. Amfibol a biotit se vyskytují ojediněle. Některé čediče jsou typické přítomností olivínu, buď ve formě vyrostlic nebo celých uzavřenin (tzv. *olivínových pecek*), vzniklých rekrystalizací útržků ultrabazických hornin, tvořených převážně olivínem. Obsahuje-li čedič některý minerál ze skupiny foidů, odlišují se pak horniny speciálních názvů. Čediče jsou také typické některými formami výskytu. V případě podvodních efuzí vznikají někdy tzv. polštářové lávy. Vlivem kontrakce při ochlazování čedičových výlevů vznikají vertikální trhliny způsobující *sloupcovitou odlučnost* čediče. Pro některé čediče je typický tzv. *bobovitý rozpad*. Čedič je znám svojí vysokou pevností a houževnatostí. Proto se hodí jako kvalitní štěrk. Pro snadnou ohladitelnost se však nehodí pro silniční účely. Speciální využití má tavený čedič. V rámci Českého masívu se vyskytují především terciérní čediče v Českém středohoří a v Doupovských horách.

Paleovulkanity čedičového složení jsou zastoupeny permo-karbonským **melafyrem**. Ten se vyznačuje často mandlovcovitou texturou a temně hnědofialovou barvou, se kterou kontrastuje zelený povlak mandlí tvořený chloritem.

Ještě starší bazaltoid vyskytující se u nás je ordovický až silurský **diabas**, který má na rozdíl od předchozích bazaltoidů často makroskopicky zrnitou texturu a nazelenalé zbarvení. V minulosti se využíval jako dekorační kámen ve středních Čechách. V Nízkém Jeseníku se vyskytuje diabas devonského stáří. Ve slabě metamorfované podobě s často plošně paralelní texturou je diabas součástí metabazitové zóny brněnského masívu.

Výlevné horniny s foidy

Fonolit (znělec)

Složení fonolitu je obdobné trachytu, s tím rozdílem, že obsahuje navíc v základní hmotě minerál *nefelín* ze skupiny foidů. Ten dodává fonolitu charakteristické nazelenalé zbarvení. Kromě běžné porfyrické textury jako u

ostatních vulkanitů se fonolit nezdávka vyznačuje i texturou mandlovcovitou. Uvnitř mandlí se objevují často minerály ze skupiny zeolitů. Fonolit se u nás nachází v jz. části Českého středohoří. Hodí se na šterk, jako lomový kámen a používá se i na výrobu lahvového skla.

Vulkanická skla

Vulkanická skla jsou poměrně vzácné horniny vznikající velmi rychlým utuhnutím různých typů magmatu. Nejčastěji však svým chemizmem odpovídají kyselému magmatu, které se vyznačuje větší viskozitou a rychlejším tuhnutím než magma bazické. Podle charakteru textur a podle obsahu vody se rozlišují:

- **obsidián**, obvykle černě zbarvený, se silným skelným leskem a lasturnatým lomem, obsah vody je malý (1 až 2 %)
- **smolek**, je zpravidla hnědozelený s typickým smolným leskem, obsah vody je vyšší (až 10 %)
- **perlit**, šedý až černý, vyznačuje se výraznou kuličkovitou (perlovitou) odlučností
- **pemza**, šedobílá, typická je pěnovitou texturou, způsobující velmi nízkou objemovou hmotnost (plave na vodě), obsah vody je nepatrný

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Které jsou nejdůležitější horninotvorné minerály?
2. Podle čeho lze nejlépe rozlišit živce od křemene?
3. Jakou tvrdost mají slidy?
4. Jak se nejlépe odlišuje biotit od ostatních tmavých minerálů?
5. Jak lze rozeznat štěpné plochy od lomných?
6. Čím se vzájemně liší minerály amfibol, pyroxen a turmalín?
7. Jak se dělí vyvřelé horniny podle původu, minerálního složení, chemizmu a stáří?
8. Které vyvřelé horniny mají makroskopicky zrnitou texturu a které celistvou?
9. Čím se liší porfyrická textura od mandlovcovité?
10. Pro kterou horninu je typická přítomnost olivínu?
11. Pro kterou horninu je typická přítomnost analcimu a co způsobuje?
12. Jaký je název výlevného ekvivalentu gabra?
13. Jaký je rozdíl mezi žulou a syenitem?

HORNINY SEDIMENTÁRNÍ

Jsou nejrozšířenějšími horninami na zemském povrchu. Setkáváme se s nimi ve stavební praxi jako s nejčastějšími typy základové půdy pro jednoduché stavby, založené na plošných základech, i pro liniové dopravní stavby.

Vzhledem k tomu, že petrografická klasifikace sedimentů není dosud ve světě jednotná, uvádíme zde tradiční starší dělení na sedimenty klastické, chemické a organogenní. Ke skupině klastických sedimentů přiřazujeme i skupinu hornin vulkanoklastických a reziduálních.

Vznik sedimentárních hornin

Vznik sedimentárních hornin lze rozdělit na několik fází:

- **zvětrávání** hornin (magmatických, metamorfovaných nebo starších sedimentárních)
- **přenos - transport** zvětralého materiálu různými transportními činiteli (voda, vzduch, ledovec) v podobě klastických částic nebo formou roztoků
- **usazování - sedimentace** přeneseného materiálu v sedimentačních prostředích různého charakteru, může jít o hromadění klastických částic nebo srážení minerálů z roztoku
- **zpevňování - diagenese** usazeného materiálu, a to buď **kompakcí** (stlačením) vlivem tíhy nadloží, nebo chemickou cestou tzv. **cementací**, při níž dochází k vysrážení některého minerálu tvořícího v klastických sedimentech **tmel**. Diagenézou zpevněné sedimenty považujeme za **horniny skalní**. Příkladem může být vznik pískovce z písku nebo slepence ze štěrku.

Sedimentační prostředí

Podle prostředí, ve kterém sedimentace (usazování) probíhá můžeme rozlišit sedimentaci na pevninách a sedimentaci v mořích.

Mořského původu je převážná část sedimentů. Usazování zde probíhá chemickou i biochemickou cestou, ale i mechanickým tříděním klastických částic přinesených z pevniny.

Podle toho kde k sedimentaci dochází, mění se způsob sedimentace i charakter sedimentu. Na pevninském šelfu (kontinentální pláni), která má velmi mírný sklon a sahá do hloubky cca 200 m vznikají sedimenty štěrkovité, písčité a jílovité a jejich zrnitost se postupně zjemňuje s hloubkou. Mohou zde vznikat i organogenní útesové vápence (korálové bariéry) a v mělkých částech evapority (sůl, sádrovec). Ve větší hloubce pod kontinentálním svahem vznikají jemná bahna i chemické sedimenty. Na tvorbu sedimentů v moři má vliv teplota vody, tlak vody, salinita i organizmy.

Na kontinentech může sedimentace probíhat jednak *na souši*, jednak *pod vodou*. K sedimentům, které vznikají na souši patří sedimenty *eolické* (větrné), sedimenty *svahové* a sedimenty *ledovcové*. K sedimentům, které vznikají ve vodním prostředí patří sedimenty *říční*, *jezerní* a sedimenty *pobřežních lagun*.

Na souši je rozhodujícím faktorem *klima*. Určuje charakter sedimentu. V *pouštních oblastech* (zabírají asi 1/5 souše) je rozpad hornin ovlivňován střídáním denní a noční teploty a dochází k *deskvamaci* neboli odlupování povrchu hornin. Vzniklé úlomky jsou dále přenášeny větrem za vzniku *dun* (písečných přesypů). V období prudkých lijavců mohou i zde vznikat bahnitě písčité proudy v korytech jinak vyschlých řek. Rovněž po období zimních mrazů dochází k rozbřídání pouštních sedimentů a jejich novému ukládání. V horkých oblastech dochází k extrémnímu výparu a při povrchu se tak vytváří pevné *krusty* a *kůry*, často pestře zbarvené - načervenalé a žlutohnědé.

V *podhůří a na úpatí svahů* všech zeměpisných šířek vznikají svahové sedimenty. K sedimentaci úlomků dochází účinkem gravitace a přemisťování nastává deštěm nebo svahovými pohyby. Vytvářejí se *dejekční kužely* i *kamenná moře*.



Tvar říčního údolí na horním toku

Říční sedimenty vznikají podle charakteru a vývoje říčního toku i říčního údolí. V horním toku má říční údolí zpravidla *tvar písmene V*. Erozivní činnost je převážně hloubková, nerovnosti a spádová křivka toku se vyrovnávají vodopády a peřejemi. Horninové úlomky se transportují vlečením a dochází k intenzivnímu opracování horninového materiálu. Na středním toku řeka eroduje do stran, vytváří spíše neckovité údolí a *meandry* (zákruty) a ukládá sedimenty. Postupně klesá velikost sedimentovaných částic a vytvářejí se *aluviální nivy*. V dolním toku převažuje zpravidla sedimentace nad erozí. Vznikají aluviální roviny s mohutnými nejmladšími nánosy, často bahnitěho nebo písčito bahnitěho charakteru.

Zvláštním typem říčních sedimentů jsou říční *šterkové terasy*. U většiny našich řek vznikly v pleistocénu vlivem střídání období zalednění a období oteplování. V období mrazu bylo v řece málo vody, její transportní síla byla malá a docházelo k ukládání transportovaného materiálu. V období tání bylo v řekách mnoho vody, řeka nejen přenášela, ale i hloubkově erodovala koryto a vytvářela tak novou budoucí sedimentační bázi dalších šterkových usazenin. Schematické znázornění vývoje říčních teras je na obr. 7.

Sedimentace v jezerech je různorodá a o charakteru sedimentu rozhodují nejen klimatické podmínky (minulé i současné), ale i charakter horninového prostředí. Tak v pouštních oblastech vznikají *evapority* (sůl, sádrovec), v mírném pásmu všechny typy klastických sedimentů a v okolí vulkánů *pyroklastika*. Ve vlhkém klimatu se vytváří *rašelina* a bahno, jezera rychle zarůstají a může za určitých podmínek vznikat budoucí uhelná sedimentace. Zvláštním typem jezerních sedimentů jsou *křída* a *rozsivková zemina* (diatomit neboli křemelina).

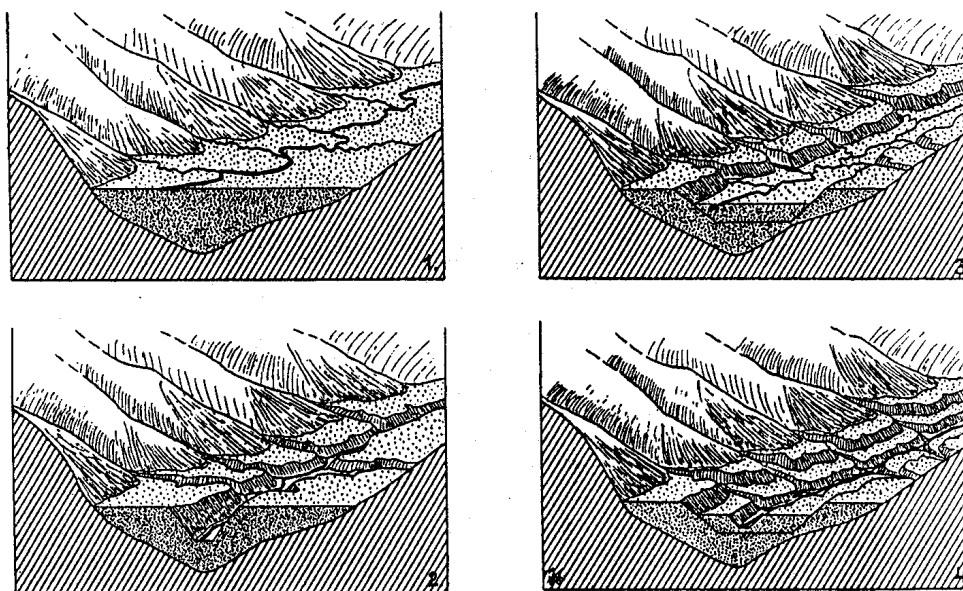
Ledovcová sedimentace se vyznačuje netříděností materiálu. Ledovce se dělí, podle toho kde se vyskytují, na:

- *pevninské* (skandinávského typu)
- *vysokohorské* (alpského typu). Ledovcové údolí vysokohorského ledovce má *tvář písmene U*.



bazální moréna
Typický tvar ledovcového údolí

V ledovcích vznikají *bazální, boční a čelní morény*, které po ústupu ledovce významně ovlivňují morfologii území. Často zahradí údolí a tak vznikají horská jezera (plesy). Morénové sedimenty lze dobře využívat jako stavební materiál, je však třeba je třídit a zbavit jílovitých a hlinitých příměsí.



Obr. 7 Schematické znázornění vývoje říčních teras.

Zbytky sedimentů kontinentálního ledovce nacházíme u nás na Ostravsku, Opavsku a v Moravské bráně. Jsou to jednak známé osamocené *bludné (eratické) balvany*, jednak *fluvioglaciální písčité štěrky* a *souvkové hlíny*.

Textury sedimentárních hornin

Pro většinu sedimentárních hornin je typická *vrstevnatá textura* (obr. 8), související se způsobem jejich vzniku. Častá je i textura *pórovitá*. Velikost porů bývá obvykle několik desetin mm až několik mm.

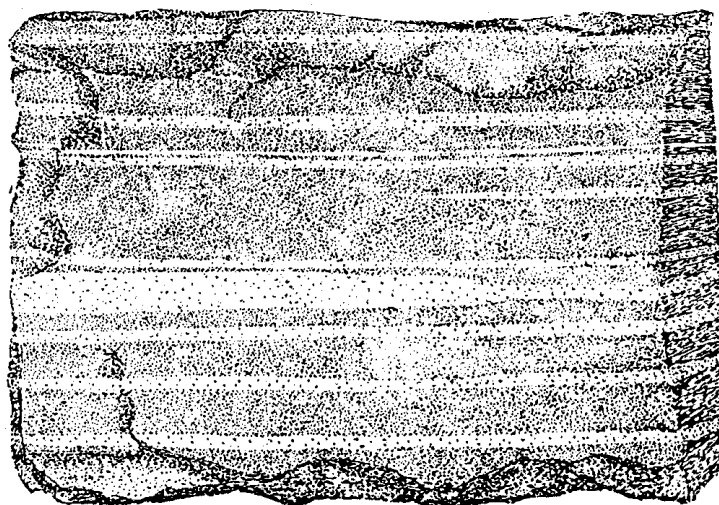
Textury klastických sedimentárních hornin

Klastické sedimenty (úlomkovité) se dělí podle velikosti úlomků do čtyř skupin:

Názvosloví podle ČSN 73 1001

- *psefity* (velikost nad 2 mm) štěrková složka (ba)
- *psamity* (2 až 0,06 mm) písčitá složka (bb)
- *aleurity* (0,06 až 0,002 mm) prachová složka (ca)
- *pelity* (pod 0,002 mm) jílová složka (cb)

Na základě tohoto rozdělení se popisují i textury *psefitická, psamitická, aleuritická a pelitická*.



Obr. 8 Vrstevnatá textura.

Pro stavebního inženýra je dobře si zapamatovat, že názvy skupin pocházejí z řečtiny: *psēfos* = *hrubý*, *psamos* = *písek*, *alevros* = *mouka*, *pelos* = *bahno*. Podle toho lze jednoduše dělit tyto sedimenty na šterkovité, písčité, hlinité a jílovité. To v podstatě odpovídá i dělení podle norem pro zakládání na plošných základech: *šterk* (*gravel* - *G*), *písek* (*sand* - *S*), *hlína* (*mould* - *M*) a *jíl* (*clay* - *C*).

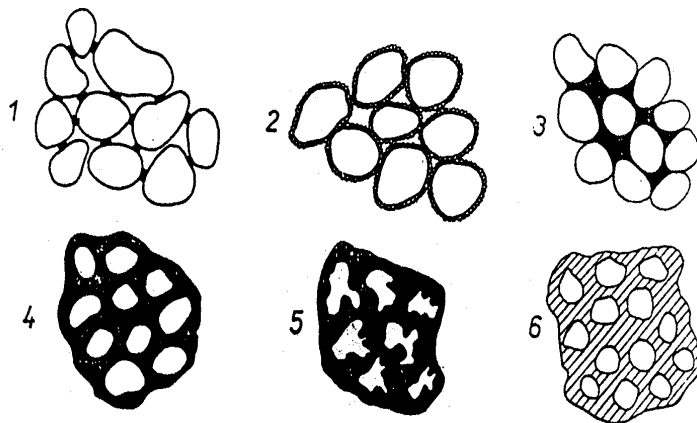
Charakter pojiva zpevněných klastických sedimentů

Stupeň zpevnění původních zemín (šterkovitých, písčitých a jílovitých) má velký vliv na fyzikální, mechanické i deformační a hydraulické vlastnosti hornin. Způsob, jakým pojivo vyplňuje prostor mezi zrny, je rovněž důležitým texturním hlediskem klastických sedimentů. Rozlišují se tyto základní typy pojiva:

- **kontaktní** - zrna jsou spojena jen na styku, v hornině je velké množství pórů a hornina je propustná pro vodu podle průlin mezi zrny
- **povlakové** - zrna jsou obalena po celém obvodu pojivem, ale mezi zrny jsou zachovány póry, označuje se též obalný tmel
- **pórové** - vyplňuje póry mezi dotýkajícími se zrny
- **výplňové** - vyplňuje póry mezi zrny, která již dříve byla stmelena starším pojivem (např. dotykovým), jedná se proto o mladší generaci tmele, která může přispět ke zpevnění horniny
- **bazální** - pojivo převažuje nad klastickými částicemi, které jsou v něm roztroušeny a vzájemně se nedotýkají
- **korozní** - zrna jsou korodována tmelem a mají proto nepravidelný až zubovitě laločnatý povrch
- **regenerační** - vzniká orientovaným obrůstáním klastických zrn tmelem stejného složení, tím dochází k dokonalému spojení a ke zvýšení pevnosti horniny

Pokud lze rozpoznat primární (klastické) nebo sekundární (chemogenní) pojivo, označuje se primární jako základní hmota (matrix) a sekundární jako tmel.

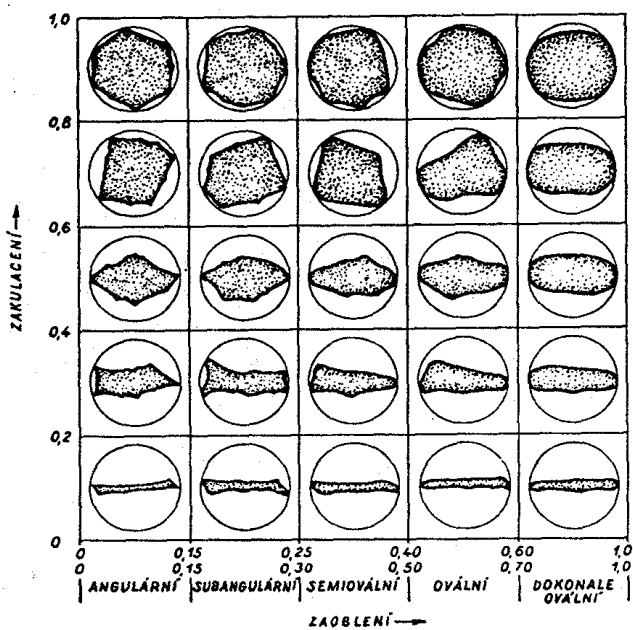
Z hlediska minerálního charakteru zpravidla jsou nejčastější pojiva **železitá** (limonit - rezavá barva, hematit - červenohnědá barva), pojivo **křemité** - barva šedobílá, **vápnité** - barva béžová až bělavá, **glaukonitové** - barva šedozelená. Některá z těchto pojiv jsou typická pro určité geologické období. Tak např. hematitové pojivo je běžné v permu, křemité a glaukonitové v křídě, vápnité ve flyši. Podle pestrosti pojiv je zřejmé, že s typem přítomného pojiva souvisí i celkové zbarvení sedimentu. Příklady pojiv jsou znázorněny na obr. 9.



Obr. 9 Typy pojiv klastických sedimentů. 1 - kontaktní, 2 - povlakové, 3 - pórové nebo výplňové, 4 - bazální, 5 - korozní, 6 - regenerační.

Tvar zrn klastických sedimentárních hornin

Dalším texturním znakem klastických sedimentů je stupeň zaoblení klastických částic a jejich tvar. K odhadu se používá vizuální škály (obr.10).



Obr. 10 Škála pro odhad tvaru klastických zrn.

U zaoblených úlomků - valounů se jejich tvar vyjadřuje *koeficientem plochosti* K_p .

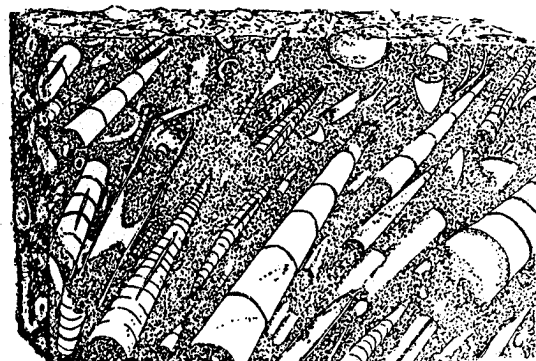
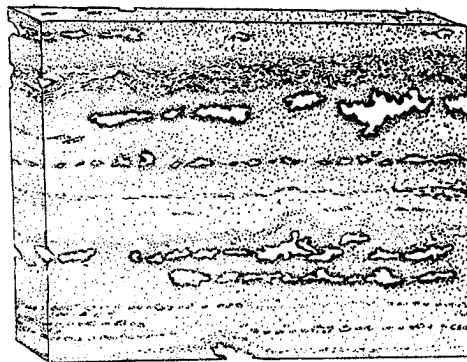
$$K_p = \frac{a+b}{2c} \text{ kde}$$

a = nejdelší osa, b = střední osa, c = nejkratší osa valounu.

Textury chemogenních a organogenních usazených hornin

Textura většiny chemogenních sedimentů je *krystalinní* (složená ze zrn karbonátu nebo křemene různé velikosti). Makroskopicky se však téměř vždy jeví jako *celistvá*. Např. pro travertin je typická textura *vrstevnatá* a *pórovitá* (obr. 11).

U organogenních sedimentů se nejčastěji vyskytuje textura *organogenní*, jsou-li v hornině zachovány celé schránky organismů, které se podílely na jejím vzniku. Vlivem proudění vody může dojít k přednostní orientaci schránek, např. u ortocerasových vápenců s kónickými schránkami hlavonožců (obr. 11). Jsou-li patrné pouze rozdrčené části pevných schránek, mluví se o textuře *organodetritické*.



vrstevnatá a pórovitá textura travertinu (výše na obr.)
organogenní textura ortocerasového vápence (dole)

Obr. 11 Příklady textur chemogenních a organogenních sedimentů.

Minerály sedimentárních hornin

Dělí se do dvou skupin:

- **Autigenní** minerály, které vznikají během tvorby sedimentu. Z autigenních jsou z hlediska stavební praxe nejdůležitější **jílové nerosty**, ze síranů **sádrovec** a **anhydrit**, z oxidů **hematit** a **limonit**, **křemen** i ve formě **opálu** a **chalcedonu**, ze sulfidů **pyrit** a **markazit**, z uhličitanů **kalcit** a **dolomit**.
- **Alotigenní** minerály, které jsou přinášeny z jiných míst. Z alotigenních minerálů jsou důležité **křemen**, **živce**, **muskovit**. Zvláštní skupinou jsou tzv. **těžké nerosty**. Patří k nim např. **magnetit**, **ilmenit**, **turmalín**, **skoryl**, **granáty** a **staurolit**, některé **amfiboly** a **pyroxeny**. Vyskytují se v písčitéch sedimentech zvyšují jejich objemovou hmotnost. Takové sedimenty lze využít jako kamenivo do těžkých betonů.

Kromě minerálů se na stavbě sedimentů podílejí i organizmy svými schránkami (zkameněliny neboli fosilie). Bývají nejčastěji vápnité nebo křemité. Další součástí sedimentů mohou být **bitumen** a **uhelná substance**.

Přehled usazených hornin

Klastické sedimenty

Zeminy

Jako zeminy se v inženýrském smyslu označují nezpevněné horniny, které se podle zrnitosti dělí na balvanité, kamenité, šterkovité, písčité, prachovité a jílovité. Podle plasticity mohou být **soudržné** a **sypké**.

Sutě

Jsou to hranaté zvětralinové skalní úlomky uložené na svahu. Gravitační nebo svahovým pohybem se mohou částečně zaoblit na hranách a rozích. Podle charakteru převažujících úlomků mohou být čistě kamenité nebo hlinito-kamenité a podle toho se na svahu chovají. Jsou dobře propustné a na úpatí svahu mohou v nich vznikat menší prameny, jejichž existence závisí na množství srážek a ročním období. Při inženýrskogeologickém průzkumu je třeba vyšetřovat nejen jejich ulehlost, stabilitu a propustnost, ale i průběh povrchu podložních hornin pod nimi.

Štěrky

Jsou klastické hrubé sedimenty složené z valounů odpovídajících velikostí pševitovým úlomkům z 80 %. Podle původu mohou být mořské, jezerní a říční. Podle kvalitativního zastoupení valounů mohou být monomiktní (složené z jednoho horninového nebo minerálního typu) a polymiktní (složené z různých typů valounů). Říční štěrky se vyskytují jak ve dně, tak i v naplavených lavicích v zákrutech řek. Zvláštním typem jsou **terasové štěrky**, které nacházíme v různých výškách svahu a které představují staré fluvioglaciální

akumulace z období pleistocénu. Štěrky se používají k výrobě betonu, slouží jako filtrační a stabilizační materiál. Poskytují dobrou a spolehlivou, málo stlačitelnou základovou půdu. Při zakládání na štěrkových terasách ve svahu je však třeba vyšetřovat průběh štěrkové vrstvy pod celým objektem.

Ke štěrku lze přiřadit i *till*. Jedná se o nezpevněný materiál ledovcových morén. Je nestejnorodý jak z hlediska velikosti, tak i složení i tvaru úlomků. Pro stavební využití se musí třdit a kvalitativně posuzovat pro každou stavbu zvlášť.

Písky

Jsou sypké sedimenty s úlomky odpovídajícími velikostí z 80 % psamitům. Většinou se skládají z křemene, živců a muskovitu. Mohou obsahovat až 20 % prachovité, jílovité nebo štěrkovité příměsi a dále těžké nerosty. Mohou být mořské, jezerní i říční, ale i eolické (větrné) nebo-li váté. Některé mořské písky obsahují zrnka karbonátů, některé příměs glaukonitu. Jezerní písky bývají silně jílovité, váté písky křemenné s malým podílem živců nebo rohovců.

Pro stavebnictví jsou důležité písky tekoucí, tzv. *kuřavka*. Jedná se o písky, do nichž pronikl proud podzemní vody, který pootáčí jednotlivá zrnčka a způsobuje ztekucení celého komplexu. Takové písky jsou pro zakládání nevhodné, způsobují závaly při ražbě a většinou se zpevňují zmrazováním.

Písky se používají ve stavebnictví jako stavební materiál, křemenné písky jsou dobrým filtračním materiálem a často slouží i jako sklářská surovina. Jílovité písky se používají ve slévárenství. Jako škodlivé příměsi lze označit sloučeniny železa, humus a jiné organické látky.

Sprašoidní zeminy

Patří sem *spraše, spraše pahorkatin a sprašové hlíny*. Na našem území většinou vznikly eolickou činností v pleistocénu. V některých zemích, např. v Číně, vznikají i v současné době.

Bývají rozděleny půdními tmavšími horizonty ve více vrstev, nebo se střídají vápnité a nevápnité vrstvy v jednom souvrství. Sprašoidní sedimenty jsou převážně okrové barvy, skládají se z kosterních zrn (křemen, živec) a jílových minerálů (hlavně illitického charakteru). Pro spraše je charakteristický obsah CaCO_3 a to jednak ve formě povlaků bílé barvy, jednak jako *cicváry* - konkrce nepravidelného tvaru a velikosti. Příměs cicvárů zhoršuje kvalitu spraší jako suroviny k výrobě cihel.

Spraš je pórovitá, silně stlačitelná a pro vodu dokonale propustná. V suchém stavu je stabilní i ve vysokých stěnách, s vodou však rychle rozbíjí a kolapsuje. Jako základová půda se hodnotí jako podmíněně použitelná. Spraše a sprašové hlíny jsou významnou cihlářskou surovinou. Vhodné jsou zejména zeminy s nízkým obsahem CaCO_3 .

Hlíny

Mohou být různého původu (geneze) a složení.

Aluviální hlíny (povodňové) se nacházejí v blízkosti řek v inundačním území, tzv. **aluviální nivě**. Podle toho se jim krátce říká **aluvium**. Jsou stlačitelné, obsahují často organogenní příměs v takovém množství, že na nich nelze zakládat. Jsou zvodnělé, hladina podzemní poříční vody kopíruje hladinu vody v řece, při povodních vystupuje až k povrchu, za sucha se snižuje až na úroveň vody v toku. Vzniká tak depresní křivka proměnlivého tvaru a při zakládání lze využít jen zpevněného povrchu pro lehké a nenáročné stavby.

Svahové hlíny (deluvia) vznikají na svazích zpravidla přemístěním eluvia. Složení je jílovité až písčitohlinité, bývají napojeny srážkovou vodou a mohou přecházet do deluviofluviálních svahových sedimentů. Jako základová půda nejsou příliš spolehlivé a zpravidla je nelze využít ani jako zdroj stavebního materiálu.

Zvláštním typem hlín jsou **souvkové hlíny** na Ostravsku. Jsou ledovcového původu a vyskytují se v poměrně malé mocnosti. V zářezech dopravních staveb jsou však nestabilní a musí jim být proto věnována zvláštní pozornost.

Jíly a slíny

Jsou to jemné zeminy s téměř 90 % jílové pelitické frakce. Podle převládajícího jílového nerostu mohou být objemově stálé - kaolinitové jíly nebo objemově nestálé - jíly s obsahem smektitů nebo jílových slíd (illitové).

Kaolinitové jíly jsou bělavé (čisté) nebo zbarveny druhotnou příměsí oxidů železa do žluta až červenohnědá. Výjimečně jsou až tmavošedé nebo nazelenalé. Používají se k výrobě porcelánu a šamotu, jako příměsí do barev, žáruvzdorných cihel a do tiskařské černi. Jsou objemově stálé.

U nás se vyskytují v těžitelném množství v chebské, českobudějovické a třeboňské pánvi a u Šatova na jižní Moravě. V blízkosti Rudic se těžily v minulém století a sloužily k výrobě krásné moravské keramiky.

Jíly objemově nestálé tvoří převahu jílovitých základových půd u nás. Jsou většinou šedé až šedozelené, při navětrání rezavošedé. Jako základová půda jsou známy citlivostí vůči vysychání a smršťování i vůči rozbrzdání a bobtnání. Jejich zvláštním typem jsou tzv. **potrhané jíly**. Vyskytují se často v blízkosti zlomových linií a skládají se z nepravidelných ostrohranných úlomků o velikosti jednoho až několika cm, omezených vůči sobě hladkými lesklými (vyleštěnými) ploškami. Hmota mezi těmito úlomky je lístkovitá, prohnětená. Tyto jíly vedou vodu, na rozdíl od masivních téměř nepropustných a vyznačují se sníženou stabilitou v zářezech.

Slíny jsou jemné pelity barvou i vzhledem podobné jílům, které obsahují jemně rozptýlený uhlíkatý vápenatý. Reakce s HCl je bouřlivá. Jako základová půda se chovají stejně jako jíly, většinou je převažující jílový nerost objemově nestálý.

Zvláštní zeminou, tvořenou jílovými minerály je **bentonit**. Původem jde o horninu reziduální, s vysokým obsahem bobtnavého montmorillonitu. V

technologické praxi se mu též říkalo fullérská hlínka. Bentonit může přijímat určité kationty a náhradou za ně uvolňovat vápník a hořčík. Bobtnavé bentonity mohou absorbovat vodu až v osminásobku svého objemu. Toho se využívá ve stavebnictví ve vrtné technice k výrobě injekčních směsí pro těsnění horninového prostředí. U nás se vyskytují bentonity v okolí Mostu, nejznámější lokalitou jsou Braňany.

K rozlišení jílového charakteru a objemové stálosti soudržných pelitů se využívá některých mineralogických metod, např. rentgenové difrakční analýzy, diferenční termické analýzy (DTA) a rastrovací elektronové mikroskopie.

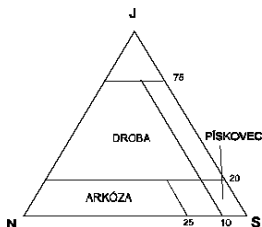
Zpevněné klastické sedimenty

Brekcie

Jsou zpevněné angulární až subangulární psefitové úlomky (většinou původní sutě). Mohou být monomiktní i polymiktní. Od zpevněných brekcií klastického původu je třeba odlišovat **brekcie tektonické**, které vznikly drcením horniny na zlomech a dodatečným stmelením vzniklých úlomků a **brekcie vulkanické**, které vznikají stmelením sopečných vyvrženin. Brekcie jsou různých barev a odstínů a některé poskytují krásné a vyhledávané dekorační materiály.

Slepence

Označují se též jako **konglomeráty**. Jsou to zpevněné psefity s oválnými úlomky (valouny). Podle složení mohou být monomiktní nebo polymiktní, podle typu pojiva mohou být křemité, křemelové, limonitové, vápnné. Mohou se využívat jako stavební kámen i jako kámen dekorační.



Pískovce, arkózy, droby

Jsou zpevněné psamity, které se liší svým minerálním složením i typem pojiva. Skládají se ze zrn křemene a úlomků stabilních hornin (např. silicitů, kvarcitů), tzv. **složky stabilní** a **složky nestabilní** (především živce) a **jílové jemné hmoty**.

Pískovce

Skládají se převážně ze zrn křemene, malého podílu jílové matrix a pojiva. Podle typu pojiva mohou být **křemenné** - barvy bělavé, vyskytující se hlavně v české křídové tabuli, **hematitové** - barvy hnědočervené, typické pro perm, **glaukonitové** - barvy šedozelené, nacházející se v beskydské křídě flyšového pásma, **vápnné** - barvy žlutošedé, vyskytující se ve flyši a **limonitové** - barvy rezavé, které jsou v křídě i flyši.

Glaukonitové pískovce Beskyd jsou pevnější než pískovce vápnné a označují se jako godulské. Lze je používat i jako kameniva k dlažbě rigolů a svahů horských bystřin. Základní hmota pískovců může být siltovitá nebo jílovitá.

Arkózy

Jsou zpevněné psamity, které se skládají převážně ze zrn živce. Jílová základní hmota je zastoupena až do 20 %. Barva je červenohnědá od krevelového pojiva, výjimečně jsou kaolinitové - barva bělavá nebo nažloutlá. Jsou typické pro český permokarbon okolí Rakovníka a Kladna.

Droby

Jsou to polymiktní zpevněné psamity, které obsahují kromě zrn minerálů i úlomky hornin - převážně jílovitých kulmských břidlic. Jílová hmota drob je slabě epizonálně metamorfovaná, což způsobuje poměrně vysokou pevnost a houževnatost těchto hornin, které se tak mohou využívat i jako drcené kamenivo. Barva drob je šedá, zvětřováním přibývá hnědé až rezavohnědé. Jsou to mořské sedimenty, které se vyskytují jako hlavní horniny kulmu Dražanské vrchoviny, Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů. V Čechách se vyskytují v Barrandienu.

Moravské droby jsou jedním z nejčastějších stavebních kamenů. Používaly se jako stavební kámen na zdivo, obrubníky, chodníky, patníky i jako kamenivo drcené. Škodlivinou při drcení ve velkolomech bývají jílovité břidlice, s nimiž se droby společně v kulmském souvrství vyskytují. Proto při výběru nových lomů by se mělo na tuto skutečnost pamatovat.

Opuka

Jinými slovy je možné tuto horninu označit jako *písčítý slínovec*, který se vyskytuje jako typická hornina v souvrství české křídy. Barva je bělavá až žlutošedá, u tzv. zlaté opuky rezavá. Typickou příměsí opuky jsou mikroskopické jehlice mořských hub tvořené opálem (tzv. spongie). Jejich množství ovlivňuje pevnost a trvanlivost opuky. Jedná se o kvalitní stavební kámen, který byl oblíben zvláště ve středověku v pražském okolí. Opuka není vhodná k výrobě drceného kameniva. Je však dobře opracovatelná a může sloužit i k sochařským účelům.

Jílovce a slínovce

Jsou zpevněné pelity, slínovce s obsahem CaCO_3 . Hlavními minerály jsou jílové nerosty, většinou illitové povahy. Mají šedou, bílošedou až černošedou barvu a lasturnatý lom. Některé se mohou využívat k výrobě šamotu. Jílovce z oblasti permokarbonu a karbonu se označují jako *lupky*.

Jílové břidlice

Jsou zpevněné břidličnaté pelity většinou šedé barvy, které jsou charakteristické pro kulm severní Moravy. Zde se od pradávna využívaly jako střešní krytina, tzv. *pokrývačské břidlice*. Ve vodě jsou stálé, nerozpadají se, a tím se odlišují od jílovců. Z jílových minerálů převažuje illit. V Barrandienu se vyskytují jílové břidlice kamenečné, jsou algonkického stáří a obsahují pyrit. Jílové břidlice se mohou těžit i k výrobě expanditu.

Jílové břidlice *kulmské* se používají na krytinu střech, jako dlažební kámen, k vnějším obkladům i k výrobě drti na střešní lepenky. Slouží rovněž k výrobě tvárníc a jako stavební písek. Těží se v Nových Těchanovicích a porůznu v Nížkém Jeseníku.

Biochemické karbonátové sedimenty

Patří k nim *vápence*, *dolomity* a přechodné typy mezi slínovcem a vápencem a vápencem a dolomitem (tab. 4), *travertin* a *psací křída*.

Tab. 4 Přechodné horniny mezi vápencem a dolomitem, jílovcem a vápencem.
(100 % u vápence představuje 100 % CaCO₃)

100	90	50		10	0%
vápeneč	jílovitý vápeneč		vápnitý jílovec		jílovec
			slínoveč		
0	10	25	50	75	90
					100%

100	90	50		10	0%
vápeneč	dolomitický vápeneč		vápnitý dolomit		dolomit
0	10	50		90	100%

Vápence

Chemogenní vápence jsou skalní horniny, složené převážně z *kalcitu* (CaCO₃). Jejich textura se jeví stavebnímu inženýru jako makroskopicky celistvá, ve skutečnosti je hmota horniny složena z mikroskopických zrn a označuje se jako krystalinní. Zvláštním typem jsou tzv. *vápence oolitické*. Jsou charakterizovány velkým množstvím ooidů neboli oolitů - kulovitých nebo vejčitých tělísek o průměru až 2 mm s koncentrickou nebo radiálně paprscitou štabvou.

Organogenní vápence se liší od předchozích prakticky jen texturou, která se označuje jako *organogenní nebo organodetrítická* (viz. textury sedimentů). Její konkrétní podoba souvisí s tvarem a velikostí pevných schránek živočichů nebo částí rostlin, díky jejichž nahromaděním daný vápeneč vznikl. Na rozdíl od chemogenních vápenců však nikdy nemají makroskopicky celistvou texturu. Někdy mohou být i pórovité.

Barva vápenců bývá bílá, světle až tmavě šedá, mohou být zbarveny i do červena, žluta nebo zelena. Kalcitové žilky jsou vždy bílé.

Kvalita vápence, jako suroviny k výrobě cementu, je zpravidla určována procentuálním zastoupením kalcitu, kterého by mělo být nejméně 50%. Z

dalších minerálů bývá přítomen minerál dolomit, klastická příměs a případně i jílové nerosty (illitu).

Vápence se používají k výrobě vápna a cementu, jako kamenivo pro různé stavební účely, jako stavební kámen kusový i opracovaný, některé druhy se brousí a leští k dekoračním účelům.

V Čechách patří k významným lomařským oblastem okolí Berouna, na Moravě okolí Brna a Hranic na Moravě. Několik drobných lomů je i v Nížkém Jeseníku. Zvláštní typ vápence je zastoupen v tzv. vnějším bradlovém pásmu. Jedná se o pruh osamocených ker, které vystupují mezi Mikulovem a Štramberkem. Tvoří Pálavské kopce, vápencový výskyt u Kurovic a známý štramberský Kotouč.

Dolomit

Je to chemogenní karbonátová hornina, která se skládá hlavně ze zrn *dolomitu* $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, příměsi illitu a případně i bitumenu. Vzhledem k tomuto minerálnímu složení, vykazuje dolomit s HCl pouze slabou reakci a tím se liší od čistých vápenců. Barva může být bílá, šedá až tmavošedá, žlutobílá i narůžovělá. Textura je makroskopicky celistvá, masivní. Při zvětrávání se některé typy dolomitu rozpadají v drobné částice velikosti zpravidla několika mm, tzv. *dolomitický písek*.

Dolomit je odolnější vůči zvětrávání než vápenec, a tím vytváří ve vápencových a dolomitových pohořích ostřejší morfologické tvary i bizarní povrch skal. Patří proto právem k nejatraktivnějším turistickým oblastem.

V České republice netvoří dolomit významné samostatné masívy, je však zastoupen hojně na celém středním Slovensku.

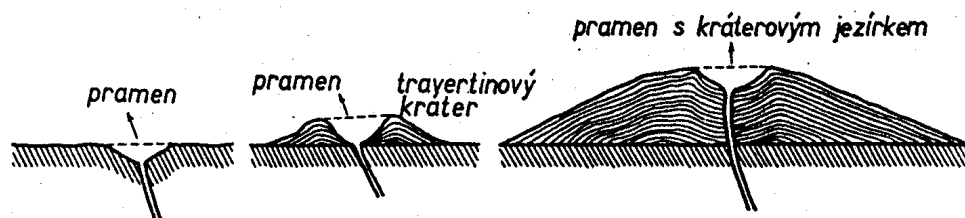
Travertin

Vyznačuje se šedobílou, šedožlutou až rezavě žlutou barvou. Nažloutlé zbarvení je způsobeno limonitem. Travertin bývá běžně pórovitý a výrazně vrstevnatý. Sráží se z pramenů obsahujících CO_2 a rozpuštěný hydrogen uhličitán vápenatý. Při vývěru uniká značná část CO_2 do vzduchu nebo je odebírána rostlinami. Hydrogen uhličitán přestává být v roztoku stabilní a přechází na normální CaCO_3 , který se usazuje. Takto se postupně vytváří tzv. *travertinové kupy*, které rostou dokud pramen nepřestane vyvěrat (obr. 12). Jejich velikost může být od několika metrů až do několika set metrů.

Nejvíce výskytů travertinu je soustředěno ve Slovenské republice, kde vznikaly především v pleistocenu a holocénu a na některých lokalitách se travertin tvoří i v současné době. Typickými výskyty travertinových kup jsou např. okolí Spišského Podhradí, kde jsou jedny z největších, u Vrútek, Ružbach, Bešeňové u Ružomberka a na vrchu Dreveník.

Travertin se používá k výrobě leštěných obkladových desek, kamenných zábradlí, výjimečně i jako sochařský kámen. Vzhledem ke své velmi pórovité

textuře se nehodí jako obkladový materiál pro exteriér. Póry se rychle zanáší popílčkem a jinými nečistotami a čištění takového povrchu je velmi obtížné. Travertin s masivní texturou a zlatožlutou barvou se označuje jako **zlatý onyx**. Vyrábí se z něj dekorační předměty.



Obr. 12 Postupný vznik travertinové kupy.

Psací křída

Je zvláštním typem karbonátové horniny. Je to hornina nejčastěji bílá, měkká, otírající se o prsty. Tvořena je především mikroskopickými schránkami mořských mikroorganismů nebo i příměsí kalcitických schránek větších živočichů. Obsah CaCO_3 je kolem 98%. Pro křídu je typická přítomnost křemitých konkrécií **pazourků**. Vyskytuje se hlavně v severní Evropě (známé bílé útesy u Doveru a na Rujaně).

Biochemické křemité sedimenty (silicity)

Jsou neklastické horniny, které se skládají zpravidla z více než 90 % SiO_2 . Vznikly buď přímo chemickým vysrážením nebo nahromaděním opálových schránek mikroorganismů (např. rozsivek, mřížovců nebo opálových jehlic mořských hub). Mají různé názvy, např. **křemenec**, **buližník**, **pazourek**, **limnokvarcit**, **rohovec**, **gejzírít**, **diatomit**. Vyskytují se v sedimentech různých geologických dob. Z hlediska stavebního významu jde však většinou o zanedbatelné horniny, protože se vyskytují obvykle v malém množství.

Křemenec (ortokvarcit)

Tmel čistě křemenných pískovců může v některých případech překrystalizovat takovým způsobem, že již není možné rozeznat zrna klastického původu a původní tmel. Takové horniny se nazývají **křemence**. Křemence mají obvykle šedou až hnědou barvu a kompaktní, jemně zrnitou texturu. Obsah křemene je minimálně 90%. Oproti pískovcům se vyznačují vyšší pevností. Typické křemence u nás pocházejí z barrandienského ordoviku (např. drabovské křemence). V neogénu mezi Louny a Mostem se vyskytují křemence známé pod technickým označením **dinasové křemence**, které slouží jako surovina na výrobu **dinasu** pro vyzdívku pecí metalurgického průmyslu.

Buližník

Jako jediný patří u nás k významnějším typům s využitím i ve stavební praxi. Je šedý nebo černý, makroskopicky celistvý a lidově se jeho skalkám říká

kamýky. Nachází se v JZ Čechách. Poskytuje výborný štěrk a materiál pro mozaiky.

Pazourek

Jde o odrůdu silicitu, tvořící často hlízy ve vrstvě psací křídly. Barva je šedá až černá na povrchu má bílou kůru, lom je lasturnatý. Může obsahovat mikroskopické jehlice hub. Hlavní výskyty jsou na obou stranách kanálu La Manche a poloostrově Rujana. U nás se nachází v ledovcových uloženinách na severní Moravě a v říčních sedimentech.

Limnokvarcit

Je to hornina kompaktní nebo pórovitá bílé až šedé barvy, lasturnatého lomu. Je tvořen mikroskopickými zrny křemene, max. několik tisíců mm velkými. Hlavním zdrojem silicia pochází z horkých pramenů, geneticky souvisejících s ryolity. Ke srážení, původně opálu, docházelo v jezerním prostředí. Limnokvarcitu se nacházejí na Slovensku v širším okolí Žiaru nad Hronom.

Rohovec

Tvoří obvykle tenké, několik cm mocné polohy např. ve slínovcích a jílovcích karpatského flyše. Je vždy makroskopicky celistvý a barva je šedá, někdy až šedočerná. Tvořen je zpravidla směsí opálu, chalcedonu a křemene.

Diatomit

Vznikl převážně ze schránek rozsivek. Může být různě zpevněný. Nezpevněný se označuje jako *rozsivková zemina (křemelina)* a zpevněný *diatomová břidlice*. Křemelina má bílou barvu, je pórovitá. Těží se v jižních Čechách u Ledenic a Borovan. Používá se k výrobě lehčených staviv.

Vulkanoklastické horniny

Tato skupina hornin má, z hlediska klasifikace, zvláštní postavení. Při jejich vzniku nedochází ke zvětrávání výchozích hornin. Klastický materiál je čistě vulkanického původu. Tím jsou pyroklastika spíše příbuzná magmatickým horninám. Vzhledem k tomu, že další stadia vzniku pyroklastik (transport vzduchem, sedimentace a následné zpevnění) jsou obdobná fázím vzniku sedimentů a že klasifikace podle velikosti vulkanických úlomků je obdobná s klasifikací klastických sedimentů, jsme tuto kategorii hornin přiřadili za sedimenty. Vulkanoklastické horniny lze dělit na:

- **nezpevněné (tefra)**
- **zpevněné**

K nezpevněným počítáme *vulkanický popel, vulkanický písek, lapilli, kameny a bomby*.

Ke zpevněným patří **tufy**, které vznikly uložením a zpevněním na souši a **tufity**, které představují týž materiál uložený ve vodě. Tufity obsahují oproti tufům navíc jílové nerosty a klastický materiál ze sedimentárního bazénu. Tufy i tufity se využívají jako stavební materiál vhodný k výrobě tvárnic i celých panelů. Podle velikosti úlomků se pyroklastika dělí na:

- **velmi jemný vulkanický popel (pod 0,004 mm)**
- **vulkanický popel (pod 0,063 mm)**
- **vulkanický písek (pod 2 mm)**
- **lapilli (pod 63 mm)**
- **vulkanické kameny a pumy (pod 250 mm)**
- **vulkanické bloky a balvany (nad 250 mm)**

Tufy se mohou také označovat podle toho, ke kterým výlevným horninám látkově patří. Nejrozšířenější jsou **tufy čedičových hornin**, po nich následují **tufy andezitové**. Ryolitových a trachytových tufů je málo. U nás se nacházejí tufy hlavně v Českém středohoří a v Doupovských horách, v menší míře i na severomoravských sopkách (např. Venušina sopka, Uhlířský vrch).

Reziduální horniny

Podobně jako pyroklastika, tak i reziduální horniny jsou specifickou skupinou hornin mající v systému hornin zvláštní postavení. Jsou to horniny, jejichž **materiál** vznikl mechanickým rozpadem, popř. chemickým zvětráváním zdrojové horniny v nejsvrchnější zóně zemské kůry, zůstává spjat se zdrojovou horninou a **není transportován**.

K reziduálním horninám patří:

- **eluvium**
- **bentonit**
- **kaolín**

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Jaké jsou fáze vzniku sedimentů?
2. Jak se dělí klastické sedimenty podle zrnitosti?
3. Čím se liší zeminy od skalních hornin?
4. Jaká je typická textura u většiny sedimentů?
5. Ve kterém typu sedimentačního prostředí vznikají nejčastěji sedimenty?
6. Jaké znáte typy pojiva podle vyplnění prostoru a minerální povahy?
7. Jak vznikají sprašoidní sedimenty a které typy k nim řadíme?
8. Co je to kolaps spraše?
9. K čemu se využívají ve stavebnictví karbonátové horniny?
10. Jaký je rozdíl mezi sutí, štěrkem, slepencem a brekcií?
11. Jaký je rozdíl mezi jílem a slínem?
12. Které jílové horniny jsou objemově nestálé a proč?

HORNINY METAMORFOVANÉ

Vznik metamorfovaných hornin

Metamorfované horniny vznikají metamorfózou (přeměnou) magmatických, sedimentárních nebo starších metamorfovaných hornin.

METAMORFÓZA je poměrně složitý proces, při kterém dochází k přizpůsobování již existujících hornin novým fyzikálně-chemickým podmínkám prostředí, do nichž se postupně dostávají vlivem neustále probíhajících geologických procesů. Je však odlišná od **zvětrávání** a **diageneze**. Na rozdíl od těchto procesů (viz. vznik sedimentů), probíhá metamorfóza v odlišných fyzikálně-chemických podmínkách, daných nejčastěji vyšší teplotou a tlakem. Z hlediska geologické pozice probíhá metamorfóza obvykle v hlubších částech zemské kůry. Od magmatických procesů je odlišná tím, že horninový materiál zůstává v průběhu metamorfózy v pevném stavu (**nevzniká magma**). Při metamorfóze horniny vznikají nové, **metamorfní minerály**. Tento proces se nazývá **blastéza**.

U hornin vstupujících do procesu metamorfózy se postupně mění:

- **textura**
- **minerální složení**
- **chemizmus**

Do jaké míry dochází ke změně vlastností u původní horniny závisí na intenzitě působení **metamorfních faktorů**, kterými jsou především:

- **teplota**
- **všesměrný tlak (hydrostatický, litostatický)**
- **orientovaný tlak (stress)**
- **parciální tlak fluid**
- **chemická aktivita složek vstupujících do procesu metamorfózy**
- **čas**

Je nutné si uvědomit, že existuje pestrá škála hornin (magmatických, sedimentárních či dříve metamorfovaných), které vstupují do procesu metamorfózy a existuje celá řada faktorů, které ovlivňují průběh metamorfózy. Pouze malou změnou kterékoli z vlastností původní horniny či nepatrným pozměněním faktoru metamorfózy, může dojít ke vzniku zcela odlišných metamorfovaných hornin. A naopak někdy velmi odlišnými metamorfními pochody při vhodných vlastnostech původní horniny mohou vzniknout velmi blízké metamorfované horniny. Teoreticky by tak bylo možno, vzájemnou kombinací různých původních hornin a faktorů metamorfózy, vytvořit nekonečně mnoho druhů metamorfovaných hornin.

Metamorfóza je děj, který nelze přímo pozorovat, a proto jsou podmínky, při nichž probíhá, pouze odhadovány. Uvádí se, že všesměrný tlak narůstá asi o 25 MPa na 1 km hloubky a teplota se pohybuje v intervalu od několika desítek C, do teplot přesahujících 1000 C.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem odlišujeme různé druhy metamorfózy podle výsledných produktů (metamorfovaných hornin) a jejich geologické pozice.

- **Regionální metamorfóza**

Největší význam má metamorfóza regionální, která svými účinky postihuje rozsáhlá území (řádově stovky až tisíce km²) a probíhá velmi dlouho, pravděpodobně desítky milionů let. V jejím průběhu vznikají *krystalické břidlice* - horniny, většinou, s výraznou plošně-paralelní (břidličnatou) texturou.

- **Lokální metamorfóza**

Druhým, odlišným typem je metamorfóza lokální. Dochází k ní anomálními změnami podmínek v prostorově omezených částech zemské kůry. Probíhá mnohem rychleji než metamorfóza regionální, několik sekund až několik tisíc let. V rámci lokální metamorfózy se vymezuje několik podtypů:

- *metamorfóza kontaktní*
- *metamorfóza dislokační*
- *metamorfóza šoková*

Kontaktní metamorfóza probíhá na kontaktech vyvřelých hornin. Buď na kontaktu žhavé lávy (přibližně 1200 C), vyvržené ze sopky, s okolními horninami nebo na kontaktu magmatu v plutonech, pních či žilách pod zemským povrchem s okolními horninami.

Metamorfóza dislokační je způsobena drcením hornin na zlomech a v pásmech kolem nich. Nejčastěji takto vznikají mylonity a kataklazity, ovšem při intenzivnější dislokační metamorfóze mohou vznikat i některé druhy krystalických břidlic.

Šoková metamorfóza je nejrychlejším typem metamorfózy a probíhá obvykle jen několik sekund. Příkladem může být metamorfóza hornin po nárazu meteoritu na zemský povrch nebo při podzemním jaderném výbuchu.

Všechny druhy metamorfózy mohou působit v různém stupni intenzity na okolní horniny. Pro zjednodušení nebude při studiu intenzity metamorfózy zaveden pojem metamorfnní izograda. Bude použit starší model, který člení metamorfózu podle intenzity do tří stupů:

- *slabá metamorfóza (epimetamorfóza)*
- *střední metamorfóza (mezometamorfóza)*
- *silná metamorfóza (katametamorfóza)*

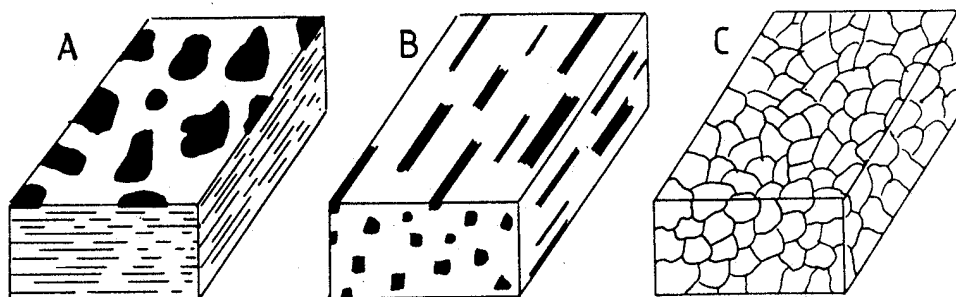
Pro stavebního inženýra je důležitá především znalost hornin vznikajících při regionální metamorfóze, poněvadž s nimi se v praxi s největší pravděpodobností setká nejčastěji. Z hornin lokálně metamorfovaných se může ojediněle setkat při zakládání staveb s kontaktní metamorfovanými.

Projektování a výstavbu podzemních staveb pak mohou velmi vážně ovlivnit produkty dislokační metamorfózy. Nejčastěji jsou to *kataklazované* (drcené) a *mylonitizované* (intenzivněji metamorfované - dochází nejen k drcení, ale i ke krystalizaci metamorfních minerálů) zóny v mocnostech od několika decimetru až po několik metru.

Textury metamorfovaných hornin

Stavba metamorfovaných hornin se utváří převážně v pevném stavu drcením původních či růstem novotvořených minerálů v průběhu metamorfózy. Tím, že je pro stavebního inženýra ve většině případů potřebný pouze makroskopický popis horniny, lze pojem stavba ztotožnit s pojmem textura.

Většina metamorfovaných hornin se vyznačuje *plošně paralelní texturou*, kterou podmiňuje prostorové uspořádání šupinkovitých, tabulkovitých nebo sloupečkovitých minerálů do přibližně paralelních ploch (obr. 13). Plošně paralelní textura lze označit také termíny *foliace* či *břidličnatost*. U některých hornin je velmi zřetelná (napo. fylit, rula), u jiných může být nevýrazná s přechodem do textury všesměrné (některé mramory).

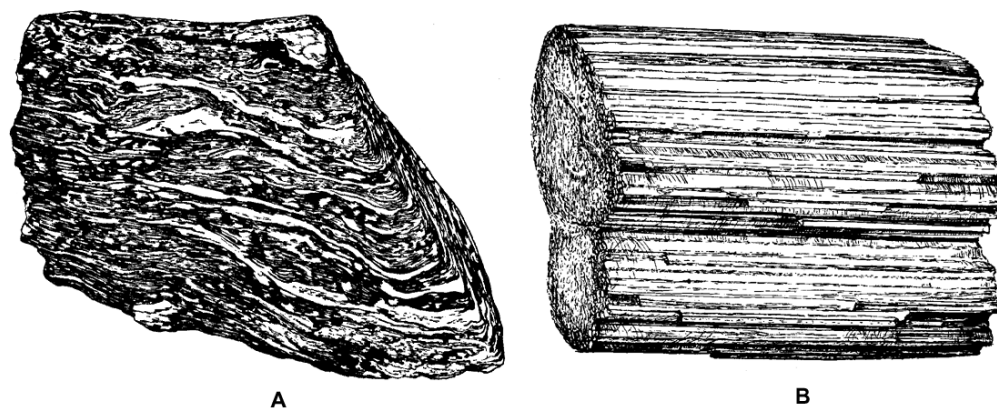


Obr. 13 Rozdíl mezi plošně paralelní - A, lineárně paralelní - B a všesměrnou texturou - C.

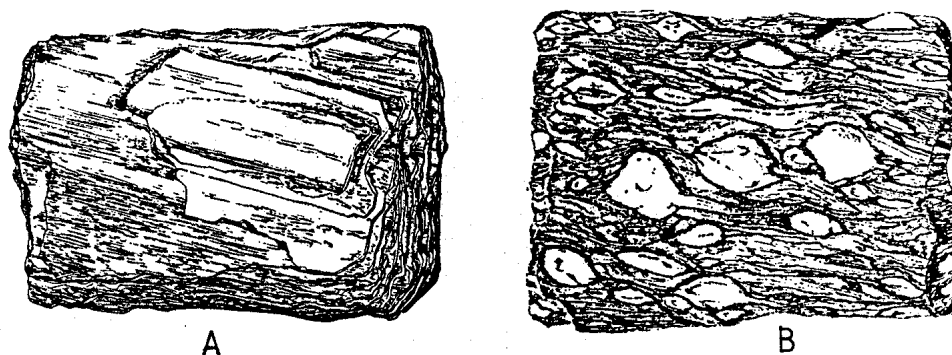
V případě výraznějšího zastoupení sloupečkovitých nebo jehličkovitých minerálů může být vytvořena *textura lineárně paralelní (lineace)*, která je charakteristická nejen uspořádáním minerálů do navzájem paralelních ploch, ale také lineárním uspořádáním sloupečkovitých (či jim tvarově podobných) minerálů přímo v plochách foliace. Ukázkově je lineárně paralelní textura vyvinuta u stébelnatých rul (obr. 14). Rovněž některé amfibolity mají zřetelnou lineárně paralelní textura.

Podle stupně a charakteru uspořádání součástek lze geometricky u obou typů paralelních textur rozlišovat napo. *texturu páskovanou, plástevnatou nebo okatou* (obr. 15).

Páskovaná textura bývá nejčastěji charakteristická střídáním barevně či zrnitostně odlišných ploch. U *plástevnaté textury* jsou plochy foliace souvisle potaženy šupinkami slíd. *Okatá textura* je dána plošným uspořádáním čočkovitých zrn živce, což v příčném řezu připomíná tvar "oka".



Obr. 14 Rozdíl mezi plošně paralelní (břidličnatou) - A a lineárně paralelní (stébelnatou) rulou - B.



Obr. 15 Příklad plástevnaté - A a okaté textury - B.

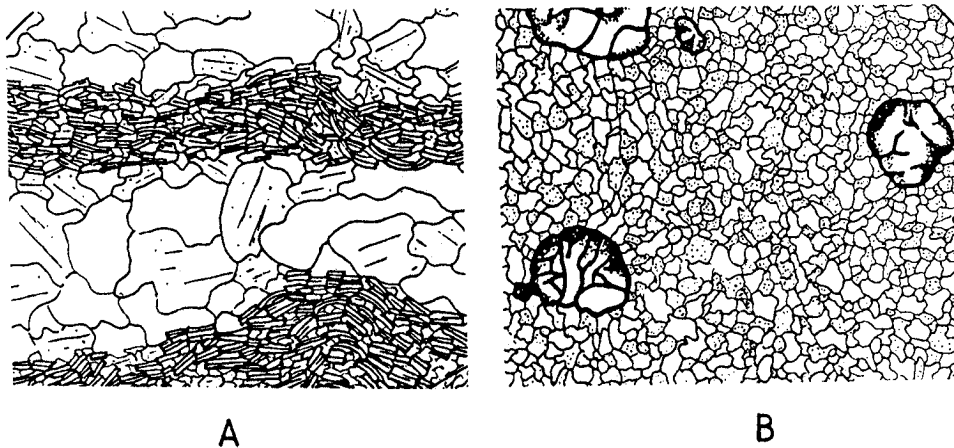
Jen malá část metamorfovaných hornin má *texturu všesměrnou* (některé kontaktně metamorfované horniny, eklogity a serpentinity neboli hadce).

Z hlediska tvaru minerálních součástek je možné rozlišit texturu *granoblastickou*, *lepidoblastickou* a *nematoblastickou*.

- *textura granoblastická* se vyznačuje přítomností převážně izometrických, nepravidelně omezených zrn - napo. mramor
- *textura lepidoblastická* je charakteristická pro horniny, v nich? jsou v podstatné míře zastoupeny šupinkovité či lupenité minerály - napo. fylit, svor
- *textura nematoblastická* je podmíněna vyšším zastoupením sloupečkovitých nebo jehlicovitých minerálů - napo. amfibolit

Pro popis horniny lze používat také kombinace tří výše uvedených textur, přičemž převládající typ textury stojí na konci složeného názvu textury (např. lepidogranoblastická textura označuje texturu s převládajícím šupinkatým minerálem nad zrnitým - obr. 16 A).

Podle relativní velikosti minerálu vyskytujících se v hornině se odlišuje textura **homeoblastická** (přibližně stejně velké součástky) a **heteroblastická** (různě velké součástky, netvoří se však porfyroblasty). Zvláštním případem je textura **porfyroblastická**, kdy se v hornině vytvářejí relativně velká minerální zrna - porfyroblasty vzhledem k velikosti minerálních zrn základní hmoty (obr. 16 B).



Obr. 16 Textura lepidogranoblastická - A a porfyroblastická - B.

Minerální složení metamorfovaných hornin

Minerální složení má u metamorfovaných hornin, podobně jako u hornin magmatických a sedimentárních, zásadní význam pro určení horniny, neboť odráží podmínky vzniku horniny. Každý minerál je stabilní pouze v určitém rozmezí teploty a tlaku. Rovněž je pro každý minerál charakteristický určitý interval chemické stability. Při změně kteréhokoli z výše uvedených faktorů za krajní hodnoty intervalu stability, začne docházet k postupné přeměně daného minerálu v jiný minerál. Proces směřuje k rovnovážnému stavu systému, tzn. vzniku takového minerálu, který bude v nových podmínkách stabilní. Pochopení principu těchto postupných přeměn je základem pro pochopení metamorfních procesů.

Minerály metamorfovaných hornin lze podle původu rozdělit do dvou skupin:

- minerály, které pocházejí z původních hornin (např. křemen)
- minerály, které se vytvořily v průběhu metamorfózy - označují se jako **metamorfní** (např. sericit, sillimanit)

Křemen, živce, muskovit, biotit, některé pyroxeny a amfiboly, granáty, turmalín, jsou příklady minerálů, které se vyskytují jak v magmatických, tak i metamorfovaných horninách. S řadou z nich se setkáváme i v klastických sedimentech díky jejich odolnosti vůči zvětrávání v průběhu rozrušování výchozích hornin i transportu. Mezi nejodolnější patří křemen, muskovit, granáty.

Kromě výše uvedených, existuje ještě skupina minerálů vznikajících jen při metamorfóze: některé **granáty, andalusit, kyanit** neboli **disten, sillimanit,**

cordierit, staurolit, sericit, chlorit, mastek, serpentin, grafit. Jejich identifikací v hornině lze s největší pravděpodobností považovat danou horninu za metamorfovanou. Některé z nich se mohou vzácně vyskytovat i v jiných než metamorfovaných horninách. Vlastnosti minerálů jsou popsány v přehledné tabulce v doplňkových skriptech "*Návod k popisu a určování hornin při samostudiu*".

Další (např. *křemen, kalcit a dolomit*) nezanikají při metamorfóze, a proto se mohou vyskytovat jak v sedimentárních, tak i metamorfovaných horninách (např. přeměna vápence v krystalický vápenec neboli mramor).

Přehled metamorfovaných hornin

Regionálně metamorfované horniny

Regionálně metamorfované horniny s dobře patrnou plošně paralelní texturou jsou nazývány *krystalické břidlice*. Jestliže vznikly ze sedimentárních hornin, jsou označovány jako *parabřidlice*, při vzniku z magmatických hornin jsou nazývány *ortobřidlice*.

Fylit

Barva fylitu je nejčastěji šedá až tmavě šedá. Často obsahuje také příměs chloritu, který způsobuje šedo zelenou barvu horniny. Přejít do téměř černé barvy ovlivňuje příměs grafitu. Textura je u fylitu jemně plošně paralelní s výraznou odlučností podle ploch foliace. Podle tvaru minerálních zrn ji lze označit jako lepidoblastickou. Podle absolutní velikosti součástek je fylit velmi jemně zrnitý. Na minerálním složení fylitu se podílí sericit, chlorit, křemen, albit, někdy biotit. Přítomnost *sericitu* dodává foliačním plochám fylitu i ostatních slabě metamorfovaných hornin *hedvábný lesk*, který je charakteristickým znakem pro odlišení slabě metamorfovaných břidlic od sedimentárních jílových břidlic (na vrstevních plochách nejsou lesklé).

Sericitová břidlice, chloritová břidlice, mastková břidlice

Jsou to horniny světle šedé až šedo zelené barvy, většinou výrazně plošně paralelní, makroskopicky celistvé, převážně s lepidoblastickou texturou. Hlavními minerály jsou sericit a/nebo chlorit a/nebo mastek. Dále se mohou v menším množství vyskytovat živec a epidot.

Svor

Tato krystalická břidlice je většinou šedá, stříbrošedá nebo hnědošedá. Texturu má výrazně plošně paralelní s velmi dobrou odlučností podle ploch foliace. Podle tvaru součástek má svor texturu lepidoblastickou. Podle velikosti součástek je středně zrnitý. Může být rovněž porfyroblastický. Křemen a muskovit a někdy i biotit se podstatnou měrou podílejí na minerálním složení svoru. Podružně jsou zastoupeny živce. Jako porfyroblasty jsou v některých svorech přítomny nejčastěji granáty (granátové svory) nebo staurolit (staurolitové svory).

Pararula

Obvykle má šedou barvu. Plošně paralelní textura bývá většinou zřetelná, ovšem v některých případech může být i nevýrazná. Hlavními minerály jsou křemen, živce a slídy, z nichž převládá biotit. Z typicky metamorfních minerálů je někdy zastoupen sillimanit. Podle minerálního složení lze rozlišovat např. pararuly biotitové, sillimanitové, granátové. Trojice parabřidlic fylit, svor, pararula je příkladem, kdy ze stejné výchozí horniny (pelitické sedimentární horniny) vzniknou v různých stupních metamorfózy různé horniny.

Ve stavební praxi jsou slabě metamorfované horniny (fylity, sericitové, maskové, chloritové břidlice) spolu se svory a částečně i pararulami horninami náchylnými zejména ke svahovým pohybům, z důvodu zvýšeného výskytu slídových minerálů na plochách foliace, které výrazně snižují tření a způsobují snadnou odlučnost. V rámci studia tektoniky horninového masívu je nutno věnovat dostatečnou pozornost zjištění směru a úhlu úklonu foliačních ploch. Fylity se rovněž používají jako obkladový materiál. Výhodou je, že se dají (podle ploch foliace) štípat na velmi tenké desky.

Metakvarcit

Je to šedá až světle šedá, někdy modrošedá až hnědošedá hornina s všesměrnou nebo plošně paralelní a granoblastickou texturou. U plošně paralelních variet jsou na plochách foliace většinou soustředěny slídy a foliační plochy jsou proto lesklé. Podle minerálního složení lze rozlišovat metakvarcitu sericitové, muskovitové a chloritové. V praxi se metakvarcitu používají jako drcené kamenivo. Je to dáno jejich technickými vlastnostmi, především pevností a křehkostí.

Mramor

Mramor je souhrnné technické označení pro *krystalické vápence* a *dolomity*, které vznikly metamorfózou sedimentárních vápenců a dolomitů. Mramory se od vápenců liší makroskopicky tím, že jsou makroskopicky zrnité (granoblastické). U hruběji zrnitých typů jsou zřetelně vidět lesklé štěpné plochy kalcitu. Barva čistých mramorů je bílá. Barevná pestrost mramoru je však velká a závisí na obsahu příměsí. Vlivem grafitu jsou mramory zbarveny v různých odstínech šedi až po tmavě šedou. Přítomností jiných minerálů vznikají variety narůžovělé, žluté, světle modré, nazelenalé nebo hnědočervené. Textura mramoru je granoblastická, jemně až středně zrnitá, všesměrná, někdy s přechodem do nevýrazně plošně paralelní. Hlavními minerály mramoru jsou kalcit a dolomit. Podružně se v mramorech vyskytuje flogopit (slída zlatohnědé barvy).

Mramory jsou jedněmi z nejpoužívanějších hornin ve stavební praxi (jako stavební i dekorační kámen). Již od nejstarších civilizací jsou díky svým technickým vlastnostem vyhledávaným stavebním materiálem. Jsou velmi snadno opracovatelné (kalcit má tvrdost 3) do libovolných tvarů (použití v sochařství).

Amfibolit

Je šedočerný nebo černý. Texturu má všesměrnou až plošně paralelní (páskovanou), v některých případech pak lineárně paralelní, jemně až hrubě zrnitou. Podle tvaru zrn se jedná o texturu nematoblastickou. Pro amfibolity je charakteristická minerální asociace amfibol a plagioklas. Z dalších minerálů mohou být v amfibolitech zastoupeny např. biotit, pyroxeny a granáty.

Upozornění: *neplést si amfibolovec a amfibolit !*

Eklogit

Je to velmi tmavá hornina, zelenočerné nebo červenozelelé barvy (červeně skvrnitá). Eklogit je příkladem metamorfitu s všesměrnou texturou. Ojediněle mívá náznak plošně paralelní textury. Z hlediska habitu přítomných minerálů je granoblastický až grano-nematoblastický. Velikost zrna kolísá od textury drobnozrné až po hrubozrnou. Eklogit je složen z pyroxenu a granátu, což způsobuje jeho vysokou hustotu (3.5 g.cm^3). Eklogit je nejpevnější metamorfovanou horninou.

Některé typy eklogitu jsou používány jako dekorační kameny. Vyhledávány jsou zejména typy s černozelelou barvou pyroxenu a dostatečně velkými a barevně výraznými zrny granátu.

Serpentinit (hadec)

Barva serpentinitu je zelenočerná nebo téměř černá. Je to hornina většinou s všesměrnou, makroskopicky celistvou texturou. Navětralé serpentinity přecházejí do žlutozelené barvy. Žilky azbestu (chryzotilu) s mocností od několika mm do několika cm jsou v serpentinitech velmi hojné. Hlavním minerálem je serpentín, vedle kterého může být přítomen granát. Kromě serpentínu a granátu se v serpentinitech mohou vyskytovat i pyroxeny, amfiboly a rudní minerály. Hadce jsou používány jako dekorační kámen. Ceněny jsou především pro svou výraznou temně zelenou až černozelelou barvu a zajímavé žilkování. Odtud pochází i název horniny (připomíná hadí kůži).

Někdy může být problematické odlišení amfibolitu, eklogitu a hadce, zvláště obsahují-li tyto horniny porfyroblasty granátu. Je nutné si uvědomit, že amfibolit a eklogit mají jemně až drobně zrnitou hmotu mezi porfyroblasty, kdežto serpentinit je makroskopicky celistvý. Vzájemné odlišení amfibolitu a eklogitu je obtížnější. Vodítkem může být nazelenalý odstín pyroxenu omfacitu v eklogitu nebo dlouze sloupečkovitý tvar zrn amfibolu v amfibolitu (jsou vidět jehličkovité štěpné plochy amfibolu).

Ortorula

Zbarvení ortoruly je obvykle šedé, žlutohnědé nebo šedočervené. Textura je většinou plošně paralelní (plástevnatá, okatá), ale může být až nevýrazně plošně paralelní. Granoblastická až lepidogranoblastická, drobně až středně

zrnitá. Minerálním složením se ortoruly neliší od granitoidních hornin. Převládají křemen, živce, slídy, amfiboly a pyroxeny. Podle minerálního složení lze odlišovat muskovitové, biotitové, dvojslídne nebo amfibolové ruly.

Ortoruly se používají jako kvalitní drcené kamenivo. Ve srovnání s pararulami bývají znatelně trvanlivějším materiálem. Pararulové drcené kamenivo snáze podléhá účinkům mrazového zvětrávání. V případě, že mají ortoruly zvláštní barvu a vhodnou texturu lze je použít i jako dekorační kámen. Ortoruly poutají pozornost především svými texturami, kdy zprohýbané foliační plochy doplněné barevnou pestrostí jednotlivých poloh působí dobrým estetickým dojmem.

Granulit

Je to bílošedá až béžová hornina, plošně až nevýrazně plošně paralelní, jemně až drobně zrnitá. Podle tvaru zrn má granoblastickou až lepidogranoblastickou texturu. Je složena z živců, křemene, biotitu a granátu. Granulity jsou velmi pevné a odolné horniny, a proto se používají jako drcené kamenivo. Na Moravě v okolí Náměště nad Oslavou se kdysi označoval granulit jako *bělokámen* nebo též "náměšťský kámen".

Migmatity

Jde o skupinu hornin různých textur, které vznikly při nejvyšší metamorfóze (ultrametamorfóze). Jsou to většinou šedě zbarvené horniny. Od rul se liší typickými migmatitovými texturami. Nejběžnější migmatity jsou výrazně páskované. Odlišuje se v nich tzv. *metatekt* (složka granitická - obvykle světlejší pásy) a *substrát* (složka blízká svým složením původní hornině - tmavší pásy). Ke vzniku těchto textur dochází již při částečném natavení hmoty horniny. Tím jsou migmatity velmi blízké (podmínkami svého vzniku) horninám vyvřelým. Minerálním složením jsou velmi blízké pararulám.

Přehled kontaktně metamorfovaných hornin

S kontaktně metamorfovanými horninami se může setkat stavební inženýr pouze ojediněle, díky jejich lokálně omezenému výskytu.

Kontaktní břidlice

Vznikají ve vnějších částech kontaktního dvora. Jsou většinou šedé barvy a výrazně břidličnaté textury. Minerální složení je biotit, muskovit, živce a křemen. Na plochách foliace se vytvářejí buď jen *shluky grafitového pigmentu* nebo porfyroblasty metamorfních minerálů (andalusit, cordierit).

Kontaktní rohovec

Je šedý až tmavě šedý, někdy hnědošedý. Textura je obvykle celistvá, všesměrně až plošně paralelní (páskovaná). Vzniká ve vnitřní části kontaktního dvora (při intenzivnější metamorfóze). Hlavními minerály bývají biotit, živce, křemen, andalusit a cordierit.

Tyto horniny jsou známy především z kontaktu s vyvřelými hlubinnými tělesy. Poskytují kvalitní drcené kamenivo.

Porcelanit

Je často pestře zbarvená hornina. Nejčastěji šedé, ale také žlutošedé, hnědošedé, červenohnědé i černé barvy. Zbarvení závisí na minerálním složení původní pelitické sedimentární horniny. Porcelanity jsou makroskopicky celistvé, všesměrné, značně tvrdé horniny s lasturnatým lomem. Jsou velmi křehké a na hranách ostré. Na rozdíl od sedimentárních rohovců jsou matné a na hranách neprůsvitné.

Erlan (vápenato-silikátový rohovec)

Vzniká kontaktní metamorfózou sedimentárních vápenců, které obsahovaly křemitou nebo jílovitou příměs. Je to šedo zelená až hnědošedá, celistvá nebo jemně zrnitá hornina s všesměrnou až slabě plošně paralelní texturou. Hlavními minerály jsou diopsid (druh pyroxenu), živce a křemen. V některých erlanech mohou být přítomny také granáty.

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Které jsou nejdůležitější faktory metamorfózy?
2. Jaké znáte typy metamorfóz?
3. Jaká je nejběžnější textura u regionálně metamorfovaných hornin?
4. Jaké znáte typy textur podle tvaru zrn?
5. Čím se liší orto- a parabřidlice?
6. Která metamorfovaná hornina je nejpevnější?
7. Jaký je rozdíl mezi vápencem a mramorem?
8. Které minerály vznikají při metamorfóze?
9. Které metamorfované horniny jsou nepříznivé pro stavební činnost?
10. Co je to porcelanit?

TECHNICKY VÝZNAMNÉ VLASTNOSTI HORNIN

Technicky významnými vlastnostmi se rozumí takové, které bezprostředně ovlivňují použitelnost horniny ve stavebnictví.

Při výběru a hodnocení významných vlastností musíme vycházet z měřítka, charakteru a účelu *horninového prostředí*, které chceme zhodnotit.

Podle toho je možné vyčlenit vlastnosti *horninových masívů*, které představují horninová tělesa v přirozeném stavu, jejichž celistvost je porušena *diskontinuitami* tj. *plochami nespojitosti*. Jsou chápány z hlediska inženýrské geologie především jako *základová půda*, pokud jsou v interakci se stavební konstrukcí. U horninových masívů je důležité určit geologickou stavbu, charakter a hustotu diskontinuit, stupeň zvětrání a hydrogeologické poměry (např. propustnost).

Některé z těchto vlastností však nelze určit v horninovém masívu přímo na místě (*in situ*), proto se určují na vzorcích hornin v laboratoři.

Soubor důležitých vlastností *horninového materiálu*, kterým se rozumí samotná hornina vyjmutá z přirozené geologické pozice, je závislý na tom, zda se jedná o *skalní horninu* či *zeminu* a na účelu jejího použití.

Základní charakteristika skalních hornin zahrnuje *popis barvy, texturní charakteristiku, minerální složení, stupeň zvětrání a charakter alterace*.

K nejvýznamnějším technickým vlastnostem skalních hornin patří:

- měrná hmotnost, objemová hmotnost
- hutnost a pórovitost
- nasákavost
- mrazuvzdornost
- pevnost v tlaku, tahu a v tahu za ohybu
- obrusnost
- opracovatelnost
- leštitelnost

Základní charakteristika zemin zahrnuje *stanovení vlhkosti, mezí plasticity (Atterbergovy meze), indexu plasticity, konzistence a ulehlosti*.

HORNINY JAKO NEROSTNÉ STAVEBNÍ SUROVINY

Až do nedávné doby se stavební nerostné suroviny klasifikovaly ve smyslu znění tzv. horního zákona o využití a ochraně nerostného bohatství našeho státu. Vzhledem k tomu, že v současnosti se tento předpis znovu upravuje uvádíme zde jen ty horniny, které mají bezprostřední význam pro stavební činnost. Jsou to *karbonátové suroviny* (hlavně vápence), *stavební písky, cihlářské suroviny*, skalní horniny, které lze využít jako *dekorační a stavební kámen* (granitoidy, syenitoidy, travertin a některé pískovce a droby), *diatomit, bentonit, pokryvačské břidlice* a horniny, z nichž lze vyrábět drcené *kamenivo pro stavební účely*.

Karbonátové suroviny

Petrograficky to jsou vápence (v ČR se dolomity netěží), případně slinité vápence až slínovce.

Jakostní požadavek je dán účelem použití suroviny. Podle dosud platné ČSN 72 1217 - 67 se vápenec dělí do sedmi tříd I až VII. Vápence I.a II. třídy se používají k výrobě velmi čistého vápna. Podle způsobu použití to je vápno vzdušné, hydraulické a vápenný hydrát. Vápence I. až IV. třídy se používají k výrobě cementu. Vápence ostatních tříd se používají k výrobě stavebních hmot. K neznámějším oblastem těžby vápence patří Berounsko, Sušicko, lomy na okraji Moravského krasu (Mokrá, Čebínka, Maloměřice), Hranice na Moravě, vápence bradlového pásma (Štramberk, Kurovice).

Pro některé lokality byly v minulosti stanoveny zvláštní podmínky těžby, např. ložisko Čertovy schody, kde se těžil slínitý vápenec s obsahem jen 60 % CaCO_3 .

Portlandský cement smí obsahovat maximálně 6 % MgO a maximálně 2% látek nerozložitelných v HCl . K výrobě bílého cementu je požadováno 96 % CaCO_3 a maximální obsah Fe_2O_3 do 0,1 %.

Cihlářské suroviny

Jsou to sprašoidní sedimenty a některé hlíny s nízkým obsahem CaCO_3 . Tyto suroviny se zpracovávají za vlhka, musí být proto plastické a nízko tavitelné, zpravidla do 1100 °C. Hlavní škodlivinou jsou cicváry. Jsou to vápnité konkrce různého tvaru a velikosti, nepříznivá je rovněž přítomnost sádrovce, sideritu a organických látek.

Cihlářské výrobky se dělí na zdicí materiál (cihly plné, lehčené, příčně nebo svisle děrované, voštinky, přičkovky a cihly kanalizační). Dále jsou to pálené komínovky, krytina, stropnice (hurdisky), drenážní trubky a ostatní zboží (dlaždice, antuka, cihelná drť). Nalezišť je velké množství, ale kvalita závisí na minerálním složení a je třeba ji kontrolovat. Nejvyšší jsou sprašoidní zeminy úvalů.

Stavební písky

Písky a štěrkopísky jsou jednou ze základních surovin k přípravě betonářské směsi a malty. Povrch zrn má být rovný a oblý, petrografické složení není předepsáno. Přednost se dává zrnům zaobleným před protáhlými, které způsobují špatné zhutnění, a tím snižují pevnost a zvyšují mezerovitost. Důsledkem je vyšší spotřeba cementu.

Maltové písky se liší průměrem zrna podle typu omítky. Malta pro zdivo je s maximálním zrnem do 7 mm, malta pro hrubou omítku s maximálním zrnem do 3 mm a štukové omítky mají maximální zrno do 1,5 mm.

Písek a štěrk se používají pro stabilizaci vozovek. Písky filtrační se používají jako náplň filtrů při úpravě vody. Mají být čisté, křemité. Písek k výrobě pórobetonu musí splňovat zvláštní požadavky z hlediska chemického složení.

Diatomit (křemelina, rozsivková zemina)

Je to organogenní silicit složený převážně ze schránek rozsivek. Je pórovitý, lehký, objemová hmotnost 200 až 900 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Používá se k účelům filtračním, tepelně i zvukově izolačním a k výrobě lehkých stavebních prvků. Těží se v jižních Čechách u Ledenic a Borovan.

Drcené kamenivo

Hornin, které se používají jako drcené stavební kamenivo je celá řada. K nejvýznamnějším patří granitoidy, v SZ Čechách žnělec, v západních Čechách v okolí obce Úterý trachyt. Na Českomoravské vrchovině, zvláště v její střední části se využívají i některé dioritoidy a syenitoidy (Třebíč, Velké Meziříčí). Jen ojediněle se těží pro místní účely gabro, serpentinit, amfibolit a granulit.

Dekorační kámen

K dekoračním účelům se v ČR využívá jen málo horninových typů. Za zmínku stojí některé mramory ze severní Moravy, např. lom Na Pomezí, žuly z okolí Liberce, Mrákotína, Žulové a Světlé. Pro rekonstrukci historických objektů a sochařské účely se využívají pískovce z okolí Hořic.

HORNINOVÉ MASÍVY, JEJICH STRUKTURNÍ PRVKY A TEKTONICKÉ DEFORMACE

Pro komplexní charakteristiku horninových masívů je důležitá znalost jejich tvarů a *vnitřní stavby*, která závisí na minerálním složení, podmínkách vzniku a rovněž na následně působících tektonických a exogenních vlivech. Charakter těchto znaků ovlivňuje fyzikálně-mechanické chování horninového masívu. Vnitřní stavbu masívu lze popisovat pomocí *strukturních prvků* (např. vrstevnatost, foliace, vrásové osy, zlomy). Jejich velikost je různá podle povahy a rozměru zkoumaného strukturního objektu.

Mezi základní rysy vnitřní stavby horninového masívu patří stupeň anizotropie a homogenity.

Anizotropie vyjadřuje chování některých pevných látek majících různé vlastnosti v různých směrech. Může být nejrůznějšího typu (tvarová, hustotní, magnetická, přednostní orientace zrn).

Homogenita je tím vyšší, čím menší je dílčí okrsek, který je možné ve studovaném úseku zaměřovat.

Pro masívy vyvřelých hornin je typická vnitřní stavba s vyšším stupněm izotropie, pro masívy hornin usazených a přeměněných naopak vnitřní stavba s vyšším stupněm anizotropie (plošně paralelní textury). Masívy sedimentů se vyznačují *vrstevnatostí*, masívy metamorfitů zase *foliací*.

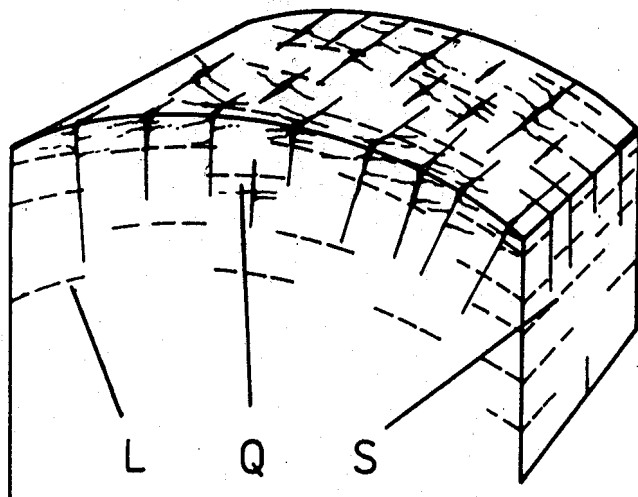
Tvary těles vyvřelých hornin

Tělesa hlubinných hornin

Hlubinné vyvřelé horniny (plutonity) tvoří různě rozsáhlá a tvarově rozmanitá tělesa uvnitř zemské kůry. Typickým tělesem zvláště granitoidů je *batolit*, představující velké těleso, jehož průměr směrem do hloubky nepravidelně roste a jeho podloží není známo. Na povrch se dostává až po dlouhodobé denudaci. Takové denudované batolity ve starých štítech zaujímají často plochy ve stovkách až tisících km².

Pluton je pojem, který má více významů ze strukturního a tektonického hlediska. Podle tvaru se rozlišují např. plutony okrouhlé, větveného tvaru, vertikální s příkrými kontakty nebo horizontální plutony jazykovitého tvaru. Na rozdíl od batolitu je možné v některých částech plutonu navrtat jeho podloží.

Charakteristickým rysem větších hlubinných těles je tzv. *prototektonika*. Uspořádáním strukturních prvků v době, kdy je magma ještě tekuté nebo v plasticko-viskózním stavu, mohou vznikat lineární nebo paralelní stavby. Působením následných tektonických sil na magma v tuhém stavu, vznikají v konsolidovaných magmatických tělesech pravidelné systémy puklin. Vznik a charakter puklin souvisí s tím, ve které z horotvorných fází dochází ke vzniku magmatického tělesa. Základy studia vnitřní stavby plutonických těles položil již roku 1922 H. Cloos. Pukliny jsou trojího typu (obr. 17):



Obr. 17 Rozpukání batolitu puklinami Q, S a L.

- *příčné (Q)*, přibližně svislé pukliny orientované rovnoběžně se směrem původního tlaku. Tyto pukliny jsou často rozevřené a vyplněné hydrotermálními produkty
- *podélné (S)*, jsou svislé pukliny orientované kolmo k původnímu tlaku. Podle těchto puklin je hornina zpravidla lehce štípatelná
- *ložní (L)*, jsou pukliny více méně horizontální, orientované rovnoběžně se směrem tahu. I podle těchto puklin bývá hornina přednostně rozpojitelná

Peň jsou menší plutonická tělesa, která se vyznačují izometrickým, okrouhlým průřezem. Peň mívá většinou příkré okraje a má diskordantní poměr k okolí.

Odbože vybíhající z většího hlubinného tělesa, které mají přibližně stejné složení se označují jako **apofýzy**.

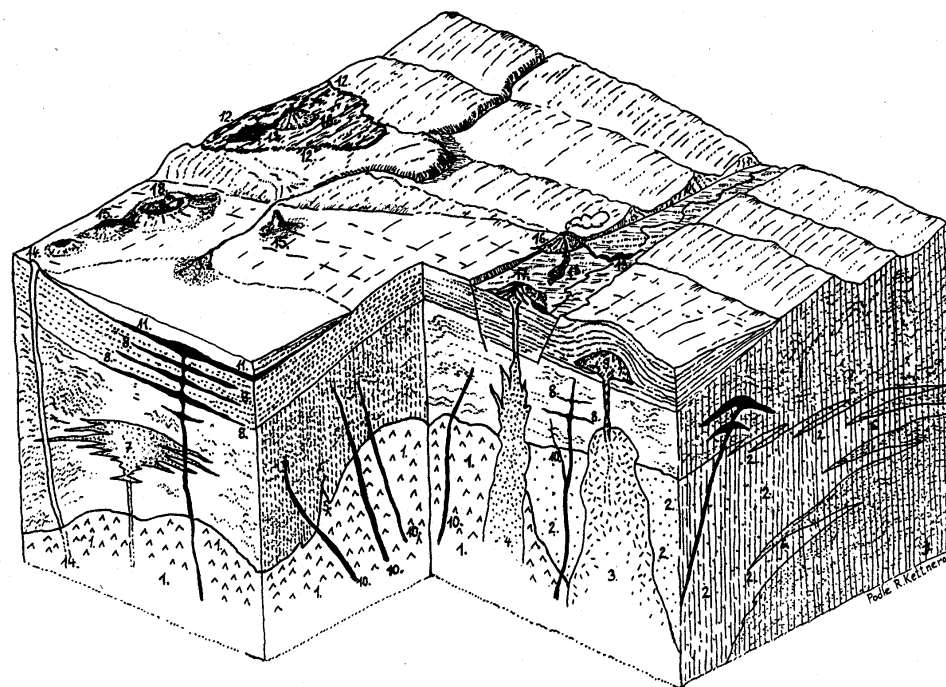
Souhrnný přehled těles hlubinných hornin je na obr. 18.

Tělesa žilných hornin

Tělesa žilných hornin vznikají utuhnutím magmatu v puklinách nebo vrstevních spárách při jeho výstupu k zemskému povrchu. Na rozdíl od těles plutonitů jsou zpravidla podstatně menších rozměrů. Probíhá-li žíla **diskordantně** (kose) k okolí, např. vrstevnatosti sedimentu, označí se jako **žíla pravá**. Zvláštním případem pravých žil jsou strmě orientované

Vysvětlivky:

- 1 - batolit
- 2 - pluton jazykového tvaru
- 3 - peň
- 4 - peň
- 5 - apofýza batolitu
- 6 - apofýzy plutonu jazykového tvaru
- 7 - lakolit cedrového typu
- 8 - ložní žíly
- 9 - normální lakolit
- 10 - pravé žíly
- 11 - lávový podmořský příkrov
- 12 - lávový suchozemský příkrov
- 13 - lávové proudy vytékající z jícnu sopek
- 14 - sopouch
- 15 - vytlačená kupa (strmá a plochá)
- 16 - nasypáný popelový kužel
- 17 - stratovulkán
- 18 - kaldera, kráterové jezero a pozdější sopečné kužele v kaldeře



Obr. 18 Prostorové znázornění jednotlivých typů těles hlubinných, žilných a výlevných hornin.

sopouchy spojující zdroj magmatu se sopkou. Protlačí-li se magma do mezivrstevních spar, jde o *ložní žílu* nebo v případě rozšíření do bochníkovitého tvaru se hovoří o *lakolitu*. U lakolitu je obvykle spojení s magmatickým centrem pravou žílou nebo sopouchem. Příklady tvarů žilných hornin ukazuje obr. 18.

Tělesa výlevných hornin

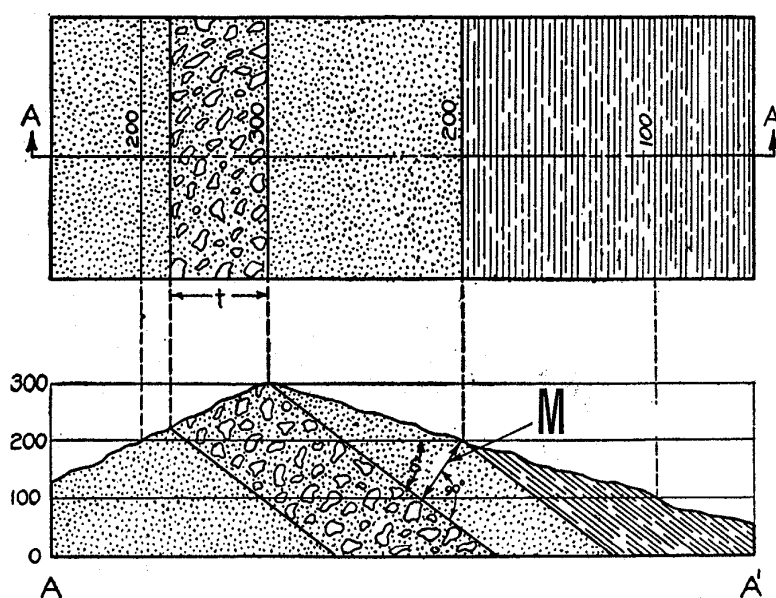
Při výstupu magmatu až na zemský povrch vznikají charakteristická tělesa, která je možné rozdělit na lávové proudy, lávové příkrovy a vytlačené kupy lávových sopek.

- **Lávové proudy** jsou tělesa protáhlá podle směru toku lávy. Vznikají nejčastěji na úbočí sopek, kde láva stéká dolů po spádnicí. Délka a mocnost proudu je závislá na viskozitě lávy, sklonu a množství efuze.
- **Lávové příkrovy** se vyznačují, na rozdíl od proudu, velkou plošnou rozlohou. Láva se dostává k povrchu buď po puklině nebo protavením.
- **Vytlačené kupy** vznikají především u magmat kyselějších, která mají vyšší viskozitu než magmata bazická, chudá na SiO_2 . Z velmi viskózního magmatu vzniká strmá kupa, z tekutějšího bazického magmatu plošší kupa (viz. vulkanismus).

Příklady uvedených tvarů těles výlevných hornin jsou na obr. 18.

Tvary těles usazených hornin

Vznik vrstevnatosti sedimentů je spojen s měnicími se podmínkami sedimentace. Základním prvkem vrstevnatosti je *vrstva*.

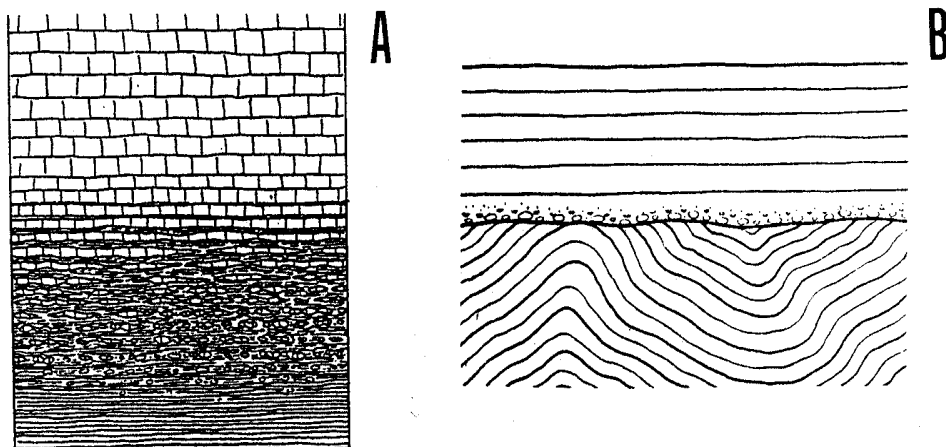


Obr. 19 Znárodnění vrstvy a její mocnosti. **M** - pravá mocnost.

Vrstva je deskovitý útvar stejného petrografického složení s převládajícími plošnými rozměry. Omezena od sousedních vrstev je nadložní a podložní vrstevní plochou. Kolmá vzdálenost mezi těmito plochami se označuje jako **mocnost vrstvy**. (obr. 19). Podle mocnosti vrstev se rozlišuje **vrstevnatost lavicovitá** (mocnost vrstev je větší než 25 cm), **deskovitá** (mocnost vrstev od 1 do 25 cm) a **laminární** (mocnost vrstev je menší než 1 cm). Mocnost vrstev může v ploše kolísat. V případě ztenčení se mluví o **vykliňování** a v případě zvětšení mocnosti o **nasazování vrstvy**. Vzniká čočka.

U sedimentů se dále vyčleňují **souvrství**, která představují soubor vrstev nějakým způsobem spolu souvisejících. Vztahy mohou být dány litologickým charakterem, shodnými fyzikálně geografickými podmínkami vzniku i určitým obdobím vzniku neboli tzv. **stratigrafickou pozicí**.

Souvrství bývají od sebe oddělena buď tak, že vrstvy jednoho souvrství plynule přecházejí do druhého nebo je mezi nimi ostré rozhraní. Plynulý předěl se označuje jako uložení **konkordantní**. Pokud je mezi souvrstvími zjevná ostrá hranice, jde o **diskordantní** uložení. To vzniká v případě, že dojde k přerušení sedimentace (obr. 20).



Obr. 20 Příklad konkordance - A a diskordance - B.

Rozpoznání uložení má praktický význam při výpočtu sedání. U konkordantního uložení se počítá se třemi, u diskordantního se dvěma vrstvami.

Tvary těles přeměněných hornin

Anizotropní vnitřní stavba většiny masívů metamorfovaných hornin je zpodobněna především **přednostní orientací zrn** a přítomností **foliačních ploch**, jejichž vznik souvisí s orientací napětí působícího během metamorfních procesů. S tím do jisté míry souvisí i celkový tvar horninových masívů metamorfovaných hornin.

Regionálně metamorfované horniny mohou tvořit rozlehlá tělesa neurčitých tvarů, která se mohou do hloubky ztrácet a přecházet v hlubinné vyvřelé horniny nebo mohou být účinky tektonických sil transportovány v podobě **příkrovů** na značné vzdálenosti až v desítkách kilometrů. Z toho vyplývá, že na

výsledný tvar geologických těles regionálních metamorfitů mají značný vliv tektonické síly, působící především během horotvorných pochodů.

Kontaktně metamorfované horniny tvoří kolem tělesa hlubinné horniny tzv. **kontaktní dvůr** nebo také **kontaktní aureolu**, ze které plynule přecházejí do nepřeměněných hornin. V případě kaustické metamorfózy způsobené výlevy vulkanitů mohou mít tělesa kontaktních metamorfitů deskovitý charakter.

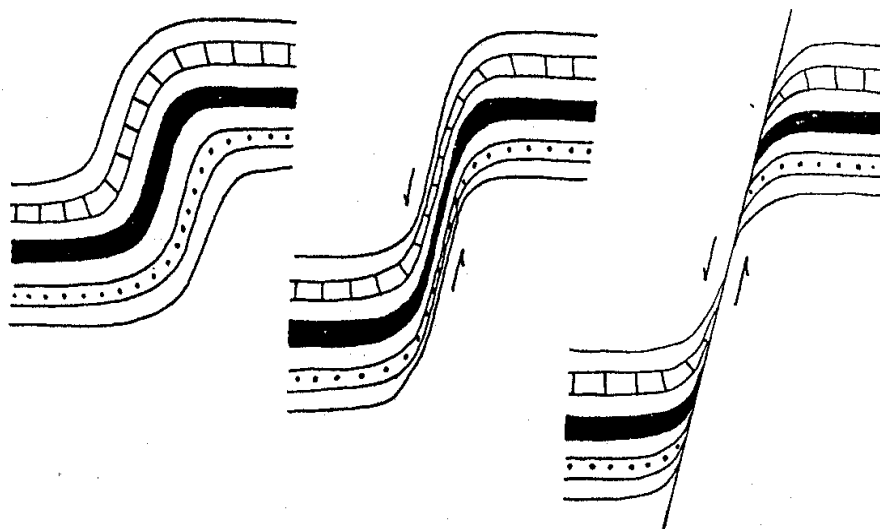
Deformace horninových masívů

Vlivem následných tektonických pochodů mohou být horninové masívy dále deformovány. Charakter deformace závisí především na původní napjatosti, mechanických vlastnostech horniny vůči deformaci a na její intenzitě. Zjednodušeně můžeme rozlišovat **deformace plastické**, během nichž není porušena celistvost horninového komplexu a **deformace rupturní**, při nichž vznikají nové diskontinuity v masívu (pukliny, kliváž, zlomy).

K deformacím původních struktur dochází především během **orogeneze**, a s tím související **regionální metamorfózy**. Z hlediska stavební praxe je třeba počítat se vznikem deformací i vlivem antropogenní činnosti.

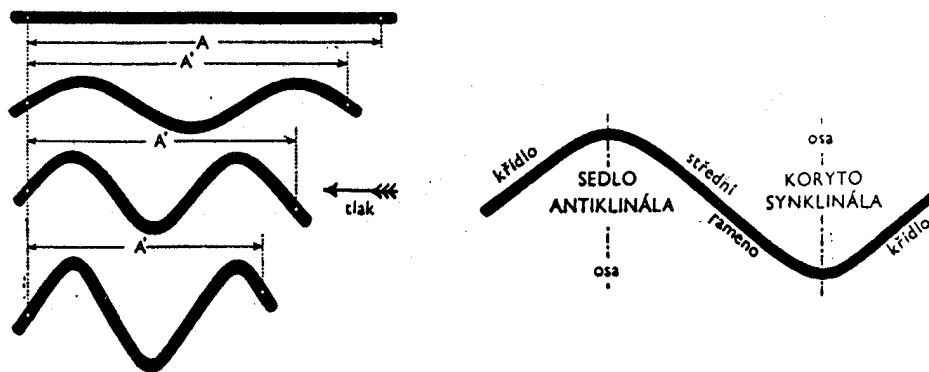
Plastické deformace

Nejjednodušší plastickou deformací je **flexura (ohyb)**, která vzniká prostým ohybem a vyznačuje se zúžením v místě ohybu (obr. 21).

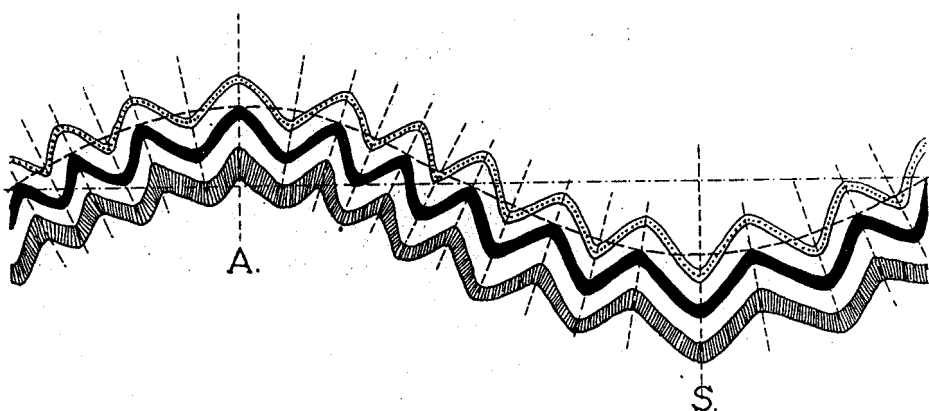


Obr. 21 Vývoj poklesu s vlekem z flexury, redukcí vrstev.

Základní deformací plastického charakteru je **vrása**. Vznik a charakter vrás je podmíněn působením smykového, tlakového a tahového napětí, ale i fyzikálně-mechanickými a chemickými vlastnostmi deformované horniny. Na vráse je možné definovat její délku, nahoru vyklenutou část **antiklinálu**, sedlovitě prohnutou část **synklinálu**, **vrásová ramena**, **osu vrásky** a **osní rovínu**, **výšku** a **šířku vrásky** (obr. 22).



Obr. 22 Vznik vrásy a její popis.



Obr. 23 Antiklinorium a synklinorium.

V rámci pohoří mohou vznikat megastruktury v podobě *antiklinorií* nebo *synklinorií* (obr. 23). Základní dělení vrás vychází z úhlu mezi osní rovinou a ramenem vrásy. Podle toho se rozlišují *vrásy stojaté, šikmé, ležaté nebo překocené*. Různé příklady vrás jsou na obr. 24.

Plastickými deformacemi jsou postiženy v Českém masívu především paleozoické sedimentární komplexy a regionálně metamorfované horniny. Znalost plastických deformací horninového masívu je nezbytná při projektování a výstavbě podzemních děl, ale i pro zakládání velkých vodohospodářských staveb a sanaci vysokých skalních stěn v okolí dopravních staveb.

Rupturní (křehké) deformace

Chová-li se horninový masív vůči tektonickým silám křehce, dochází v něm ke vzniku trhlin různého měřítka a charakteru. K nejvýraznějším tektonickým strukturám v rámci horninových komplexů patří *zlomy* neboli *dislokace*.

Podél zlomů dochází ke zřetelným pohybům sousedních horninových bloků. Podle regionálního významu a hloubky do které zlomy sahají, lze rozlišit několik kategorií. Z globálního hlediska jsou nejdůležitější *hlubinné zlomy* porušující zemskou kůru a sahající místy až do svrchního pláště. Podél těchto tektonických struktur dochází jednak k rozšiřování zemské kůry: *riftový systém*

Země, jednak ke střetu dvou ker *kolizní* nebo také *subdukční zóny*, kde se podsouvá jedna kra pod druhou. Pohyby na těchto globálních tektonických zónách jsou doprovázeny významnou vulkanickou a seizmickou aktivitou.



Obr. 24 Schéma hlavních typů vrás: přímá (a), šikmá (b), překocená (c), ležatá (d) a ponořená (e). Vrásky stejnoklonné (A), vějířovité (B) a klikaté (C).

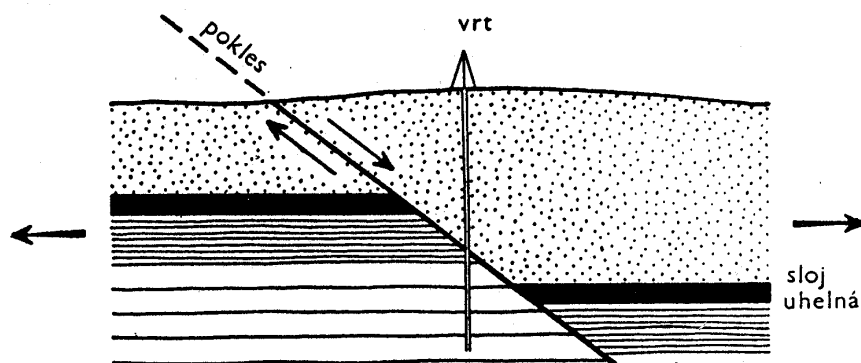
Tektonická rozhraní regionálně geologických oblastí jsou tvořena *regionálními zlomy*, jejichž hloubkový dosah bývá menší. V Českém masívu se vyskytují hlavní tektonická rozhraní ve směru JZ-SV, kterým se říká *krušnohorské zlomy*, dále ve směru JV-SZ, které se označují jako zlomy *západosudetské* a zlomy ve směru J-S se nazývají *rynské*. Zlomy V-Z směru nejsou časté a nemají zvláštní označení. Jednotlivé horninové masívy a horninové komplexy mohou být porušeny zlomy ještě menšího měřítká.

Podle orientace k hlavnímu napětí σ_1 rozlišujeme zlomy:

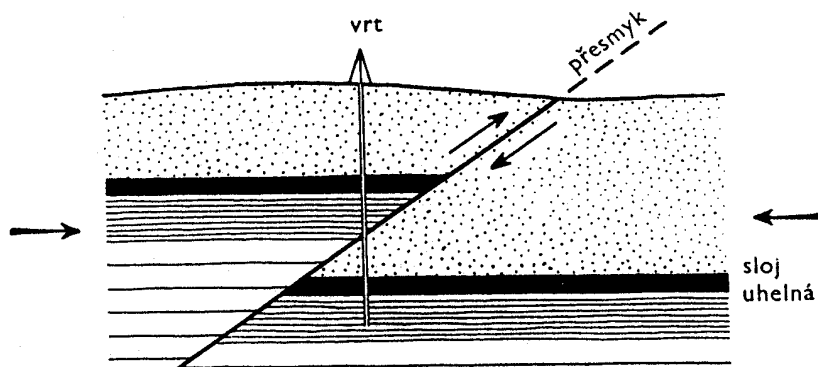
- *tlakové*, které vznikají kolmo k největšímu hlavnímu napětí σ_1 (tlak), na zlomové spáře dochází k drcení
- *tahové*, které vznikají kolmo na nejmenší hlavní napětí σ_3 (tah), u nich dochází k oddálení ker
- *střížné*, ty vznikají tehdy, nastal-li posun v plochách orientovaných kose k σ_1 a σ_3

Střížné neboli smykové zlomy jsou trojího typu:

- **pokles** - nadložní kra se pohybuje po úklonu zlomové plochy ($_1$ je vertikální, $_2$ a $_3$ jsou horizontální), obr. 25
- **přesmyk** - nadložní kra se pohybuje proti úklonu zlomové plochy ($_1$ a $_2$ jsou horizontální, $_3$ je vertikální), obr. 26
- **horizontální posun** - v těchto případech je zlomová plocha svislá, pravá kra se pohybuje relativně vzhledem k levé ($_1$ a $_3$ jsou horizontální a $_2$ vertikální)

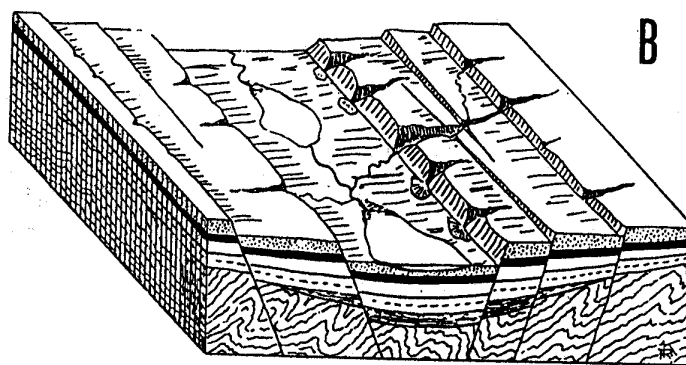
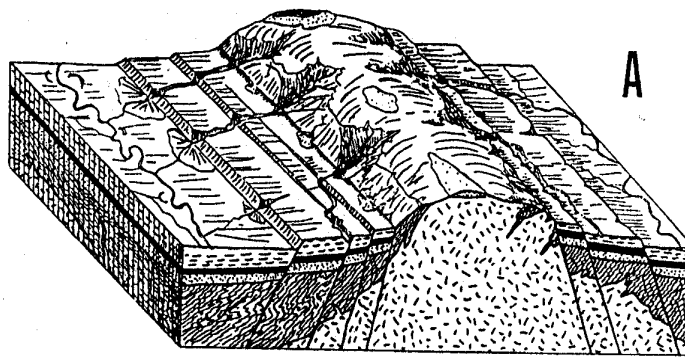


Obr. 25 Pokles.



Obr. 26 Přesmyk.

Přesmyk, pokles a složitější tektonické struktury jako jsou **hrástě, prolomy a příkopové propadliny** podílející se na vnitřní stavbě horninového masívu mohou významně ovlivnit podmínky při ražbě podzemních děl, stabilitu svahů nebo výpočty sedání objektů nacházejících se přímo na zlomových liniích (obr. 27).



Obr. 27 Složitější tektonické struktury – hrást' **A**, prolom **B**

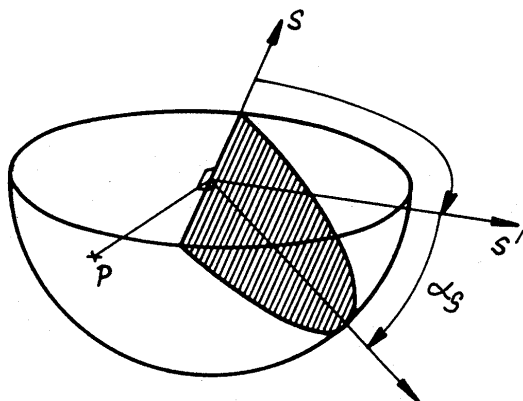
Pro sedimentární horninové komplexy Českého masívu v předplatformním vývoji je typické jak zvrásnění, tak i rupturní porušení. Zlomově jsou porušeny i mladší, platformní jednotky (např. česká křídová pánev, neogenní pánve a okolí neovulkanitů). Velký význam mají zlomové poruchy v krystalinických komplexech, kde podmiňují vznik *oslabených zón*.

Další významnou rupturní diskontinuitou jsou *pukliny*.

Puklina je *negenetický termín pro mechanické diskontinuity v horninách, podél nichž nedošlo k nápadnějším pohybům sousedních bloků a na rozdíl od zlomů mají menší rozsah. Stěny pukliny zůstávají buď sevřeny nebo mohou být i otevřené a následně vyplněné minerály. Podle vztahu vzniku pukliny a geologického tělesa je možné rozlišovat:*

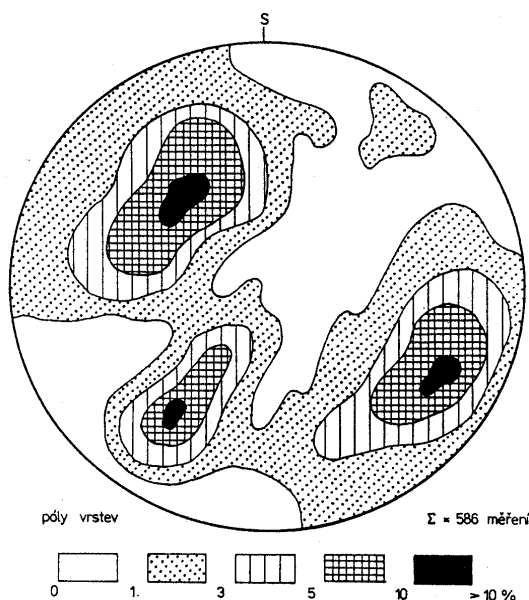
Pukliny primární vznikající hlavně objemovými změnami tělesa při jeho vzniku (např. kontrakční pukliny vznikající při chladnutí magmatických těles) a *sekundární*, související s pozdějšími tektonickými pochody. Ty se podle orientace ke směru hlavního napětí mohou podobně jako zlomy dělit na *pukliny tahové, tlakové a smykové*. Pukliny stejné orientace v horninovém masívu se označují jako *puklinový systém*.

Celkové porušení masívu diskontinuitami všech druhů (pukliny, vrstevnatost, břidličnatost, zlomy) významně ovlivňuje jeho celkové fyzikálně - mechanické parametry, a tím i podmínky zakládání staveb, ražbu štol a tunelů (např. nebezpečí sesuvů, závalů). Proto je důležitým úkolem inženýrskogeologického průzkumu zjistit četnost (hustotu) a charakter diskontinuit a jejich **prostorovou orientaci** (obr. 28). Ta se zjišťuje pomocí **geologického kompasu**, kterým je možné změřit jak **směr sklonu**, tak i **úhel sklonu** měřené diskontinuity.



Obr. 28 Projekce plochy ve spodní polokouli se směrem sklonu a úhlem sklonu.

Naměřené hodnoty se zpracovávají formou grafického modelu tzv. **tektonogramu**, který zobrazuje změřené plochy metodou kulového promítání pomocí **Lambertovy plochojevné sítě**. Statistické vyhodnocení strukturního měření zobrazeného v tektonogramu se provádí pomocí **konturového diagramu** (obr. 29), do něhož se vynášejí póly (normály) změřených ploch. V současné době se využívá pro konstrukci výpočetní technika s příslušným softwarem (např. Rockworks - Stereo).



Obr. 29 Příklad konturového diagramu.

VULKANIZMUS

Vulkanizmem neboli *vulkanickou činností* se rozumí magmatické pochody, při nichž magma dosáhne zemského povrchu, a na který se buď vylévá za vzniku *výlevných hornin* nebo je explozí rozmetáno na různě velké vulkanické částice. Z nich vznikají následně *pyroklastické horniny (tefra, tufy a tufity)*.

Vulkanizmus je časově i prostorově vázán, na horotvorné neboli orogenetické pochody, které se v průběhu geologické historie Země několikrát opakovaly. Podle vztahu k hlavní horotvorné fázi se rozlišuje vulkanizmus iniciální, subsekventní a finální. Každá fáze těchto vulkanických projevů je typická řadou znaků, mezi než patří např. geotektonická pozice, chemizmus a petrografický charakter vulkanitů.

Dnes můžeme pozorovat výraznou vulkanickou činnost na okrajích *litosferických desek*, které se od sebe buď vzdalují (*rifty*) nebo kde dochází k jejich kolizi (*subdukční zóny*). Tento vulkanizmus je často doprovázen zemětřesením. Celý pásenný systém současného aktivního vulkanizmu lze rozdělit do čtyř hlavních pásem:

- *Tichooceánský (cirkumpacifický kruh)*, označovaný také jako "Ohnivý pás Pacifiku". Probíhá od Kamčatky přes Kurily, Japonsko, Tchaj-wan a Filipíny, dále přes Maršalské a Karolínské ostrovy, východní část Nové Guineje, Šalamounovy ostrovy, Nové Hebridy a Nový Zéland do východní části Antarktidy. Odtud severním směrem přes Shetlandy a Orkneje do Patagonie a dále podél západního pobřeží Jižní a Severní Ameriky na Aljašku a Aleutské ostrovy. Typické jsou alkalicko-vápenaté horniny, všeobecně označované jako horniny pacifického typu, mající převážně charakter andezitů.
- *Středomořsko-indonéský pruh*, který probíhá od Azor a Kanárských ostrovů Středomořským mořem do Itálie (ostrovy Lipari, Etna, Vesuv), Egejským mořem (ostrov Santorin) do Turecka a odtud přes Kavkaz do Indie a Indonézie.
- *Centrální pás Atlantiku*, který má přibližně severo-jihní průběh. Převážně probíhá pod mořem, jen místy na něm vznikly ostrovy (Jan Mayen, Island, Faerörské ostrovy, Azory, Ascension, Kapverdy a Tristan da Cunha).
- *Východní Afrika a Blízký východ*, toto vulkanické území probíhá na souši přes Keňu a Etiopii v podobě tektonického příkopu (východoafrický příkop), dále přes Rudé moře na Blízký východ.

Vulkanická činnost však nemusí být vázána jen na okraje litosferických desek. Např. v prostoru střední Evropy se vyskytuje z hlediska geologického stáří velmi mladý třetihorní vulkanizmus. Centra tohoto vulkanizmu lze spojit do dvou oblouků (severní a jižní), jejichž protažení má přibližně směr V-Z, tj. shodný s průběhem Alp. Výskyt těchto vulkanitů je spojen s hlubinnou tektonickou predispozicí, jejíž aktivita zřejmě souvisela s alpínskými horotvornými pochody. Oblasti tohoto třetihorního vulkanizmu se označují jako *oblasti neovulkanitů*. Na našem území k nim patří České středohoří a Doupovské hory, vázané na tektonické linie podkrušnohorského prolomu. Kromě těchto největších, existují i izolované sopky v různých regionálně-

geologických jednotkách Českého masívu. Nejmladší z nich byly činné ještě ve čtvrtohorách (Komorní Hůrka u Františkových Lázní, sopky v okolí Bruntálu).

Geologická tělesa vznikající vulkanickou činností

K nejvýraznějším geologickým tělesům vznikajícím vulkanickou činností patří *sopky, lávové proudy a příkrovy, vytlačené kupy a vypreparované sopouchy*.

Sopka je místo na povrchu zemském, kde vystupuje ze zemského nitra žhavotekuté magma - *láva*. Tvar, rozměr a charakter sopek jsou různé. Podle způsobu vzniku můžeme sopky rozdělit na *sopky výlevné* (efuzivní), *výbušné* (explozivní) a *smíšené* neboli *stratovulkány*. Podle prostředí výskytu je možné vyčlenit sopky *kontinentální* a *mořské*. Na základě hlavních typů vulkanické činnosti nazvaných podle známých sopek se dělí na sopky typu Havaje (lávový typ), typu Stromboli (stratovulkán), typu Vulcana (stratovulkán s centrálním pněm), typu Vesuvu (stratovulkán s dlouhými údobími klidu a zvláště silnými výbuchy) a typu Mont Pelée (s vytlačenou jehlou). Kromě uvedených typů existuje i mnoho sopek, které představují přechodné typy mezi některými z uvedených.

Podle odhadu je dnes na Zemi 430 činných sopek, které jsou rozsety podél hlavních světových tektonických linií (okraje litosferických desek).

Lávové sopky

Lávové sopky vznikají klidným vyléváním lávy na zemský povrch. Rychlost pohybu lávy je různá, pohybuje se od několika cm až do několika km za hodinu. Lávové sopky mohou být vázány na jednu trhlinu, probíhající na vzdálenost i několika km nebo jsou vázány na jediné centrum, zpravidla na křížení dvou zlomů. Jejich tvar závisí především na viskozitě magmatu.

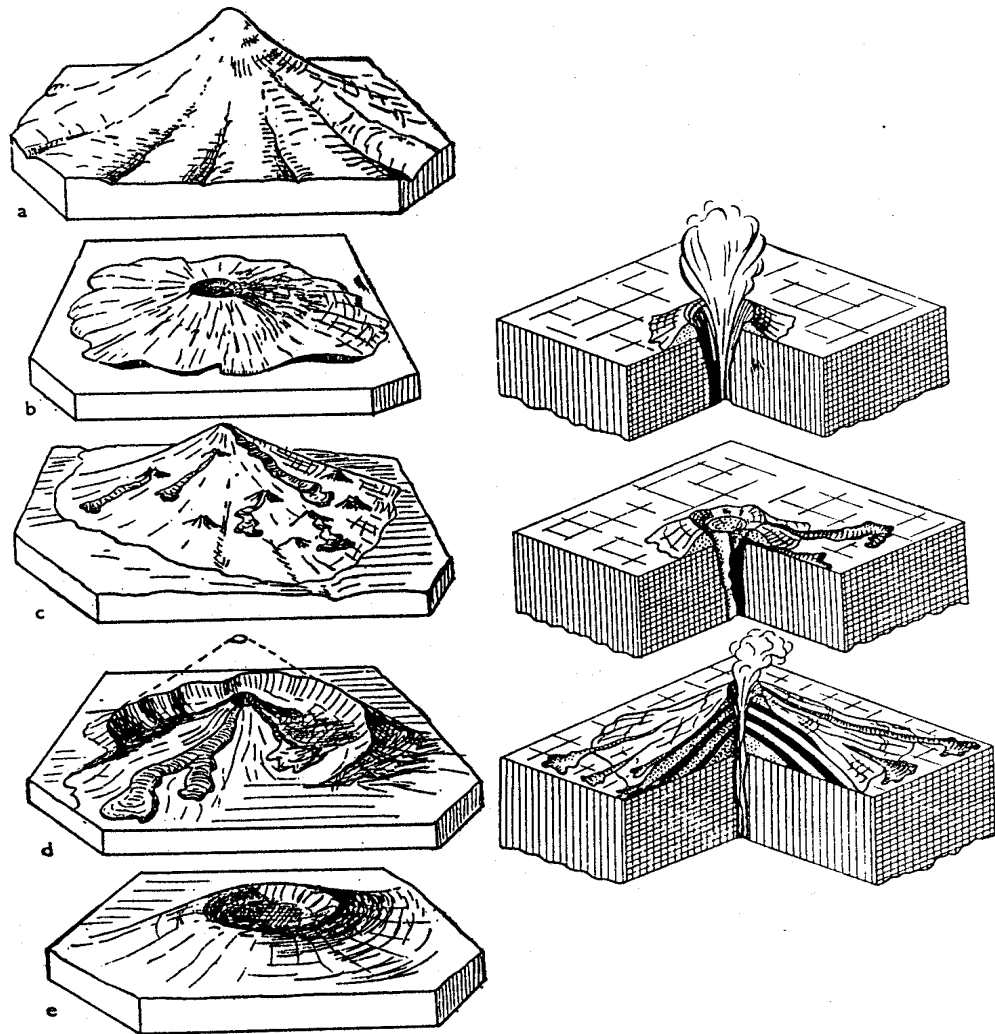
Mezi lávové sopky patří *štítové sopky*, které jsou nízké ploché sopečné kužely s mírně ukloněnými svahy a ve vrcholové části mají kotlovitý kráter. Tvořeny jsou nízcí viskózní bazickou lávou. Typické příklady těchto sopek jsou na Havajských ostrovech (např. sopka Killauea).

Podobné štítovým sopkám jsou rozsáhlé plošné výlevy označované jako *lávové příkrovy*, které vznikají buď na souši nebo i dně mořském a jsou typické značnými plošnými rozměry a relativně malou mocností. Island je typickým příkladem velkých lávových polí, tvořících příkrovy o mocnosti 5 až 15 m. Kromě toho je na Islandu i v jeho okolí řada činných centrálních vulkánů. Některé z nich daly vznik v nedávné minulosti novým ostrůvkům.

Jako *lávový proud* označujeme takový vulkanický útvar, který vzniká tehdy, když magma (láva) vytéká jen na jednu stranu. Magma tedy netvoří plošný útvar jako lávový příkrov, nýbrž vyteklo v podélné dráze a tvoří lineárně značně protažený útvar. Délka lávového proudu závisí na sklonu svahu a na charakteru magmatu (především na jeho viskozitě).

V případě, že má magma vysokou viskozitu, může docházet ke vzniku vulkanických útvarů, u nichž vertikální rozměr vyniká nad plošným. Tyto útvary se označují jako **vytlačené kupy** nebo **jehly**. Jsou to bochníkovitá nebo homolovitá tělesa, vyznačující se zpravidla "cibulovitou" vnitřní stavbou. Viskózní magma vytlačující se ze sopečného jícnu nadzvedává kůru utuhlé lávy a tak se kupa doplňována zespodu vytlačujícím se magmatem stává mnohdy velmi vysokou a strmou. Podél těchto "slupek" pak může docházet k přednostnímu rozpadu takového tělesa.

Vývoj stratovulkánu



Obr. 30 Hlavní typy sopek: sopka typu Fudžijamy (nasypaný kužel) - **a**, štítová lávová sopka havajského typu - **b**, kuželovitý stratovulkán s četnými menšími parazitickými kužely typu Etny - **c**, typ sopky s kalderou - **d**, maar (explozivní sopka) - **e**.

Každé vulkanické těleso, které se jeví jako vytlačená kupa, nevzniklo však tak, jak je uvedeno. Může se jednat o **lakolity**, které utuhly v nepatrné hloubce pod povrchem a později byly denudovány (např. znělce v Českém středohoří) nebo to mohou být obnažené části **sopečných komínů** - **sopouchů** (izolovaná vulkanická tělesa v české křídě). Typické příklady uvedených typů vulkanických těles jsou na obr. 30.

Výbušné sopky

Výbušné neboli **explozivní sopky** jsou tvořeny sopečnými vyvrženinami, které se klasifikují podle velikosti částic na **sopečný popel**, nejjemnější materiál, **sopečný prach**, **písek**, **lapili** a **sopečné pumy** a **balvany**. Nahromaděním sopečného popela a prachu při explozích dochází ke vzniku **nasypaných kuželů**. Klasickým příkladem tohoto typu sopek je světoznámá japonská sopka Fudžisan. Jestliže se sopečný popel na svahu nasytí vodou, přemění se v kašovitou hmotu, která se řítí po svahu rychlostí až 100 km/h. Takové proudy se označují jako **sopečné bahnotoky**. Často přecházejí do sesuvů nebo kamenitých lavin s obrovskou ničivou silou.

Stratovulkány

Stratovulkány jsou nejčastějším typem sopek vyskytujícím se na zemském povrchu. Jde o složené sopky tvořené jak lávou, tak i pyroklastiky. Období výlevů se střídala s obdobími explozí, přičemž došlo ke vzniku kužele, jehož vývoj je zobrazen na obr. 30. Některé výbuchy však mohou být natolik ničivé, že dochází ke zničení určité části vulkánu. Takové výbuchy se označují jako **kataklyzmatické erupce**. Kráter, zvláště u větších vulkánů, je velmi často obklopen rozsáhlou **kalderou** kotlovitého tvaru, která je pozůstatkem po starším, erupcí zničeném vrcholu sopky. V kaldeře nebo na úbočích sopky mohou vznikat parazitní krátery. Sopka Aso v jižní části ostrova Kjúšú v Japonsku má největší kalderu na světě. Je 45 km široká, je zastavěna a hospodářsky využívána.

Produkty vulkanické činnosti

Mezi produkty vulkanické činnosti patří **láva**, **sopečná skla**, **pyroklastický materiál** a **produkty vulkanických exhalací**.

Vytékající láva je žhavotekuté magma, které se dostává na povrch vulkanickou činností. Její viskozita je ovlivňována především obsahem SiO_2 a teplotou. Čím je magma bohatší na SiO_2 (kyselé magma), tím je viskóznější. Bazická magmata (chudá na SiO_2) jsou tekutější. Se vzrůstající teplotou viskozita magmatu klesá. Teplota magmatu kyselého se zpravidla pohybuje okolo 800 až 900 °C a teplota bazického magmatu dosahuje hodnot až okolo 1300 °C. Vlastní láva může mít různou podobu. K nejnámějším typům láv patří např. **provazovitá láva**, na povrchu provazovitě zkroucená, nebo **láva balvanitá**, označovaná také jako **láva aa**, která vzniká rozlámáním kůry lávového proudu připomínající nakupené ledové kry na řece. Chůze po takovém lávovém poli je velmi obtížná. Podle obsahu plynů mohou být lávy kompaktní nebo pórovité (např. pemza).

Pyroklastický materiál - nezpevněný se označuje jako **tefra** a klasifikuje se podobně jako klastické sedimenty podle velikosti částic (viz. kapitola pyroklastické horniny).

Zpevněním tefry vznikají pyroklastické horniny označované souhrnně jako **tufy**. Jejich klasifikace je stejná a navíc je možné je charakterizovat

petrografickou příslušností k výlevným horninám (např. ryolitový tuf, andezitový tuf). Usazením vulkanického materiálu ve vodě a smísením s terigenním klastickým materiálem vznikají **tufity**.

Kromě lávy a pyroklastik náleží k vulkanickým produktům i **výrony plynů a par**. Podle teploty a chemického složení se výrony plynů rozlišují na fumaroly, solfatary a mofety.

- **Fumaroly** vznikají během vulkanické činnosti. Unikají buď z kráteru, nebo z trhlin na povrchu lávových proudů. Vylučují se z nich NH_4Cl , KCl , NaCl , Fe_2O_3 , H_3BO_3 a S . Mohou být kyselé, neutrální nebo zásadité a jejich teplota kolísá mezi 250 až 1000 °C.
- **Solfatary** jsou postvulkanické výrony par a plynů, pojmenované podle Solfatary v blízkosti Neapole. Jejich teplota kolísá mezi 90 až 250 °C. Jsou složeny převážně ze sirovodíku H_2S , SO_2 , CO_2 a vodní páry.
- **Mofety** dosahují teploty 100 °C a jsou tvořeny suchým CO_2 .

Jestliže jsou výrony CO_2 vázány na deprese a údolí, vznikají známá místa, kde nastává smrt zadušením, např. psí jeskyně u Neapole. U nás jsou tyto výrony CO_2 známé ze zbrašovských aragonitových jeskyní.

K postvulkanickým jevům patří také gejzíry a termální a minerální prameny a jejich usazeniny. Typickou oblastí s mnoha gejzíry je Yellowstonský národní park, Island a některá území v Japonsku. Termální vody se v těchto místech jímají a využívají jak k výrobě elektrické energie, tak i přímo k vyhřívání obytných budov.

ZEMĚTŘESENÍ

Pod pojmem **zemětřesení** se rozumí rychlé, krátkodobé otřesy zemské kůry různé intenzity. Zemětřesení je zpravidla vázáno na geologicky mladé, tektonicky neklidné oblasti, okraje litosferických desek, nebo okolí velkých hlubinných zlomů. Podle příčin je možné rozlišit zemětřesení **řítivá, sopečná a tektonická**.

- **Řítivá zemětřesení** vznikají zřícením stropů podzemních dutin nejčastěji krasového původu, někdy i dutin vzniklých hlubinným dobýváním ložisek. Lokálně může mít toto zemětřesení katastrofické účinky.
- **Sopečná zemětřesení** bývají průvodním jevem vulkanické činnosti. Zpravidla předcházejí vlastním výbuchům nebo výlevům lávy. Zemětřesení je vyvoláno pohybem ker pod tlakem vystupující lávy nebo plynů a par.
- **Tektonická zemětřesení** jsou způsobována tektonickým pohybem ker na zlomových spárách. Vznikají náhlým uvolněním nahromaděné energie v tektonicky aktivních oblastech. Je to nejčastější (asi 95 % ze všech typů) a nejzhoubnější typ zemětřesení. Oblast otřesů bývá rozsáhlá.

Každé zemětřesení se šíří z ohniska tzv. **hypocentra**, které se nachází v různé hloubce pod zemským povrchem. Podle statistiky se hypocentra nacházejí nejčastěji v hloubce okolo 60 km. Průmět hypocentra na zemský povrch se označuje jako **epicentrum**. V epicentru bývá intenzita zemětřesení nejvyšší.

Z hypocentra se šíří zemětřesné vlny všemi směry. Podle způsobu vlnění je možné rozlišit vlny **podélné, příčné a povrchové**.

- **Podélné vlny** - **P** (longitudální) kmitají ve směru šíření otřesů a dosahují v pevných horninách rychlosti 4 až 6 km. s⁻¹. Podobají se zvukovým vlnám a představují postupné střídání zón stlačování a roztahování.
- **Příčné vlny** - **S** (transverzální) kmitají kolmo na směr šíření otřesů a v pevných horninách dosahují rychlosti 2 až 3 km.s⁻¹.
- **Povrchové vlny** jsou ještě pomalejší. Rozbíhají se z epicentra po povrchu a při silných zemětřeseních mohou oběhnout i kolem Země. Mají charakter příčných vln a jejich vlnění se podobá vlnění mořské hladiny. Vznikají na rozhraní fyzikálně odlišných prostředí.

Rychlost zemětřesných vln závisí na prostředí, kterým se šíří. V pevných horninách se šíří rychleji než v horninách měkkých. Amplitudy vln kolísají od mm do cm rozměrů.

Intenzita zemětřesení

Největší intenzita zemětřesení na povrchu je v epicentru, od kterého se postupně snižuje. Místa se stejnou intenzitou zemětřesení se spojují čarami označovanými jako **izoseisty**. Průběh izoseist odpovídá geotechnickým vlastnostem hornin v dané oblasti.

Intenzita zemětřesení se měří v **balech**. V současnosti se používá škála 12 balů. Byla sestavena v roce 1912 D. Mercallim, A. Cancanim a A. Siebergem (**MCS**). V roce 1931 byla dále modifikována Woodem a Neumannem. Proto se označuje jako **modifikovaná Mercalliho škála (MM)**. Tato škála je znázorněna v tabulce 9. Kromě této stupnice existuje i **stupnice Richtero**vá, která se běžně používá pro klasifikaci intenzity zemětřesení ve sdělovacích prostředcích.

Registrace zemětřesení

Příčiny, průběh a následky zemětřesení sleduje samostatný vědní obor **seizmika**. Registrace zemětřesení se provádí pomocí citlivých přístrojů **seizmografů**. Podstatnou součástí seizmografu je stacionární hmota, nejčastěji ve formě vhodně upraveného kyvadla o hmotě od několika gramů do několika tun. Vzájemný posun mezi stacionární hmotou a zemí se automaticky zvětšuje zvětšovacími zařízením a zaznamenává mechanicky (hrotem jehly zapisovacího zařízení) nebo opticky. Univerzální seizmograf zaznamenává dvě horizontální složky (sever-jih a východ-západ) a vertikální složku. Časový záznam jedné složky se označuje jako seizmogram.

Tab. 9 Stupně a účinky zemětřesení podle modifikované Mercalliho škály.

intenzita zemětřesení	registrace a průvodní jevy zemětřesení podle (MM)
I	není registrováno lidmi, pouze seismografy
II	může být pozorováno zvláště citlivými osobami v horních částech budov
III	slabé otřesy, pozorované některými osobami ve vnitřních částech budov, slabé chvění visících objektů
IV	otřesy, pozorované všemi osobami uvnitř objektů, v terénu pouze některými osobami, vibrace věcí (jako by kolem přešla těžká vozidla)
V	pozorováno většinou osob v terénu, spící se probouzejí, praskliny ve vlhkých půdách
VI	pozorováno každým člověkem, dostavuje se panika a strach, může dojít k rozbití skla, ojedinělé sesuvy v horských oblastech, kolísání hladiny podzemní vody
VII	škody na budovách, lidé mají pocit, že se neudrží v rovnováze, může dojít k poškození nábytku a padání cihel, sesuvy skalních hornin, narušení hladiny podzemní vody
VIII	částečné řícení budov, vznik sesuvů, zanikání a vznikání pramenů, trhliny v půdě o šířce několika cm
IX	všeobecná panika, trhliny v půdě o šířce až 10 cm, řícení budov, sesuvy, narušení hladiny podzemní vody
X	úplné řícení budov, velké trhliny v půdě (až 1 m), trhání zdí, příboj na pobřeží, vznik nových jezer
XI	katastrofální následky, poškození železnic, vodovodních potrubí, vystupování bahnitých hmot, změna vodního režimu
XII	velké destrukce terénu, téměř kompletní zničení objektů, velké sesuvy půdy a skalní řícení, změna ve vodním režimu, vznik nových vodopádů, jezer i morfologie terénu

GEODYNAMICKÉ PROCESY

Jsou to procesy, které ovlivňují vytváření zemského povrchu a horninového prostředí v jeho blízkosti. Pro stavební činnost jsou nejvýznamnější *zvětrávání, sufóze a vyplavování, eroze, krasové procesy, prosedavost a svahové pohyby*.

Zvětrávání

Proces zvětrávání představuje změny ve složení minerálu a hornin působením *povrchových činitelů - atmosféry, vody, ledu, teploty a činnosti organismu* za vzniku produktu zvětrávání. Všeobecně se rozlišuje *zvětrávání mechanické, chemické a biologické*.

- *mechanické zvětrávání* představuje fyzikální rozpad hornin. Jak vyplývá z dosavadních zkušeností tento typ zvětrávání je však málo častý a setkáváme se s ním hlavně v pouštních oblastech
- *chemické zvětrávání* je nejčastějším typem zvětrávání. Z pohledu stavební praxe a vlastností horninového prostředí, jako prostředí stavby, se rozlišuje na destruktivní a konstruktivní

Destruktivní typ zvětrávání vede k rozpadu hornin bez tvorby nových minerálu, *konstruktivní* typ vede k tvorbě nových minerálu, zvláště jílového charakteru, které pak ovlivňují fyzikální, mechanické i hydraulické a deformační vlastnosti hornin.

Nejjednodušším procesem, který způsobuje chemické zvětrávání u většiny hornin je *oxidace* sloučenin železa. Oxidace nastává působením vzdušného kyslíku, který se rozpouští ve vodě obsažené v pórech horniny a tím se roztok stává reaktivním s oxidačním potenciálem, který závisí na parciálním tlaku vzdušného kyslíku a chemizmu vodního roztoku. I při neutrálním pH vody je oxidační potenciál dostatečný, aby okysličil Fe^{II+} na Fe^{III+} . Tento proces pozorujeme v povrchové vrstvi nebo podle puklin jako tzv. limonitizaci. Pokud se vytvoří mocnější limonitové vrstvičky bývá výplň pukliny detritická.

Trvalé působení exogenních geologických činitelů (vody, mrazu, větru) na zemský povrch vede k jeho trvalému snižování, tzv. *denudaci*.

Zvětrávání může však nikdy probíhat velmi rychle (dny), což ovlivňuje kvalitu hornin, odkrytých v základové spáře nebo ve výkopu či zářezu. Některé pararuly na Českomoravské vrchovině, ve srovnání s migmatity, mohou změnit třídu těžitelnosti i za jednu zimu. V zářezích je v takovém případě třeba zamezit přístupu atmosférických činitelů, zejména vody a mrazu.

Stupeň zvětrání se zjišťuje i při hodnocení kvality stavebního kamene. Zpravidla se vystačí s makroskopickou klasifikací podle obsahu čerstvých minerálních zrn a podle toho, zda se zrna vzájemně dotýkají. Pokud dojde k celkovému rozložení skalní horniny účinkem zvětrávání, považujeme ji z hlediska fyzikálních a mechanických vlastností, již za zeminu. Stupeň zvětrání lze též vyjádřit *indexem zvětrání (IZ)*.

$$IZ = \frac{H_Z - H_V}{H_V}, \text{ kde}$$

H_Z = vlastnost zdravé horniny (napo. objemová hmotnost nebo pevnost)

H_V = vlastnost zvětralé horniny

Sufóze

Tento proces představuje postupné rozpouštění a vyplavování velmi jemných částic nebo tmele a následné náhlé ztekucení zeminy. Tyto poruchy se označují jako filtrační a zeminu pak posuzujeme i z hlediska její *filtrační stability*.

Vliv na vznik sufóze má především zrnitost. Náchylnější jsou zeminy s nízkým obsahem střední zrnitostní frakce, což umožňuje transport jemných zrn mezi většími. Další vliv mají pórovitost a ulehlost a tlakový spád proudící vody.

Velmi často dochází k těmto poruchám ve sprašoidních zeminách a v píscích.

Kuřavka je typickým sedimentem jižní Moravy, v němž dochází ke ztekucení. Jedná se o tekoucí písek, který tvoří často horninové prostředí lignitových slojí. K ztekucení dochází i působením otřesu nebo náhlými výkyvy hladiny podzemní vody.

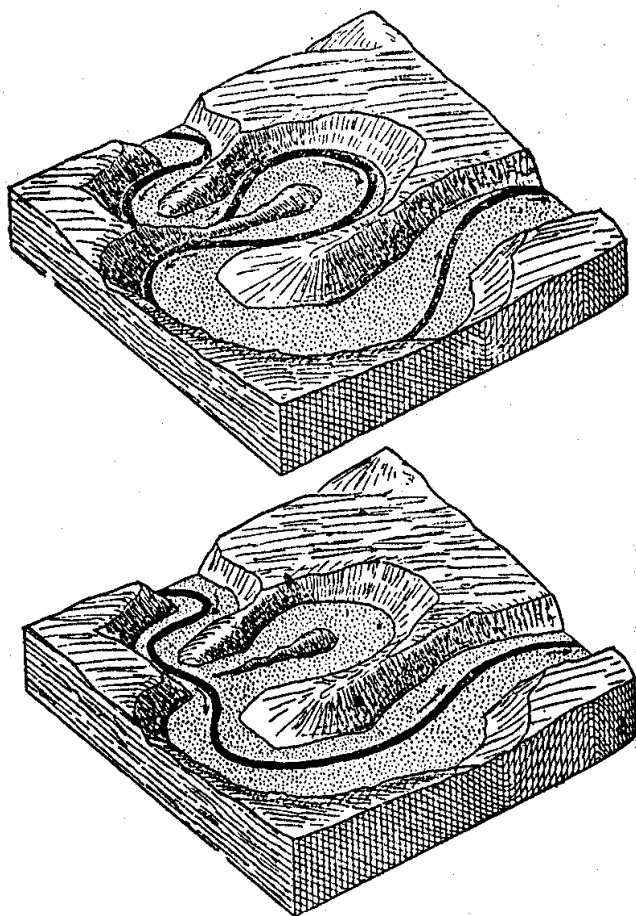
Nejvhodnějším opatřením proti sufózi a vyplavování je u hrází snížení filtrační rychlosti a prodloužení dráhy průsaku vybudováním vodotěsných koberců nebo svislých stěn na návodní straně, a tím snížení vztlaku. Je možno využít též injektáže.

Eroze

Je rušivá činnost vody a ledovce. **Vodní eroze** se projevuje jednak na svazích, jako účinek dešťového ronů, jednak v korytě, jako eroze vlastního toku. Ta může být hloubková a boční. Hloubková eroze působí převážně v horním toku a formuje strmé svahy ve tvaru písmene "V". Boční eroze působí hlavní ve středním a dolním toku a vytvářejí se meandry (obr. 31). Studium erozivní činnosti řeky pomáhá objasnit charakter toku a zvolit správný postup při návrhu jeho regulace. **Ledovcová eroze** se projevuje jak u ledovců kontinentálních, tak i ledovců vysokohorských (obr. 32). Vysokohorský ledovec modeluje údolí ve tvaru písmene "U". Mohou vznikat i visutá údolí a morfologii údolí ovlivňují i ledovcové sedimenty - morény.

Krasové jevy

Představují geodynamický proces, který vede k rozpouštění karbonátových hornin. Intenzita se řídí vlastnostmi vody, chemizmem horninového prostředí a tektonickým vývojem oblasti.



Obr. 31 Vývoj toku meandrující řeky



Obr. 32 Vysokohorský ledovec.

Krasové jevy postihují nejen vápence, ale i krystalické vápence (mramory), napo. jeskyni Na Pomezí na severní Moravě.

Svahové pohyby

Pod pojmem *svahový pohyb* se zpravidla rozumí přemísťování hornin po svahu účinkem zemské tíže za porušení rovnováhy svahu. Ke vzniku svahových pohybu dochází jednak v určitých, příhodných geologických strukturách, jednak z příčiny *permanentních* nebo *epizodických svahových faktorů*.

Faktory svahových

Podle způsobu účinku se faktory dělí na *aktivní*, které zvyšují napětí ve svahu a *pasivní*, které snižují pevnost horninového pohybu prostředí.

Podle povahy, intenzity a průběhu trvání se faktory dělí na:

- **permanentní** - faktory, které působí dlouhodobě
- **epizodické** - faktory, které probíhají jednorázově, rychle a jsou vlastní příčinou pohybu

Jako *trigger* se označuje bezprostřední příčina vyvolaného pohybu.

K permanentním faktorům lze počítat vnitřní a vnější geologické síly, napo. subdukci, vulkanismus, tektoniku, erozi, sufózi a zvětrávání.

Epizodickými faktory bývají převážně geologické síly exogenní (např. stoletý déšť?), z endogenních sil pak nejčastěji zemětřesení. Epizodickým faktorem bývá často právě inženýrská činnost, tzv. antropogenní faktor.

Geologické struktury příznivé pro vznik svahových pohybu

Český masív

- **Česká křída**

Horninové prostředí je budováno dvěma komplexy horizontálně až subhorizontálně uložených sedimentů. Jsou to **komplex křídových křemenných**, tzv. *kvádrových pískovců* (místy i opuk) a **komplex pelitů** - jílovců, slínovců až slínů nebo prachovců, z nichž některé mohou být navíc objemově nestálé.

Je-li komplex pískovců v nadloží komplexu pelitů, probíhá rozpad pískovců na okraji skal podle tahových svislých puklin a dochází k jejich postupnému dělení, vyklápění nebo sklápění jednotlivých ker a konečně odpojení ker od vlastního komplexu. V případě objemových změn v podložních pelitických vrstvách, dojde k zabořování, klouzání a posléze ke vzniku sesuvu rozpadlých hornin. Tento typ svahového pohybu se označuje jako **kerný** nebo-li **blokový** a dochází k němu téměř na všech okrajích křídových pískovců, ležících na

měkkých slínech. Svahové pohyby v dolní části svahu, kde jsou již bloky pískovců rozpadlé, se považují za **plošné** nebo **proudové sesuvy**.

- **Neovulkanity**

Podobný rozpad může nastat i na okraji neovulkanitů Českého středohoří. Horním pevným komplexem jsou neovulkanity, měkkým podložím křídové, výše popsané slíny. Systém pohybu je v podstatě podobný s popsaným pohybem hornin v české křídě.

Západní Karpaty

- **Flyš**

Je nejdůležitější geologickou strukturou, příznivou pro vznik svahových pohybu. Již samotný název (odvozeno jednak z německého slova fließen - téci, jednak podle názvu švýcarské vesničky Flysch, odkud byly popsány v minulém století rozsáhlé sesuvy), nasvědčuje tomu, že se jedná o oblast na sesuvy velmi bohatou.

Geologická stavba - střídání pískovců až slepenců s jílovými břidlicemi až jílovcí, tj. vrstev s proměnlivou propustností a rozdílným pevnostním charakterem, vznik nestability území jen podporuje. Ve flyši se setkáváme s různými projevy nestability a typy svahových pohybu. K nejčastějším však patří **plošné** a **proudové sesuvy**, z nichž první lze sanovat, druhé jen velmi obtížně.

- **Neogenní pánve**

I když se jedná o ploché a rovinaté území, dochází často k porušení stability zářezu a odřezu při budování dopravních liniových staveb. Horninovým prostředím, které způsobuje nestabilitu jsou neogenní slíny spodního badenu, kterým se místně říká "**tégly**". V blízkosti zlomu jsou tzv. **potrhané**, tj. skládají se z pevnějších částic ostrohranných a mezi nimi stlačené lístkovité hmoty. Při hloubení zářezu, zvláště, vnikne-li sem voda, se začnou jednotlivé úlomky pootáčet a dochází k mělkým, ale trvalým sesuvům. Jestliže se jim nevěnuje ihned inženýrská pozornost, mohou se rozšířit až na velké a plošně rozsáhlé sesuvy, s jejichž zabezpečením bývají spojeny velké finanční náklady.

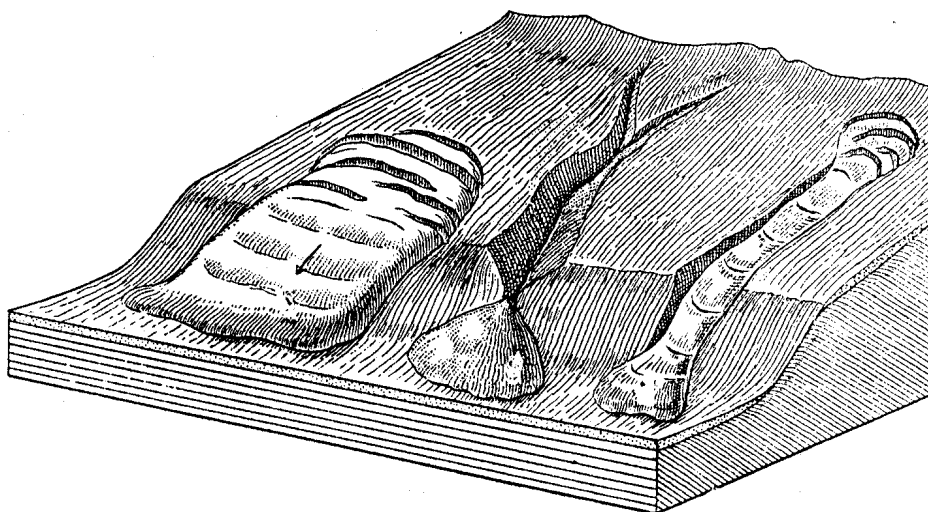
Čtvrtohorní sedimenty

Ve čtvrtohorních pokryvech mohou vznikat sesuvy ve **sprašoidních sedimentech**, zvláště, jsou-li spraše uloženy na nepropustném podložním neogenním jílu. Ale mohou být porušována i **eluvia** v krystaliniku ztekucením nebo účinkem mrazového zvětrávání. Na Českomoravské vrchovině dochází často k **opadávání skal** a ke vzniku rozsáhlých suťových kuželů se sníženou stabilitou.

Typy svahových pohybu

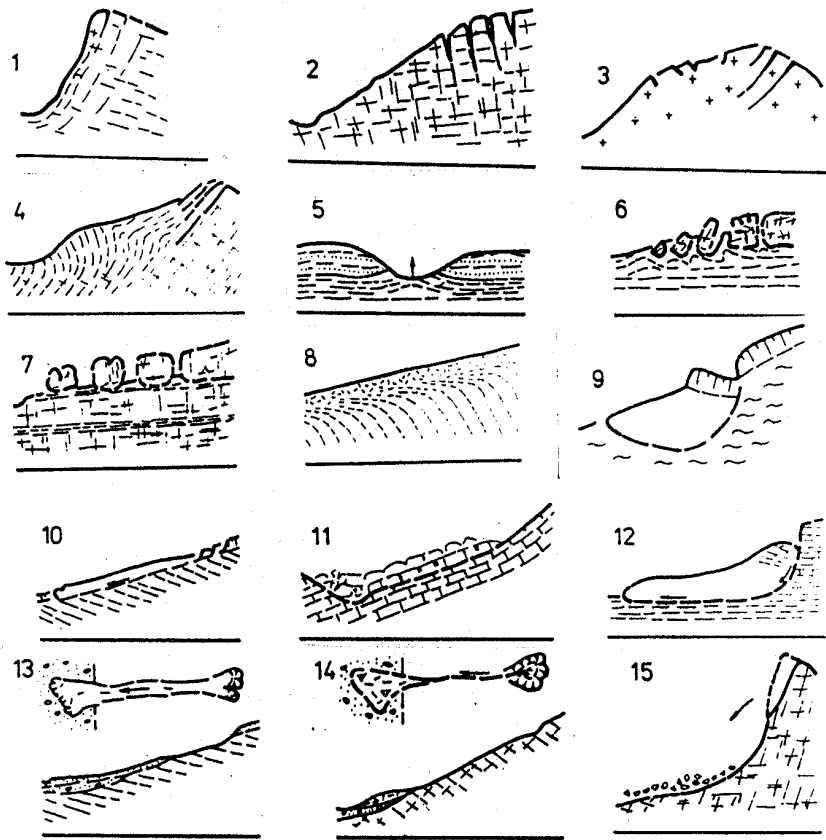
Podle mechanismu a rychlosti se dělí svahové pohyby takto:

- **Plazení** je typem svahového pohybu, který má charakter pomalého tečení tuhé látky. Z geologického časového hlediska jde o dlouhodobý a zpravidla se nezrychlující pohyb horninové hmoty. Rozhraní mezi pohybující se hmotou a jejím nepohyblivým podložím je málo zřetelná. S výjimkou velkých blokových (kerných) polí jsou výsledné morfologické formy tohoto svahového pohybu málo výrazné.
- **Sesouvání** je relativně rychlý krátkodobý klouzavý pohyb horninových hmot po svahu podle jedné nebo více smykových ploch. Výsledkem sesouvání je *sesuv* (obr. 33). V horní části je charakterizován *odlučnou oblastí*, ve střední je tvořen vlastním *splazem* a v dolní části se vytváří výrazné *čelo sesutých hmot*. Při sesouvání může dojít k uplatnění plazení ve spodní části a k stékání nebo říčení na jeho povrchu.
- **Stékání** je rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučné oblasti (deprese) a přemístí se na poměrně velkou vzdálenost. Stékající hmoty jsou odděleny od nepohybujícího se podloží ostrou hranicí. Výslednou formou stékání je *proud*. V končeném stádiu může stékání přejít v plazení. Jako svahový pohyb se tento typ sesuvu označuje tehdy, jestliže podíl vody ve stékající hmotě není větší než podíl horninových úlomků.
- **Říčení** je náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích. Po rozvolnění (zpravidla dlouhodobém) se horninové hmoty volným pádem zřítí za krátkodobé ztráty kontaktu se svým podložím.



Obr. 33 Plošný a proudový sesuv.

Přehled různých typu svahových pohybu je na obr. 34.



Obr. 34 Svahové poruchy. 1, 2, 3 - rozvolňování horských masívu, 4 - gravitační shrnutí, 5 - údolní antiklinála, 6, 7 - kerné deformace, 8 - povrchové plazení, 9 - rotační sesuv, 10, 11 - planární sesuv, 12 - rotační planární sesuv, 13 - zemní proud, 14 - kamenitý proud, 15 - skalní zřícení.

KONTROLNÍ OTÁZKY:

1. Jaký je rozdíl mezi zlomem a puklinou?
2. Jakým způsobem se graficky znázorňují diskontinuity horninových masívu?
3. Jakým způsobem ovlivňují zlomy zakládání staveb?
4. Co je to zvětvávání a denudace?
5. U kterých hornin dochází k sufózi?
6. Co to je eroze?
7. Jak vznikly říční terasy?
8. Které faktory způsobují vznik svahových pohybu?
9. Jaké znáte typy svahových pohybu?
10. Které jsou geologické struktury příznivé pro vznik svahových pohybu?

PODZEMNÍ VODA

Hydrosféra je jedním z vnějších obalů Země. Zahrnuje vodu atmosféry, vodu na zemském povrchu, vodu obsaženou v organizmech i vodu podzemní. Vědní obor, který se zabývá studiem původu, výskytu a vlastností vody se nazývá *hydrologie*.

Ze základních pojmů z hydrologie se uvádějí nejdůležitější:

- *hydrologický rok* - je období 12 měsíců, stanovené tak, aby srážky spadlé v tomto období v něm odtekly (u nás začíná 1. listopadu a končí 31. října následujícího kalendářního roku)
- *hydrologická bilance* - je kvantitativní vyjádření množství vody, které prochází jednotlivými složkami hydrologického cyklu
- *povodí* - je území, které se odvodňuje jedním vodním tokem a jeho přítoky, a může být orografické i geologické
- *hydrogeologie* - je vědní obor, který se zabývá studiem původu, výskytu a vlastností podzemní vody

Původ podzemní vody

Podzemní voda zahrnuje veškerou vodu, která se vyskytuje pod zemským povrchem. Podle původu může být *juvenilní* a *vadózní*.

Juvenilní podzemní voda vystupuje k povrchu z nitra Země. Vyskytuje se např. ve vulkanických oblastech nebo v blízkosti hlubokých zlomových struktur. Tvoří poměrně malou část podzemní vody.

Vadózní podzemní voda vzniká průsakem srážkové vody pod zemský povrch. Část této vody může být po dlouhá geologická období uzavřena mezi nepropustnými vrstvami a tuto podzemní vodu pak označujeme jako *fosilní*.

Některá podzemní voda může být i *organického původu*, např. *naftové vody*. Pro stavební praxi mají význam především podzemní vody vadózní. Podle toho, jak voda prosakuje s povrchu horninovým prostředím, rozlišujeme podle stupně nasycení tato pásma:

- *pásma provzdušnělé*
 - *půdní*
 - *mezilehlé*
 - *pásma kapilární třásně*
- *pásma zvodnělé*

Pásma kapilární třásně je charakteristické vzlínáním vody ze spodního zvodnělého pásma. Voda v pórech vyvozuje sání (má negativní pórový tlak) a nemůže být jímána.

Podle toho, jak je voda vázána a jak se pohybuje rozeznáváme *vodu hygroskopickou, kapilární a gravitační*.

Hygroskopická voda je forma vody, která vzniká v hornině při pohlcování par, jedná se o kategorii vody adsorpční. *Adsorpční voda* je pevně poutána adsorpčními silami povrchu zrn, v kapalném stavu je prakticky nepohyblivá. Vyskytuje se v horninách jen při velmi nízké vlhkosti. *Kapilární voda* je voda,

jejíž pohyb je ovlivňován převážně kapilárními silami. *Gravitační voda* je voda, jejíž pohyb je určován gravitačními silami.

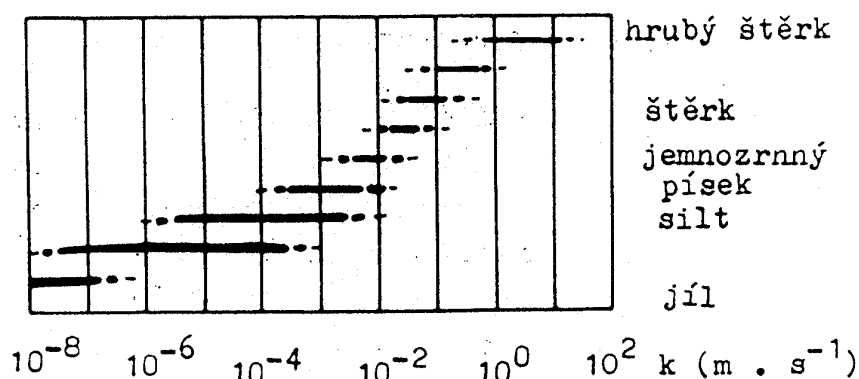
Propustnost horninového prostředí

PROPUSTNOST je schopnost pórovitého prostředí propouštět vodu pod vlivem hydraulického gradientu. Jako **absolutní propustnost** se vyjadřuje **koeficientem propustnosti** (p). Jako **relativní propustnost** se označuje propustnost pro určitou tekutinu při společném proudění směsí o několika fázích (např. voda a plyn). Je-li propustnost vztažena k proudění kapaliny o určitých vlastnostech (podzemní voda), vyjadřuje se pomocí **koeficientu filtrace** (k). V přírodě neexistuje hornina, která by byla absolutně nepropustná. Některé horniny však mají tak malou propustnost, že se považují za nepropustné (např. mastné jíly).

Na vodu v horninovém prostředí působí gravitace, tlak plynů, osmotické napětí jako výsledek vod různého chemizmu, hygroskopické síly na povrchu zrn a kapilární síly v dutinkách. Jestliže tyto síly jsou v rovnováze, voda se nepohybuje. Při nerovnovážném stavu se voda dává do pohybu a začíná na ni působit tření. Pokud voda prostupuje horninovým prostředím stejnoměrně, je propustnost vlastností vody i horniny, pokud však voda prostupuje pouze dutinami, je propustnost vlastností dutin. Propustnost může být různá v různém směru.

Jako **kolektor** označujeme horninové prostředí, jehož propustnost je ve srovnání se sousedící horninou o tolik větší, že gravitační voda se jím může snadněji pohybovat.

Jako **izolátor** označujeme horninové prostředí, jehož propustnost je ve srovnání se sousedící horninou o tolik menší, že se jím za stejných podmínek gravitační voda pohybuje nesnadněji.



Obr. 35 Příklady hodnot koeficientu filtrace pro různé zeminy.

Ukazatelem propustnosti podzemní vody je výše zmíněný koeficient filtrace. Příklady hodnot pro různé zeminy jsou v obr. 35.

Propustnost horninového prostředí se snižuje s obsahem jemné pelitické frakce. Tak např. přidáním 1 % kaolinitu se sníží až o 24 %, přidáním 1 % montmorillonitu až o 80 %. Toho se využívá ve stavební praxi k těsnění propustného horninového prostředí.

Propustnost některých zemin lze stanovit z křivky zrnitosti podle průměru zrn, odpovídajícímu 10 % hmoty vzorku. Příklad je uveden v tabulce 5.

Tab. 5 Koeficient propustnosti podle.

20% zrn velikosti mm (d 20)	koeficient propustnosti 10^{-6}m.s^{-1}	klasifikace	20% zrn velikosti mm (d 20)	koeficient propustnosti 10^{-6}m.s^{-1}	klasifikace
0,005	0,03	jíl	0,18	70	jemný písek
0,01	0,1	jemný silt	0,20	90	
0,02	0,4		0,25	140	
0,03	0,9	hrubý silt	0,30	220	písek střední
0,04	1,7		0,35	320	
0,05	2,8		0,40	450	
0,06	4,5	písek velmi jemný	0,45	600	písek hrubý
0,07	6,5		0,50	750	
0,08	9		0,60	1 100	
0,09	13	jemný písek	0,70	1 600	drobný štěrk
0,10	18		0,80	2 200	
0,12	25		0,90	2 900	
0,14	35		1,00	3 700	
0,16	50		2,00	20 000	

Laboratorně se stanovuje propustnost propustoměrem, ve vrtech lze stanovit propustnost *hydrodynamickými zkouškami*. Patří k nim *čerpací zkoušky*, kdy se měří množství vody čerpané za sekundu a snížení hladiny vody ve vrtu v závislosti na čase.

Podle toho jak podzemní voda prostupuje horninami, rozeznává se *propustnost puklinová, průlinová, propustnost podle dutin a propustnost krasová*.

- **Puklinovou propustnost** mají skalní horniny (vyvěřelé, krystalické břidlice s výjimkou mramoru a některé zpevněné klastické sedimenty a karbonáty).
- **Průlinovou propustnost** mají písčité a štěrkovité zeminy, pískovce, eluvia skalních hornin.
- **Podle dutin** jsou propustné různé karbonáty i skalní horniny s různým stupněm zvětrání.
- **Krasová propustnost** je typická pro rozpustné horniny (vápence, dolomity, mramory).

Některé jílovité a slinité zeminy považujeme za nepropustné izolátory, avšak jsou zpravidla propustné podle vrstevních ploch nebo puklin a proto mohou někdy vést i značné množství vody.

Hladina podzemní vody

Zvodnělé horninové prostředí se označuje jako *zvodněň*. Horní povrch zvodně tvoří *hladinu podzemní vody*.

Podle tlaku na hladině rozeznáváme **hladinu volnou** (tlak je roven tlaku atmosférickému) a **hladinu napjatou** (tlak je vyšší než tlak atmosférický).

Vody s napjatou hladinou se označují v inženýrské praxi jako **vody artéské**. Název je odvozen z názvu hrabství Artois ve Francii, odkud byly takové vody poprvé popsány. Jestliže navrtáme horizont podzemní vody s napjatou hladinou, voda vystupuje k povrchu. Jestliže dosáhne nad povrch, označuje se jako **artéská +**, jestliže vystoupí, ale nedosáhne až na povrch území, jako **artéská -**. Výstupná výška se označuje jako **výška piezometrická**.

Svislá vzdálenost hladiny podzemní vody od povrchu vyjadřuje **hloubku podzemní vody**. Hloubka slabě napjatých hladin se zpravidla ustálí až po určité době. Proto při průzkumu staveniště zaznamenáváme:

- **naražená hladina** hloubku hladiny po navrtání a hloubku po ustálení
- **ustálená hladina** (zpravidla po 24 hodinách).

Prameny

Prameny jsou přirozené vývěry podzemní vody na zemský povrch. Soustředěný výskyt pramenů se označuje jako **prameniště**. Prameny se charakterizují **vydatností**, což je množství vody vyvěrající za jednotku času. Zpravidla se vyjadřuje v litrech za minutu nebo sekundu.

Podle trvalosti se prameny dělí na **permanentní** - trvalé, **občasné** (intermitentní) a **periodické**.

Podle směru pohybu a výstupu na povrch se dělí na prameny **sestupné** a **vzestupné**.

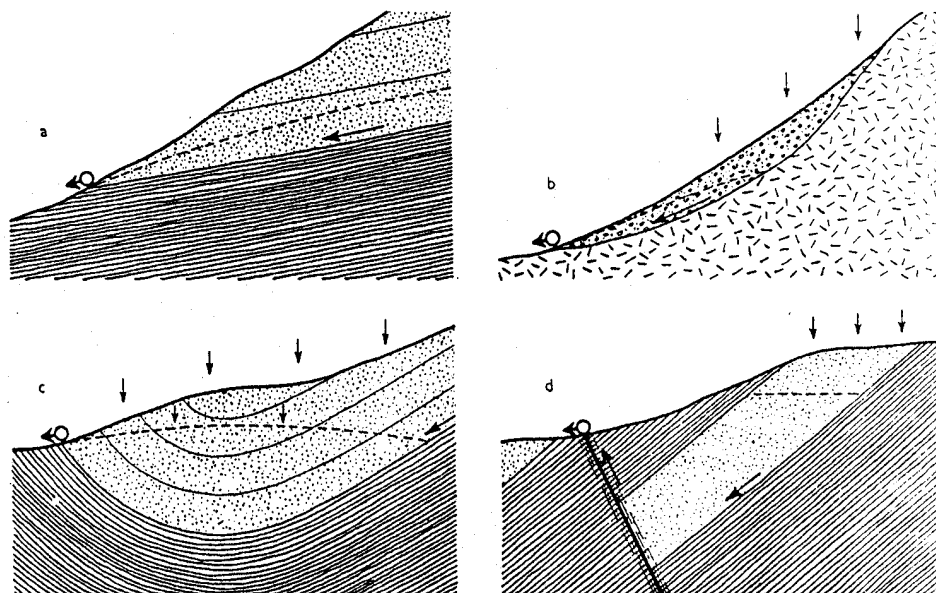
K sestupným pramenům počítáme

- **svahové**
- **suťové**
- **sestupující podle diskontinuit**

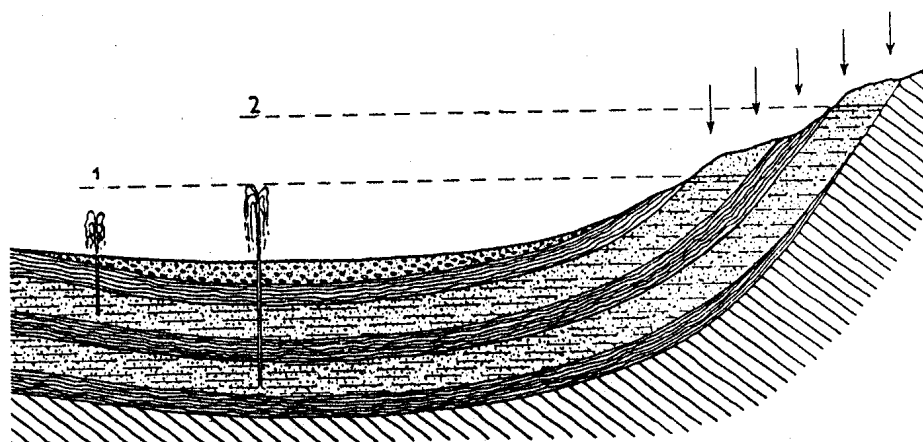
K výstupným pramenům počítáme prameny

- **zlomové**
- **artéské**

V krasových oblastech vznikají prameny **roklinové** a **vyvěračky**, v území synklinál prameny **přetékavé**. Typy pramenů jsou znázorněny na obr. 36 a 37.



Obr. 36 Důležitější typy pramenů: vrstevný - polohy - izolátory. a, suťový - b, přetékavý - c, vzestupný podle zlomu - d. Tečkované polohy - kolektory, šrafované



Obr. 37 Artéská pánev - nepropustné vrstvy jsou hustě šrafované.

Fyzikální a chemické vlastnosti podzemní vody

Patří k nim *teplota, tlak, měrná hmotnost, elektrická vodivost pH, oxidačně-redukční potenciál - Eh, obsah anorganických látek, obsah organických látek, tvrdost.*

Podrobné rozvedení této kapitoly patří do učební látky z hydrogeologie, která se probírá ve 3. ročníku.

Agresivita podzemní vody

Útočnost neboli *agresivita* je jednou z nejdůležitějších vlastností podzemní vody s ohledem na stavební činnost. Může být *síranová, uhličitá* nebo se může jednat o vodu *hladovou*. Rovněž *pH* ovlivňuje agresivitu vody.

Síranovou agresivitu mohou způsobovat různé minerály obsažené v horninách. Patří k nim zejména sírany (sádrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, anhydrit CaSO_4) nebo sulfidy (pyrit FeS_2 , pyrhotin FeS). Síranová agresivita se velmi často vyskytuje v neogenních slínech celé střední Moravy.

Uhličitá agresivita vzniká rozkladem organogenní příměsi v aluviálních sedimentech a dále je častá v oblastech vývěru pramenů minerálních vod, bohatých na CO_2 .

Hladová voda neobsahuje rozpuštěné soli (je v podstatě destilovanou vodou), která vyluhuje soli z okolního horninového i stavebního (např. betonu) prostředí.

Podzemní voda s vysokým i velmi nízkým pH působí agresivně na své okolí.

Podle ČSN 73 1215 "**Klasifikácia agresívnych prostredí**" se rozlišuje prostředí:

- *la - lehce agresivní*
- *ma - středně agresivní*
- *ha - vysoce (silně) agresivní*

Opatření proti podzemní vodě na staveništi

Nejjednodušším způsobem kontroly podzemní vody v základové jámě je snížení její hladiny čerpáním. Ve složitějších případech se provádí injektáž, chemické zpevňování a ochrana stavební jámy štětovými stěnami. U důležitých inženýrských staveb se provádí zmrazování. Volba a vhodnost jednotlivých metod záleží na zrnitosti zemin a stabilitě stěn výkopu.

Kontrolní otázky

1. Jak se dělí podzemní voda podle původu?
2. Jaká může být hladina podzemní vody?
3. Co je to zvodeň?
4. Co je to kolektor a izolátor?
5. Jaká může být propustnost horninového prostředí?
6. Jakou propustnost má krystalinikum?
7. Co je to kapilární třáseň?
8. Co je to voda artéská?
9. Jak hluboko může být hladina podzemní vody v kulmu?
10. Která regionální oblast je zdrojem nejkvalitnější pitné vody?
11. Charakterizujte hydrogeologické podmínky ve flyši.
12. Co způsobuje agresivitu podzemní vody a její typy?
13. Jak se mezinárodně označují stupně agresivity podzemní vody?
14. Jaký je rozdíl mezi naraženou a ustálenou hladinou podzemní vody?

REGIONÁLNÍ GEOLOGIE ČESKÉ REPUBLIKY

Geologická stavba zemské kůry je velmi pestrá. Dlouhodobým studiem se však na mnoha místech podařilo objasnit složitý vývoj území a odvodit určité zákonitosti.

Regionální geologie je vědní obor, který využívá komplexního studia zemské kůry k jejímu členění do určitých územních jednotek, uvnitř kterých má horninové prostředí stejný či podobný vývoj (způsob vzniku a jeho další utváření). Pro každou jednotku je pak charakteristický určitý soubor hornin, stratigrafické zařazení, tektonika, hydrogeologické podmínky a geomorfologie. Výsledkem regionálně geologického výzkumu je **mapa**, rozčleňující určité území do geologických jednotek a **textová dokumentace**, popisující studované území.

Regionální geologie není univerzální geologickou disciplínou, která by byla nadřazena ostatním geologickým oborům, ale shromažďuje a využívá poznatky dílčích oborů jako je mineralogie, petrografie, všeobecná geologie, historická a stratigrafická geologie, paleontologie, geofyzika, geochemie, strukturní geologie, geotektonika ke geologické charakteristice určitého území.

Česká republika patří k zemím, které mají nejlépe prozkoumánu a zdokumentovánu geologickou stavbu svého území. Je to dáno tím, že území našeho státu bylo od nejstarších historických období osídleno národy, které dokázaly využívat nerostného bohatství, a tím shromažďovaly poznatky o jeho geologické stavbě. Keltové již před naším letopočtem těžili v Čechách zlato. Ve středověku byly České země světově proslulé především těžbou stříbra (Jáchymov, Kutná Hora, Jihlava a Příbram) a částečně i zlata (Jeseníky). V novověku pak rozvoj geologie a hornictví pokračoval rozmachem těžby uhlí (Ostravsko, Kladensko, Rosice a Oslavany) a zvláště pak obrovským rozvojem těžby uranových rud (Jáchymov, Příbram, Dolní Rožínka, Česká Lípa).

Geologické jednotky České republiky

Na území České republiky zasahují **dvě základní geologické jednotky**, které jsou nedílnou součástí daleko větších geologických struktur, tvořících základ geologické stavby Evropy. Jsou to:

- **Český masív**
- **Západní Karpaty**

Český masív náleží k té části Evropy, která byla formována kadomskou orogenezí (hlavní fáze před 660-550 mil. let) a výrazně přetvořena variskou orogenezí (hlavní fáze před 400-330 mil. let viz. tab. 1).

Západní Karpaty jsou součástí pásemného pohoří, které vzniklo alpínskou orogenezí (hlavní fáze vrásnění před 65-30 mil. let). V průběhu této poslední orogeneze byla vytvořena nejvyšší pásemná pohoří na naší planetě (Pyreneje, Alpy, Karpaty, Himálaj, Skalisté hory, Andy).

Z uvedeného vyplývá, že obě geologické jednotky prošly zcela odlišným vývojem, a proto se jejich stavba velmi výrazně liší. **Český masív má blokovou stavbu** (území je rozděleno hlubinnými zlomy, tzv. lineamenty na dílčí části -

oblasti). **Západní Karpaty mají stavbu příkrovovou**, kterou lze obrazně přirovnat k "obrovské příbojové vlně" s vrstevnatou stavbou tvořenou sedimenty, v níž jsou zamíchány velké bloky vyvřelých (např. Vysoké Tatry), přeměněných (např. část Nízkých Tater) a sedimentárních hornin (Pavlovské vrchy).

Český masív



Obr. 38 Pozice Českého masívu (silně lemován) v rámci geologických struktur Evropy.

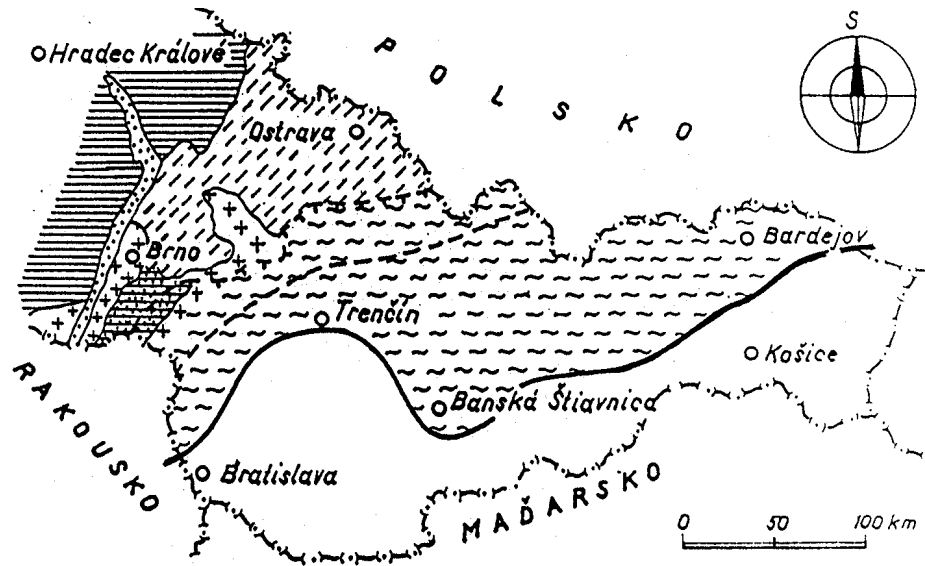
Představuje hrást'ovou strukturu variského orogenu ovlivněnou alpínskou orogenezí. Na severu je Český masív omezen řadou hlubinných zlomů vůči fenosarmatské platformě (stabilní území severní a východní Evropy budované velmi starými horninami). Nejvýraznější zlomovou linií je v této oblasti **oderský lineament**. Na západě pokračuje Český masív hluboce do Německa a noří se pod druhohorní sedimenty. Na jihozápadě je tektonicky omezen systémem franských zlomů. Na jihu se noří pod Alpy a na východě pod Karpaty. Jeho omezení pod oběma pohořími jsou odhadována a jejich přesná pozice není známa (obr. 38, 39).

Bloková stavba Českého masívu je výsledkem zlomové tektoniky kadomského, hercynského a alpínského cyklu. Hlubinné zlomy rozdělující Český masív nemusí být stejně staré a nemají pravděpodobně stejný hlubinný dosah (obr. 40). Význam jednotlivých zlomů se v různých orogenezích lišil. Např. během neoidní (tj. alpínské) fáze měl velký význam podkrušnohorský (litoměřický) zlom, na němž vystoupily k povrchu neovulkanity v severních Čechách.

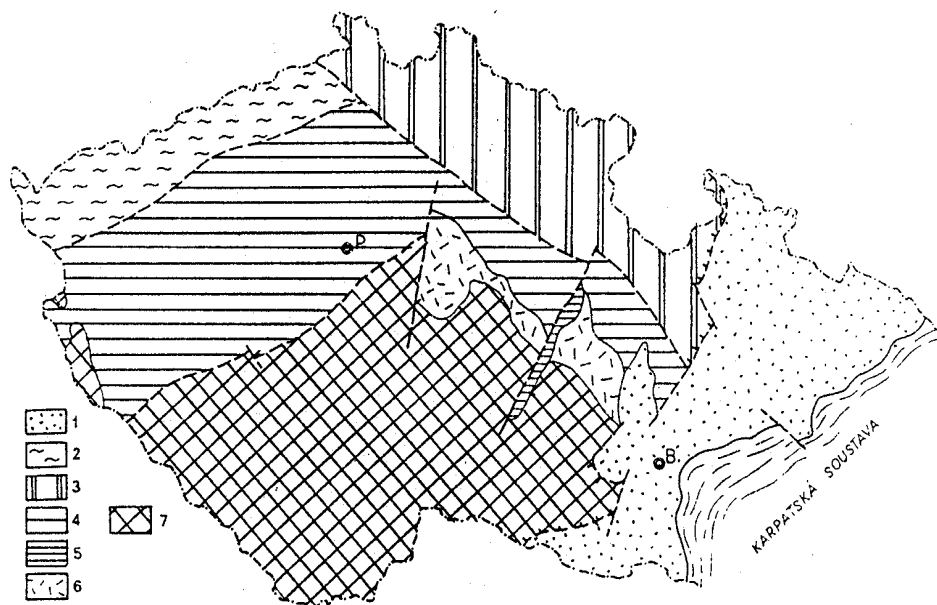
Analýza historicko-geologického vývoje Českého masívu vychází z následujících faktů:

- **nálezů z kamenělin v horninách, u kterých přesně známe jejich stáří**
- **objevení a popsání diskordancí mezi jednotkami**
- **geochronologických dat**

Nejstarší, známé horniny náleží do svrchního proterozoika. Jsou to sedimentární a vulkanické horniny ve středočeské oblasti. Nevyjasněné zůstává stáří metamorfovaných hornin v oblasti moldanubika. Metamorfóza zde zničila fosilie původních sedimentárních hornin. Rovněž radiometrická datování, opírající se o poměr jednotlivých izotopů některých prvků (určení stáří na základě poločasu rozpadu) jsou ovlivněna metamorfními procesy, které jako by "omladily" horniny. Proto se dá předpokládat, že některé původní sedimentární horniny v oblasti dnešního moldanubika mohly být proterozoické či starší.



Obr. 39 Hranice Českého masívu pod Západními Karpatami (silná plná čára).



Obr. 40 Blokovaná stavba Českého masívu. Oblasti: 1 - moravsko-slezská, 2 - krušnohorská, 3 - lugická, 4 - středočeská, 5 - hlinská zóna, 6 - kutnohorská-svratecká, 7 - moldanubická.

V období paleozoika formovaly území Českého masívu dvě orogeneze, někdy také označované jako geotektonické cykly:

- **kadomský**

v podstatě vytvořil původní stavbu Českého masívu, dnes jsou produkty kadomské orogeneze (obr. 41) zachovány v moravsko-slezské (např. brněnský masív) a lužické oblasti (lužický pluton)

- **variský (někdy označovaný jako hercynský)**

výrazně přetvořil především centrum Českého masívu - spojen s metamorfními pochody v celé oblasti a vznikem velkých těles vyvřelých hlubinných hornin, např. centrální masív moldanubika a středočeský pluton (obr. 42).

Poslední orogeneze (alpínská) Český masív jen ovlivnila, ale nepřetvořila. Způsobila tektonické pohyby bloků podél hlubinných zlomů, které se označují jako *saxonská tektonika*.

Vývoj Českého masívu je dělen na dvě etapy:

- **předplatformní**, tzn. do úplného skončení variského geotektonického cyklu (konec prvohor). K předplatformním krystalinickým jednotkám a zvrátněnému paleozoiku se řadí:
 - **moldanubická oblast**
 - **kutnohorsko-svratecká oblast**
 - **středočeská oblast**
 - **krušnohorská oblast**
 - **lužická oblast**
 - **moravsko-slezská oblast**

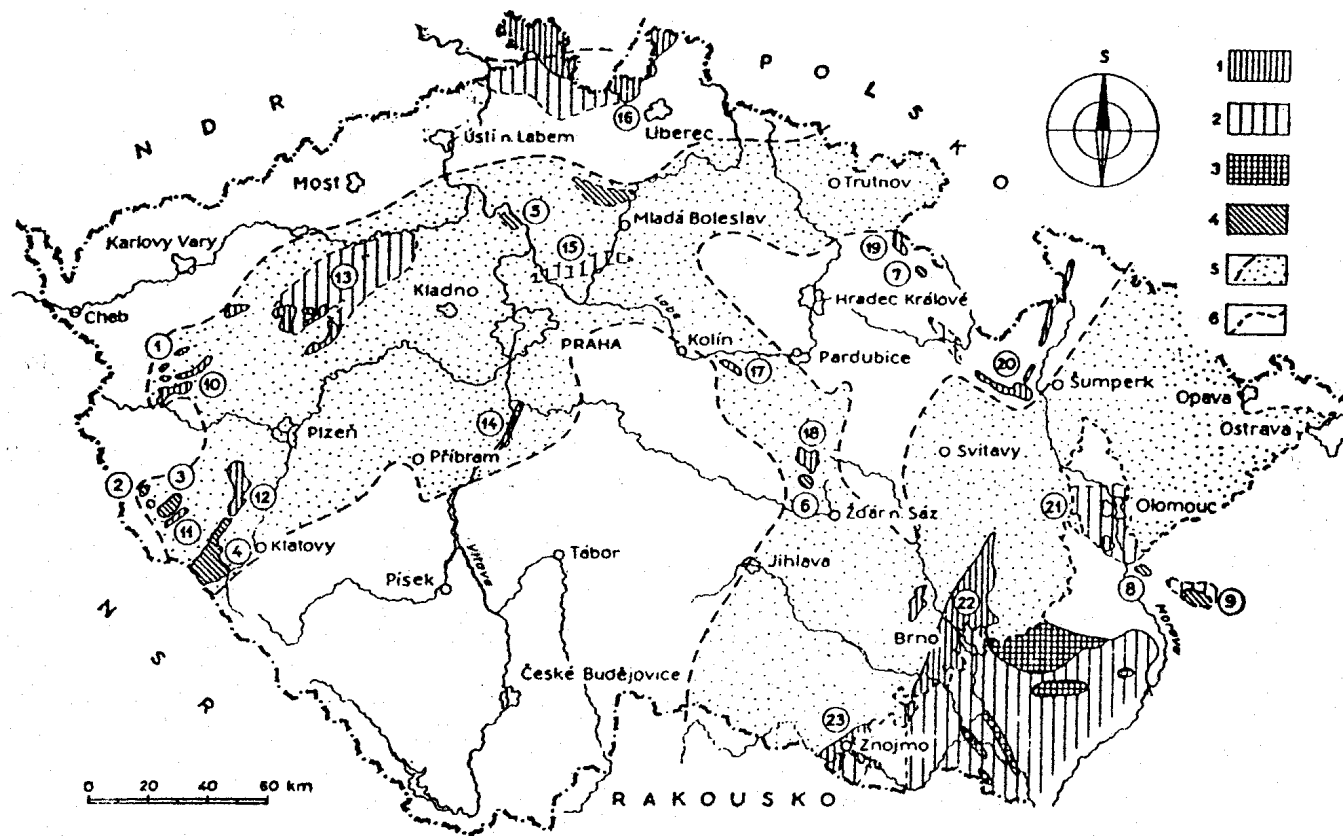
Zvláštní postavení mají **sedimenty limnického permokarbonu**, které tvoří přechod mezi předplatformním a platformním vývojem Českého masívu (v počátcích jejich sedimentace ještě doznávaly poslední pohyby patřící do variského geotektonického cyklu).

- **platformní** - celá oblast je stabilní a postupně ji překrývají pouze další komplexy sedimentárních hornin. K platformním jednotkám patří:
 - **jura**
 - **křída**
 - **terciér**
 - **kvartér**

Předplatformní jednotky

Moldanubická oblast

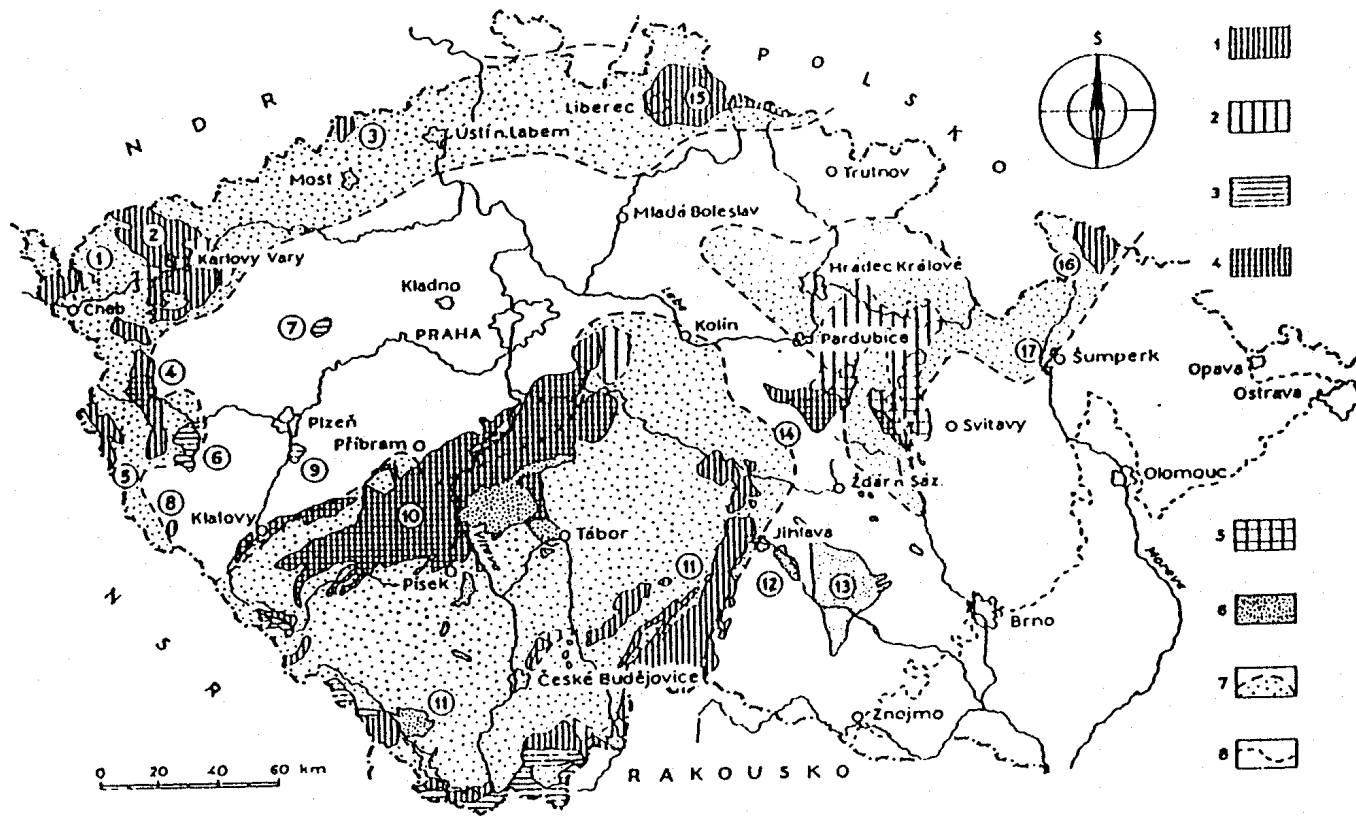
Je jednotkou tvořenou převážně silně metamorfovanými krystalinickými komplexy proniknutými tělesy variských granitoidních hornin.



Vysvětlivky: 1 až 3 - granitoidy 4 - gabra 5 - oblasti s kladnou tíhovou anomálií 6 - hranice karpatské předhlubně

Popis vybraných masívů kadomských magmatitů 1 až 9 - bazická tělesa 4 - kdyňský masív 6 - ranský masív 10 - bazické horniny mariánskolázeňského komplexu 16 - lužický pluton 22 - brněnský masív 23 - dyjský masív

Obr. 41 Kadomské hlubinné magmatity v Českém masívu.

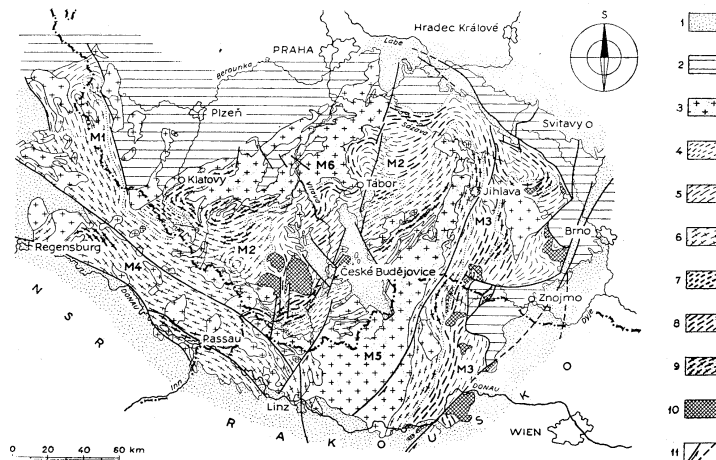


Vysvětlivky: 1 až 3 - granitoidy 4, 5 - dioritoidy 6 - syenity 7 - oblasti se zápornou tíhovou anomálií 8 - okraj karpatské předhlubně

Názvy vybraných těles: 2 - karlovarský pluton 10 - střebožský pluton 11 - centrální masív moldanubika 12 - jihlavský masív 13 - třebečský masív 14 - železnohorský masív 15 - krkonošsko-jizerský pluton 16 - žulovský masív

Obr. 42 Variské hlubinné magmatity v Českém masívu.

Geografické vymezení moldanubika je zřetelně patrné z obr. 43. Styk moldanubické oblasti s okolními jednotkami je převážně tektonický. Vůči středočeské oblasti je moldanubikum omezeno středočeským hlubinným zlomem se směrem JZ-SV (přibližně od Klatov k Říčánům), podél kterého pronikl k povrchu středočeský pluton. Na jihozápadě je moldanubikum omezeno vůči středočeské oblasti západočeským zlomovým pásmem s českým křemenným valem, mariánskolázeňským a tachovským zlomem. Na severu a severovýchodě se moldanubikum stýká s kutnohorsko-svrateckým krystalinikem. V západní části je hranice vedena na styku monotónní skupiny hornin moldanubika s horninami kutnohorského krystalinika. Ve východní části je hranicí zlomové pásmo při jihozápadní straně svrateckého krystalinika. Východní hranicí moldanubika je tzv. moldanubické nasunutí. Podle této plochy je moldanubikum nasunuto na horniny moravika. Jižní hranice moldanubika, která je zároveň hranicí celého Českého masívu omezuje variský orogen vůči alpínskému. Její přesná poloha však není známa, poněvadž horniny moldanubika jsou zde překryty terciárními sedimenty alpské předhlubně.



Obr. 43 Moldanubická oblast. 1 - platformní pokryv, 2 - oblasti: středočeská, kutnohorsko-svratecká, moravsko-slezská, 3 - masívy magmatitů, 4 až 6 - jednotvárná skupina, 7 až 9 - pestrá skupina, 10 - granulity, 11 - nejvýznamnější zlomy, M₁ až M₆ - dílčí jednotky moldanubika.

Moldanubikum se dělí na dílčí jednotky se samostatnými názvy, z nichž na Moravu zasahují *moravské* a *strážecké* moldanubikum, oddělené od sebe trojúhelníkovým *třebíčským masívem*, tvořeným plutonickými bezkřemennými horninami – syenity

- **Metamorfované horniny** moldanubika se dělí do dvou skupin:
- **jednotvárná (monotónní) skupina**
- **pestrá skupina**

Obě skupiny se od sebe liší *charakterem původních sedimentárních hornin*, ze kterých vznikly. Metamorfované horniny jednotvárné skupiny vznikly z hlubokomořských sedimentů, převážně pelitické a psamitické textury, které nebyly petrograficky příliš rozdílné. Metamorfity pestré skupiny vznikly z pestrých sedimentárních a vulkanických hornin, které nasvědčují

mělkovodnímu charakteru původní sedimentace. *Intenzita metamorfózy* u obou skupin byla *velmi vysoká*.

Horniny jednotvárné skupiny jsou především *různé typy pararul*. Biotit-muskovitové, biotitové, sillimanit-biotitové a někdy cordierit-biotitové. V některých oblastech moldanubika jsou pararuly silně migmatizovány.

Pestrá skupina je také *tvořena* hlavně *pararulami*, podobnými s pararulami v jednotvárné skupině, doplněná pestrými *vložkami dalších* typů *metamorfovaných hornin*. Jsou to především metakvarcity, grafitové metakvarcity, grafitové ruly, vápenato-silikátové horniny (erlany a skarny), krystalické vápence (mramory), amfibolity a granulity.

Především na oblasti pestré skupiny jsou vázána také tělesa serpentinitů, eklogitů a ortorul.

Horniny pestré skupiny se v moldanubiku vyskytují ve třech pruzích:

- **západní pruh** - podél jv. okraje středočeského plutonu
- **střední pruh** - od Passau, přes Český Krumlov do oblasti v. od Pelhřimova
- **východní pruh** - je nejširší a táhne se od Krems v Rakousku přes Moravské Budějovice, Žďár n. Sázavou, Havlíčkův Brod do oblasti strážeckého moldanubika

Stratigrafickým zařazením jsou metamorfované horniny moldanubika *prekambrické*.

- **Tělesa hlubinných magmatických hornin** vystoupila k povrchu v rámci variské orogeneze podél hlubinných zlomů.

Jedná se především o:

- **centrální masív moldanubika** (petrograficky méně pestrý, tvořený převážně granitoidy)
- **středočeský pluton** (petrograficky pestřejší, tvořený převážně granitoidy doplněnými menšími tělesy neutrálních a bazických hlubinných vyvěřelých hornin dioritů a gabra).

V obou oblastech je široce rozvinutá kamenická výroba využívající kvalitní horniny, těžitelné i ve velkých blocích (např. žulový monolit na Pražském Hradě).

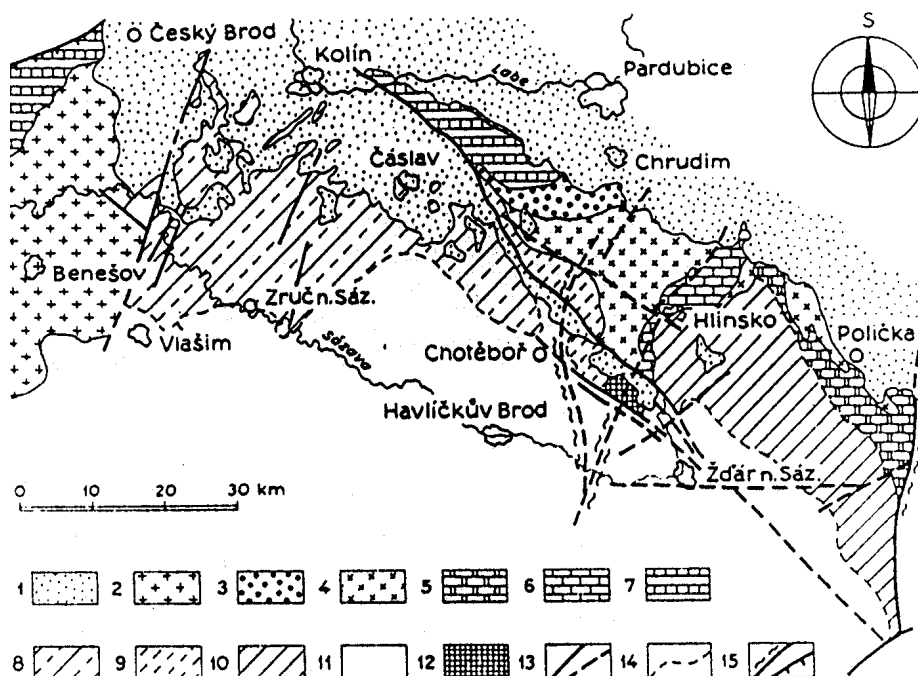
Kutnohorsko-svratecká oblast

Vystupuje v severním lemu moldanubické oblasti od kouřimského zlomu při okraji blanické brázdy a pokračuje k východu až k moravsko-slezskému zlomovému pásmu mezi Tišnovem a Vírem na řece Svatce (obr. 44). Jižní hranice vůči moldanubiku byla zmiňována v popisu moldanubika. Severní omezení vůči středočeské oblasti je litologické (na základě změny hornin).

Ruly kutnohorského krystalinika se liší od rul tzv. podhořanského krystalinika, které je součástí střeďočeské oblasti.

Metamorfóza hornin kutnohorsko-svrateckého krystalinika je o něco nižší, než u hornin moldanubika, ale i tyto horniny patří do oblasti vysoké metamorfózy.

Kutnohorsko-svratecké krystalinikum je petrograficky pestré. Jedná se především o dvojslídne ruly a svory, metakvarcidity, grafitické horniny, amfibolity, erlany, červené ortoruly, migmatity a eklogity. Vzácně se vyskytují mramory (např. u Nedvědic).



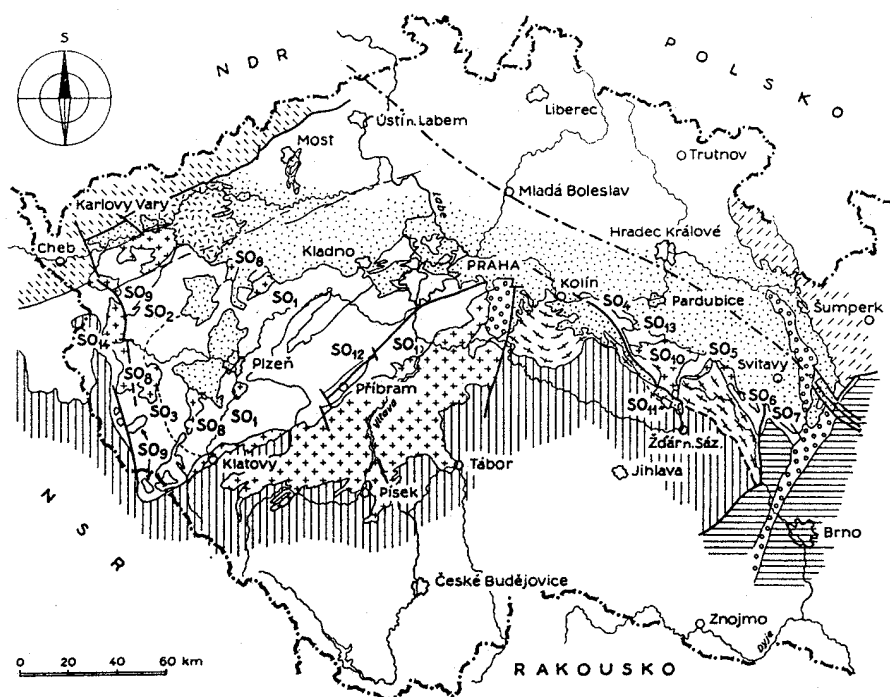
Obr. 44 Kutnohorsko-svratecká oblast: 1 - sedimenty permského a křídového stáří, 2 - magmatity střeďočeského plutonu a metamorfované horniny, 4 - magmatity železnohorského plutonu, 3, 5, 6, 7 - jednotky střeďočeské oblasti: 3 - chrudimské paleozoikum, 5 - poličské krystalinikum, 6 - hlinská zóna, 7 - podhořanské krystalinikum, 8 - kutnohorské krystalinikum, 9 - ohebské krystalinikum, 10 - svratecké krystalinikum, 11 - moldanubická oblast, 12 - ranský masív, 13 - důležité zlomy, 14 - hranice jednotek, 15 - mylonitové zóny.

Výraznými zlomovými poruchami v kutnohorsko-svrateckém krystaliniku jsou hlinská zóna, která odděluje kutnohorské krystalinikum od svrateckého a křídelský a vírský zlom ve svrateckém krystaliniku. Kromě těchto nejvýraznějších poruch se v oblasti vyskytuje řada dílčích zlomů a mylonitových zón (obvykle s jílovou výplní), které značně oslabují horninové masívy. Oslabené zóny jsou také vázány na svory. Tektonické porušení horninových masívů v této oblasti může výrazně komplikovat výstavbu podzemních děl.

Středočeská oblast

Do středočeské oblasti (obr. 45), nacházející se mezi oblastí moldanubickou, kutnohorsko-svrateckou, krušnohorskou, lugickou a moravsko-slezskou, se řadí jednotky svrchního proterozoika s diskordantně uloženým spodním paleozoikem, které mají podobný litologický vývoj a stratigrafii. Vymezení vůči oblasti moldanubické a kutnohorsko-svratecké bylo zmiňováno dříve. Od oblasti krušnohorské je středočeská oblast oddělena významným podkrušnohorským (litoměřickým) zlomem. Od oblasti lugické je oddělena labským lineamentem. Východní hranice vůči moravsko-slezské oblasti je skryta pod permokarbonskými sedimenty.

Geologická stavba středočeské oblasti je dosti složitá. Tvoří ji řada dílčích krystalinických jednotek budovaných metamorfovanými a magmatickými horninami a jednotky sedimentárních hornin prostoupené horninami vulkanickými.



Obr. 45 Středočeská oblast: SO₁ - barrandienské proterozoikum, SO₂ - tepelské krystalinikum, SO₃ - domažlické krystalinikum, SO₄ - podhořanské krystalinikum, SO₅ - hlinská zóna, SO₆ - poličské krystalinikum, SO₇ - letovické krystalinikum, SO₈ - západočeský pluton, SO₉ - západočeské bazické magmatity, SO₁₀ - železnohorský pluton, SO₁₁ - ranský masív, SO₁₂ - barrandienské paleozoikum, SO₁₃ - chrudimské paleozoikum, SO₁₄ - tachovské krystalinikum.

Patří sem:

- **Barrandien**

Území budované komplexem sedimentárních hornin a paleovulkanitů. V zásadě se dělí na dvě části:

- *Svrchnoproterozoickou*, budovanou *klastickými sedimenty* a *silicity* (převažují droby, prachovce, jílovce, slepence, buližníky), prostoupenými pestrými vulkanity bazaltového až ryolitového složení.
 - *Paleozoickou*, která ve spodní části obsahuje klastické sedimenty a silicity. Ve svrchní části jsou uloženy *karbonátové sedimenty* - převažují různé typy vápenců (Koněpruské jeskyně). Vulkanity v paleozoiku jsou ryolitového, andezitového, až čedičového složení.
- **krystalinické jednotky** (budované metamorfovanými a magmatickými horninami)

Na Moravu zasahují *poličské a letovické krystalinikum*, která mají velmi podobné horninové složení. Jsou tvořena komplexy rul, krystalických vápenců, amfibolitů, granulitů a nemetamorfovaných až metamorfovaných neutrálních, bazických a ultrabazických magmatických hornin.

- **drobná tělesa granitoidů** v západních Čechách (vyjma karlovarského plutonu)
- **západočeské bazické magmatity**

Do této dílčí jednotky řadíme tělesa bazických magmatických hornin, která byla z větší části regionálně metamorfována na amfibolity až eklogity. Součástí jsou také serpentinity a nemetamorfované neutrální až bazické hlubinné magmatity - diority a gabra. Nejvýznamnějšími tělesy jsou:

- *mariánskolázeňský komplex*
- *kdyňský masív*

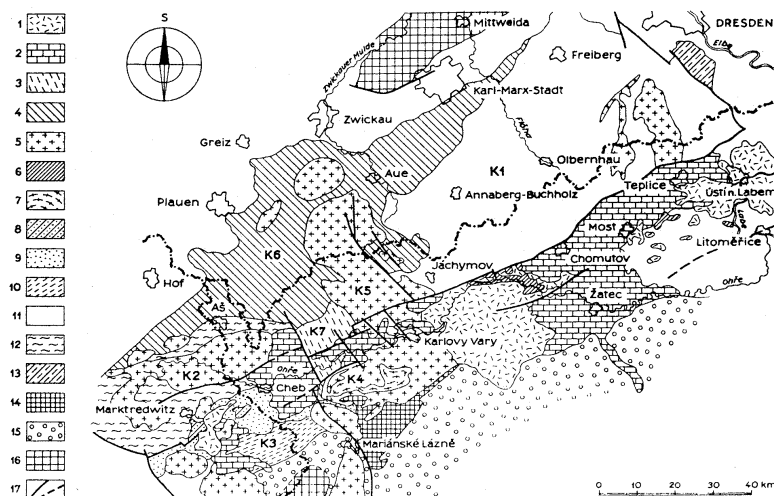
- **železnohorský pluton**

Je tvořen převážně granodiority a diority, méně hojně jsou granity. V této oblasti je založena řada lomů, v nichž se těží všechny granitoidy. Kameníci je však tradičně označují jako žulu. Zpracovávají se především na hrubé kamenické výrobky.

Krušnohorská oblast

Zahrnuje geograficky region Krušných hor a přilehlých oblastí. Vůči jednotce střeodočeské je na jihovýchodě omezena podkrušnohorským zlomem. Na severovýchodě je od oblasti luhické oddělena rovněž tektonicky, tzv. středosaským nasunutím. Na severo- a jihozápad přechází krušnohorská oblast do Německa (obr. 46).

Krušnohorská oblast má složitou geologickou stavbu a dělí se na řadu dílčích jednotek. Horniny zastoupené v této oblasti jsou velmi pestré. V centru oblasti (samotné Krušné hory) převládají silně *metamorfované horniny*. Převážně různé typy rul a migmatitů. V okrajových jednotkách se nacházejí i horniny slaběji metamorfované, jako jsou svory či fylity. Krystalinické jednotky krušnohorské oblasti prostupují také *tělesa magmatických hornin*.



Obr. 46 Krušnohorská oblast: K₁ - krušnohorské krystalinikum, K₂ - smřčinské krystalinikum, K₃ - chebsko-dyleňské krystalinikum, K₄ - slavkovské krystalinikum, K₅ - krušnohorský pluton, K₆ - vogtlandsko-saské paleozoikum, K₇ - svatavské krystalinikum.

K nim patří:

- **teplícký paleoryolitový komplex**

Vystupuje mezi Teplicemi, Krupkou a Cínovcem. Jde o složitý komplex výlečných a žilných hornin, kombinovaných i s vulkanoklastickými horninami ryolitového složení. Teplícký křemenný porfyr byl odedávna používán v Teplicích a okolí jako vhodný stavební kámen. Typická je pro něho porfyrická textura a nejčastěji nezaměnitelná hnědo-červená barva.

Zvláštní postavení má největší těleso granitoidních hornin v oblasti:

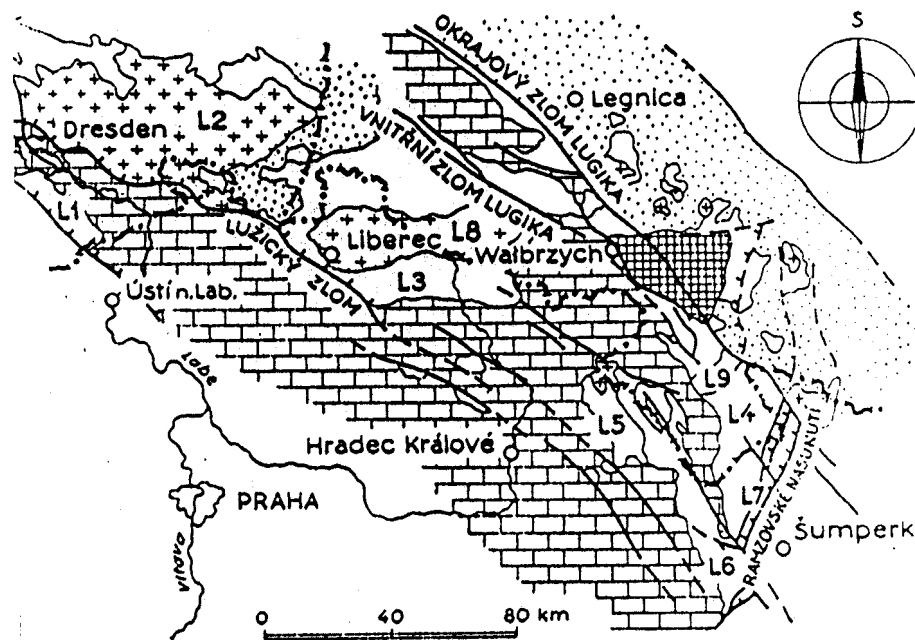
- **karlovarský pluton**

Vyskytují se zde dva druhy granitoidů, odlišných navzájem svým stářím. Starší jsou biotitové granity a granodiority. Mladší jsou granity postižené následnou albitizací a vznikem specifického typu mineralizace. Značný význam mají i nejmladší přeměny granitoidů (přeměna draselných živců na kaolinit), vedoucí ke vzniku některých kaolínových ložisek.

Lugická oblast

Od krušnohorské oblasti je lugická oblast oddělena (jak bylo zmíněno výše) tektonicky, povrchově dobře zjištěným, tzv. středosaským nasunutím, které je pokračováním labského lineamentu. Jižní hranice se středočeskou oblastí je skryta pod platformními sedimenty české křídové tabule. Je rovněž tektonická a tvoří ji výrazné zlomové pásmo, označované jako labský lineament. Východní hranicí lugické oblasti je **ramzovské a nýznerovské nasunutí**, což jsou výrazné tektonické linie omezující lugickou oblast vůči moravsko-slezské oblasti. Severní hranice oblasti probíhá na území Polska a je překryta mocnými

vrstvami sedimentárních hornin. Je však pravděpodobné, že lugická oblast pokračuje v podloží sedimentů až k oderskému lineamentu (obr. 47)



Obr. 47 Lugická oblast: L₁ - Labské břidličné pohoří, L₂ - lužický pluton, L₃ - krkonošsko-jizerské krystalinikum, L₄ - orlicko-kladské krystalinikum, L₅ - novoměstské krystalinikum, L₆ - zábřežské krystalinikum, L₇ - staroměstské krystalinikum, L₈ - krkonošsko-jizerský pluton, L₉ - kladsko-zlatostocký masív.

V západní části lugické oblasti při styku s krušnohorskou oblastí vystupuje

- **Labské břidličné pohoří**, tvořené převážně sedimentárními a metamorfovanými horninami. Hlavními petrografickými typy jsou fylity a svory, jílové břidlice, arkóзовé pískovce a droby. Celý komplex prorážejí mladší, drobná, tělesa granitoidů.

- **lužický pluton**

Nachází se v sz. části lugické oblasti. Je to velké granitoidní těleso kadomského stáří (časově ekvivalent brněnského masívu).

Hlavním horninovým typem je *granodiorit*. Významné postavení má také rumburská *žula*. Pluton je prostoupen množstvím různých typů žilných hornin.

Lugická oblast na východ od lužického plutonu je tvořena řadou dílčích jednotek - *krystalinik*, v nichž jsou zastoupeny především různé typy metamorfovaných hornin a magmatitů. Jsou to:

- **Krkonošsko-jizerské krystalinikum**, kde hlavními horninovými typy jsou *ortoruly*, *svory* a *fylity*. V rámci variské orogeneze proniklo do těchto hornin velké těleso granitoidů:

- **krkonošsko-jizerský pluton**

Je tvořen převážně biotitovým **granitem** s velkými (růžovými) vyrostlicemi draselného živce.

Jak žuly krkonošsko-jizerského plutonu, tak i fylity jsou v této oblasti těženy a zpracovávány na **stavební a dekorační kámen**. Žuly jsou charakteristické svými růžovými živci a používají se běžně jako leštěný obkladový materiál. Rovněž jako obrubníky.

Fylity mají typickou šedo zelenou barvu způsobenou chloritem a používají se štípané na malé destičky jako vnější či vnitřní obkladový materiál.

- **Orlicko-kladské krystalinikum** zasahuje na Moravu. Vyskytují se zde ruly, migmatity a svory. Horninová pestrost je zvýrazněna přítomností poloh mramorů, metakvarcitů, grafitických hornin a různých metabazitů, eklogitů a granulitů.

Některé typy rul jsou velmi zajímavé svou texturou a mohly by být využity jako dekorační kámen.

- **Novoměstské krystalinikum** je tvořeno hlavně různými druhy fylitů a metamorfovanými bazickými magmatity. Horninovou skladbu doplňují hlubinné magmatické horniny. Granitoidy jsou zastoupeny v několika masívech, které prorážejí metamorfované horniny. Ojedinelé jsou v oblasti orlických hor intruze gaber.
- **Zábřežské krystalinikum** je tvořeno amfibolity a křemennými diority spolu se svory, rulami a místy migmatity.
- **Staroměstské krystalinikum** je nejvýchodnější jednotkou lužické oblasti. Východním okrajem se stýká se silesikem, které již náleží moravskoslezské oblasti. Hlavními horninami jsou ruly s vložkami krystalických vápenců, erlanů, metakvarcitů a grafitových břidlic. Dále jsou zde hojně zastoupeny amfibolity.

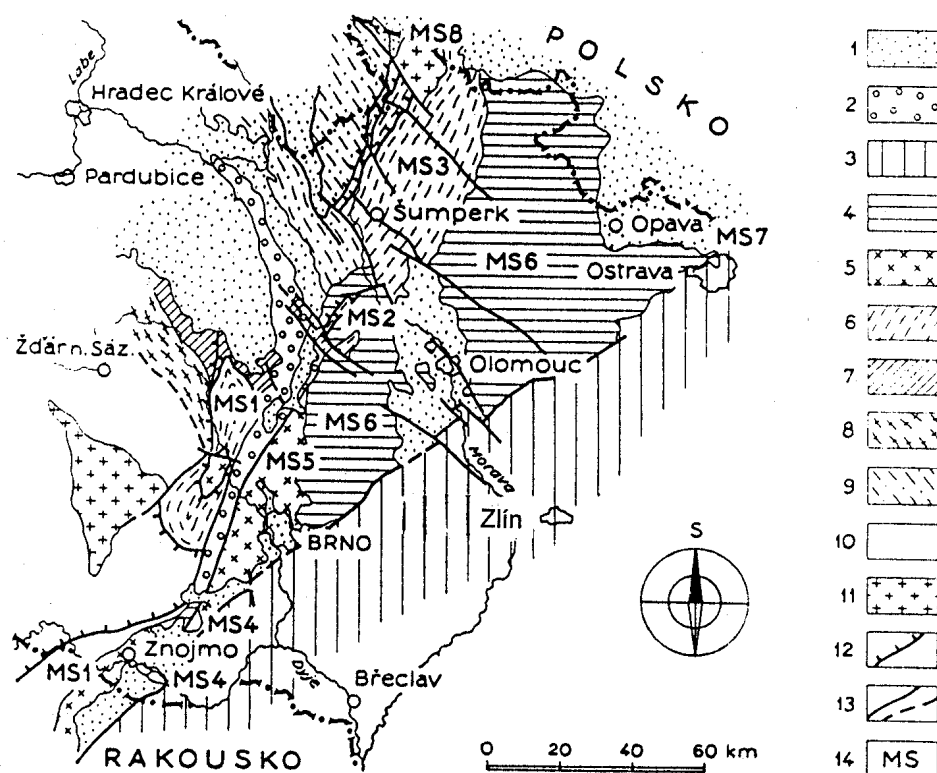
Moravsko-slezská oblast

Její vymezení je poněkud složitější, než u jiných oblastí (obr. 48). Jedinou prokazatelnou hranicí je **moravské zlomové pásmo**, které tvoří **západní okraj** moravsko-slezské oblasti a odděluje ji (od jihu k severu) od oblastí: moldanubické, kutnohorsko-svratecké, středočeské a lužické. Severní hranice je kryta mladšími sedimentárními horninami. Východní a jižní hranice jsou překryty flyšovými příkrovy a předhlubní alpsko-karpatského orogenu. Na povrchu je hranicí styk jednotek moravsko-slezské oblasti s neogenními horninami karpatské předhlubně.

Moravsko-slezská oblast se dělí na dílčí jednotky:

- **moravikum**
- **silesikum**
- **brunovistulikum**

- moravsko-slezský devon
- moravsko-slezský kulm (spodní karbon)
- moravsko-slezský svrchní karbon



Obr. 48 Moravsko-slezská oblast: 1 - platformní formace a neogén karpatské předhlubně, 2 - permokarbon, 3 - okraj karpatské předhlubně, 4 - moravsko-slezský devon a karbon, 5 - brněnský masív, 6 - krystalinikum silesika, 7 - středočeská oblast, 8 - kutnohorská-svratecká oblast, 9 - lugická oblast, 10 - moldanubická oblast, 11 - granitoidy, 12 - přesmyky, nasunutí, 13 - zlomy, 14 - označení jednotek: MS₁ - moravikum, MS₂ - svinovsko-vranovské krystalinikum, MS₃ - silesikum, MS₄ - krystalinikum miroslavské hráště a krhovické krystalinikum, MS₅ - brněnský masív, MS₆ - moravsko-slezský devon a spodní karbon (kulm), MS₇ - moravsko-slezský svrchní karbon, MS₈ - granitoidy silesika.

○ Moravikum

Je jednotka protažená severojižním směrem přiléhající z východu k moldanubiku a vклиňující se mezi svratecké a letovické krystalinikum. Na východě je omezeno permokarbonskými a neogenními sedimenty. Na jihu pokračuje na rakouském území. Moravikum je složeno ze dvou částí: na jihu je to *dyjská klenba*, na severu *klenba svratecká*. Moravikum je tvořeno hlavně různými druhy metamorfovaných hornin - fylity, svory, rulami, které místy přecházejí až do migmatitů. V jádrech obou klenb pak vystupují granitoidní horniny kadomského stáří - *dyjský masív* (v dyjské klenbě) a *tíšnovské brunidy* (ve svratecké klenbě).

○ Silesikum

Na západě je omezeno tektonicky vůči lužické oblasti. Na jihu je ukončeno soustavou nectavských zlomů v Hornomoravském úvalu. Na východě je hranice shodná s geografickou hranicí mezi Hrubým a Nízkým Jeseníkem. Na severu pokračuje silesikum do Polska v podloží terciérních a kvartérních sedimentů. Celá oblast silesika byla velmi silně deformována a regionálně metamorfována v období variské orogeneze. Nejvíce zastoupeny jsou **ruly**, místy až migmatity a **svory** spolu s erlany, **amfibolity** (jesenický a sobotínský amfibolitový masív), **metakvarcity**, **krystalické vápence** a grafitové horniny. Metamorfované horniny byly v rámci variské orogeneze proniknuty **granitoidními masívy (žulovský masív)**.

○ Brunovistulikum

Je to velká krystalinická jednotka tvořená převážně hlubinnými magmatickými horninami a částečně metamorfity, která se nachází v podloží téměř celé Moravy a Slezska. Z větší části je zakryta sedimentárními horninami. Na východ se brunovistulikum noří pod karpatské příkrovy a jeho východní okraj není znám. Na povrch vystupuje jako brněnský masív a drobná tělesa granitoidů v okolí Olomouce.

§ *brněnský masív*

Je severojižním směrem protažené, trojúhelníkovité těleso (obr. 49). Hlavním horninovým typem je **granodiorit**. Masív je rozdělen úzkou zónou metamorfovaných bazických hornin (metabazitů) severojižního směru na západní a východní část.

Horniny brněnského masívu jsou tektonicky porušeny, a proto se nedají těžít ve velkých blocích. Využívají se pouze k výrobě drceného kameniva. K největším, v současnosti provozovaným, lomům patří lomy v Želešicích (těží se amfibolit) a Dolních Kounicích (granodiorit).

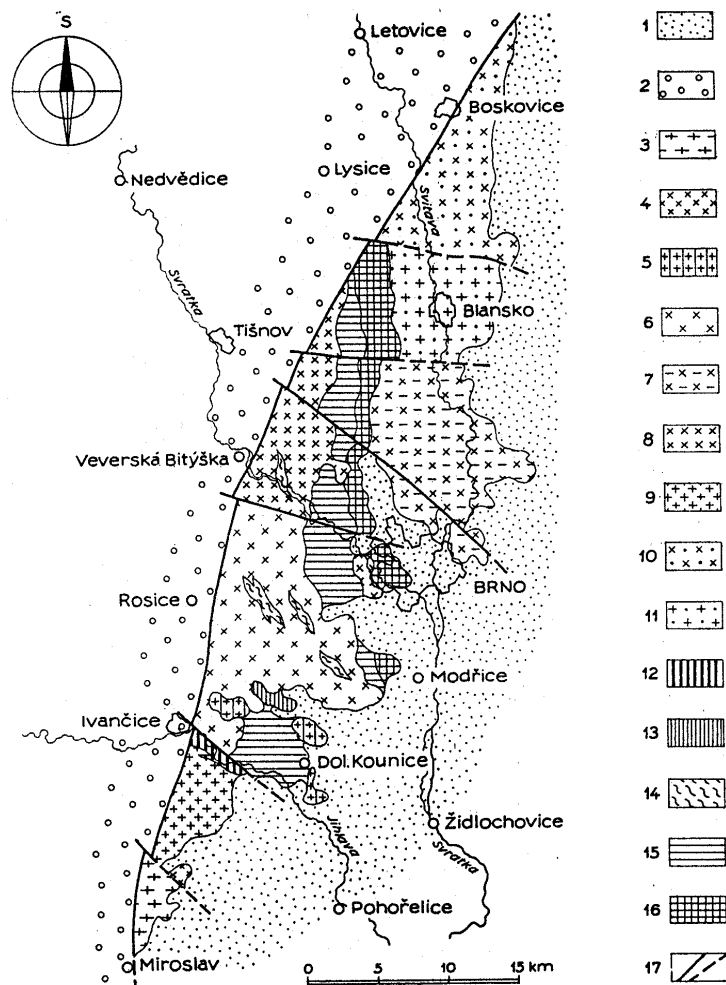
○ Moravsko-slezský devon

Na povrch vychází ve dvou hlavních oblastech:

§ *Moravský kras*

§ *hranický devon*

Devonská sedimentace začíná usazením tzv. bazálních klastik (hematitem zbarvené slepence a pískovce). V jejich nadloží sedimentovaly na Moravě především vápence. Původní rozsah devonské sedimentace lze těžko odhadnout. V současnosti jsou devonské horniny většinou překryty mladšími karbonskými sedimenty. Devonský sled hornin je postižen variskou orogenezí a provrásněn.



Obr. 49 Brněnský masív a přilehlé jednotky: 1 - neogén karpatské předhlubně, 2 - permokarbon boskovické brázd, 3 až 13 - různé typy granitoidů brněnského masívu, 14 - metamorfity, 15 a 16 - metabazitová zóna, 17 - zlomy.

Pro krasová území budovaná vápenci je z hydrogeologického hlediska charakteristická propustnost podle dutin až krasová, vedoucí ke vzniku jeskyní. U konsolidovaných a morfologicky starých krasových oblastí krasovatění postupuje do hloubky a soustřeďuje se na bázi odvodnění nebo se zastavuje na styku s nerozpustným podložím. Vytváří se spojitý podzemní systém dutin jako nádrž podzemní vody. Vodní toky mohou také protékat podzemními prostory (např. Punkva v Moravském krasu).

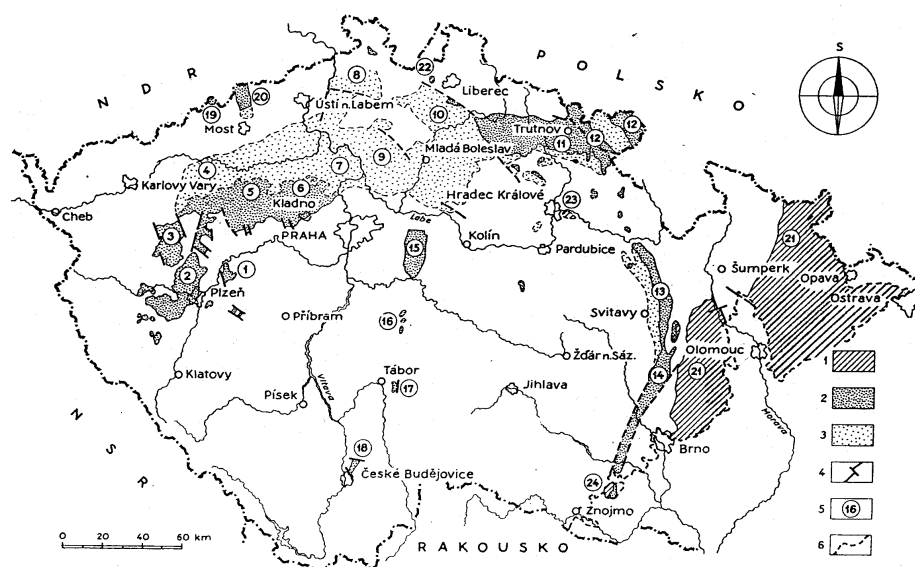
Devonské vápence se využívají jako základní surovina pro výrobu vápna a cementu. V minulosti byly devonské vápence používány také jako stavební a dekorační kámen. V současné době se pro tyto účely již netěží.

○ Moravsko-slezský spodní karbon (kulm)

Kulmské sedimenty vytvářejí na Moravě velké trojúhelníkovité těleso s rohy v okolí měst Brno, Ostrava a Krnov (obr. 50). Kulm se dělí na dvě oblasti:

§ *kulm Dražanské vrchoviny*
 § *kulm Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů (slezský)*

Petrograficky je kulm tvořen komplexem klastických sedimentárních hornin. V oblasti Dražanské vrchoviny jsou zastoupeny především *droby* a *slepence*. V oblasti Nížkého Jeseníku převažují černé *jílové břidlice*. Komplex spodnokarbonských sedimentů je rovněž variskou orogenezí provrásněn a porušen zlomy.



Obr. 50 Spodní karbon (kulm) a limnický permokarbon ve výchozové části Českého masívu a názvosloví pánví: 1 - spodní karbon (kulm), 2 - limnický permokarbon na povrchu, 3 - limnický permokarbon pod mladšími sedimenty, 4 - zlomy, 5 - číslice označující názvy pánví, 6 - omezení výchozové části Českého masívu na Moravě, 1 až 20 - limnický permokarbon a jeho oblasti: 1 až 9 - střeodočeská oblast s pánvemi, 10 až 12 - oblast lugika s pánvemi, 13 až 18 - oblast brázdy (14 - boskovická brázda), 15 až 18 - relikt výplně blanické brázdy, 19 až 20 - krušnohorská oblast, 21 až 24 - spodní karbon - kulm (21 - kulm Nížkého Jeseníku a kulm Dražanské vrchoviny).

Hydrogeologicky je oblast poměrně suchá. Propustnost je puklinová i průlinová a hladina podzemní vody leží často hlouběji než 30 m.

Kulmské horniny poskytují většinou spolehlivé základové půdy. Problémy mohou nastat pouze na svazích, budovaných tenké vrstevnatými a tektonicky porušenými jílovými břidlicemi. Droby se intenzívně těží a používají jako lomový kámen nebo drcené kamenivo na celé střední a severní Moravě.

○ **Svrchní karbon v moravsko-slezské oblasti**

Sedimentace pokračovala bez přerušení do svrchního karbonu na severní Moravě a ve Slezsku v tzv. hornoslezské pánvi. Větší část uhlonosných sedimentů svrchního karbonu je však na polském území. K nám zasahuje pouze jz. cíp pánve na Ostravsko a Karvinsko (asi 1600 km²). Téměř celý komplex sedimentů svrchního karbonu je zakryt neogenními sedimenty

karpatské předhlubně a flyšových příkrovů Západních Karpat. Výchozy jsou pouze ojedinělé.

V komplexu sedimentárních hornin je charakteristické cyklické uspořádání: slepenec - pískovec - aleuropelit - kořenová půda - uhelná sloj - aleuropelit. Takové souvrství se v celém horninovém sledu mnohokrát opakuje. Celková mocnost sedimentů svrchního karbonu je 3800 m. Sedimentární souvrství je zvrásněno a zlomově porušeno, což přináší komplikace při těžbě uhlí. Svrchní karbon nevychází téměř na povrch, a proto není využíván jako základová půda. Tektonická stavba, ale zvláště poddolování území může způsobit deformace na povrchu terénu, zvláště v okolí Karviné.

Limnický permokarbon

V období dozívání variské orogeneze vznikly mocné komplexy permokarbonských sedimentů. Permo-karbonské se označují z důvodu plynulého přechodu karbonské sedimentace do permské (u kontinentálních pánví) a jejich obtížného odlišování.

Permokarbonské sedimenty se nacházejí v oblasti středočeské, lugické, krušnohorské a v tzv. brázdách (hlubokých tektonických údolích, která se vytvořila v závěru orogeneze na významných zlomech směru SSV-JJZ a vyplnila se snosovými sedimenty). Přehledná mapka je na obr. 50.

Převládajícími typy hornin jsou klastické sedimenty (od psefitů po pelity), doplněné vulkanickými horninami a vulkanoklastiky. Jednou z typických barev, díky které se zvláště permské sedimenty dobře poznávají, je červenohnědá. V mocných souvrstvích sedimentů se nacházejí také sloje uhlí, které se těžilo (Kladno, Plzeň, Rosice, Oslavany).

Permokarbonské brázdy lze označit za příkopové propadliny. Na Moravu zasahuje tzv. ***boskovická brázda***, která má severojižní průběh (z podhůří Orlických hor, od Žamberku přes Moravskou Třebovou, Rosice až do oblasti Moravského Krumlova).

Platformní jednotky

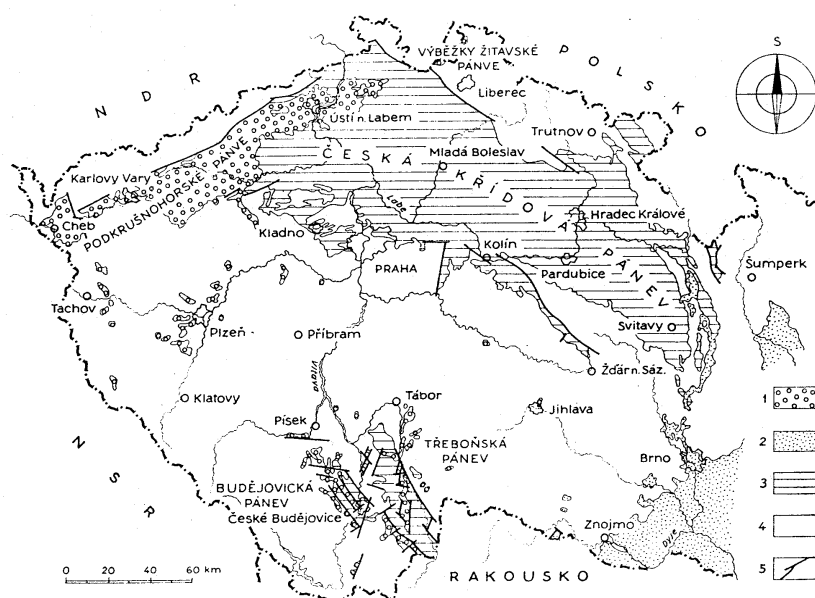
Jura

Jurské sedimenty se v Českém masívu zachovaly pouze v malých ostrůvcích. Nejlépe jsou popsány v okolí Brna na lokalitách Stránská skála, Hády a Švédské šance. Jedná se převážně o vápence (na Stránské skále v určitých polohách crinoidové) s vložkami silicitů, které nasedají diskordantně na vápence devonské.

Křída

Spodnokřídové sedimenty jsou zachovány jen v drobných ostrůvcích u Blanska. Hlavní transgrese moře a s ní spojená sedimentace nastala až ve

svrchní křídě. Zaplavena byla prakticky celá severní část Českého masívu. Vznikla tím česká křídová tabule (obr. 51).



Obr. 51 Svrchně křídové a třetihorní jednotky Českého masívu: 1 - pánve kontinentálního terciéru a komplexy neovulkanitů, 2 - mořský miocén karpatské předhlubně, 3 - svrchní křída, 4 - podloží terciéru a svrchní křídý, 5 - zlomy.

Převládají zde subhorizontálně uložené sedimenty mořského původu. Petrograficky se jedná o mocná souvrství převážně pískovců a jílovců až slínovců. V některých místech přecházejí slínovce do opuk. Pískovce a opuky se intenzívně využívají (již od středověku) jako stavební kámen.

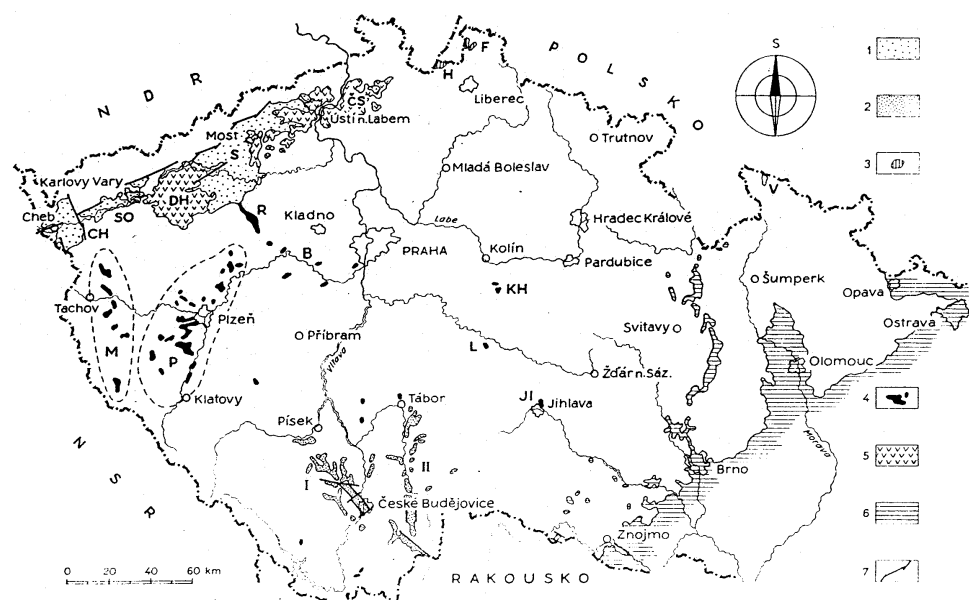
Cyklické střídání propustných pískovců a nepropustných pelitů vytváří ideální struktury pro zadržování podzemní vody. Pískovce s průlinovou propustností tvoří kolektory, pelity izolatory. Tím, že česká křídová tabule má tvar pánve s největší hloubkou uprostřed, dochází k proudění podzemních vod od okrajů do středu pánve a vytvářejí se tím na mnoha místech podzemní vody s napjatou hladinou (artéské studny).

Tektonicky jsou sedimenty české křídové tabule intenzívně porušeny řadou dílčích zlomů, které všechny souvisejí s velkou zlomovou strukturou - labským lineamentem, který ve směru SZ-JV prochází v podloží pánve. Zlomová tektonika přináší někdy potíže při zakládání staveb.

Křídové sladkovodní sedimenty obdobných horninových typů se nacházejí na území jižních Čech, v *pánvi českobudějovické a třeboňské*.

Terciér

Třetihorní horniny se v Českém masívu vyskytují především v západních, severních a jižních Čechách (moravský terciér náleží k jednotce Západních Karpat). Vyskytují se v pánvích, které vznikly především v neogénu (obr. 52). Horninově převládají různé typy klastických sedimentů, zpevněných i nezpevněných. Významné jsou sloje hnědého uhlí, které se nacházejí v dílčích pánvích v podkrušnohoří. Vyskytují se zde také polohy bentonitů, které vznikly přeměnou vulkanoklastik, produkovaných intenzivní sopečnou činností v této oblasti.



Obr. 52 Terciér a neovulkanity v oblasti Českého masívu: 1 až 4 - kontinentální terciér (1 - podkrušnohorské pánve, 2 - jihočeské pánve, 3 - části žitavské pánve, 4 - ostatní významné výskyty, 5 - komplexy neovulkanitů, 6 - mořský miocén karpatské předhlubně, 7 - významné zlomy.

Neovulkanity

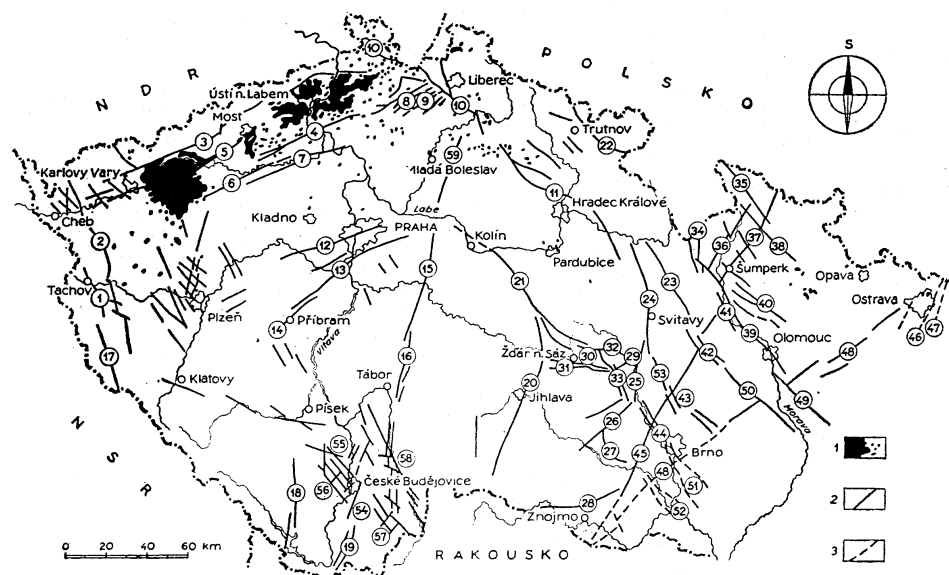
V neogénu začala výrazná vulkanická aktivita, vedoucí ke vzniku neovulkanitů. Byla vázána na oživení podkrušnohorského zlomu, podél kterého vystupovalo magma ve velké délce, v mnoha přírodních kanálech, k povrchu.

Neovulkanity jsou v Českém masívu soustředěny převážně v severních a západních Čechách. Nejvýznamnějšími jsou stratovulkán Doupovských hor a České středohoří. Neovulkanity vytvářejí různé typy, jak povrchových, tak i podpovrchových těles (obr. 53).

Petrograficky se jedná většinou o výlevné bazické horniny (čediče) nebo horniny s foidy (znělce). Méně často se vyskytují jiné typy hornin, např. trachyty.

Výskyty vulkanitů pokračují jz. směrem až do blízkosti Chebu a Františkových Lázní, kde se nachází pravděpodobně nejmladší sopka na území našeho státu - Komorní hůrka, stará necelý milion let.

Některé neovulkanity stojí izolovaně v české křídové tabuli na labském lineamentu (např. Kunětická hora u Pardubic)



Obr. 53 Neovulkanity: Doupovské hory - A, České středohoří - B, neovulkanity Nížkého Jeseníku - C, čísla jsou označeny významné zlomy.

Kvartérního stáří jsou rovněž neovulkanity na severní Moravě. Nemají ovšem takové rozšíření, jako v severních Čechách. Jedná se o izolované vulkány, založené na křížení zlomů v Nížkovém Jeseníku. Čediče zde prorážejí kulmské sedimenty. Nejznámější výskyty jsou Uhlířský vrch na okraji Bruntálu, Venušina sopka, Malý Roudný a Velký Roudný. Jsou seřazeny mezi Leskovcem n. Moravicí a Bruntálem. Některé neovulkanity se vyznačují sloupcovitou odlučností, pro jiné je charakteristický bobovitý rozpad. V okolí se také vyskytují méně významné polohy tufitů a nezpevněné sopečné pumy a lapilli. Neovulkanity poskytují kvalitní drcené kamenivo.

Kvartér

Kvartérní uloženiny Českého masívu jsou geneticky i horninově velmi pestré. Ze sedimentů jsou nejrozšířenější říční sedimenty (terasy, aluviální nivy), eolické sedimenty (spraše) a svahové sedimenty. Méně časté jsou uloženiny glaciální.

- **kvartér oblastí kontinentálního zalednění**

Kontinentální ledovec pokryl malá území v severním pohraničí Čech a poměrně rozsáhlejší území v tzv. oderské kvartérní oblasti. Ledovec zanechal na Ostravsku čelní morénu složenou ze souvkové hlíny a bloků

skandinávských hornin. Dále jsou zde fluvioglaciální sedimenty a to písky, štěrky a varvity (uloženiny ledovcových jezer).

Na vrstvy štěrku je v Ostravě vázán významný horizont podzemní vody.

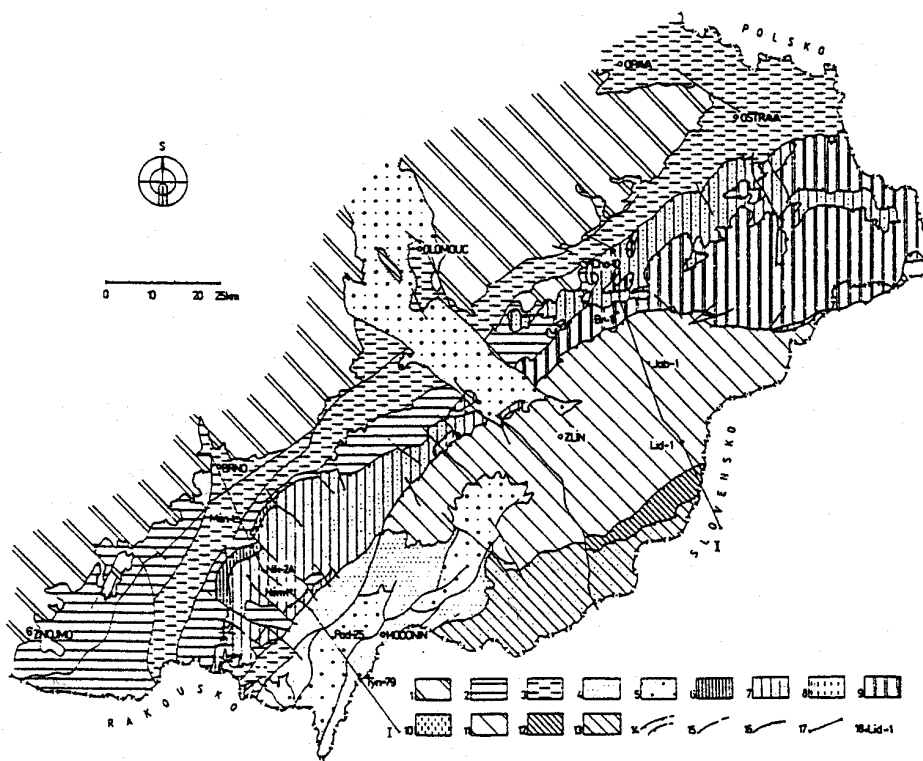
- **kvartér extraglaciálních oblastí**

Kvartér moravských úvalů je tvořen sprašemi a sprašovými hlínami, komplexy terasových štěrků a v jižní části rozlehlými polohami vátných písků. Jejich charakteristika je uvedena v kapitole o sedimentárních horninách v tomto skriptu.

Západní Karpaty

Pásemné pohoří Západních Karpat vzniklo alpínským vrásněním a má typickou příkrovovou stavbu. Liší se tím velmi výrazně od geologické stavby Českého masívu.

Příkrovy jsou tvořeny různými druhy sedimentárních hornin, které obalují tzv. *krystalinická jádra* jednotlivých pohoří. Ta jsou tvořena granitoidy a metamorfovanými horninami.



Obr. 54 Západní Karpaty na Moravě s okrajem Českého masívu: 1 - Český masív, 2 až 5 - neogén, 6 až 13 - paleogén, 14 - příkrovy a přesmyky, 15 - zlomy.

Na území České republiky zasahují na východní Moravu pouze dvě *obalové* jednotky řazené k Západním Karpatům (obr. 54):

Karpatský flyš

Karpatský flyš je tvořen nejvíce předsunutými příkrovy Západních Karpat a tvoří tzv. ***vnější Karpaty***.

Flyšové příkrovy jsou tvořeny křídovými a paleogenními (starší třetihory), převážně klastickými sedimentárními horninami (psefity až pelity), které se usazovaly v soustavě rozsáhlých pánví v předpolí postupně se vrásnicích Karpat. V současnosti představují pásmo hornin o šířce asi 60 km na vnější straně karpatského oblouku. Zahrnují Pavlovské vrchy, Ždánický les, Bílé Karpaty, Chříby, Hostýnské, Vizovické a Vsetínské vrchy, Moravskoslezské Beskydy, Javorníky. Dále pokračují do Polska a na Slovensko.

Flyšové sedimenty byly vyvrásněny až na rozhraní paleogénu a neogénu. Jejich tektonická stavba je velmi složitá, neboť jsou tvořeny několika na sobě naloženými a vzájemně provrásněnými příkrovy, navíc ještě porušenými zlomy. V průběhu vrásnění byly mezi klastické sedimenty pasivně zavrásněny i bloky vápenců (např. Pavlovské vrchy u Mikulova). Nejvýznamnějšími typy hornin jsou ve flyši různé druhy pískovců a pelity zastoupené plynulými přechody od jílovců přes slínovce až po vápnitě břidlice.

Z magmatických hornin jsou zde zastoupena, v oblasti beskydské křídové jednotky, tělesa těšinitů.

Z inženýrsko-geologického hlediska je flyšové pásmo typickým sesuvným územím. Propustnost hornin je puklinová a průlinová.

Karpatská předhlubeň

Karpatská předhlubeň spolu s vídeňskou pánví je složitá vnitrohorská deprese orientovaná souhlasně s průběhem pohoří. Mocnost sledů sedimentárních hornin dosahuje až 5000 m. Jedná se o neogenní klastické sedimenty zastoupené především slepenci, pískovci, štěrky, písky, jíly až vápnatými jíly a jílovcí.

Tektonickou stavbu ovlivňují poklesové zlomy, z nichž většina navazuje na předterciérní tektoniku. Zlomy mají dva základní směry SSV-JJZ a SZ-JV.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co je to regionální geologie?
2. Jaký je rozdíl v geologické stavbě Českého masívu a Západních Karpat?
3. Které jsou předplatformní jednotky?
4. Které orogeneze ovlivnily vývoj Českého masívu?
5. Které horniny tvoří moldanubickou oblast?
6. Které horniny se vyskytují v kulmu?
7. Co je to metabazitová zóna?
8. Které jednotky obsahují křídové sedimenty?
9. Jaký je podstatný rozdíl mezi horninami flyše a karpatské předhlubně?
10. Kde jsou hlavní centra neovulkanitů?
11. Jak se dělí kvartérní uloženiny?

INŽENÝRSKO GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ

Na základě regionální geologické příslušnosti a podle fyzikálních, mechanických, deformačních a hydraulických vlastností lze pro praktickou potřebu stavebního inženýra rozlišit tyto typy komplexů horninového prostředí:

- **krystalinikum**
- **prvohorní zpevněné sedimenty**
- **druhohorní zpevněné a soudržné sedimenty**
- **paleogenní (starší třetihory) zpevněné a soudržné sedimenty**
- **karbonátové horniny**
- **neogenní (mladší třetihory) nezpevněné sedimenty**
- **neovulkanity**
- **kvartérní sedimenty**

Kvartérní sedimenty se považují za *pokryv*, ostatní horninové komplexy se považují za *skalní podloží*.

Krystalinikum

Na území Českého masívu to jsou hlubinné, žilné a paleovulkanické vyvěliny a krystalické břidlice včetně hornin kontaktní metamorfózy. Jedná se většinou o poměrně rozsáhlá tělesa plutonů a jejich okraj a rozsáhlé regionálně metamorfované oblasti.

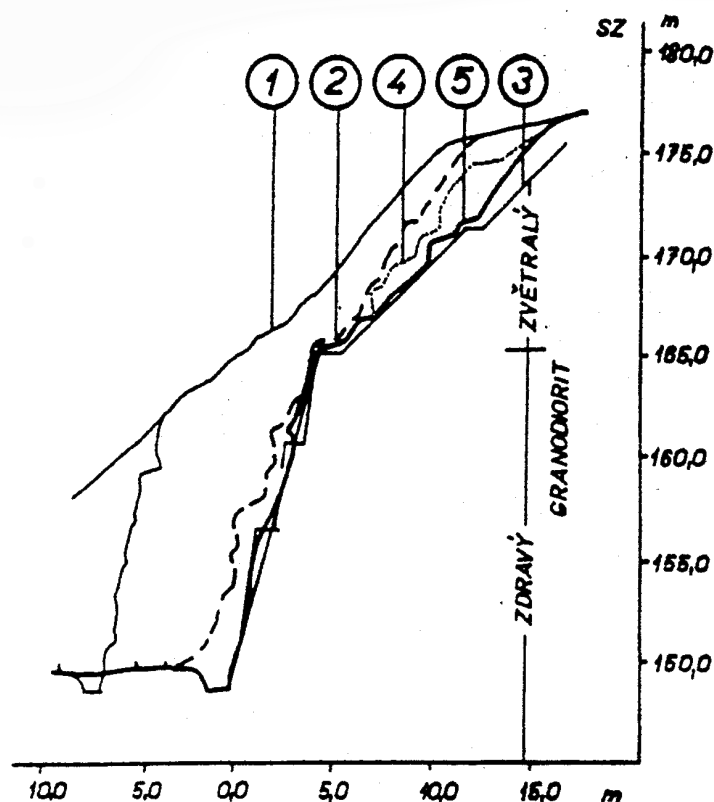
Jako základová půda pozemních staveb jsou spolehlivé a dostatečně únosné, jejich kvalita může být zhoršována přítomností zvětralin (v okolí Tábora jsou známy až do hloubky 30 m) nebo tektonickým oslabením. Jako prostředí podzemních staveb jsou většinou dobře použitelné a vyžadují ochranu jen v tektonicky porušených úsecích. Příkladem liniové stavby, procházející tektonicky porušeným územím, může být železnice Brno - Blansko, kde došlo až po době 80 ti let k porušování stability účinkem mrazového zvětrávání podle epidotizovaných puklin (obr. 55).

Příkladem podzemní stavby vedoucí z části tektonicky oslabeným prostředím, je část trasy vodohospodářské štoly z Víru do Brna, procházející úsekem porušeným četnými zlomy (obr. 56).

Z hydrogeologického hlediska mají horninové masívy krystalinika puklinovou propustnost, jen písčité eluvia mají průlinovou propustnost. Je třeba si však uvědomit, že u metamorfovaných břidličnatých komplexů je propustnost různá v různém směru, což může způsobit při ražbě poměrně značné potíže.

Z hlediska těžitelnosti (dle ČSN 73 3050) jsou to horniny skalní, které se řadí do tříd 5 až 7 podle stupně zvětrání. To může zkomplikovat i zatřídění hornin při zemních pracech. Často se vyskytuje tento problém v horninách bohatých biotitem (např. třebičsko-meziríčský durbachit nebo lokality se společným

výskytem pevnějších a ke zvětrávání odolnějších migmatitů a méně odolných pararul).

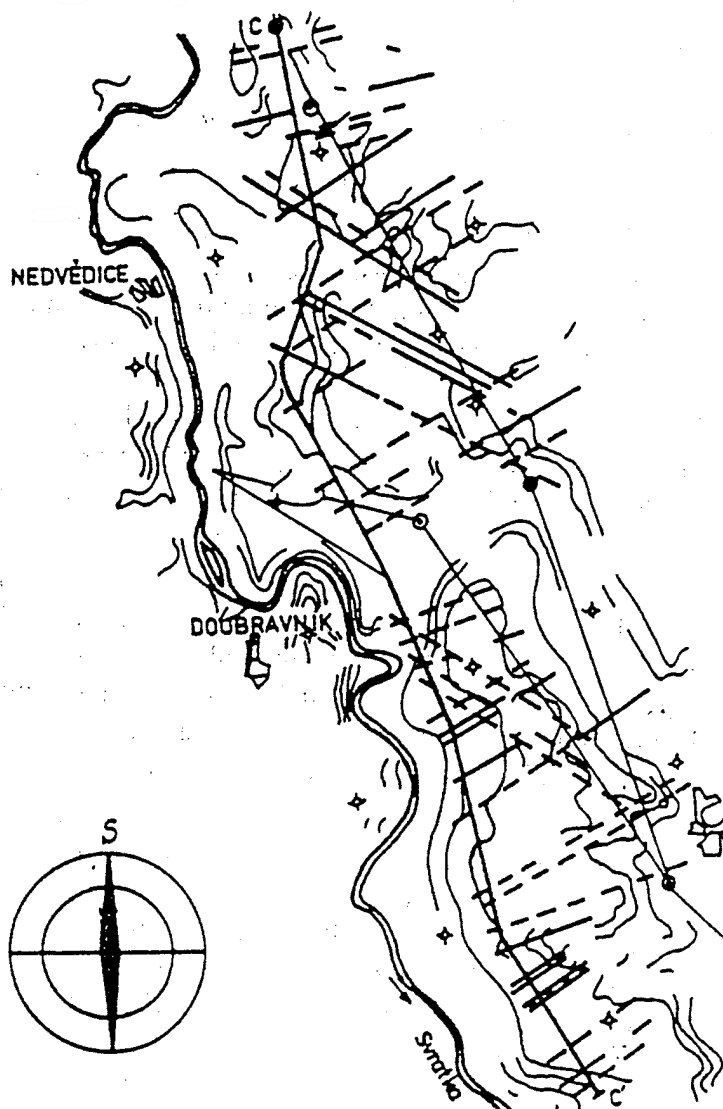


Obr. 55 Změna morfologie zářezu v blanenském granodioritu účinkem mrazového zvětrávání. 1 - původní terén, 2 - stav v roce 1966, 3 - navržená úprava svahu v roce 1966, 4 - stav v roce 1968, 5 - stav v roce 1970.

Zpevněné prvohorní sedimenty

Jedná se především o území kulmu na Moravě, Barrandienu v Čechách a permokarbonských brázd (blanické a boskovické) a podkrkonošského permokarbonu a kladensko-rakovnické oblasti.

Petrograficky to jsou různé typy zpevněných klastických sedimentů. V kulmu převažují droby, drobové slepence a jílové (pokryvačské) břidlice šedé barvy. V permokarbonu to jsou pískovce, arkózy a jílovce až jílové břidlice často s hematitovým hnědočerveným pojivem. V Barrandienu jsou zastoupeny různé typy hornin klastických i karbonátových a silicity. Pro zakládání jsou proměnlivě vhodné, což souvisí nejen s petrografickým typem, ale i stratigrafickou příslušností. Tak na území Barrandienu horniny algonkia a kambria jsou dobrou základovou půdou, v ordovických komplexech jsou méně únosné některé břidlice, ortokvarcicity a karbonáty devonu jsou jako základové půdy spolehlivé. Spolehlivé jsou i horniny kulmu a permokarbonu.



Obr. 56 Schéma tektonického porušení masívu bítešské ortoruly na trase štolového úseku vodovodního přivaděče Vír - Brno.

Hydrogeologicky se jedná o horniny se všemi typy propustnosti a různým charakterem hladiny podzemní vody. Rovněž chemismus podzemní vody a s tím spojená agresivita je zde různá. Je třeba ji vyšetřovat pro každou oblast samostatně. Kulmské souvrství se vyznačuje poměrně malým výskytem vody a to často až v hloubce kolem 30 m. Rovněž permokarbonská souvrství jsou v povrchových polohách zpravidla až do 10 m bez vody.

Pro stavební praxi bývají nevýhodné tektonické poměry a deformace vrstev. Mohou se vyskytovat komplikované struktury, synklinoria porušená zlomy, vrásky i příkrovy, např. v kulmu. To komplikuje ražbu podzemních staveb i stabilitu svahů. Úhel smykové pevnosti břidlic bývá 20 až 25°.

Z geodynamických jevů se zde vyskytuje zvětrávání a sjíždění po předurčených vrstevních plochách, případně opadávání skal a krasovatění vápenců.

Druhohorní zpevněné a soudržné sedimenty

Jedná se převážně o oblast české křídové pánve, která zabírá území severních a severovýchodních Čech. Zasahuje na Moravu až k Blansku.

Petrograficky to jsou křemenné pískovce, jílovce, slínovce a opuky. Tyto horniny jsou v subhorizontálním uložení a pro stavební hodnocení je důležité v jakém sledu se na staveništi vyskytují. Jestliže je svrchním komplexem pískovec nebo opuka, tj. horniny skalní, zakládá se bez větších potíží. Jestliže jsou na povrchu horniny soudržné, a to jak cenomanské jíly, tak i turonské slíny až slínovce vzniká nebezpečí jejich objemových změn v podzákladi, zvláště vysýcháním a s tím spojené poruchy staveb.

Z hydrogeologického hlediska se jedná o jednu z nejvýznamnějších hydrogeologických struktur u nás. Pískovce jsou průlinově dokonale propustné, jsou dobrými kolektory a nadržují velké množství podzemní vody. Pelity jsou poměrně málo propustné až nepropustné, způsobují napjatost hladiny podzemní vody, která má charakter artéské vody pozitivní (+). Vody jsou jímány v celé oblasti jako kvalitní pitná voda, a to i pro vzdálenější velkoměsta (např. pro Brno od Březové).

Z hlediska geodynamických jevů se vyskytuje zvětrávání, ale především zde dochází k porušování stability svahů. Je-li komplex pískovců v nadloží soudržných pelitů může dojít k zabořování strmého okraje pískovců do mírnějšího svahu podložních pelitů, ke vzniku ker pískovců na okraji a k jejich postupnému oddělování a pohybu. Vznikají rozsáhlé kerné svahové pohyby, které v dolní části svahů mohou přecházet do plošných a někdy i proudových sesuvů.

Paleogenní zpevněné a soudržné sedimenty

Jedná se o flyšové pásmo Západních Karpat. Petrograficky jsou zde pískovce až slepence (godulský, istebňanský, ždánický, hradištský) a pelity (jílovce, slínovce a břidlice) béžové barvy. Je to komplex křídových a paleogenních hornin, z vyvřelin sem patří tělesa těšinitu v beskydské křídě.

Tektonicky je tento komplex velmi složitý, budovaný systémem antiklinál, synklinál a vrásových přesmyků.

Z hlediska hydrogeologie je to oblast rovněž velmi složitá, propustnost hornin je průlinová i puklinová, hladina podzemní vody je volná i napjatá, významná je i povrchová erozivní činnost.

Z hlediska geodynamických jevů je to typická oblast sesuvů. K nejčastějším patří proudové a plošné sesuvy, k méně častým sesuvy kerné. Na svazích se setkáváme i s hákováním vrstev (obr. 57) a slézáním sutí.



Obr. 57 Hákování vrstev.

Z těchto důvodů patří flyšové pásmo k oblastem s nejnákladnějším zakládáním a to nejen na plošných základech, ale i z hlediska výstavby liniových staveb a staveb vodohospodářských.

Karbonátové horniny

Jedná se většinou o vápencové krasové oblasti, v nichž se vyskytují různé typy vápenců. Patří sem např. Moravský kras, devonské vápence u Grygova, Javoříčka a Mladče. V Čechách jsou neznámější vápence u Koněprus.

Jako základová půda pozemních staveb jsou spolehlivé, je však třeba vyšetřovat průběh podzemních dutin a jeskynních systémů pomocí geofyzikálního nebo i speleologického průzkumu. Z hlediska budování podzemních staveb vyžadují detailní průzkum.

Hydrogeologie je krasová, propustnost podle dutin až krasových systémů, často dosud nejasných.

Většinou se jedná o chráněná krajinná území.

Neovulkanity

V Českém masívu se vyskytují bazaltoidy v rozsáhlé oblasti Doupovských hor, i jako roztroušené vrchy Českého středohoří. Dále jsou v okolí Bruntálu. V Západních Karpatech to jsou andezity v okolí Uherského Brodu u Nezdenic, Bojkovic a Bánova.

Jako základová půda jsou spolehlivé skalní horniny, ale na jejich okraji mohou vznikat rozsáhlé kerné svahové pohyby, a proto je třeba při výstavbě věnovat těmto úsekům zvláštní pozornost.

Hydrogeologicky jsou poměrně suché, propustnost puklinová.

Tufy a tufity neovulkanitů se vyskytují porůznu v malé mocnosti. Mohou ztekutit stoupačkou vodou nebo i umělým zásahem, jejich vlastnosti závisí na geologické pozici i na minerálním složení.

Třetihorní nezpevněné sedimenty

Budují pánve a to jak na Českém masívu, tak i v Západních Karpatech.

Petrograficky to jsou většinou klastika - jíly, slíny, písky a jen místy šterky. Jsou vodorovně uloženy, mohou být v souvislých vrstvách nebo jako čočky.

Hydrogeologie souvisí s petrografickým typem. Písky jsou průlinově propustné, pelity většinou málo propustné až nepropustné. Tak vznikají napjaté artéské vody. Chemismus podzemní vody závisí na minerálním obsahu sedimentu. V písčích jsou zpravidla neagresivní, v jílech a slínech s vysokým obsahem iontů SO_4 je agresivita síranová vysoká (typ ha).

I pánevní sedimenty jsou proniknuty řadou zlomů. Zvláště v podkrušnohorské oblasti je aktivita podle nich živá a při projektování povrchového dobývání hnědého uhlí se s ní musí počítat. Podle některých zlomových linií dochází i k šíření otřesů z podzemí, což může vést ke snížení stability povrchu terénu.

Zvláštní pozornost se musí věnovat zlomovému ukončení pánví vůči krystaliniku. I zde mohou nastávat posuny a to hlavně při neopatrné podzemní činnosti. Dochází k závalu čelby, případně i části již hotového podzemního díla. Nežádka se tyto poruchy projevují na povrchu propadnutím a vznikem poklesové kotliny.

Z hlediska zakládání se jedná o zeminy, které jsou dobře charakterizovány v ČSN 73 1001. I když platnost této normy je dnes časově vymezena, doporučení pro plošné základy lze i nadále používat.

Geodynamické jevy jsou v třetihorních zeminách omezeny, jednak na ztekucení písků (kuřavka), jednak na mělké sesuvy v potrhaných neogenních slínech.

Jílovité a slínité sedimenty způsobují potíže při zakládání staveb. Jsou citlivé zvláště na změny vlhkosti a působení mrazu, což je doprovázeno objemovými změnami. Obsah vody se projevuje ve změně konzistence. Stavby mělce založené trpí nerovnoměrným sedáním. Konsolidace podloží stavbou trvá obvykle několik desítek let. Některé jílové horniny mají trhlinky vyplněné pískem, siltem atd. U potrhaných jílů pak může do trhlinek vnikat voda, která způsobuje pokles pevnosti ve smyku na minimum. Následně pak vznikají sesuvy.

Časté jsou tzv. prekonsolidované jíly. Mají denudací snesené nadloží, ale horizontální síly v nich odpovídají původní mocnosti nadloží. Vznikají tím velké boční tlaky, které se projeví v zářezech nebo ve svazích, kdy dochází ke svahovým pohybům.

Silty snadno promrzají, často jsou rozbředlé a nestabilní.

Základové půdy na těchto horninách klasifikujeme jako podmíněně vhodné až málo vhodné, v místech sesuvů jako nevhodné.

Písky a štěrky, na rozdíl od jemnějších klastických sedimentů, poskytují dobré základové půdy. Jsou pro vodu dobře propustné. V případě, že tvoří pouze čočky v jílových horninách je nutno dobře určit průběh rozhraní obou petrografických typů. Mohlo by nastat nerovnoměrné sedání objektu. Nebezpečné mohou být písky (tzv. tekoucí písky) tehdy, dojde-li k jejich ztekucení přítokem podzemní vody.

Neogenní sedimenty jsou většinou kryty různě mocným kvartérním pokryvem.

Kvartérní pokryvy

Jsou to aluvia a svahové sedimenty všeho druhu, např. hlíny a sutě, eluvia a deluvia, popsána již v jiných statích. Dále sprašoidní sedimenty, štěrky říčních teras a sedimenty glaciální.

Petrograficky jsou velmi rozmanité. Jsou to klastické zeminy s různými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Je třeba je na každém staveništi vyšetřit samostatně, určit jejich typ a mocnost a jejich zvodnění.

U ***šterkovitých zemin*** se zpravidla sleduje jen jejich uložení a průběh vrstvy pod budoucím objektem. U ***písčitých zemin*** je důležitým faktorem voda, aby nedošlo ke ztekucení. Dále se určuje úhel vnitřního tření, který se pohybuje od 30 do 33°. Důležitá je i jílovitá, případně organická příměs.

U ***jemných zemin*** (slínů a jílu) je důležitým ukazatelem jejich hlavní jílový nerost a s tím spojená charakteristika objemové stálosti. Dále se určuje index plasticity IP (%) a to podle výsledku Atterbergovy zkoušky meze plasticity a meze tekutosti.

Sprašoidní zeminy patří do skupiny aleuritů. Jsou známy svými dobrými vlastnostmi, jsou-li suché. I když jsou stlačitelné, udrží se ve strmých stěnách po dobu i více než padesát let. Jakmile však přijdou do styku s vodou (jakéhokoliv původu) kolapsují a stávají se technologicky nezvládnutelnými. Je lépe je z výkopu nebo stavební jámy odstranit.

Glaciální sedimenty se vyskytují hlavně na Ostravsku a v Moravské bráně. Zde jsou zpravidla kryty ornici nebo svahovými hlínami a proto jejich rozšíření není dosud všude na mapách uvedeno.

Jsou to prachověpísčité jíly až jílovité písky šedorezavé až světlešedé barvy, které se střídají v nepravidelné mocnosti s polohami obsahujícími šterkovou příměs složenou ze subangulárních valounů severských hornin.

Hydrogeologicky jsou průlinově propustné, významnými kolektory jsou vrstvy šterkovité.

Z hlediska stability svahů je třeba vyšetřovat každý pokryvný útvar samostatně, k výpočtu lze využít běžných metod mechaniky zemin.

GEOLOGICKÉ MAPY

Přehled různých měřítek geologických map vydaných Českým geologickým ústavem v Praze (původně byly zpracovány pro území Československa, a proto, zvláště v menších měřítkách, nereflektují ještě existenci dvou samostatných států):

1 : 1 500 000
1 : 1 000 000
1 : 500 000
1 : 200 000
1 : 100 000
1 : 50 000
1 : 25 000

Mapa 1 : 1 500 000 je nejpřehlednější geologickou mapou používanou pro výukové účely. Její nevýhodou je snad až přílišné zjednodušení, projevující se ve vysvětlivkách sdružováním různých typů hornin do stejné vysvětlivky (granitoidy spolu se syenity, ryolity společně s andezity).

Mapa 1 : 1 000 000 je nejlepší pro výuku. Topograficky je dostatečně podrobná a obsahově (geologicky) je přesnější než mapa 1 : 1 500 000. Kromě odlišení geologických celků barvou a šrafovou, používá ve vysvětlivkách pro detailnější označení smluvní značky. Malou nevýhodou z geologického pohledu je ukončení geologických těles na politické hranici státu, což může studenty někdy mylně vést k názoru, že tělesa na hranici opravdu končí a nepokračují na území sousedního státu.

V mapě 1: 500 000, která je vydána na dvou listech (Český masív a Západní Karpaty) je tento nedostatek odstraněn.

Mapa 1 : 200 000, označovaná jako generální mapa, je vydána v listech vycházejících topograficky z mapy GŠ (generálního štábu) České armády (má odlišný listoklad a zobrazení než základní mapa republiky vydaná geodetickým a kartografickým úřadem). V rámci edice těchto map byly vydány také textové knižní vysvětlivky, popisující z různých hledisek mapový list. Díky přehlednému uspořádání jsou vysvětlivky vhodným studijním materiálem pro prvotní seznámení s geologickou stavbou studovaného území v širším kontextu.

Mapy 1 : 100 000 nepokrývají celé území republiky, ale jsou postupně vydávány jako přehledné geologické mapy určitých území (např. Krušné hory, Orlické hory, Jeseníky).

Mapy 1 : 50 000 jsou posledním a dosud nejrozsáhlejším dílem ČGÚ (Český geologický ústav). Pokrývají celé území České republiky v listokladu souhlasném se Základní mapou ČR. Soubor map má název "*Soubor geologických a účelových map přírodních zdrojů*". V rámci každého topografického mapového listu je postupně vydáváno 12 specializovaných map:

1. Geologická mapa
2. Inženýrskogeologická mapa
3. Hydrogeologická mapa
4. Mapa ložisek nerostných surovin
5. Mapa geochemické reaktivity hornin
6. Mapa půdně interpretační
7. Mapa půdní
8. Mapa geochemie povrchových vod
9. Mapa geofyzikálních indikací a interpretací
10. Mapa geofaktorů - střety zájmů
11. Mapa geofaktorů - významné krajinné jevy
12. Mapa chráněných území ČR 1 : 100 000

Mapy v měřítku 1 : 25 000 jsou nejpodrobnější geologické mapy pokrývající území celé republiky. V současné době však nejsou vydány všechny listy. K mapovým listům této edice jsou také knižně vydávány vysvětlivky, které velmi detailně popisují geologickou stavbu území mapového listu i z hlediska dílčích geologických disciplín (inženýrská, ložisková geologie aj.).

V měřítku 1 : 25 000 se rovněž zpracovávaly některé inženýrskogeologické mapy. Jsou to mapy pro velká města nebo průmyslově důležitá území. Tyto mapy však jsou jen v archivu geofondu.

Pro potřeby výstavby byly lokálně na některých územích zhotoveny velmi podrobné inženýrskogeologické mapy 1 : 5 000 (např. Praha).

Návod k určování hornin:

Při makroskopickém určování hornin jsou hlavními kritérii pro určení horniny *textura* a *minerální složení*, v některých případech je nutné dobře určit *barvu* horniny, pro její správné zařazení do systému hornin.

Při popisu a určování hornin je vhodné postupovat podle následující osnovy:

1. **Barva:**
2. **Textura:**
3. **Minerální složení:**
4. **Původ:**
5. **Název:**

Barva nemá většinou zásadní význam pro určení horniny (výjimkou jsou makroskopicky celistvé horniny, u nichž není možno rozlišit minerální složení), je však nedílnou součástí popisu horniny. Barvu horniny popisujeme jako průměrnou barvu všech součástí v hornině (neexistuje černo-bílá hornina, ale šedá), proto je vhodné horninu při popisu barvy pozorovat z větší vzdálenosti. Při popisu barvy lze používat také složené názvy barev, ovšem s tím, že nejvýraznější barva je kladena nakonec (nejblíže názvu horniny). Např. červenohnědý pískovec je více hnědý než červený.

Textura má zásadní význam při určování hornin. Slouží ve většině případů k vzájemnému odlišení magmatických sedimentárních a metamorfovaných hornin. Např. magmatické horniny jsou většinou všesměrné, zatímco metamorfity jsou převážně plošně paralelní, hrubozrnnější klastické sedimenty mají klasty zaoblené, kde?to porfyrické magmatity mají porfyrické vyrostlice alespoň zčásti pravidelně geometricky omezené (klasty sedimentu byly zaobleny transportem). V rámci magmatitů lze podle velikosti zrna řadit horniny k hlubinným či výlevným (hlubinné dlouho krystalovaly z magmatu, a proto mají zrna větší než výlevné, které utuhly relativně rychle). Hlubinné magmatity jsou makroskopicky zrnité, zatímco výlevné jsou makroskopicky celistvé. U porfyrických hornin je rozhodující velikost zrn základní hmoty.

Pozor na nesprávné používání názvu usměrněných textur u hornin. Magmatity mohou být proudovité, sedimenty vrstevnaté a metamorfity plošně paralelní. Nelze ovšem napo. sediment popsat jako plošně paralelní.

Minerální složení slouží velmi dobře k určování hornin. Napo. existuje skupina minerálů vznikajících při metamorfóze, proto při jejich identifikování lze s velkou pravděpodobností tvrdit, že se jedná o metamorfovanou horninu (v jiných typech mohou být pouze ojediněle). Kalcit je zase typický především pro skupinu biochemických sedimentu (napo. vápenec, travertin), jako průkazná zkouška se používá reakce s HCl. V klastických sedimentech se vyskytují především velmi odolné minerály (nejvíc křemen), které nezaniknou při transportu.

Teprve po správném popisu horniny má smysl uvažovat o názvu horniny na základě příslušných klasifikačních schémat. Při opačném postupu to vede obvykle ke špatnému výsledku.

Formulář pro makroskopické určování hornin

Vzorek č.

Barva:

Textura (charakter hmoty):

Minerální složení:

Původ:

Název:

Stupeň zvětrání:

LITERATURA

Dudek, A., Fediuk, F., Palivcová, M. (1962): Petrografické tabulky, NČSAV. Praha.

Dudek, A., Malkovský, M., Suk, M. (1984): Atlas hornin, SNTL, Praha.

Hejtman, B. (1981): Petrografie. SNTL, ALFA. Praha.

Kettner, R. (1956): Všeobecná geologie, I-IV, NČSAV. Praha.

Kumpera, O., Foldyna, J., Zorkovský, V. (1988): Všeobecná geologie, SNTL, ALFA. Praha.

Melichar, R. (1991): Metody strukturní geologie, orientační analýza, učební text PŘF MU. Brno.

Mísař, Z. a kol. (1983): Geologie ČSSR I., SPN. Praha.

Šamalíková, M. (1989): Geologie a inženýrská geologie, učební text, čtvrté přepracované vydání, FAST VUT. Brno.

Šamalíková, M., Prostějovská, M., Locker, J., Pospíšil, P. (1992): Návod k popisu a určování hornin při samostudiu, učební text FAST VUT. Brno.

Ke studiu doporučujeme zakoupit:

Návod k popisu a určování hornin při samostudiu (učební text)

Geologickou mapu České a Slovenské republiky v měřítku

1 : 1 500 000 nebo 1 : 1 000 000