



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně
Fakulta životního prostředí

Základy geologie

Miroslava Blažková

Ústí nad Labem
2014



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Název:** Základy geologie
- Autoři:** doc. RNDr. Miroslava Blažková, Ph.D.
- Vědecký redaktor:** prof. RNDr. František Fediuk, CSc.
- Recenzenti:** RNDr. Přemysl Zelenka, CSc.
RNDr. Marie Čechová
- Techn. redaktor:** Bc. Barbora Kofroňová
- © **Nakladatel:** Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí

Tato publikace vznikla v rámci projektu OPVK EnviMod – Modernizace výuky technických a přírodovědných oborů na UJEP se zaměřením na problematiku ochrany životního prostředí.

Reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0205

Neprodejný výtisk

ISBN 978-80-7414-881-1 (brož.)

ISBN 978-80-7414-882-8 (online: pdf)

ÚVOD	6
I. BLOK GEOLOGIE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	7
1. Horninové prostředí, geofaktory, geologické účelové mapy, geologie.....	8
1.1 Horninové prostředí a jeho hlavní složky.....	8
1.2 Geofaktory životního prostředí.....	10
1.3 Vzájemná interakce mezi člověkem a horninovým prostředím	12
1.4 Geologické a ekologické účelové mapy	12
1.5 Geologie - nauka o Zemi a její odvětví	16
II. BLOK ZÁKLADY GEOLOGIE	18
2. Planeta Země.....	18
2.1 Zařazení planety do vesmíru.....	18
2.2 Vznik vesmíru „ velký třesk“	19
2.3 Anatomie Země	20
3. Litosféra	23
3.1 Složení litosféry a cykly v ní probíhající.....	23
3.2 Endogenní a exogenní síly.....	26
3.3 Geologická činnost endogenních sil	27
3.3.1 Vulkanismus.....	27
3.3.2 Zemětřesení	29
3.4 Geologická činnost exogenních sil	32
3.4.1 Geologická činnost vody (fluviální).....	32
3.4.2 Geologická činnost ledu (ledovců).....	33
3.4.3 Geologická činnost větru (eluviální)	33
4. Stratigrafie.....	34
4.1 Vrstva a souvrství	35
4.2 Stratigrafické zákony	35
5. Tektonika.....	37
5.1 Tektonické struktury spojitě	38
5.2 Tektonické struktury nespojitě	39
6. Mineralogie	41
6.1 Minerály (nerosty)	41
6.2 Minerály – systém	42
6.3 Vznik minerálů	44
6.4 Krystalografie	46
6.5 Fyzikální vlastnosti minerálů.....	48
7. Petrologie	50

7.1	Vyvřelé horniny a magma	50
7.2	Vyvřelé horniny – systém.....	51
7.3	Sedimentární horniny	54
7.4	Přehled sedimentárních hornin	54
7.5	Metamorfované horniny	55
7.6	Metamorfované horniny – systém	56
8.	Geochemie.....	58
8.1	Geochemický charakter zemských sfér	58
8.2	Geochemie a životní prostředí	60
8.3	Rozšíření látek	61
8.4	Výzkum transportu látek	61
8.5	Časové změny.....	62
8.6	Výzkum atmosféry	62
8.7	Výzkum hydrosféry	63
8.8	Výzkum litosféry a pedosféry.....	63
8.9	Geochemický výzkum biomasy.....	64
8.10	Výzkum biogenních oběhů	64
9.	Historická geologie	65
9.1	Geologická časová škála.....	65
9.2	Historie vývoje Země	70
9.2.1	Vývoj pevninské kůry a kontinentů	70
9.3	Paleontologie	77
9.4	Rámcový přehled zoopaleontologického a fytopaleontologického systému.....	79
9.5	Život v jednotlivých časových obdobích.....	81
10.	Regionální geologie – Český masiv	84
10.1	Regionální geologie České republiky – vývoj	86
10.2	Regionální geologie severočeské oblasti	88
11.	Čtvrtohory	90
11.1	Klimatické změny planety Země	92
11.2	Kvartérní sedimenty	95
11.2.1	Přehled kvartérních sedimentů	95
III.	BLOK GEOLOGIE V ŽP V TVORBĚ A OCHRANĚ	98
12.	Nerostné zdroje - ložiska.....	98
12.1	Ložiska nerudných surovin.....	98
12.2	Ložiska rud.....	102
12.3	Ložiska uhlí.....	105
13.	Energetické nerostné zdroje	108

13.1	Fosilní paliva – rezervy	108
13.2	Uran a atomová energie	110
13.3	Geotermální energie	112
13.4	Nahraditelná (obnovitelná) energie.....	113
14.	Těžba ložisek nerostných surovin	115
14.1	Hlubinná těžba	115
14.2	Povrchové dobývání a lomová těžba	117
14.3	Rekultivace území postižených těžbou	118
15.	Inženýrská geologie - geotechnika	120
15.1	Mechanika zemin a hornin	120
15.2	Aplikace	121
16.	Geologická činnost člověka	126
16.1	Geologická činnost rušivá a přenosná.....	127
16.2	Geologická činnost člověka tvořivá.....	128
16.3	“Horniny,, vytvořené člověkem	130
16.4	Vliv člověka na hydrologii a hydrogeologii	130
16.5	Vliv člověka na změny podnebí (klimatu).....	131
17.	Stará důlní díla	133
17.1	Historická těžba	134
17.2	Registr starých důlních děl.....	135
17.3	Sanace starých důlních děl.....	135
17.4	Využívání vytěžených prostor	136
18.	Ochrana významných geologických památek.....	138
18.1	Ochrana přírody a krajiny – obecně.....	138
18.2	Ochrana geologických jevů.....	139
19.	Geologická legislativa	145
19.1	Geologie ve státní správě	145
19.2	Státní politika životního prostředí.....	146
20.	Instituce činné v geologii	155
20.1	Česká geologická služba	155
20.2	Geofond - archiv geologických prací.....	156
20.1.1	Základní geologické fondy.....	156
20.1.2	Informační systémy	156
20.1.3	Výzkumná, koordinační a ediční činnost	157
21	Rejstřík	158
22.	Literatura	161

ÚVOD

Skripta „Základy geologie v ochraně a tvorbě životního prostředí“ byla napsána pro studenty bakalářského studia FŽP UJEP, ale i pro další zájemce o tuto problematiku. Struktura a obsah vychází ze zkušeností autorky a v návaznosti na ostatní předměty tohoto multidisciplinárního studia.

Předmět geologie patří do povinného základu studia. Časový prostor, což je jeden semestr, však umožňuje studenty pouze encyklopedicky seznámit se základy geologie. V několika přednáškách lze tyto znalosti aplikovat v ochraně a tvorbě životního prostředí. Důležitou součástí skript je proto další doporučená literatura, uvedená na konci publikace. V rejstříku na konci skript jsou vysvětleny vybrané termíny, což může pomoci lepšímu chápání textu i „geologickým laikům“.

K širší využitelnosti a pomoci při studiu doporučené literatury v angličtině byl zařazen i přehled anglických odborných termínů.

Při přípravě skript byla studována česká i zahraniční literatura podobného zaměření. Ze zahraničí byla převzata řada myšlenek, které jsou aplikovány na příkladech v České republice, často se zaměřením na severní Čechy. Tento záměr vychází z pestré geologické stavby a bohatosti dalších geologických fenoménů, nacházejících se v území s prakticky nejvíce zničeným životním prostředím v České republice, ale i v celé Evropě. Příklady jsou proto jedny z nejfundovanějších.

Skripta začínají blokem I. „ Geologie v životním prostředí“, kde je vysvětlena filozofie předmětu tj. „**studium vzájemné interakce mezi člověkem a horninovým prostředím**“, a kapitolou č. 1. vysvětlující termín horninové prostředí a geofaktory.

V II. Bloku "Základy geologie" kapitoly č. 2 - 10 stručně charakterizují planetu Zemi a její anatomii, litosféru a její základní stavební prvky, jako jsou minerály a horniny, přehled nejdůležitějších pochodů, které litosféru formují a zákonů, které se k její existenci vztahují. Neodmyslitelná je i historická geologie a regionální geologie České republiky se zaměřením na severní Čechy.

Kapitoly č. 11 – 20 v bloku III. „ Geologie v životním prostředí a v tvorbě a jeho ochraně“ se zabývají již geologií aplikovanou v životním prostředí, zaměřenou na vzájemný vztah člověka a horninového prostředí. Horninové prostředí je zde popisováno, jako zdroj nerostných surovin, nebo jako základna pro stavební činnost. Jako příklady působení člověka na horninové prostředí je zde uváděna těžba nerostných surovin se zaměřením na problematiku „starých důlních děl“, nebo ochranu významných geologických památek. Závěrečná kapitola shrnuje geologickou legislativu a v přehledu uvádí instituce činné v oboru "Geologie a životní prostředí".

Pro lepší pochopení textu byla do skript zařazena řada obrázků, map, schémat a tabulek umístěných v jeho těsné blízkosti.

Tato skripta byla financována z rozpočtu projektu ENVIMOD.

I. BLOK GEOLOGIE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V posledním desetiletí se výrazně změnila náplň věd o Zemi a hlavní cíle geologie. Geologii již nelze chápat v tradičním smyslu, jako vědu, jejíž aplikace vedou především k objevování ložisek nerostných surovin.

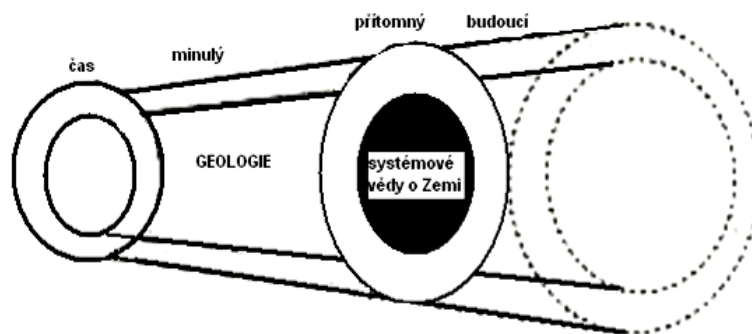
Geologie se nyní obrací k zemskému povrchu, životnímu prostředí a lidskému zdraví. V rozšířené definici je dokonce na prvním místě lidské zdraví a to před zajištěním surovin a energetických zdrojů.

Geologie životního prostředí, nebo environmentální geologie, jak je všeobecně nazývána, je nedílnou součástí komplexu věd o životním prostředí.

Geologická, geochemická a geofyzikální data jsou základními údaji pro celou řadu příbuzných oborů. Začlenění do oborů o životním prostředí plně odůvodňuje důležitost údajů jako např. geologická stavba krajiny, geochemický charakter hornin, vod a atmosféry a hydrologická situace území.

Významným důvodem pro začlenění geologie mezi vědy o životním prostředí je ten, že je vědou systémovou. Geologie vždy charakterizovala význačné vývojové dynamické a časové hledisko.

Geologický čas není mrtvým časem fyziky, ale živým jednosměrným proudem dobře členěným jak v minulosti, současnosti i v budoucnosti. Je to čas vzniku, vývoje případně zániku živočichů, čas katastrof i pozvolných změn. Je to čas, který i my prožíváme, ale je vědecky zkoumán a systematicky uspořádán, (viz obr. 1), [1]



Obr. 1.: Vztah mezi geologií, časem a ostatními vědami v ŽP. [2]

Neméně závažným důvodem, že geologické obory jsou jedny ze základních stavebních kamenů věd o životním prostředí je fakt, že geologie není pouze nauka o neživé přírodě, ale o přírodě jako celku, se vzájemnými interakcemi organismů a horninového prostředí. Paleontologie zkoumá nejen morfologii nebo vývojové změny organismů, ale zkoumá je v závislosti na životním prostředí. Stejně tak sedimentologové, nebo geochemici znají fakt, že živá příroda ve všech geologických dobách (s výjimkou těch nejstarších) měla podstatný vliv na geologické procesy.

Z výše uvedených skutečností je patrné, že geologie má ve studiu životního prostředí zásadní důležitost.

1. Horninové prostředí, geofaktory, geologické účelové mapy, geologie.

1.1 Horninové prostředí a jeho hlavní složky.

Zájem geologů v novém přístupu ke studiu Země je zaměřen na tu část litosféry, kde se objevuje „ lidský faktor“, to znamená, kam zasahuje lidská činnost, a která je nazývána „horninovým prostředím“.

Horninové prostředí je nejsvrchnější část zemské kůry, kde se projevuje lidská činnost. Je tvořeno pevnými horninami, nezpevněnými zeminami, půdou a vším co se v nich nachází, tedy nerostnými surovinami, podzemní vodou i plyny v pórech hornin a půd.

Dolní hranice horninového prostředí není stanovena jednoznačně. Stanovujeme ji ve vztahu k lidské činnosti, ale i k hloubkovým dopadům této činnosti. Hloubkový dosah stavebních i hornických prací je poměrně malý, ale počítáme i s hlubokými vrty, vlivem podzemní vody i změnami v horninovém masivu při umělých otřesech.[3]

Jako doložená maximální mocnost horninového prostředí je uváděn nejhlubší vrt na světě na poloostrově Kola v Rusku. U městečka Zapolarnyj byl vyvrtán v roce 1992 vrt do **hloubky 122 621 m**. Vrt byl zakonzervován v roce 1995.

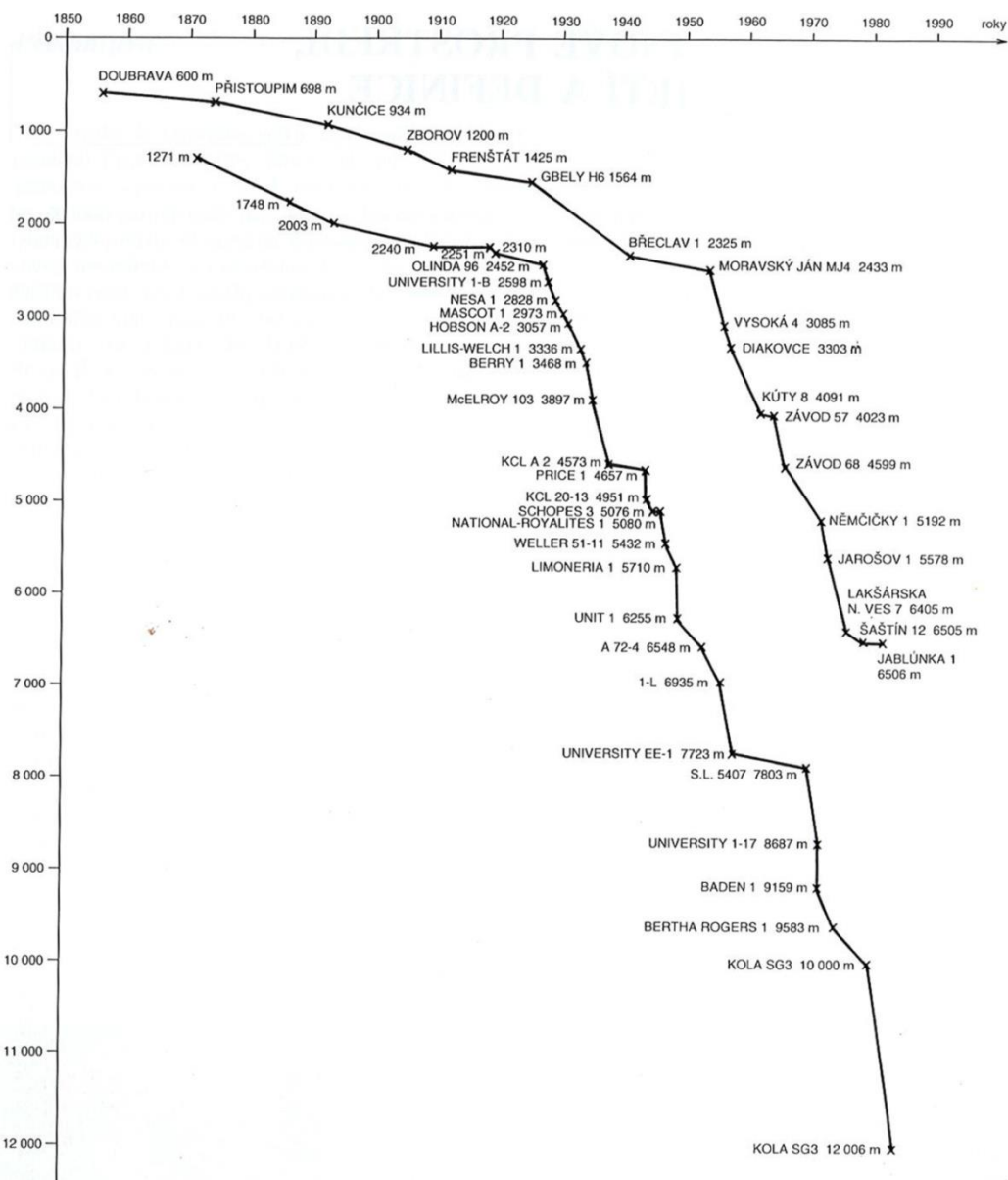


Obr. 2: Vrt na poloostrově Kola v Rusku. [20]

Další strukturální vrt (KTB – Kontinentale Tiefbohrung – kontinentální hlubinný vrt) o **hloubce 9 100 m** byl dokončen v roce 1994 v Horním Falcu u městečka Windisch-Eschenbach .

V Rakousku, severně od Vídně u městečka Zisterdorf byl v osmdesátých letech vyhlouben naftový vrt o **hloubce 8 553 m**.

Nejhlubší vrt v České republice byl vyhlouben v roce 1982 u obce Jablůnka a **dosáhl 6 506 m hloubky**. [3]



Obr. 3.: Vrtly byly od minulého století do devadesátých let stále hlubší, tak jak se vyvíjela vrtná technika, horní graf je pro bývalé Československo, spodní pro celý svět. Do grafu ještě není zanesen vrt KTB v Německu. [3]

Ovlivnění zemské kůry těmito ojedinělými díly je minimální. Mají ale význam výzkumný a teoretický pro představu o mocnosti horninového prostředí.

Významnější narušení litosféry je patrné ze systematických vrtných průzkumů, kde se provádí stovky vrtů do hloubek v desítkách a stovkách metrů. Jako např. průzkum na uranové, cínové, nebo wolframové rudy. Nebo vrtly sloužící k chemické těžbě uranu.

Nejcitelnějším zásahem do zemské kůry, i když se nejedná o takové hloubky, je hornická činnost. Nejhlubší důl současnosti se nachází v Jihoafrické republice. Jedná se o dílo **dosahující hloubky 3 780 m**. Náš nejhlubší důl je v Příbrami-Hájích v bývalém uranovém dole, jáma č. 16, která dosáhla **1838 m** hloubky. Světový rekord zde Příbram držela v roce 1832 – 1966 na dole Pokrok, kde bylo dosaženo hloubky **1 579,6 m**. Veškerá těžba na Příbramsku byla ukončena v minulém století.

Spodní hranici „ horninového prostředí“ v rámci litosféry z výše uvedených příkladů je možné klást do maximálních hloubek zásahu člověka až do 12 000 m od zemského povrchu. Jedná se však o ojedinělé případy a reálnější je uvažovat o **mocnosti „ horninového prostředí „ cca 5000m.**

Horninové prostředí je základní a nejstarší složkou životního prostředí.

Horniny, tvořící horninové prostředí, se ve stavu podobném dnešnímu objevují cca před čtyřmi miliardami let. Biosféra se začíná formovat o cca 400 mil let později, kdy vzniká praoceán. Atmosféra vzniká až na rozhraní proterozoika a paleozoika před 500 a 600 mil léty. [3]

Horninové prostředí je významným ekosystémem. Je základem a východiskem pro rozvoj organismů včetně člověka. Je nositelem nerostných zdrojů a podzemních vod. Dobrý fyzikální a chemický stav horninového prostředí jsou primární podmínkou vzniku a rozvoje života ve všech jeho formách a fázích [4].

Význam horninového prostředí je patrný z následujícího přehledu jednotlivých složek.

Horninové prostředí je:

- zdrojem nerostných surovin (rudních, nerudních, energetických, vzácných minerálů, chemických prvků, vod prostých i minerálů),
- substrátem pro tvorbu půdy,
- základnou pro veškerou činnost člověka, zejména hospodářskou a stavební,
- místem, kde se ukládají odpady,

1.2 Geofaktory životního prostředí

Geologii ve vztahu k životnímu prostředí se prvně začínají zabývat v 70. letech pracovníci, tehdejšího Ústředního ústavu geologického, jako byl B. Moldan, T. Pačes, F. Pícha, J. Jetel, V. Ložek a další.

V 80. létech byl sestaven a schválen projekt na záchranu a dosažení ekologické stability v horninovém prostředí. Jednalo se především o ekonomičtější využívání přírodních zdrojů jako jsou nerostné suroviny včetně podzemních vod, s ohledem na potřeby příštích generací. Formuluje se termín „**geofaktor**“ tj. „geologický faktor“. Slovo faktor odpovídá českému činitel. Faktor neboli činitel vyjadřuje **jev, vlastnost nebo proces.** [3]

Definice geofaktorů pak zní podle stejných autorů následovně:

Geofaktory jsou všechny geologické jevy, vlastnosti a procesy, které jsou spojené s horninovým prostředím a celkově ovlivňují životní prostředí. [3]

Geofaktory životního prostředí jsou ty geologické objekty a procesy, které podstatným způsobem pozitivně nebo negativně ovlivňují životní prostředí společnosti a stávají se tak limitujícími činiteli vývoje.

Definice podle Usnesení vlády ČSR č. 303. ze dne 19.10.1977

Geofaktory- geologické faktory životního prostředí jsou součástí životního prostředí stejně jako ovzduší, voda, zemědělská půda apod.

Pod pojmem "**geofaktory**" rozumíme "**horninové prostředí**" s jeho součástmi a vlastnostmi významnými pro život a rozvoj společnosti včetně využitelných nerostných zdrojů.

Základní rozdělení geofaktorů provedl B. Moldan [1]:

vlastnosti horninového prostředí

- a) geodynamické jevy
- b) morfologie povrchu
- c) hydrogeologické a hydrologické jevy
- d) geochemické jevy
- e) nerostné suroviny

Podrobněji rozlišili geofaktory další autoři a to podle vlastností, jevů a procesů [3]:

1. Vlastnosti horninového prostředí

- a) vlastnosti minerálů a hornin
- b) vlastnosti podzemních vod a plynů
- c) vlastnosti nerostných surovin
- d) vlastnosti půd

2. Jevy na zemském povrchu, tj. tvary reliéfu

3. Procesy v horninovém prostředí

- a) exogenní
- b) endogenní

Podle vlivu člověka na horninové prostředí dělíme **geofaktory na přírodní a antropogenní, případně kombinaci obou.**

Dělení geofaktorů podle vlivu na životní prostředí je možné na **příznivé, nepříznivé a rizikové.**

1. příznivé geofaktory: neporušený georeliéf, nekontaminované podzemní vody, vhodné zdroje ekologické geotermální energie apod.
2. nepříznivé geofaktory: vlivy těžby zrychlená eroze a sedimentace, svahové pohyby, kontaminace hornin, půd, vod chemickými látkami, nebo vlivy ukládání odpadů
3. rizikové faktory jsou nepříznivé faktory, přesahující hranici, za kterou se stávají pro člověka hrozbou ekologické katastrofy

Nejdůležitější rizikové faktory jsou:

A. Mechanické rizikové faktory.

- 1) rychlý pokles zemského povrchu
- 2) zrychlená eroze půd, zvětralin a hornin

- 3) zrychlená sedimentace
- 4) svahové (gravitační) pochody
- 5) narušení režimu podzemních vod
- 6) rychlé seismogenetické pochody
- 7) změny reliéfu způsobené povrchovou těžbou nerostných surovin a stavebními pracemi
- 8) vliv hlubinné těžby nerostných surovin a prací pod povrchem včetně jejich projevů na povrchu

B. Chemické rizikové geofaktory

- 1) anomálně vysoká koncentrace toxických anorganických látek v půdách, nezpevněných sedimentech, zvětralinách a horninách
- 2) anomálně vysoká koncentrace toxických anorganických látek v podzemních vodách
- 3) anomálně vysoké obsahy organických látek v půdách, aktivních sedimentech, zvětralých horninách.
- 4) anomálně vysoké obsahy organických látek v podzemních vodách
- 5) zvýšená radioaktivita horninového prostředí

1.3 Interakce mezi člověkem a horninovým prostředím

Interakce mezi člověkem a horninovým prostředím se projevuje v obou směrech **pozitivně i negativně**:

- pozitivní vliv horninového prostředí na člověka:

např. zdroje nerostných surovin, zásoby pitné vody, dobré základové podmínky pro realizaci staveb;

- negativní vliv horninového prostředí na člověka:

např. geologická nebezpečí jako jsou zemětřesení, vulkanismus, sesuvy, nebo špatné základové podmínky;

- pozitivní vliv člověka na horninové prostředí:

např. zahlazování následků po těžbě (rekultivace, revitalizace), zpracování map a registrů, které pomáhají při sanaci narušeného horninového prostředí (registr sesuvných území, poddolovaných území a starých důlních děl), ochrana zdrojů vody, soubor map geofaktorů, zákon E.I.A. apod.

- negativní vliv člověka na horninové prostředí:

např. těžba nerostných surovin (vznik důlních poklesů, hald a výsypek), výroba elektrické energie (výstavba odkališť), znečišťování povrchových vod a půdy (průmyslová činnost a skládky odpadů).

1.4 Geologické a ekologické účelové mapy

Předpokladem účinné, systematické a vědecky podložené ochrany životního prostředí je znalost zákonitostí přírodních procesů a stavu životního prostředí. Tuto funkci plní mimo jiné i soubor geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů, (měřítko 1:50 000),

kteřý poskytuje přehlednou celoplošnou informaci o geofaktorech ovlivňujících životní prostředí. (ÚÚG 1986).

Mapový soubor je sestaven z následujících druhů map:

1. mapa geologická (přikrytá, viz dále v kapitole o geol. mapě)
2. mapa hydrogeologická
3. mapa ložisek nerostných surovin
4. mapa inženýrského rajónování
5. mapa geochemické reaktivity hornin
6. mapa půd
7. mapa půdně interpretační
8. mapa geochemie povrchových vod
9. mapa geofaktorů životního prostředí
 - a) mapa významných krajinných jevů
 - b) signální mapa střetů zájmů

Geologické mapy odkryté (bez kvarterních sedimentů) a **mapy geofyzikálních indikací a interpretací** jsou zpracovány pouze v oblastech geologicky složitějších.

Geologické mapy jsou generalizovaným obrazem geologické situace. Z geologické mapy je jasné, jak se různé horniny na zemském povrchu usazovaly, jak se později tektonicky měnily, tj. vrásnily a lámaly na kry, nebo jak byly proráženy tělesy vyvřelých hornin či metamorfovány. Je z ní možné vyčíst, jak podléhaly účinkům vnějších geologických sil (zvětrávání, denudaci, erozi a j.), které utvořily současný zemský povrch. **Geologické mapy přikryté**, jsou mapy na kterých je zobrazen vedle předkvarterních hornin i pokryv kvarterních sedimentů, který je často plošně velmi rozsáhlý a místy relativně mocný. Kvarterní sedimenty, vystupující bezprostředně na povrchu terénu, bývají často zvodnělé a také nejvíce zranitelné antropogenní činností. Proto mají pro problematiku životního prostředí mimořádný význam.

Hydrogeologické mapy poskytují základní informace o podzemní vodě jako jedné z nejpodstatnějších složek geofaktorů životního prostředí. Hlavní důvody pro praktické využívání hydrogeologických map jsou:

- a) podzemní voda je významný a ničím nenahraditelný přírodní zdroj
- b) podzemní voda je hlavním transportním médiem různých látek, včetně kontaminantů

Hydrogeologická mapa poskytuje následující základní okruhy informací:

- typ, charakter a geometrii hydrogeologického prostředí
- přístupnost podzemních vod
- využitelnost podzemních vod
- vhodnost podzemních vod z hlediska kvality
- možnost akumulace podzemních vod
- znázornění hydrogeologických objektů dokumentačního charakteru
např. významné studny, jímací zářezy, štoly a šachty.

Mapy ložisek nerostných surovin poskytují základní přehled o výskytu hlavních skupin rud, nerudných surovin, uhlí, ropy a zemního plynu. Současně s tím je vyjádřena také informace, do jakého stupně podrobnosti jsou jednotlivé skupiny nebo typy nerostných surovin po geologicko- ložiskové stránce prozkoumány, popřípadě zda jsou nebo byly těženy, nebo jsou-li k těžbě připraveny. V mapách jsou rovněž vyznačeny všechny těžebny, které jsou dosud v provozu nebo jsou opuštěny. Jsou zde i kontury vyjadřující povrchový rozsah zásob nerostné suroviny, chráněná ložisková území (CHLÚ) nebo dobývacího prostoru (DP). Nerostné suroviny jsou v mapách rozděleny do několika hlavních skupin. **Rudy** (železné, manganové, polymetalické atd.), **energetické suroviny - pevná paliva** (černé uhlí, hnědé uhlí, lignit atd.) a **živice** (asfalt, ropa, zemní plyn). **Nerudní suroviny - průmyslové nerosty** (fluorit, slída, grafit, živec atd.) a **nerudní suroviny - průmyslové horniny** (bauxit, kaolin, písky sklářské a slévárenské atd.). **Stavební suroviny** (stavební kámen, dekorační kámen, štěrkopísky, cihlářské suroviny atd.)

V **mapě inženýrsko-geologického rajónování** jsou vymezeny části území vyznačující se obdobnými inženýrsko geologickými podmínkami. Slouží jako podklad pro navrhování územních plánů sídelních útvarů a městských zón, pro výběr variant umístění průmyslových a zemědělských komplexů a hydrotechnických staveb, pro výběr tras komunikací, produktovodů, pro výběr staveníšť pro nenáročné stavby, pro přípravu inženýrskogeologického průzkumu a pro řešení ekologické problematiky včetně výběru vhodných míst pro ukládání komunálních a průmyslových odpadů.

Mapy geochemické reaktivity hornin vyjadřují chemismus horninového substrátu, který má rozhodující význam při tvorbě půdního pokryvu i při vytváření chemismu podzemních a povrchových vod. Na rozdíl od map geologických je v těchto mapách zdůrazněn chemický a fyzikální charakter hornin.

Mapy půdní zobrazují půdní kryt určité oblasti. Vyjadřují jak typologickou příslušnost půdy (půdní typ, subtyp, hydromorfní vývoj, půdní varietu a formu), také údaje o půdotvorném substrátu, z něhož se půda vytvořila, a který pak dále úzce souvisí se zrnitostním složením zeminy i mocností půdního profilu.

Mapy půdně interpretační informují o ekologických a v závislosti na nich i ekonomických možnostech racionálního a efektivního využití půdního fondu České republiky.

Mapy geochemie povrchových vod jsou sestavovány na podkladě analýz vod z povrchových toků, vodních nádrží a pramenišť. Cílem odběrů a analýz je zachytit současný stav jejich znečištění anorganickými polutanty a zjistit rozsah jejich acidifikace v regionálním měřítku. Z map je možné získat následující informace: Stav acidifikace povrchových vod, charakterizovaný především nízkou hodnotou pH. Znečištění toků těžkými kovy, znečištění suchou depozicí, které je vázáno především na provozy spalující hnědé uhlí a znečištění zemědělskou činností, které je způsobováno především neúměrným dávkováním umělých hnojiv a jejich často nedostatečně zajištěnými skládkami.

Mapy geofaktorů životního prostředí jsou mapy finální, syntetizující celý soubor. Skládají se ze dvou částí: **map významných krajinných jevů a signálních map střetů zájmů.**

Mapa významných krajinných jevů je syntézou vybraných ekologických informací, obsažených v ostatních mapách souboru, doplněných o speciální údaje o vlivech lidské činnosti a zhodnocení stavu rostlinné složky krajinného prostředí. Tím, že graficky zvýrazňuje vzájemné souvislosti a případné střety rizikových jevů v ekosféře, slouží tato mapa především k rychlé orientaci o celkové ekologické situaci daného území a jeho přírodního potenciálu a naznačuje cesty k sanaci stávajících, případně očekávaných rizik ohrožení atmosféry.

Z mapy jsou patrné následující informace:

- Jevy týkající se horninového prostředí (litosféry), jako nejdůležitější informace o druhu a stupni prozkoumanosti ložisek nerostných surovin, o intenzitě zemětřesných pohybů, o významných zlomových liniích a rozšíření ploch destabilizovaných nebo ohrožených svahovými pohyby.
- Údaje o zemědělských půdách (pedosféře), jako je rozšíření zemědělských půd velmi vysokého až nejvyššího produkčního potenciálu (půdy kategorie A, B), území silně ohrožená nebo poškozená erozí vodní nebo větrnou a působení podzemních vod (podmáčení, bažinaté plochy).
- Údaje o povrchových a podzemních vodách (hydrosféře) například plochy výskytu silně průtočných hornin, představující areály snadno zranitelné povrchovým průsakem škodlivin, zanášených do přírodního prostředí lidskou činností (skládky odpadů, plošné aplikace chemických látek v zemědělství, vypouštění odpadních vod). Kromě vodárenských toků a nádrží a sítě využívaných vodních zdrojů (studní, vrtů, pramenů) jsou vyznačena i pásma II. stupně hygienické ochrany zdrojů vod a chráněné oblasti přirozených akumulací vod (CHOPAV).
- Údaje týkající se rostlinného krytu (biosféry). Plochy lesa vysoké až nadprůměrné produkční kategorie (K, L), lesy ochranné a lesy zvláštního určení. Plochy nelesních dřevin, trvalých drnových porostů, velkoplošná chráněná území (rezervace, CHKO, národní parky)
- Území výrazně postižená znečištěním ovzduší nebo prašným spadem.
- Zobrazení negativních vlivů lidské činnosti na kvalitu životního prostředí. Zvýrazněny jsou plochy sídel, výrobních činností a technických zařízení, území podél exponovaných komunikačních tahů dotčená exhalacemi a hlukem z dopravy a území poddolovaná nebo devastovaná povrchovou těžbou nerostů. Liniově jsou vyznačena vedení velmi vysokého elektrického napětí (220 kV a výše), zatěžující své okolí zářením a bodově jsou pak znázorněny veškeré skládky odpadů.

Signální mapa střetů zájmů poskytuje přehled o rozložení a podstatě přítomných konfliktních jevů. K podrobnějšímu studiu jednotlivých jevů pak slouží ostatní mapy souboru. Jsou zde vyznačena území střetů zájmů, rozlišená na střety zájmů a narušení nižší závažnosti, vážné střety zájmů a závažné devastace, dále pak maloplošné a bodové konfliktní jevy a oblasti postižené klasifikované podle Usnesení vlády ČSR č. 76/80.

1.5 Geologie - nauka o Zemi a její odvětví

Geologie v klasickém slova smyslu, je naukou o Zemi. Název pochází ze složení dvou slov: **Géos (Země) + Logos (slovo) = nauka o Zemi**

Geologie se dělí na tři základní části: na **geologii všeobecnou, geologii historickou a geologii aplikovanou (užitou)**.

Geologie všeobecná se zabývá vlastnostmi pevné kůry zemské a poznáním sil, které na kůru zemskou působí.

Geologie historická studuje vývoj Země od jejího vzniku až po dnešní dobu a zkoumá dávno minulé geologické, geografické a biologické poměry naší Země. Geologii všeobecnou dělíme na **strukturní a dynamickou**.

Strukturní geologie pojednává o složení a stavbě kůry zemské. Kůra zemská se skládá z hornin a minerálů. Odvětví strukturní geologie, které popisuje vlastnosti hornin a vysvětluje jejich vznik, se pak nazývá geologie petrografická neboli **petrologie**. Uložení vrstev a ostatních hornin, popis různých deformací (vrásky, zlomy), tedy stavbu neboli tektoniku kůry zemské, je nazývána **geologií tektonickou** jinak též strukturní.

Geologie dynamická sleduje příčiny a původ jevů v kůře zemské a pozoruje síly, které na ni působí. Tyto síly jsou dvojí: **vnitřní** neboli **endogenní** a **vnější** neboli **exogenní**.

Regionální geologie je obor geologie, který se zaměřuje na menší geologické celky v zájmové oblasti. Snaží se vytvořit podrobný geologický obraz oblasti, který se získává geologickým mapováním. Výsledkem by měla být trojrozměrná představa o sledované oblasti.

Geologie historická je zaměřena na poznání vývoje Země a jejího povrchu od dob jejího vzniku až do dneška. Detailním studiem hornin, zkamenělin ve vrstvách vzniklých v minulých geologických dobách se snaží o rekonstrukci geografických poměrů a obraz tvorstva a rostlinstva v době dávno minulé. Pomocná věda historické geologie, která studuje vývoj a úplnost vrstevního sledu v jednotlivých zemích a tyto mezi sebou srovnává, se nazývá **geologie stratigrafická - stratigrafie**. Na ni pak úzce navazuje **paleontologie** tj. **nauka o fosíliích - zkamenělinách**. Rozlišujeme **zoopaleontologii**, která se zabývá zbytky živočišnými, a **fytopaleontologii** neboli **paleobotaniku**, která studuje rostlinné zbytky.

Geologie aplikovaná (užitá) ukazuje praktický význam v nejrůznějších odvětvích lidské činnosti, zvláště v hornictví, ve stavebním inženýrství, v zemědělství, v obchodu a průmyslu apod. Sem patří **geologie ložisková**, zkoumající vznik a vývoj ložisek, **hydrologie a hydrogeologie** zabývající se vodou na a pod zemským povrchem a **inženýrská geologie** zaměřena na vztah mezi stavbou a horninovým prostředím, nebo užitá geofyzika využívající fyzikální vlastnosti hornin a zemských polí.

Přehled geologických oborů je patrný z tab. 1.

VŠEOBECNÁ GEOLOGIE	HISTORICKÁ GEOLOGIE
---------------------------	----------------------------

strukturní geologie	dynamická geologie	stratigrafie
mineralogie	endodynamika	zoopaleontologie
petrologie		fytopalentologie
	exodynamika	
tektonika		
	praktická geologie	
výkonná geologie		užitá : ložisková geologie
(výzkumy, mapy,		hydrogeologie
laboratoře)		inženýrská geologie
		užitá geofyzika

Tab. 1. Geologické obory. [4](1996)

II. BLOK ZÁKLADY GEOLOGIE

2. Planeta Země

2.1 Zařazení planety do vesmíru

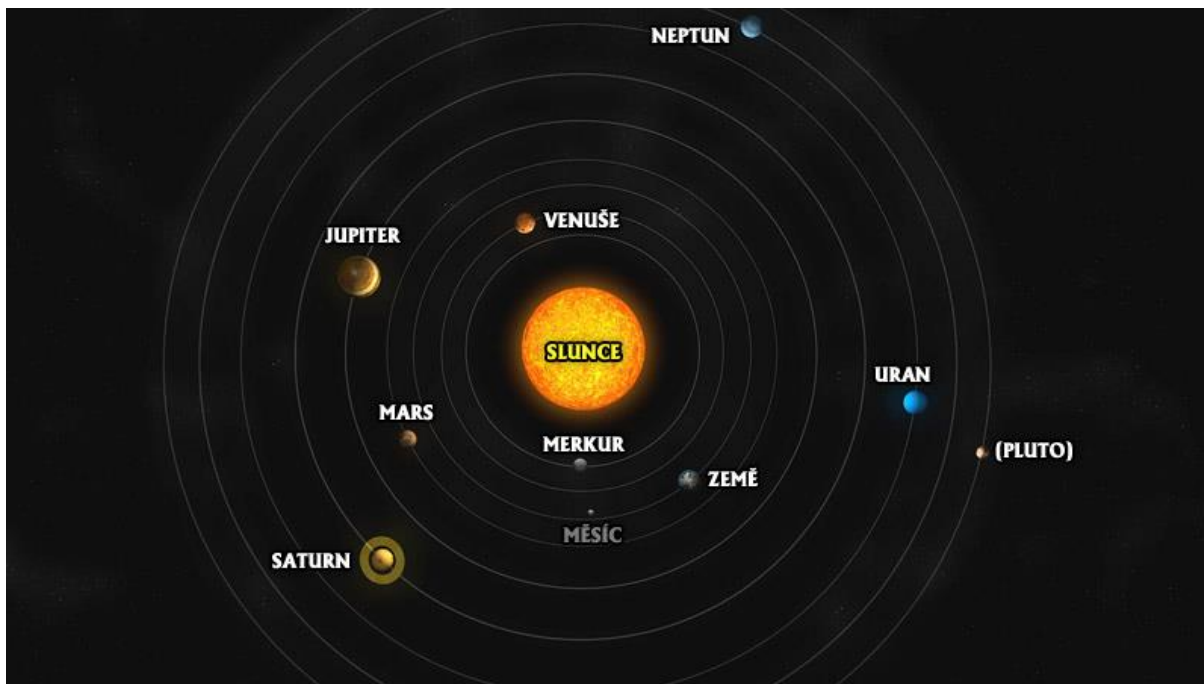
Planeta Země je součástí Sluneční soustavy, která spadá do galaxie Mléčné dráhy. Ta je pak jednou z miliard galaxií nacházejících se ve vesmíru.

Mléčná dráha je naší galaxií, čítá více než 100 miliard hvězd. Sluneční soustava je situována v jednom z ramen spirálně rotující galaxie v asi ve 2/3 vzdálenosti od jejího středu. Perioda rotace kolem osy se odhaduje na 200 milionů let, což je některými autory dáváno do souvislosti s cyklicitou globálních geologických procesů Země (např. vrásnění, reorganizace pohybů litosférických desek apod.) [5]

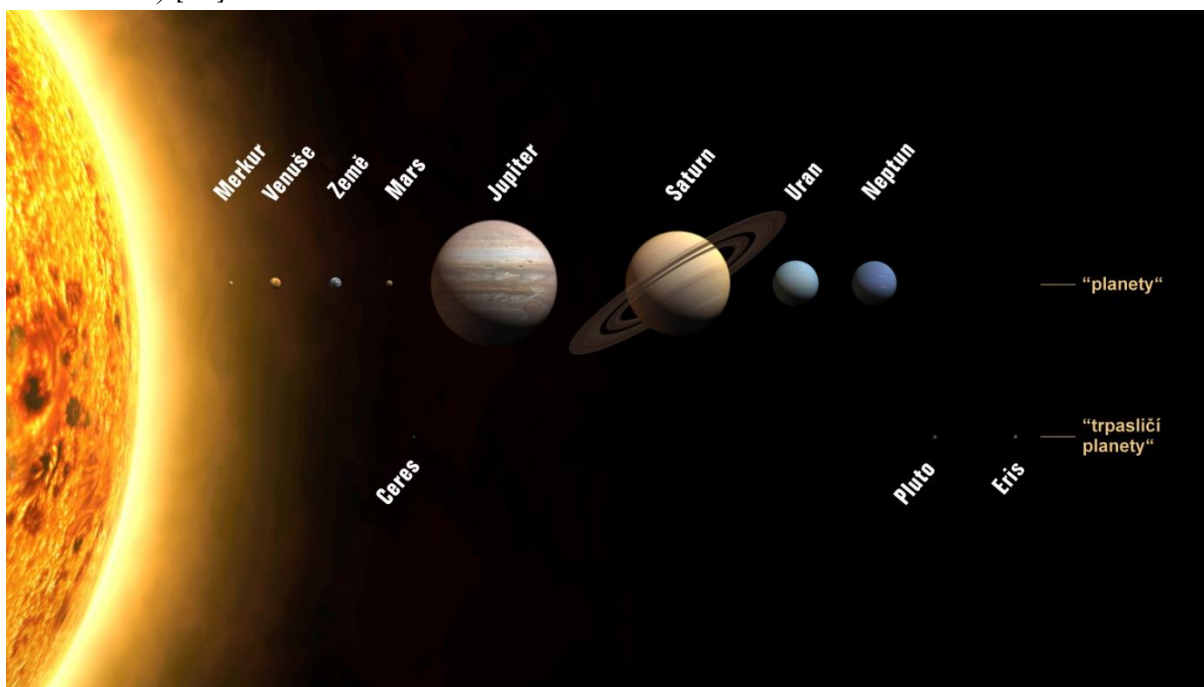
Sluneční soustava se skládá ze Slunce, vnitřních (terestrických - kamenných) planet, podobných svými parametry Zemi, mezi něž patří Merkur, Venuše, Země a Mars. Planety vnější, kam řadíme Jupiter, Saturn, Uran, Neptun se odlišují od terrestrických planet zejména velikostí (viz obr. 4, 5,) složením, vnitřní strukturou a tím, že nemají pevný povrch. [5] Dalšími součástmi jsou i menší objekty, jako měsíce, planetky- asteroidy, komety a meteority. Průměry těchto těles se pohybují od několika m až do 2 000 km. Měsíce a větší planetky jsou tvořeny z více odlišných druhů hmoty, menší objekty jsou převážně homogenní, např. ze silikátů, kovů, ledu apod.

Země je třetí nejbližší planetou Slunce. Je nejhmotnější z kamenných planet (plynní obři, jako Jupiter je těžší) a má ze všech planet největší hustotu. Její poloha na dráze vzdálené 150 milionů kilometrů od Slunce zaručuje, že se Země ani nespaluje ani nemrzne. Voda a atmosféra potlačují teplotní extrémy. Právě tyto dvě podmínky umožňují vývoj života. Složení a struktura atmosféry, spolu s optimální teplotou zemského povrchu, umožňují existenci vody na zemském povrchu ve všech třech skupenstvích. Vysoký obsah kyslíku v atmosféře zaručuje rozvoj vyšších forem živých organismů.

Z vesmíru se Země jeví jako jeden z nejzajímavějších objektů ve Sluneční soustavě.



Obr. 4.: Rozmístění planet a jejich oběžných drah ve Sluneční soustavě. (podle Press, Siever 1975, in Kachlík 1996) [22]



Obr. 5.: Ukázka relativních velikostí Slunce a ostatních planet. [21]

2.2 Vznik vesmíru „ velký třesk“

Teorií o vzniku planety Země existuje celá řada. Od těch, které vznikly v minulosti, až po současnost. Všechno jsou to však pouze hypotézy neboli domněnky. Neexistují faktické důkazy. V současné době jako nejpravděpodobnější je uznávána teorie, která začala událostí "velký třesk", ke které došlo před 10 až 20 miliardami let, kdy se **zrodil Vesmír**.

Asi před 5 miliardami let existovala ve vesmíru na místě sluneční soustavy mlhovina, snad jako jeden z pozůstatků nedávného výbuchu Novy. Hmota mlhoviny byla nejdříve rozložena

v podstatě stejnoměrně v celém prostoru, který vyplňovala. Náhodné místní shluky uvedly do činnosti gravitační síly, jež postupně způsobily, že se uprostřed začala hmota zhušťovat. Z této centrální oblasti vzniklo konečně Slunce, které se stalo zdrojem energie pro celou oblast mlhoviny. Zdrojem sluneční energie je termonukleární reakce, která probíhá v jeho nitru. Při ní se "spaluje" vodík, jenž představuje většinu hmoty Slunce (i celého vesmíru); reakci uvedly do chodu nesmírný tlak a teplota, které postupně narůstaly uprostřed tvořícího se Slunce.

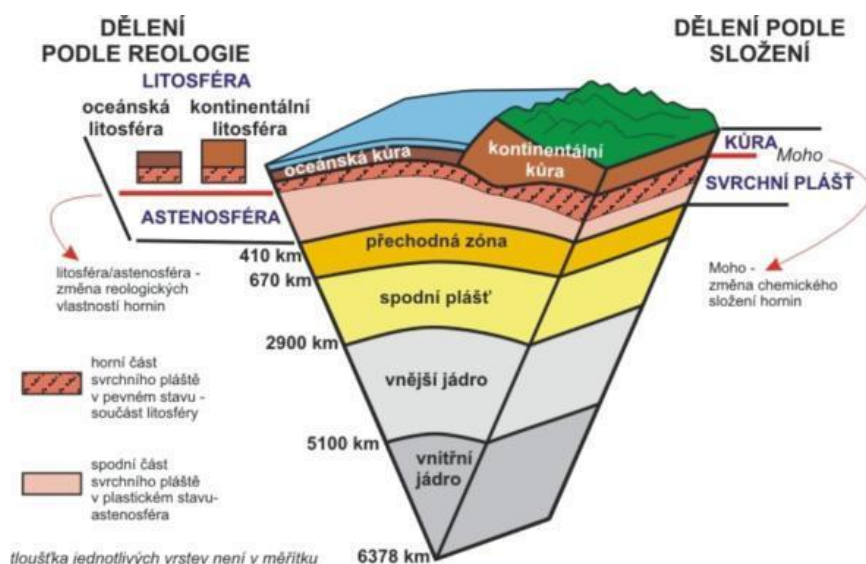
Brzy po Slunci vznikly postupným soustředěním pevných částic a zrn hmoty, součástí mlhoviny, terestrické planety Merkur, Venuše, Země a Mars. Ve stejné fázi se zachytily plyny a těkavé látky, které se staly základem jejich atmosfér. Teplota, při níž vznikaly planety, byla nízká, mezi -150°C a -250°C . Z necelých dvou tisíc trilionů tun železa, přibližně ze stejného množství křemíku a z o málo většího množství ostatních prvků - nejvíce kyslíku, dále hliníku, hořčíku, chrómu a sodíku - vznikla $6,25 \cdot 10^{27}$ g hmotná planeta Země. Tento proces proběhl přibližně před 4,6 miliardy let.

Vznik Země proběhl tzv. akrecí planetesimal, což je gravitační kondenzace mezihvězdné hmoty. Dochází k postupnému nabalování pevných i plyných částic. Brzy po vzniku Země začal její geologický vývoj, který pokračuje dodnes. Díky existenci radioaktivních prvků, které jsou památkou na zmíněnou Novu, díky gravitačním silám i impaktní energii dopadajících částic, došlo nejdříve k vnitřnímu ohřevu. Úplně nebo částečně roztavená hmota se v zásadě gravitačně rozdělila: uprostřed se postupně nahromadily těžké kovy, železo a nikl a utvořily zemské jádro. Jádro je obklopeno lehčím pláštěm. Nejlehčí těkavé látky se z větší části dostaly nejbliže k povrchu a vytvořily zemskou kůru. Odplyněním hornin pláště a kůry vznikla hydrosféra, zemské vodstvo, a atmosféra, zemské ovzduší.

2.3 Anatomie Země

Země je tvořena jádrem zemskými pláští a litosférou. Tyto tři složky jsou uspořádány podle hustot. To je podmíněno **zemskou tíží**, jejímž místem vzniku je zemský střed. Biosféra, sféra veškerého ústrojenstva, zasahuje do všech tří složek. Je obklopena obaly vzdušným **atmosférou** a vodním **hydrosférou**.

Kulatý tvar zemského tělesa byl dokázán Newtonovým gravitačním zákonem (1683). Působením odstředivé síly, která vznikla rotací Země kolem své osy, dochází k jejímu polárnímu zploštění. Dalšími měřeními bylo zjištěno, že rovnoběžky a rovník jsou elipsami. **Země je tedy trojosým elipsoidem**, ale velmi blízkým kouli (viz obr. 6).



Obr. 6.: Složení Země. [23]

Pevné těleso Země se skládá z několika soustředných vrstev. Každá vrstva má své zvláštní chemické složení a fyzikální vlastnosti. Vnější se nazývá **kůra**, pak následuje **plášť** a uvnitř je **jádro**.

Složení zemského tělesa bylo zjištěno pomocí studia rychlosti šíření a drah seismických (zemětřesných) vln. Při přechodu rozhraní hornin s odlišnými hustotami se seismické vlny lámou, nebo se pod malým úhlem od něj odrážejí.

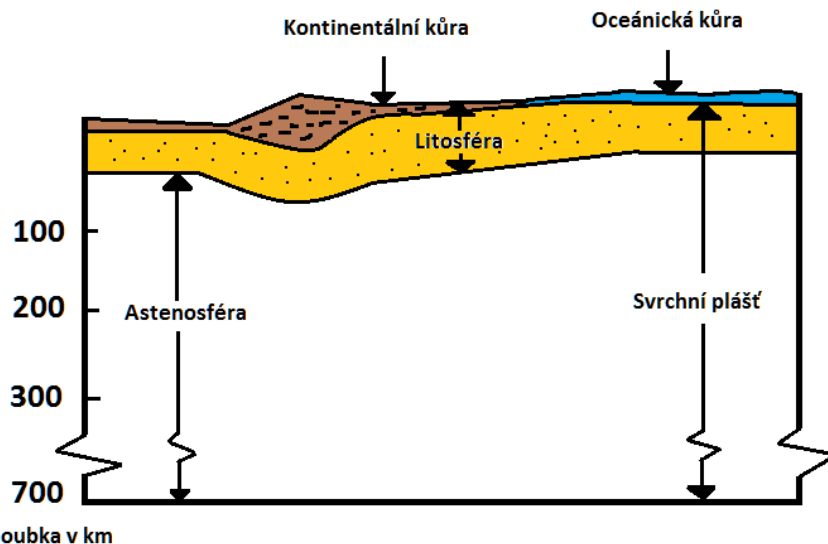
Chemické složení kůry a svrchního pláště je známo z přímého pozorování hornin při zemském povrchu nebo blízko něj. O hmotě, ležící pod svrchním pláštěm, toho není mnoho známo, ale mezi železnými a kamennými meteority a složením hlubokého nitra Země se předpokládají určité podobnosti.

Mocnost zemské kůry je v průměru 35 km a odlišuje se podle umístění **na kůru kontinentální a oceánskou**

Svrchní kůra pod kontinentálními oblastmi je tvořena převážně z prvků křemíku a hliníku (proto dříve často používaný termín - sial). Pod oceánskými oblastmi a v podloží kontinentálního kůry jsou nejhojnějšími prvky křemík a hořčík (dříve užívaný termín sima). Kontinentální kůra má hustotu $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$; je lehčí než kůra oceánská (hustota $2,9 \text{ g.cm}^{-3}$), leží nad ní a buduje kontinenty. Oceánská kůra má menší mocnost a je tvořena tenkým pokryvem sedimentů a láv.

Kůru odlišuje od pláště náhlá změna hustoty (z $2,9$ na $3,3 \text{ g.cm}^{-3}$), a tím se vytváří dobrá odrazová plocha pro zemětřesné vlny. Tato plocha, známá jako Mohorovičičova diskontinuita (rozhraní, nespojitost), krátce Moho, byla pojmenována podle chorvatského vědce, který ji objevil r. 1909. Je v průměrné hloubce 35 km pod kontinenty, avšak pouze 10 km pod oceány a moři.

Svrchní plášť se skládá z tenké pevné vrchní vrstvy, sahající pod Moho do hloubky asi 60-100 km, dále z těstovité vrstvy astenosféry, dosahující asi 200 km a ze silné spodní vrstvy v rozpětí 200-700 km. Zemská kůra a pevná část svrchního pláště tvoří litosféru, která se dělí na desky. Tyto desky se pohybují na astenosféře, která je vlivem tlaku a teploty blížící se bodu tání téměř tekutá (plastická), (viz obr. 7).



Obr. 7.: Umístění a poměr litosféry a astenosféry. [4]

Svrchní plášť je od spodního oddělen jinou diskontinuitou, na níž hustota hornin znovu vzrůstá (z $3,3$ na $4,3 \text{ g.cm}^{-3}$). Spodní plášť je patrně tvořen hlavně peridotitem s minerály o vyšší hustotě, které vznikly tlakem nadložních vrstev.

Mezi spodním pláštěm a jádrem leží v hloubce 2900 km další diskontinuita, na níž hustota vzrůstá z $5,5$ na 10 g.cm^{-3} . Tato **diskontinuita, tzv. Gutenbergova**, byla objevena r. 1914. Samo jádro se v hloubce 5150 km dělí na vnější a vnitřní; skládá se zřejmě ze železo-niklové slitiny - **Nife**. Vnější pásmo je patrně kapalné, protože jim neprocházejí S-vlny (příčné zemětřesné vlny), zatímco vnitřní pásmo je nejspíše pevné, protože P-vlny (podélné) se v něm pohybují o něco rychleji. Hustota se na rozhraní vnějšího a vnitřního jádra mění z $12,3$ asi na $13,3 \text{ g.cm}^{-3}$ a ve středu Země v hloubce 6371 km vzrůstá asi na $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$. [6]

3. Litosféra

Litosféra je složena z hornin různé geneze a různého chemického a mineralogického složení. Její název je odvozen od řeckého slova **lithos** tj. kámen. Je to nejsvrchnější pevná vrstva Země, **zahrnující zemskou kůru a pevnou část svrchního pláště**. Litosféra je rozdělena na pevné desky uložené na plastické **astenosféře**. Desky tvoří jádra kontinentů - kratogeny. Kontinenty představují relativně stabilní oblasti litosféry. Z následujícího obrázku 8, jsou patrné litosférické desky. [7]



Obr. 8.: Litosférické desky. [24]

3.1 Složení litosféry a cykly v ní probíhající

Hmota litosféry je převážně tvořena z hornin **vyvřelých a metamorfovaných**, pouze 10 % hmoty tvoří **sedimenty**. Povrch pevnin je však pokryt sedimenty z 80 %.

V litosféře neustále probíhá **veliký koloběh hmoty**. Ten můžeme rozčlenit na cykly, které jsou vzájemně propojeny.

Vznik, vývoj a vztahy mezi jednotlivými skupinami hornin je patrný z **horninového cyklu**, který je znázorněn na obr. 9.

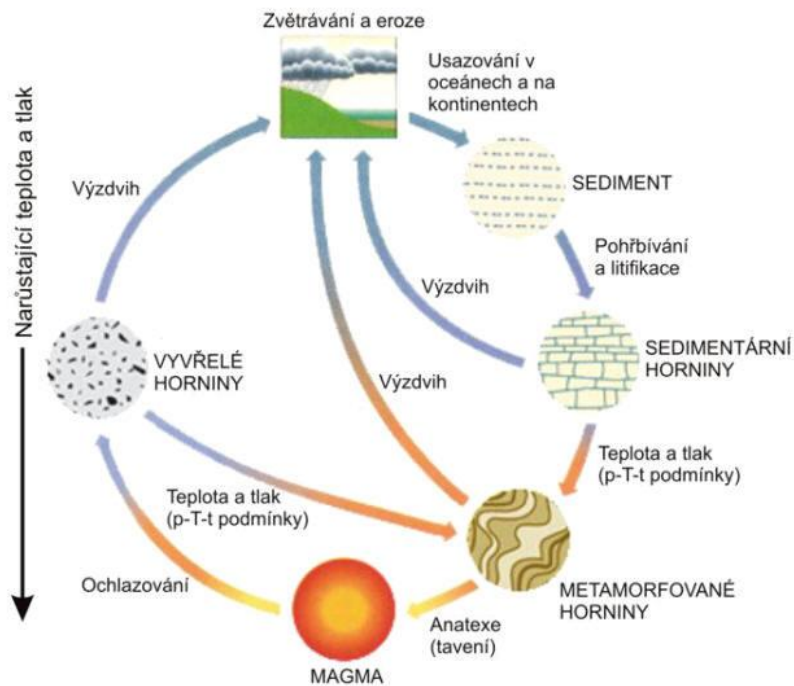
Prvotní (primární) typ hornin jsou horniny vyvřelé, vzniklé z tekutého materiálu zvaného **magma**.

Postupně dochází k chladnutí a tvrdnutí magmatu a tento proces se nazývá **krystalizace**.

Vyvřelé horniny na zemském povrchu podléhají **zvětrávání** (rozložení), ke kterému dojde dlouhodobým působením vnějších, převážně atmosférických vlivů. Transportem rozložených částic a jejich následným uložení do vrstev vznikají sedimentární horniny. U části sedimentárních hornin dochází ke zpevnění neboli k **diagenézi**.

Sedimentární a vyvřelé horniny, pokud se dostanou do hlubokých partií zemské kůry, jsou vystaveny velkému tlaku a teplotě, a dochází k jejich rekrystalizaci - **metamorfóze**.

Horninový cyklus se uzavírá, pokud tlak i teplota se dále zvyšuje, horniny jsou vtlačeny do pláště a postupně se mění v magma, které později opět stoupá k zemskému povrchu. [7]



Obr. 9.: Horninový cyklus v litosféře. [25]

Procesy, které probíhají na kontinentech, je nutné odlišit od procesů mořského dna. Kůra kontinentů je podstatně starší. Kontinenty představují relativně stabilní nejstarší část litosféry.

Naproti tomu horniny oceánické kůry jsou v průměru asi 10x až 20x mladší. Jak je patrné z globální deskové teorie, jsou v neustálém pohybu, v oblasti středo-oceánických hřbetů vystupují na povrch, rozpínáním mořského dna se vzdalují od míst vzniku a postupují k zónám ponořování pod kontinentální desky.

Tektonický cyklus probíhá v podstatě v rámci litosféry, to znamená v zemské kůře a nejsvrchnější části pláště, (viz obr. 10).

Sedimentárního cyklu se účastní jako jeden veliký celek litosféra, pedosféra, hydrosféra a atmosféra, (viz obr. 10). Čerstvé horniny vzniklé v rámci tektonického cyklu jsou vyzdvihovány na povrch, kde zvětrávají. Dále jsou transportovány do míst, kde dochází k jejich nahromadění a sedimentaci. Část z těchto hornin klesá do hloubky, podléhá procesu metamorfózy a stává se součástí tektonického cyklu. Větší část sedimentárních hornin je erodována a opět se dostává do sedimentačního cyklu.

Globální tektonika – desková teorie

Teorie deskové tektoniky byla zveřejněna na sklonku 60 let a na vědy o Zemi zapůsobila revolučním účinkem. Tato teorie nabízí jasný a logický výklad pro mnohé z různých zemských strukturních a geofyzikálních jevů např.: horotvorné procesy, zemětřesení a pohyb kontinentů.

Litosférické desky jsou ohraničeny oceánickými hřbety, příkopy (předhlubněmi) a transformními zlomy (viz obr. 8). **Oceánické hřbety** se objevují tam, kde se dvě desky oddalují a vzniklou „trhlinu“ neustále vyplňuje magma, přicházející z astenosféry. Při ochlazování magmatu vzniká nová kůra, která se stává částí pohybujících se desek. Tak dochází k rozpínání mořského dna. Je to činnost pomalá, ale ne zanedbatelná – například Atlantik se rozestupuje o 2 cm za rok. K nejrychlejšímu rozpínání dochází ve východním Pacifiku, kde se ročně vytváří 10 cm nové kůry. Příkopy se tvoří tam, kde se dvě desky sbíhají, jedna z desek klouže příkře pod druhou a vniká do pláště (tzv. **zóna subdukce**), (viz obr.10).

Transformní zlomy vznikají tam kde dvě desky kloužou jedna vedle druhé, jsou to tzv. hranice. **Divergentní hranice** vznikají oddalováním dvou desek a **konvergentní hranice** vzniká sbližováním dvou desek, (viz schéma č. 1).

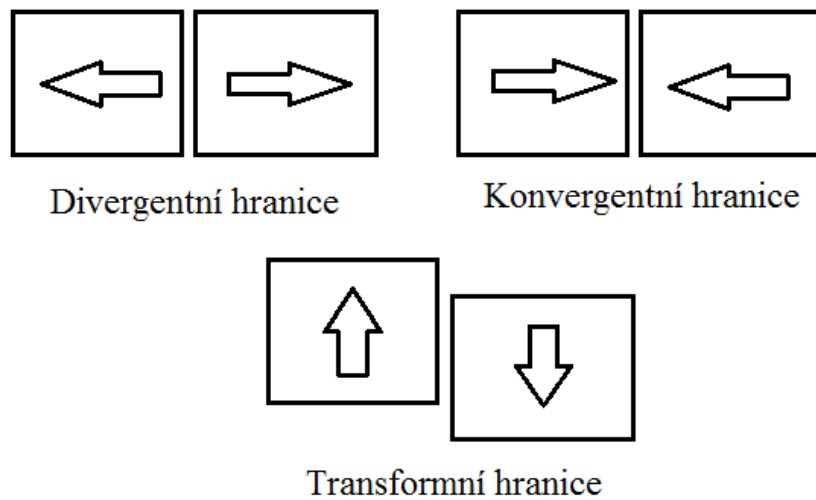
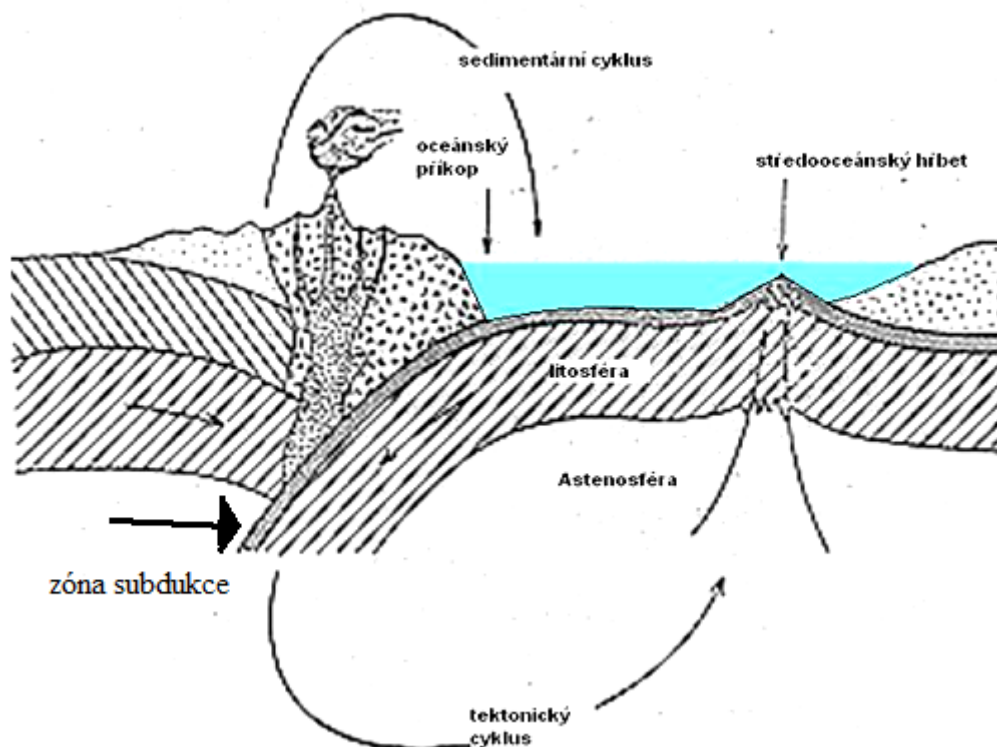


Schéma č. 1.: Hranice litosférických desek. [4]



Obr. 10.: Tektonický a sedimentární cyklus. [4]

3.2 Endogenní a exogenní síly

Zásadní vliv na stavbu a morfologii litosféry mají endogenní a exogenní síly.

Endogenní (vnitřní) síly vznikají v nitru Země a projevují se například při pochodech sopečných (vulkanických), pochodech horotvorných (orogenetických), nebo jiných pohybech kůry zemské. Proto patří k endogenní dynamice především nauka o vystupování magmatu do kůry zemské a na povrch zemský a o jevech sopečných. Všechny tyto pochody shrnujeme pod společný název **vulkanismus**. Pohyby v kůře zemské jsou buď slabé, ale dlouho trvající, někdy se projevují nakláněním (kolébáním) a stoupáním nebo klesáním, anebo silné a krátce trvající. První z nich se projevují v pozvolných klesáních pevnin a mořského dna. Označujeme je jako pohyby **epeirogenetické** neboli pevninotvorné. Silnými pohyby, avšak obvykle krátce trvajícími, se vyzdvihují na povrchu zemská pásemná pohoří, říkáme jim pohyby **orogenetické** nebo horotvorné. Soubor pohybů probíhajících v labilních částech zemské kůry a dávajících vznik pásemným pohořím se nazývá **orogeneze**. Epeirogenetické i orogenetické pohyby mají společnou příčinu a jsou jen různým projevem stejných vnitřních (endogenních) sil. **Diastrofismus** je společným názvem pro pohyby epeirogenetické a orogenetické.

Exogenní (vnější) síly se projevují účinky slunečních paprsků, vody ledu a mrazu, vzduchu a větru a účinky organismů včetně člověka. Působení těchto činitelů bývá často zesilováno gravitací. Do oboru exogenní dynamiky tedy patří jevy jako je řízení skal a sesuvné deformace, činnost vody povrchové i podzemní, jevy **glaciální** tj. geologická činnost ledu a mrazu a zvláště ledovců, jevy **eoické** tj. geologická činnost vzduchu a větru a geologická činnost organismů.

U všech exogenních činitelů sledujeme činnost **rušivou, přenosnou** a činnost **tvořivou**.

Rušivou činnost označujeme jako vymílání neboli **erozi** a ta může být vodní, ledovcová, nebo větrná.

Soubor veškeré rušivé činnosti všech exogenních sil říkáme odnos neboli **denudace** (obnažování).

Tvořivou činností exogenních sil vznikají nové uložení (sedimenty) - vrstvy.

Endogenní a exogenní síly pracují neustále proti sobě. Endogenní síly dávají vznik novým horstvům, exogenní síly je naopak rozrušují a zarovávají. [4]

3.3 Geologická činnost endogenních sil

Endogenní (vnitřní síly) probíhají uvnitř Země. Na povrchu se projevují sporadicky nejčastěji **vulkanismem (magmatismem), zemětřesením, horotvornými pochody**.

Bez projevu na povrch pak **metamorfismem**.

a) Proces při kterém magma proniká horninami zemské kůry se nazývá **magmatismem intruzivním**. Povrchový magmatismus bývá označován jako **vulkanismus**.

Magma je žhavotekutá tavenina, která podle převládajících názorů vzniká a hromadí se v **magmatických krbech** v zemské plášti. V případě výstupu magmatu na zemský povrch je nazýváno **lávou**.

V zemské kůře se vyskytují různá magmatická intruzivní tělesa.

Rozlišují se na tělesa **hlubinná a podpovrchová**.

Hlubinná magmatická tělesa se vyskytují ve spodních patrech zemské kůry, vyznačují velkými rozměry. Obecně je nazýváme **plutony**. Hluboko zakořeněné plutony nazýváme **batolity**.

Podpovrchová magmatická tělesa bývají uložena ve vyšších patrech zemské kůry, jsou menších rozměrů a kanály (sopouchy) je propojují s hlubinnými tělesy. Nejrozšířenější jsou tzv. **lakolity** a další početnou skupinu tvoří **žíly**. [4]

3.3.1 Vulkanismus

Vulkanismem rozumíme všechny jevy spojené s vystupováním magmatu, při výstupu na povrch ho nazýváme lávou. Utuhnutím magmatu nebo lávy vznikají vyvělé horniny. Ty vytvářejí tělesa **intruzivní** (vniková), nebo **extruzivní** (efusivní, výlevná). Místo na povrchu zemském, kde vystupuje ze zemského nitra magma, nazýváme vulkanické těleso nebo sopka. Sopky dělíme podle různých kritérií např. podle tvaru na **centrální, areální** nebo **lineární** nebo podle materiálu, z kterého jsou vytvořeny.

Jsou to například sopky **tufové** tvořené nesouvislými sopečnými vyvrženinami (bomby, lapily, písky, popel), sopky **lávové**, ty jsou celistvé, homogenní, tvořené lávovými výlevy, Sopky **smíšené** neboli **stratovulkány** vznikají střídáním lávových výlevů a tefry (nesouvislé sopečné vyvrženiny, popel, písek, bomby).

Další dělení sopek je podle činnosti a to na **činné** (aktivní), nebo **vyhaslé** (spící). Podle charakteru vzniku jsou např. **výbuchové** (explozivní), nasypané z nesouvislých sopečných vyvrženin (**maary**- výbuchová hrdla, kráter v úrovni terénu). Nebo **výlevné** (efusivní) lávové, jako jsou sopky **tabulové**, sopky **štitové**, **výtlačné kupy** (České středohoří), lávové jehly apod.

Při vulkanické činnosti dochází k uvolňování značného množství plynů, které mají různé složení (H₂O, HCl, NH₄, CO₂, SO₂, atd.).

V oblastech činného vulkanizmu, nebo tam, kde se v poslední době objevoval, se vyskytují časté vývěry horkých pramenů a minerálních vod. Jako **gejzíry** označujeme takové horké prameny, které vystřikují v intervalech sloupce horké vody a páry.

U vulkanických těles bývá sopečný kužel porušen velikou kotlovitou prohlubeninou, která se nazývá **kaldera**. Je to destruktivní útvar, který vzniká při výbuchu, kdy dojde buď k rozmetání vrcholku, nebo jeho propadnutí do nitra sopky. Příkladem je exploze na ostrově **Krakatau** (Indonésie) v roce 1883, kdy po 200 létech klidu došlo ke zničení dvou třetin ostrova a k zaklesnutí vrcholu do magmatického rezervoáru.

Vulkanická činnost budila od pradávna pozornost lidí. Nejstarší záznam se dochoval v zápisech římského konzula Plinia o mohutném výbuchu Vesuvu z roku 79 n.l., při kterém byla zničena tři města **Pompeje, Stabiae a Herculaneum**. První dvě byla zasypana spoustami sopečného popela, lapilů a kousků pemzy. Herculaneum zaplavil bahenní proud, který vznikl ze spoust sopečného popela rozmočeného silnými dešti.

Z popsaných historických příkladů jsou patrné sopečné procesy, které mohou znamenat katastrofu. Jsou to **lávové proudy, výbuchy se spadem sopečných klastických vyvrženin, sopečné bahnotoky, sopečné povodně a žhavá mračna a výrony plynů** (lahary).

K superexplozím počítáme katastrofu v roce 1815, kterou způsobil výbuch sopky **Tambora** na ostrůvku Sumbawa (Indonésie), kde zahynulo asi 100 000 lidí. Obdobně rozsáhlý výbuch nastal na Kamčatce v březnu 1956. Sopka **Bezimjanyj** nečekaně vybuchla. Mrak sopečných vyvrženin dosáhl výšky 43 km, 24 km od kráteru byly ze země vytrženy stromy a do vzdálenosti 30 km vznikaly požáry. Naštěstí území bylo téměř neobydlené. Láva utuhla v různých tvarech například jako tzv. provazová láva.

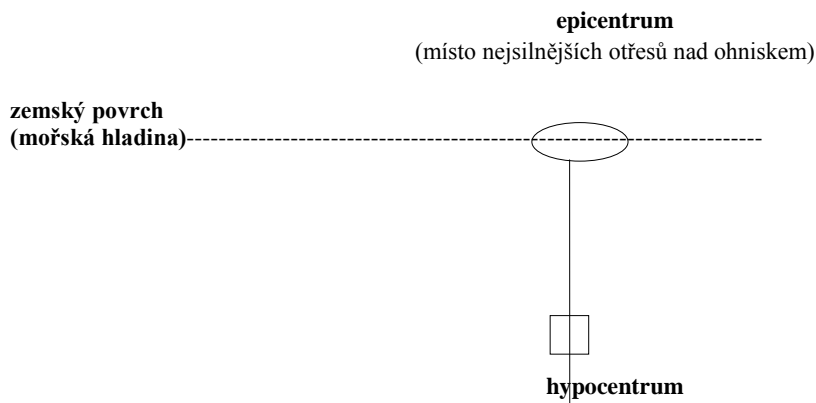
Z doby poměrně nedávné byl katastrofální výbuch **Hory St. Helen** (severozápad USA), která byla v klidu od roku 1856. K nové explozi došlo po předpovědích vulkanologů v roce 1978. 18. května nastalo peklo. Detonace byly slyšet do vzdálenosti 200 km a krajina byla zničena okolo sopky do 20 km.

Výskyt sopek je vázán na obdobné oblasti, jako jsou zemětřesení (oblast tichomořská a středomořská).

Sopky v České republice ukončily svoji činnost cca před několika sty tisíci let ve čtvrtohorách. Je to **Komorní hůrka** u Františkových lázní, **Železná hůrka** a **Příšovská homolka** ve stejné oblasti. Na Moravě na rozhraní třetihor a čtvrtohor to je **Venušina sopka** a **Uhlířský a Roudný vrch**.

3.3.2 Zemětřesení

Zemětřesení je soubor krátkodobých pohybů (**otřes-seismos**), které se šíří ve formě seismických vln ve větší nebo menší hloubce zemské kůry. Přístroje na měření intenzity otřesů se nazývají **seismografy**.



Obr. 11.: Schéma zemětřesení.[7]

Rozlišujeme tři typy seismických vln: **podélné, příčné a dlouhé**. Podélné vlny způsobují, že horninové částice, jimiž procházejí, se chvějí vzad a vpřed ve směru vlny. Jsou 1,7 krát rychlejší než příčné, a tak jsou seismografem zaznamenány jako první primární (**P-vlny**). Příčné vlny rozechvívají částice kolmo ke směru postupu, jsou pomalejší a nazývají se sekundární (**S-vlny**). Třetí typ vln se nazývá dlouhé (long) nebo povrchové (**L-vlny**). Právě ty způsobují ničivé otřesy.

Pohyby jsou **pomalé**, nebo **rychlé**. Kolem epicentra se projevuje vertikální pohyb (**S-vlny**) v podobě nárazů a poskoků. Dále pokračuje horizontální vlnění (**P-vlny**), směrem od centra na okraje klesá intenzita. Počet otřesů se pohybuje od jednoho do řady otřesů. Mají různou periodu opakování i intenzitu. Otřesy jsou často doprovázeny duněním.

Účinky zemětřesení mají různě silnou účinnost:

slabé – záchvěvy zdí, kývání obrazů, drobné předměty poskakují.

středně silné – vznikají trhliny ve zdivu budov, těžší předměty se posunují

silné – katastrofální ráz, budovy se řítí, na zemském povrchu vznikají praskliny, přetrhávají se silnice, železnice atd.

Na moři se projevuje zemětřesení (mořetřesení) otřesy lodí, vznikem obřích vln tsunami, které dosahují délek 150-300 km a výšek 15-20m (známé z oblasti cirkumpacifické). Síla (intenzita) zemětřesení se určuje podle stupnice intenzity. Nejznámější a světově využívaná je Richterova škála. Používá hodnotu M-magnitudo, která charakterizuje energii zemětřesení a určuje se z maximálních amplitud povrchových nebo prostorových vln.

Richter - Magnituda	Projevy zemětřesení	Odhadnutý počet za rok
2, 5 a menší	běžně není pocíťováno, ale zaznamenáno jen přístroji	900 000
2, 5 - 5, 4	často pocíťováno, ale malé škody	30 000
5, 5 - 6, 0	drobné poruchy na stavbách	500
6, 1 - 6, 9	je destruktivní v zalidněných oblastech	100
7, 0 - 7, 9	závažná zemětřesení vznikají velké škody	20
8, 0 a větší	velká zemětřesení, způsobující úplnou destrukci měst a vesnic v blízkosti epicentra	jedno každých 5-10 let

Tab. 2.: Richterova škála. [7]

Další přehled velkých zemětřesení na světě je uveden v tab. 3.

Rok	Místo	Mrtvých	Magnituda	Poznámka
1290	Čína, Č-liský záliv	100 000	-	-
1556	Čína, Šan-si	830 000	-	patrně největší přírodní katastrofa
1737	Indie, Kalkata	300 000	-	-
1755	Portugalsko, Lisabon	70 000	-	škody způsobené tsunami
1896	Japonsko, Riku-Ugo	22 000	-	škody způsobené tsunami
1906	Kalifornie, San Francisco	700	8, 25	škody způsobené hlavně požárem
1908	Itálie, Messina	120 000	7, 5	-
1920	Čína, Kan-su	180 000	8, 5	-
1923	Japonsko, Tokio	150 000	8,2	škody způsobené hlavně požárem
1952	Rusko, Kamčatka-Kurily	2 336	9	patrně nejvyšší naměřená magnituda
1960	jižní Chile	5 700	8,5 - 8,7	
1964	Aljaška, Anchorage	131	8,4 - 8,6	-
1970	Peru, Huascarán	66 000	7,8	obrovský skalní sesuv
1975	Čína, Liao-ning	několik	7, 5	první předpovězené zemětřesení
1976	Čína, Ťang-šan	240 000	7, 6	nepředpovězeno
1980	Alžírsko, Al-Asnam	25000	6, 8	-
1985	Mexiko City	7 000	8,1	závažné škody ještě 400 km od epicentra

Tab. 3.: Příklady velkých zemětřesení. [7]

Zemětřesení dělíme podle původu:

a) **tektonická**, vznikající ve zlomových oblastech, tektonicky aktivních, uvolněním nahromaděné energie. Jsou nejčastější a patří k nim všechna zemětřesení katastrofální.

b) **vulkanická** ve vulkanických oblastech

c) **řítivá**, vznikající propadnutím stropů přírodních nebo umělých dutin v zemské kůře

Zeměpisné rozšíření je vázáno na labilní zóny zemské kůry a mezi nejhlavnější patří:

Oblast **Cirkumpacifická** (Tichomoří) a **Mediterraní** (Středomoří).

Do cirkumpacifické oblasti patří západní pobřeží Severní a Jižní Ameriky (Aleuty), Japonské ostrovy a Filipíny.

Oblast středomořská zahrnuje mladá pásemná pohoří, jako jsou Alpy, Apeniny, Karpaty-Dinaridy a Helenidy, Balkánský poloostrov.

Tyto zóny jsou souhlasné se sopečnými oblastmi a jsou uvedeny na obr 12. [7]



Obr. 12.: Hlavní zemětřesení během posledních 50 let. (Subdukční zóny v „ohnivém kruhu“) [26]

3.4 Geologická činnost exogenních sil

Exogenní (vnější) síly působí na litosféru prostřednictvím vnějších zemských obalů, což jsou biosféra, hydrosféra a atmosféra.

Zdroje energie exogenních sil jsou:

- a) přitažlivost mezi Zemí, Sluncem a Měsícem např. příliv a odliv
- b) působení tepla a světla Slunce, které způsobuje stálý oběh vody, zvětrávání, větry, změny klimatu a život ústrojenců
- c) gravitace, jejíž projevem je volný pád, eroze, usazování

Působením exogenních sil na litosféru dochází k rozrušování hornin, jejich transportu a následnému nahromadění a sedimentaci

Vlastní proces je patrný ze schematického přehledu [4]:

1. ROZRUŠOVÁNÍ HORNIN (činnost rušivá)	a) zvětrávání	fyzikální proces chemický proces
DENUDACE - odnos, obnažování	b) eroze	fyzikální proces

2. TRANSPORT (činnost přenosná)

3. SEDIMENTACE (činnost tvořivá)	vznik sedimentárních hornin
DIAGENEZE zpevnění sedimentů za normálního	TLAKU a TEPLoty

3.4.1 Geologická činnost vody (fluviální)

Rušivá činnost vody je nejčastěji formou vymílání (**eroze**). Eroze vodní (říční, mořská apod.) pokud se děje mechanicky jmenuje se **koraze**, jestli voda působí i chemicky při rozpouštění hornin (např. vápenců) mluvíme o **korozí**. Vymílání hornin krouživými pohyby označujeme jako **evorzi**. Je-li skalní podklad porušován plošně, mluvíme o **abrazi**.

Voda přenáší zvětralinu pomocí dešťového ronů, vodou z tajícího sněhu a hlavně vodou bĕhutou. Tam záleží na spádu vodního toku a velikosti pevných částic. V horní části toku se jedná většinou o balvany a ty jsou „**vlečeny**“. Ve střední části jsou menší částice a rychlost toku se mírní, jedná se o pohyb „**skokem**“. Ve spodní části, kde tok je pomalý, unášecí schopnost malá, jsou transportovány již jen nejmenší částičky v podobě **suspenze**.

Tvořivá činnost vody se projevuje na změnách morfologie území (údolí, říční terasy), ale hlavně při vzniku nových usazených - sedimentárních hornin z částic, které jsou vytríděné a opracované. [4]

3.4.2 Geologická činnost ledu (ledovců)

V případě rušivé činnosti ledovců rozeznáváme trojí způsob eroze: brázdění neboli **exaraci**, odlamování, neboli **detrakci** a obušování neboli, **deterzi** (ledovcovou abrazi).

Přenosným činitelem je říční led a ledovcový led. Ledové kry, plovoucí v řekách na hladině, obsahují v sobě zarostlé kameny, úlomky rostlin apod. **Ledovce vysokohorské (neboli údolní)** se pomalu pohybují po svém podkladu z hor do údolí a na svém těle, uvnitř, nebo na bázi přenášejí úlomky hornin.

Pevninské (kontinentální) ledovce tzv. ledovcové štíty, které v obrovském rozsahu pokrývají pevniny, přepravují při svém pomalém pohybu horninovou drť jen na své spodku.

Uložení ledovcového (**glaciálního**) původu se nazývají **morény** a odlišují se od sedimentů vzniklých ve vodě tím, že jsou **nevytříděné a neopracované**. Skládají se z různě velkých úlomků chaoticky nakupených. Společný název je **till** a jejich zpevněním vznikají **tillity**. [4]

3.4.3 Geologická činnost větru

U větrné eroze rozlišujeme dva různé pochody, které většinou probíhají současně. Odvívání neboli **deflace**, a obušování větrem neboli **větrná koraze** (větrná abraze).

Doprava hmot větrem není podmíněna tíží jako u vody a částečně u ledovců, nýbrž silou větru, který vane nad zemským povrchem. Doprava se děje vzduchem. Síla větru je mnohem menší než síla vody, proto jsou větrem dopravovány jen drobné úlomky hornin a lehkých hmot. Větší úlomky jsou posunovány nebo kutáleny po zemském povrchu jen při silném větru.

Větrné (**eolické**) uložení jsou většinou jemnozrnné a opracované. Protože byly naváté větrem, jsou nazývány také jako **navátiny** a písečné **přesypy**. Společný název jsou **duny**. Písečné uložení bývají šikmé (diagonální nebo křížové zvrstvení). Jemný nerostný prach se ukládá samostatně a dále než písek a nazývá se **spraš**. Tyto uložení nejsou vrstevnaté. [4]

4. Stratigrafie

(STRATUM = vrstva)

Stratigrafická geologie – stratigrafie je odvětví geologie, které se zabývá zjišťováním vrstevního sledu v různých částech povrchu zemského. Rozčleňuje souvrství podle petrografického vývoje (litostratigrafické jednotky), podle obsahu zkamenělin (biostratigrafické jednotky) a přičleňuje takto rozdělené části původního vrstevního sledu k jednotlivým časovým údajům (geochronologie) geologické minulosti (oddělení, stupně, pásma atd.). Stratigrafie srovnává vrstvy různých oblastí v tomto duchu mezi sebou navzájem.

Souhrn vlastností sedimentů, které vyplývají ze zeměpisné (geografické) povahy místa vzniku, z podmínek usazovacích a z poměrů biologických označujeme jako **facii**, ráz nebo vývoj této usazeniny. Podle zaměření máme tedy facie **petrografické** (písčité, jílovité), facie **paleontologické** (korálové, hlavonožcové), facie **geografické** (kontinentální, mořské) atd. Stratigrafický výzkum používá celou řadu metod. Následují některé příklady.[8]

Litostratigrafická metoda - využívá všech litologických znaků horniny tj. petrografické, strukturní, texturní a faciální. Je základní stratigrafickou metodou při mapování a jejím výsledkem je stanovení litostratigrafických jednotek. Podle „Zásad české stratigrafické klasifikace 1997“ jsou základní pojmenovanou jednotkou **souvrství**, **člen** (**vrstvy**) dílčí část souvrství a nejnižší jednotka sedimentárních hornin je **vrstva**. (podrobněji kap. 4.1).

Biostratigrafická metoda – vychází z obsahu hornin a všech znaků spojených s vývojem života na Zemi. Vybrané druhy tzv. „vůdčí zkameněliny“ mají pro stratigrafii význam, protože se na planetě vyskytovaly krátké období, v co největším geografickém rozšíření, v hojném výskytu. Jsou snadno určitelné a dobře uchované v hornině.

Biostratigrafické jednotky představují soubory hornin, které obsahují určité paleontologické znaky, které je odlišují od jiného souboru hornin a nazýváme je **biozóny**.

Ekostratigrafie studuje fosilní ekosystémy a jejich proměnlivost v čase. Vzájemné vztahy mezi živou a neživou složkou ekosystémů využívá též jako stratigrafický nástroj pro korelaci hornin různých facií.

Eventostratigrafie („event“ z angličtiny – událost) studuje rychlé a náhlé geologické události, které významně zasáhly do vývoje území. Například velké katastrofy, které vyvolaly náhlé změny sedimentace, rychlá vymírání skupin živočichů. Událost globálního charakteru, dopad velkého mimozemského tělesa, doprovázeného zaprášením atmosféry, skleníkovým efektem, kyselými dešti a následnou změnou rostlinných a živočišných společenstev.

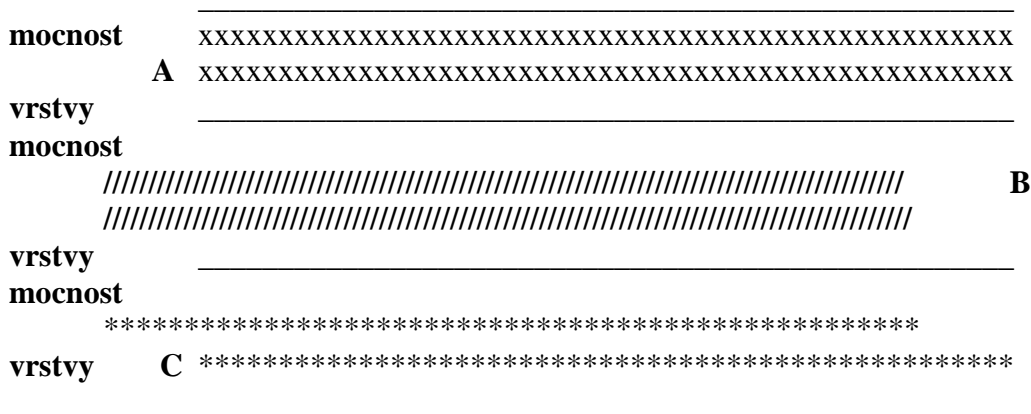
Klimatostratigrafie souvisí s ekostratografií a eventostratografií tím, že studuje klimatické aspekty obou metod. Využívá proměnlivosti klimatu v historii Země a jeho projevu na živé a neživé složky planety, jako nástroje pro stratigrafickou korelaci.

4.1 Vrstva a souvrství

Vrstva je deskovitý útvar příznačný pro sedimentální horniny. **Zvrstvení**, neboli **vrstevnatost**, je typický jev usazenin, jedná se o paralelní sloh a oddělování podle jednotlivých vrstev.

Každá vrstva je omezena dvěma vrstevními plochami, spodní neboli **podloží** a svrchní neboli **nadloží**. (též stropovou) plochou. **Mocnost vrstvy** se v geologii nazývá tloušťka vrstvy, což je kolmá vzdálenost mezi vrstevními plochami. (obr. č. 13)

Mezery, jež teoreticky předpokládáme mezi jednotlivými vrstvami se nazývají **vrstevními spárami**. Leží-li nad sebou řada vrstev stejné petrografické povahy, tvoří tyto vrstvy dohromady tzv. **souvrství**. Pořadí vrstev, jak souvrství za sebou následuje, se nazývá **vrstevní sled**.



$$A + B + C = \text{SOUVRSTVÍ} \quad \begin{array}{l} A = \text{NADLOŽÍ VRSTVY B} \\ C = \text{PODLOŽÍ VRSTVY B} \end{array}$$

Obr. 13.: Názvosloví vrstvy. [4]

4.2 Stratigrafické zákony

Pro určování relativního stáří jednotlivých vrstev platí tři stratigrafické zákony:

1. stratigrafický zákon:

Zákon superpozice (navrstvení) - znamená, že vrstvy spodnější jsou vždy starší, než vrstvy_svrchnější.

Př. obr. 13 vrstva C, souvrství A, B, C je vrstvou nejstarší.

Zákon superposice je hlavní zákon stratigrafické geologie. Podle něho určujeme v geologii poměrné (relativní) stáří vrstev.

Poměr dvou souvrství může být k sobě:

a) **konkordantní** (tzn. souhlasné) to znamená, že mají obě souvrství tentýž směr a tentýž sklon vrstev, takže jsou rovnoběžná

b) **diskordantní** (nesouhlasné) to je takové, kdy svrchní (mladší) souvrství spočívá na spodním (starším) v poloze odchylné.

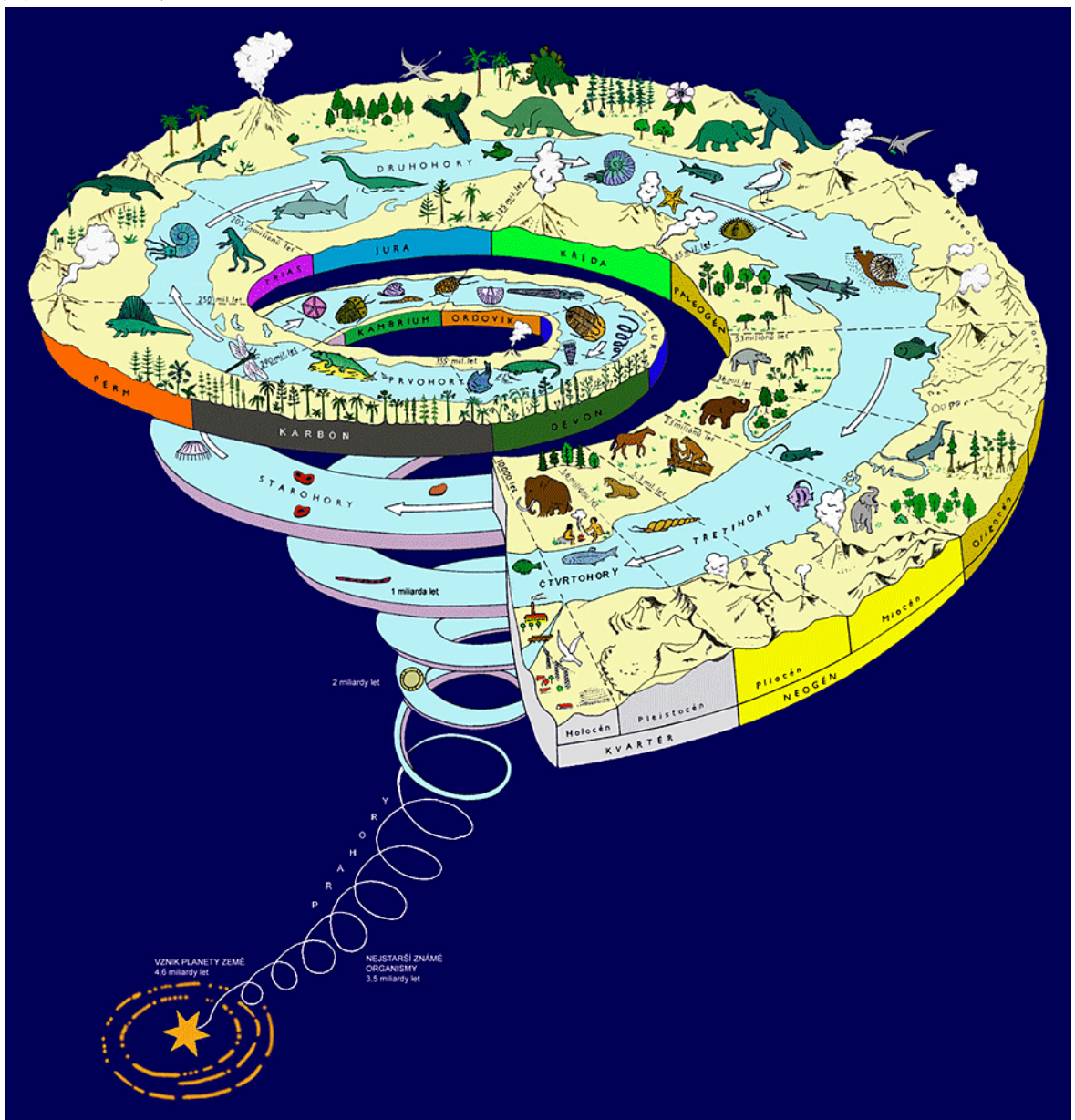
V prvním uvedeném případě nedošlo k přerušení sedimentace, pouze ke změně usazovacích podmínek (např. změna frakce - zrnitosti). V souvrství diskordantním je patrná časová usazovací přestávka, mezera tzv. **stratigrafický hiát**.

2. stratigrafický zákon: Poměrné relativní stáří hornin je možné určovat i pomocí vůdčích zkamenělin vyskytujících se ve vrstvě.

Zákon stejných vůdčích zkamenělin - vrstvy obsahující tytéž zkameněliny jsou téhož stáří.

3. stratigrafický zákon (princip): je neméně důležitý a je založen na opakování dějů ve vývoji Země.

Zákon aktualizmu - v minulosti působily tytéž geologické síly, které působí dodnes, (viz obr. 14.).



Obr. 14.: Spirála života od velkého třesku. [27]

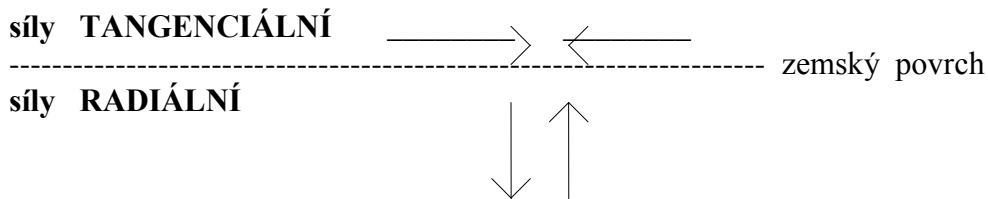
5. Tektonická geologie

Tektonická geologie nebo-li **strukturní geologie**, je odvětví všeobecné geologie, které se zabývá studiem sekundárních geologických struktur, které vznikají deformací primárních geologických těles. Tyto struktury popisuje a snaží se vysvětlit příčinu jejich vzniku.

Napětími a tlaky v zemské kůře dochází k různému deformování vrstev, jako je zvlnění, zprohýbání, rozpukání a přetržení. Tyto změny nazýváme **poruchami** v širším slova smyslu. Těmito poruchami se stává stavba zemské kůry velmi složitou.

Na povahu procesu deformace hornin mají vliv zejména jejich mechanické vlastnosti. Ty se však často mění v podpovrchových podmínkách, kde se horniny mohou za vyšších tlaků a teplot chovat odlišně.

Poruchy (dislokace) vznikají v kůře zemské dvěma druhy sil. **Tangenciálními**, jež se projevují postranním stlačením vrstev, a silami **radiálními**, které působí ve směru tíže zemské (viz obr. 15).



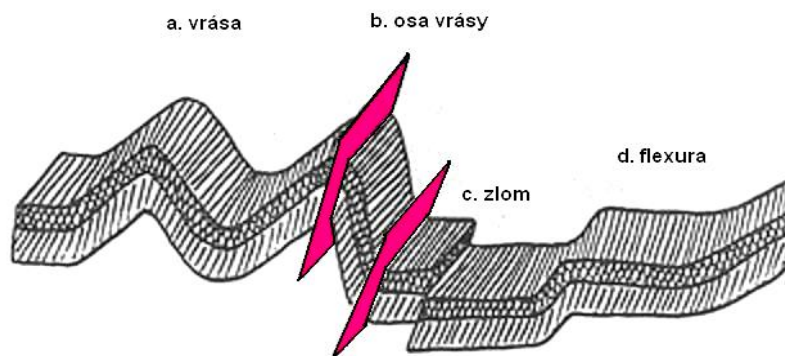
Obr. 15.: Síly působící v kůře zemské. [4]

V obou těchto případech mohou nastat poruchy dvojí povahy: buď je vrstva deformována tak, že se její **souvislost nepřerušuje**, což se děje různým zvlněním nebo zprohýbáním a vznikne **tektonická struktura spojitá**. Nebo je její **souvislost přerušena**, tím ve vrstvě vznikají pukliny, podle nichž nastávají pohyby. Vrstvy pak bývají přetrženy. V prvním případě nastává porucha bez zlomu, v druhém případě porucha se zlomem. Tektonické struktury se pak nazývají **nespojitě**.

Horstva a údolí jsou tvořena **flexurami (prohyby)** a **vrásami** tzn. poruchami bez zlomu a **vlastními zlomy**. Vrásy a zlomy jsou obvykle dobře vyvinuté v sedimentárních horninách. Mohou se ale tvořit i v hlubinných vyvřelých tělesech např. v žule a gabru.

Tangenciální síly, které přesunovaly celé vrstevní soubory podle vodorovných, nebo mírně skloněných dislokačních ploch, často na značnou vzdálenost, daly vzniknout mohutným **příkrovům**.

Schematický přehled základních deformací vrstev je na obrázku 16.



Obr. 16.: Základní poruchy vrstev. [4]

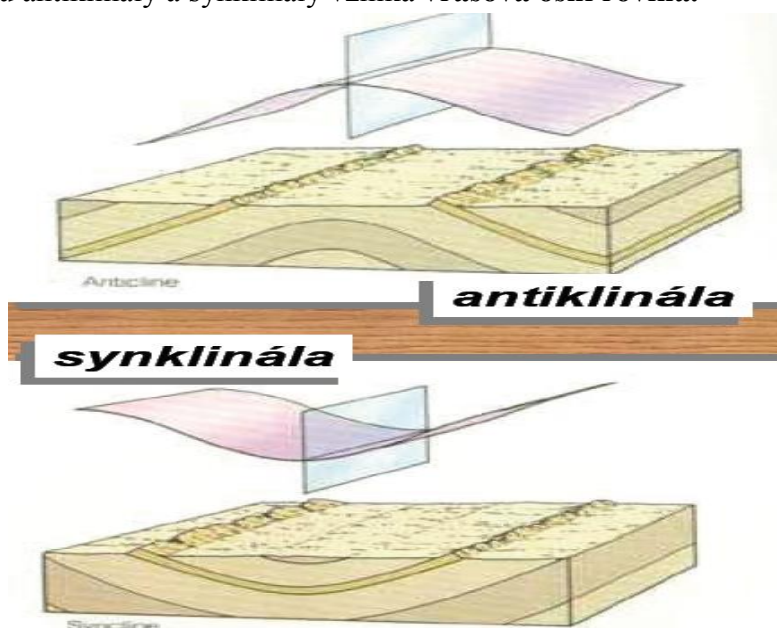
5.1 Tektonické struktury spojitě

Tektonické struktury spojitě jsou geologické struktury, u kterých došlo k deformaci, ale ne k přerušení kontinuity. Nejčastější případy se nacházejí v sedimentárních horninách a horninách metamorfovaných s výraznými plochami foliace.

Nejjednodušší tvar tektonické struktury spojitě je **flexura**. Jedná se o „kolenovitý“ ohyb struktury.

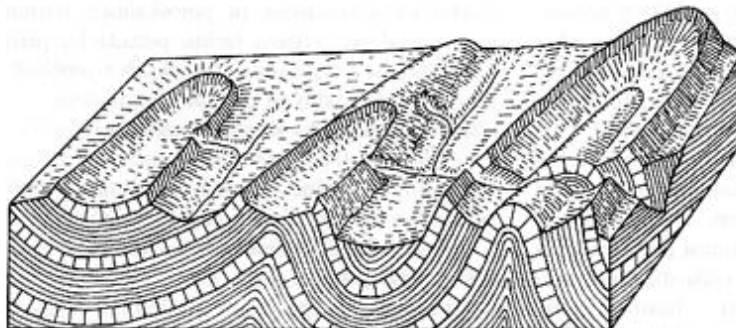
Složitější a nejčastější tvar je **vrása**. Vrstvy nebo i jiná deskovitá tělesa jsou deformovány do tvaru, jehož příčný řez je podobný sinusoidě. Její součástí je **antiklinála** neboli sedlo, a **synklinála** neboli koryto. Po vrcholu antiklinály a korytem synklinály probíhá **osa vrásy**, (viz obr. 17.).

Rozpůlením úhlu antiklinály a synklinály vzniká **vrásová osní rovina**.



Obr. 17: Struktury spojitě [28]

Podle polohy osní roviny rozlišujeme názvy vrás jako **přímé**, **šikmé**, **překocené**, **ležaté** a **ponořené**. Další dělení je podle geneze na vrásy **ohybové**, **střížné**, vrásy **plastického toku** a **diapirové**. Dále jsou geologická tělesa složená z konvexně vyklenutého svazku vrás a nazývají se **antiklinoria**. **Synklinoria** jsou podobná tělesa, ale složená z konkávně vyklenutého svazku vrás.



Obr. 18: Antiklinorium a synklinorium. [9]

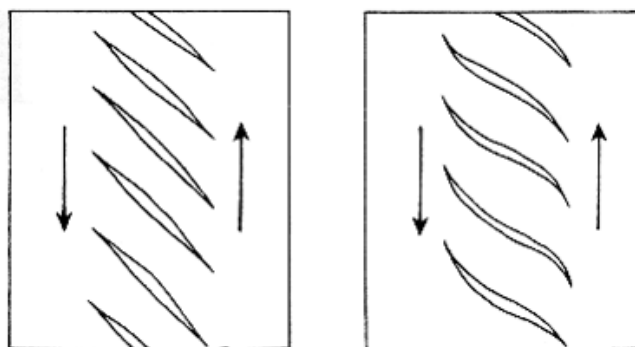
Jiné tvary mají charakter obrácené mísy a jsou to například **brachyantiklinály**, které jsou složité struktury konkávně vypouklé (elevace). **Brachysynklinály** jsou složité struktury, ale konvexní vypouklé (deprese), miskovitěho tvaru.

Příkrovy jsou vrstevní soubory, které se přesunovaly celé podle vodorovných nebo mírně skloněných dislokačních ploch, často na značnou vzdálenost, (viz obr. 21, dále).

5.2 Tektonické struktury nespojité

Vznikají tektonickou deformací křehkých hornin, překročením meze jejich pevnosti. Jsou to **pukliny**, **trhliny** a **zlomy**.

Pukliny bývají nejběžnějším typem porušení mechanické soudržnosti hornin a horninového masivu. Bývají zpravidla sevřené a vznikají působením tlaku.



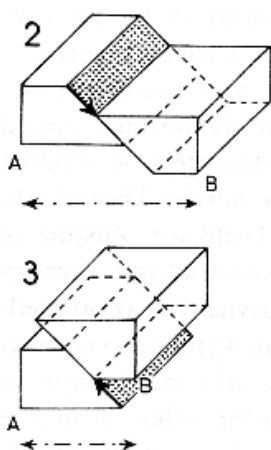
Obr. 19: Pukliny. [9]

Trhliny jsou způsobovány tahem a bývají otevřené a často vyplněné minerály.

Kliváž (břidličnatost) je druh foliace, které probíhají napříč původní vrstevnatostí hornin a mají orientaci více méně shodnou s osními plochami vrás.

Zlomy jsou základní tektonické nespojité struktury, které souvisí se vznikem poruch ploch, podle nichž dojde ke zřetelnému posunům obou zlomem oddělených ker.

Vznikají tak **tektonické kry**, které jsou projevem procesu deformace a jsou posunovány části zemské kůry. **Zlomová linie** je průsečík zlomové plochy se zemským povrchem. Na zlomových plochách dochází k drcení hornin a vznikají tak **brekcie – mylonity**. Tam, kde na zlomových plochách dochází k vyhlazení, vznikají tzv. **tektonická zrcadla**. Seskupení zlomů do úzkých zón nazýváme **zlomová pásma**. Podél puklin a zlomů dochází k posunu zemských ker. Při roztahování litosféry vzniká struktura poklesového typu tzv. **kerný pokles** (viz obr. 20 - 2). **Kerný přesmyk** (viz obr. 20 – 3) je struktura přesmykového typu, která vzniká při stlačení litosféry.

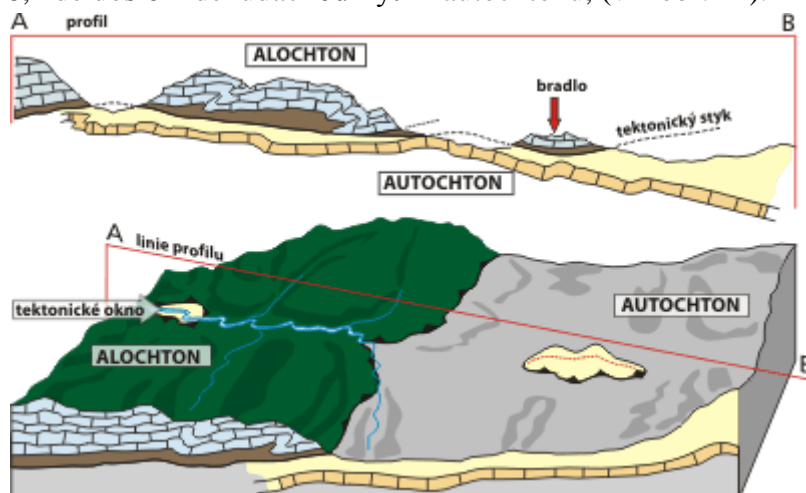


Obr. 20: 2. kerný pokles, 3. kerný přesmyk. [9]

Složité **nasunuté struktury** a **příkrovy** vznikají z velkých vrásových struktur účinkem jednostranně působícího tlaku.

Tektonický příkrov (alochton), je velké horninové těleso, které je odloučeno od místa svého vzniku a přemístěno účinkem postranního tlaku podél mírně ukloněné plochy přes cizorodý podklad (autochton).

Příkrovy mají jednotlivé části jako je **čelo**, **bradla** (zbytky příkrovu, příkrovové trosky) nebo **tektonické okno**, kde došlo k denudaci odkrytím autochtonu, (viz obr. 21).



Obr. 21: Základní strukturální prvky příkrovu.[10]

6. Mineralogie

Mineralogie je věda, zabývající se výzkumem nerostů (minerálů), zejména jejich vlastnostmi a jejich vznikem, dále jejich přeměnami a vlastnostmi nově vzniklých nerostů. Dělí se na mineralogii **všeobecnou a speciální (systematickou)**.

6.1 Minerály (nerosty)

Minerály jsou přírodní převážně anorganické sloučeniny, vzácněji pak organické látky (organolity). Tvoří součást zemské kůry. Pouze však malá část z nich se podílí významněji na její stavbě. Ostatní jsou rozptýlené a jsou vzácné, nebo velmi vzácné. Nejvíce je rozšířeno cca 40 až 50 nerostných druhů, jako např. **křemen, živce, slídy, pyroxeny, amfiboly, olivín** atd. Tyto minerály tvoří základní součásti hornin. Jsou to tzv. **horninotvorné minerály**, které tvoří základní součásti hornin.

V přírodě se vyskytuje přibližně 4000 různých nerostů. Jsou vytvořeny z cca 100 chemických prvků. Ročně přibude asi 50 nově popsanych minerálů. Nové nálezy jsou definovány zejména díky nové přístrojové technice tzv. elektronové mikroskopie, umožňující bodové nedestruktivní stanovení chemického složení.

Nerosty jsou chemicky a fyzikálně homogenní tělesa, která vznikla přírodními pochody a mají obecně definovatelné chemické složení.

Většina minerálů je ohraničena rovnými plochami, ostrými hranami a rohy. Takto vyvinuté nerosty označujeme jako **krystaly**. Jejich vnější pravidelný vzhled velmi úzce souvisí s jemnou vnitřní stavbou tzv. **vnitřní strukturou krystalů**. Jen některé nerosty nemají zákonitou vnitřní stavbu, ty označujeme jako **amorfní**.

Nerosty, které obsahují průmyslově významný prvek a chemicky převážně kovový mohou tedy sloužit jako surovina k jeho získání, označujeme jako **rudy**. Patří mezi tzv. užitkové nerosty. Mezi speciální nerosty patří **drahokamy**. Jedná se o minerály krásné, v přírodě vzácné, ale hlavně odolné vůči mechanickému a chemickému poškození. Ostatní vlastnosti, podmiňující jejich cenu a oblibu, jsou relativní. Záleží na množství výskytu, ale i na módě. Příklad nejznámějšího a nejcennějšího drahokamu je diamant (C). Broušený se nazývá briliant. Cena se stanovuje metodou čtyř c. Carat (váha 0,2 g), colour (barva), clarity (čistota), a cut (brus). Carat je hmotnost semene svatojánského chleba – 200 mg (0,2 g). [4]



Obr. 22.: Diadém britské královny Elizabeth II. 1820. (brožura galerie Buckingham Palace)

6.2 Minerály – systém

Minerály jsou uspořádány do mineralogického systému podle chemického složení a vnitřní stavby. Jejich hlavní rozdělení do skupin je uvedeno v následujícím přehledu podle mineralogických tabulek H. Strunze:

1. Prvky.
2. Sirníky (sulfidy).
3. Halové sloučeniny (halogenidy).
4. Oxidy (kysličníky a hydroxidy).
5. Dusičnany (nitráty), uhličitany (karbonáty) a boritany.
6. Sírany (sulfáty).
7. Fosforečnany (fosfáty).
8. Křemičitany (silikáty).
9. Organické minerály (organolity).

Křemičitany, jsou nejvíce rozšířenou skupinou minerálů v litosféře. Jejich základní stavební jednotka je tvořena dvěma prvky, které jsou v litosféře nejvíce zastoupeny, křemíkem a kyslíkem. **Živce** jsou nejvýznamnější z křemičitanů, tvoří kolem 50 % hmoty zemské kůry. **Křemen** je druhým nejvíce zastoupeným minerálem v kontinentální části zemské kůry a je tvořen pouze dvěma prvky křemíkem a kyslíkem. Dále jsou uvedeny (tab. 4.) další nejčastější silikátové minerály.

Minerál	Chemické složení	Minerál	Chemické složení
křemen	Si O ₂	olivín	(Mg,Fe) ₂ SiO ₄
živce ortoklas plagioklas	K Al Si ₃ O ₈ (Ca, Na)Al Si ₂₋₃ O ₈	pyroxeny	(Mg,Fe)SiO ₃
slídy muskovit biotit	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ K(Mg,Fe) ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	amfiboly	(Ca ₂ Mg ₅)Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂

Tab. 4.: Nejčastější minerály – silikáty.[4]

Samozřejmě i mnoho dalších minerálů, mimo křemičitany, je důležitých a to hlavně z hlediska ekonomického. [4]

V následující tabulce (tab. 5.) jsou uvedeny nejběžnější nesilikátové minerály ve skupinách s chemickým vzorcem a ekonomickým využitím.

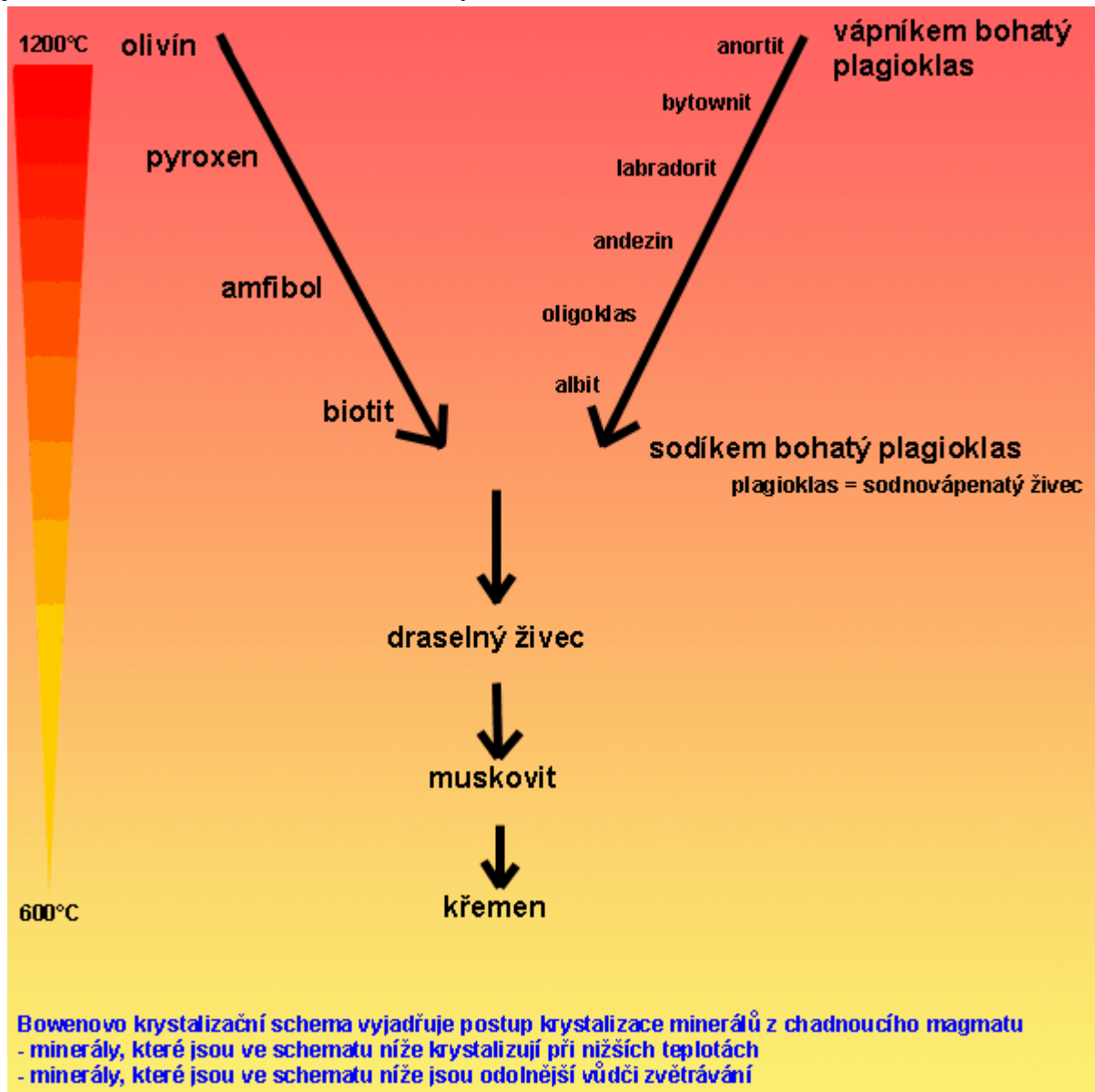
Skupina	Minerál	Chemické složení	Ekonomické využití
prvky	zlato	Au	obchod, šperky, elektronika
	stříbro	Ag	
	platina	Pt	šperky, fotografie
	měď	Cu	katalyzátor
	diamant	C	elektrotechnika
	síra	S	drahokam, abrazivo
	grafit	C	chemikálie tužky, mazadlo
sulfidy	galenit	Pb S	ruda olova
	sfalerit	Zn S	ruda zinku
	pyrit	Fe S ₂	ruda síry
	chalkopyrit	Cu FeS ₂	ruda mědi
	bornit	Cu ₅ FeS ₄	ruda mědi
	cinabarit	Hg S	ruda rtuti
halogenidy	halit	Na Cl	kuchyňská sůl
	fluorit	Ca F ₂	ruda fluoru
	sylvín	K Cl	hnojivo
oxidy (hydroxidy)	hematit	Fe ₂ O ₃	ruda železa
	magnetit	Fe ₃ O ₄	ruda železa
	korund	Al ₂ O ₃	drahokam, abrazivo
	led	H ₂ O	pevná forma vody
	chromit	Fe Cr ₂ O ₄	ruda chromu
	ilmenit	Fe Ti O ₃	ruda titanu
	limonit	FeO(OH).nH ₂ O	ruda železa, pigment
	bauxit	Al(OH) ₃ . nH ₂ O	ruda hliníku
karbonáty	kalцит, aragonit	Ca CO ₃	cement
	dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	cement
	malachit	Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃	ruda mědi
	azurit	Cu ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂	ruda mědi
	magnezit	MgCO ₃	
	siderit	FeCO ₃	
sulfáty	sádrovec	CaSO ₄ . 2H ₂ O	omítky
	anhydrit	Ca SO ₄	omítky
	baryt	Ba SO ₄	vrtací výplach, antiradiační omítky
fosfáty	apatit	Ca ₅ (F,Cl,OH)PO ₄	hnojivo
	tyrkys	CuAl ₆ (PO ₄) ₄ (OH) ₈	drahokam

Tab. 5.: Nejčastější minerály - nesilikátové.[4]

6.3 Vznik minerálů

Minerály vznikají různým způsobem, např. z magmatu, z mineralizovaných roztoků, plynů a par, dále metasomatózou, zvětráváním, atd.

Vznikající z magmatu. Při chladnutí žhavotekuté taveniny dochází k postupné krystalizaci různých minerálů podle jejich chemického složení a teploty, **Bowenovo schéma** (viz obr. 23). V závěrečné fázi je ve zbytkovém magmatu nahromaděno více těkavých složek a magma se stává řidší, nejdále od magmatického krbu (zdroje magmatu) se vytvářejí **pegmatity**, v nichž se vyskytují nerosty jako např. slídy, turmalin, beryl, rudy cínu a wolframu. Větší část plynů a par uniká puklinami a trhlinami k zemskému povrchu. Při tom se původně horké, mineralizované roztoky ochlazují a vytvářejí nové nerosty, které pokrývají stěny puklin. V tomto stádiu, které označujeme jako **hydrotermální**, vznikají nejznámější nerosty, jako jsou **křemen a kalcit** a různé **rudní žíly**.



Obr. 23: Bowenovo krystalizační schéma.[29]

Pneumatolýza je proces, při kterém vznikají určité rudy jako např. molybden, cín a wolfram, přímo z horkých **plynů a par**.

Někdy mineralizované horké i chladné roztoky pronikají na zemský povrch. Z těchto pramenů se vylučují nerosty, jako např. **vřídlovec (aragonit)**, nebo **gejzírít**. Někdy horké

nerosty a plyny rozpouštějí usazené horniny, kterými procházejí, a tak vznikají nové nerosty, tuto tvorbu nazýváme **metasomatóza**.

Vznik nerostů **zvětráváním**. Zvětrávání může vést k podstatným přeměnám nerostů. Např. živce se mění na kaolín, olivín se přeměňuje na hadec (serpentin), pyrit v limonit. Někdy z jednoho nerostu vznikne nerostů více, jako př. z chalkopyritu sekundární (druhotné) malachit, azurit nebo limonit.

Vznik z mořské vody **vysrážením**. To jsou chemické usazeniny přímo v moři. Tak vznikla ložiska soli, sádrovce, vápence a některé železné rudy (chamosit nebo bahenní rudy - limonit).

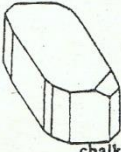
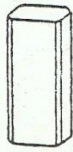
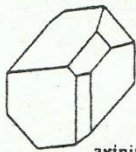
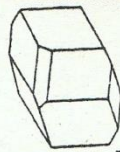
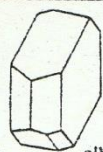
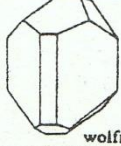

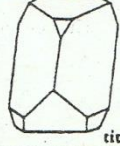
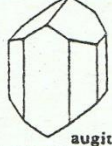
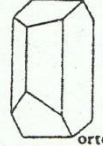
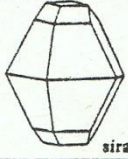
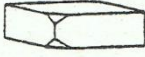
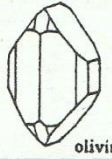
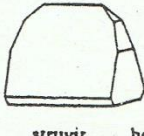
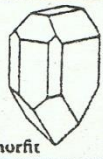
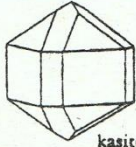
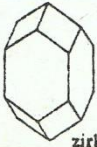
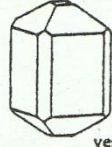
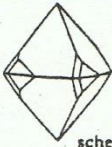
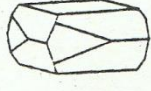
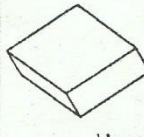


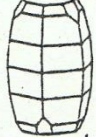
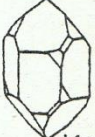
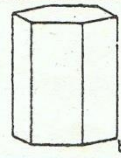

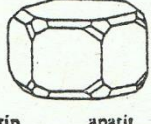
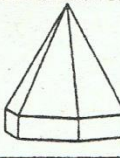
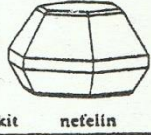
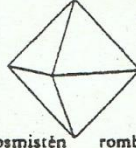
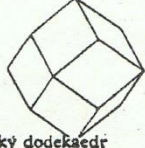



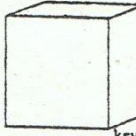
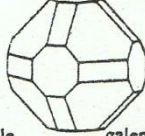

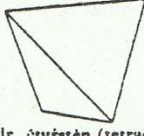
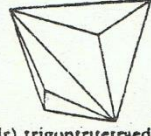
Nerosty a horniny **organického původu** jsou např. korálové ostrovy a celé vápencové masivy, které jsou "produkty" živočichů. Jiné minerály vznikají nahromaděním zbytků mrtvých organismů, jako např. fosilní i současně vznikající ložiska fosforitů. Biologického původu může být i síra, ledek, pyrit a markazit.

Vznik nerostů **metamorfózou**. Působením žhavotekutého magmatu na okolní horniny dochází k tzv. **kontaktní metamorfóze**, přeměně na jiné minerály, např. křemen, slídy, granáty, disten. Většinou se minerály vyskytují v podobných společenstvech, která označujeme jako **paragenezi**.

6.4 Krystalografie

Základní hmotné částice jsou zákonitě geometricky seskupeny a vytvářejí tzv. **krystalovou strukturu**. Její idealizovaný obraz označujeme jako "**prostorovou mřížku**". Pro každý krystalovaný minerál jsou charakteristické úhly, které svírají jednotlivé plochy, jedná se o **úhly krystalových hran**. Významná vlastnost krystalů je pravidelnost a vzájemné uspořádání jednotlivých ploch tzv. **krystalová souměrnost**. Existuje sedm **krystalografických soustav**. Společným znakem jsou tzv. **krystalografické osní kříže**. Jako trojrozměrný souřadnicový systém umožňuje osní kříž přesné určení polohy každé krystalové plochy.

Na následujícím obrázku 24. jsou uvedeny příklady ze sedmi krystalografických soustav.

Trojklonná					
Jednoklonná					
Koso- čtverečná					
Čtverečná					
Trigonální					
Šesterečná					
Krychlová					
					

Obr. 24.: Krystalografické soustavy.[11]

6.5 Fyzikální vlastnosti minerálů

Každý minerál má vedle svého chemického složení také své charakteristické fyzikální vlastnosti, které pomáhají při jeho určování. Jsou to tvrdost, štěpnost, lom, barva.

Tvrdostí minerálu obecně rozumíme schopnost krystalu odolávat proti poškození krystalové plochy jiným nerostem, nebo předmětem. Pro relativní srovnání tvrdosti sestavil Friedrich Mohs (1793-1839) desetičlennou stupnici, seřazenou tak, že každý tvrdší nerost rýpe do předcházejícího měkčího:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. mastek | 6. živec |
| 2. sádrovec | 7. křemen |
| 3. kalcit | 8. topaz |
| 4. fluorit | 9. korund |
| 5. apatit | 10. diamant |

Štěpnost minerálu se projeví při úderu. Krystalové nerosty se rozpadají na menší kousky podél rovin souvisejících s vnitřní strukturou krystalu. Tzv. „**štěpné tvary**“ jsou omezeny novými hladkými štěpnými plochami. Nerosty se lámou podél krystalografických rovin, jež mají nejmenší soudržnost. Např. kamenná sůl a galenit v krychlích, fluorit podél ploch osmistěnu, slída ve vrstvách (štěpnost pouze v jednom směru).

Některé nerosty jako např. křemen nebo opál nemají štěpnost. Projevuje se zde **lom**. Nepravidelně se lámou. Podle vzhladu pak rozeznáváme lom **rovný**, **nerovný**, **miskovitý**, **lasturnatý**, **hladký**, **hákovitý**.

Jedním z nejnápadnějších znaků každého nerostu je **barva**, ta je důležitá při jejich určování, ale není vždy charakteristickým a spolehlivým znakem.

Jsou nerosty barevné (idochromatické), kde se barva nemění (např. malachit je vždy zelený, tuha je černá, síra žlutá). Jiné nerosty jsou v čisté formě většinou bezbarvé, jako např. křišťál, kalcit, sůl, ale v přírodě je často najdeme různě zbarvené. Známe např. žlutou, růžovou, fialovou i hnědou odrůdu křemene, nebo modrou sůl.

Zbarvení způsobují různé příměsi, pigmenty, či vrostlice, někdy stopové příměsi jiných druhů, nebo radioaktivní záření.

Významná fyzikální vlastnost pro určování minerálu je **vryp**. Je to jemný prášek, který se získá rozmělněním nerostu a porovnáním jeho barvy na bílém podkladě. Barevné nerosty mají většinou stejně barevný vryp, jen světlejší odstín. U zbarvených nerostů bývá vryp bílý nebo našedlý. Nejvýznamnější vryp je u kovově lesklých nerostů, jako např. žlutý pyrit má vryp černozeleň, černý hematit dává vryp višňově červený, černý wolframit má vryp hnědý a černý kasiterit téměř bezbarvý apod.

Lesk minerálu je závislý na způsobu odrazu a lomu světla a kvalitě povrchu minerálu. Jsou tedy minerály **kovově lesklé** a **s leskem nekovovým**. U nekovových lesků pak podle intenzity existuje několik stupňů. **Diamantový** velmi silný lesk, **skelný** nejvíce rozšířený, **mastný** a **matný**. **Hedvábný lesk** mají jemně vláknité agregáty a perleťové minerály složené z jemných vrstviček, jako např. slídy.

Další vlastností je **propustnost světla**. Podle průchodu světla jsou minerály **průhledné**, **průsvitné**, **neprůhledné (opakní)**.

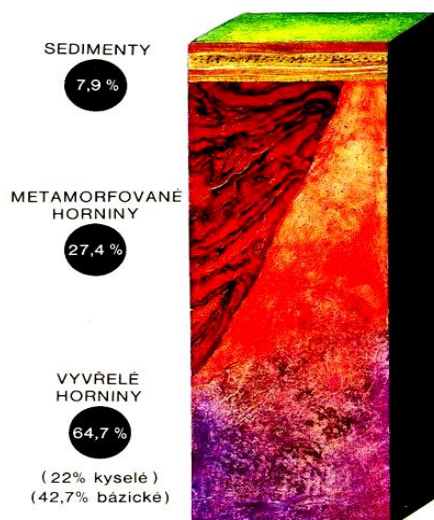
Lom světla (index lomu) je velmi významná optická konstanta každého minerálu. Zjišťuje se pomocí refraktometru. Dvojlom je možné pozorovat u čirých krystalů kalcitu, pouhým okem. Pro některé minerály je typická **luminiscence** – což je světélkování nebo záření minerálů ve tmě. Některé minerály tak reagují na ozáření ultrafialovým světlem. Dále je to **fosforescence**, po zahřátí (fluorit) **termoluminiscence**, nebo po tření **triboluminiscence**. Mezi další fyzikální vlastnosti patří tepelná vodivost a magnetismus. [4]

7. Petrologie

Petrologie je nauka o horninách, která popisuje jejich vlastnosti, jejich vznik a zařazuje je do systému.

Horniny jsou přírodní nerostné hmoty. Obvykle jsou tvořeny charakteristickou **směsí nerostů**, (např.: žula – živec, křemen a slída). Jen malá část hornin je tvořena jedním minerálem. Jsou to například vápence, dolomity, nebo některé pískovce.

Složení hornin je závislé na jejich původu a vývoji. U **vyvřelých hornin** záleží na charakteru magmatu a místě jejich tuhnutí v litosféře. Výchozí materiál, proces jeho transportu a způsob sedimentace je rozhodující pro **sedimentární horniny**. Složení **metamorfovaných hornin** je závislé na povaze původních hornin a vlivech (tlaku a teplotě), které vedly k jejich přeměně, (viz obr. 25.).



Obr. 25: Obrázek blokdigramu hornin. [30]

7.1 Vyvřelé horniny a magma

Vyvřelé horniny vznikají z magmatu a jsou nazývány jako primární.

Magma je chemicky velmi složitý žhavotekutý roztok. Kvantitativně zde převládají křemičitany. Dále jsou zde ve výrazně menším množství sloučeniny siričné, halové apod. Vedle látek pevných, obsahuje magma i látky těkavé zvláště H_2O , H_2S , HF , HCl , CO , CO_2 , SO_2 , H_2 , N_2 , O_2 . **Viskozita** (vazkost) magmatu je závislá na teplotě a chemickém složení. Zásaditá, neboli bazická magmata (t.j. chudá SiO_2) jsou mnohem viskóznější než magmata kyselé, neboli acidní (t.j. bohatá SiO_2). **Teplota** magmatu, měřená z povrchu země dosahuje 1 100 - 1 200⁰ C.

Diferenciací (štěpením) magmatu, postupnou krystalizací, vznikají různé druhy vyvřelých hornin. Nerosty těchto vyvřelin jsou **primární** na rozdíl od **sekundárních**, které vznikají pozdějšími změnami z primárních. Primární nerosty pak dělíme podle množství zastoupeného ve vyvřelých horninách na **podstatné, nepodstatné a akcesorické** (doplňkové).

Bowenovo schéma. Minerály krystalizují z magmatu v zákonitém pořadí, které je dáno teplotami tavení, (viz obr. 23., výše).

Struktura a textura vyvřelých hornin.

Podle toho jak jsou minerály v hornině vyvinuty a seskupeny, rozeznáváme strukturu (sloh) a texturu (stavbu) vyvřelých hornin.

Při textuře se klade důraz hlavně na to, jak jsou nerostné součástky uspořádány (seskupeny) v prostoru a jedná se spíše o makroskopický vzhled horniny.

U struktury si všímáme spíše velikosti, vývoje a vzájemného sepětí součástek. Pozorujeme ji v mikroskopu na výbrusech hornin.

7.2 Vyvřelé horniny – systém

Vyvřelé horniny

Systém je založen na obsahu SiO_2 , zastoupením množstvím a kvalitou živců a podle místa umístění v litosféře.

a)

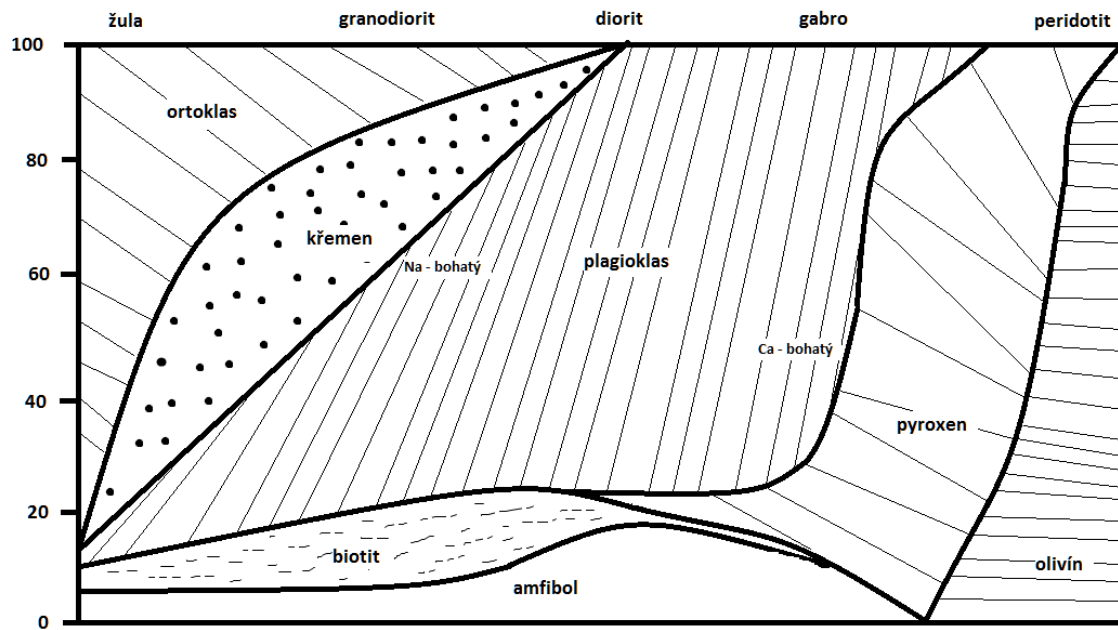
Podle obsahu SiO_2 jsou horniny členěny:

- 1) kyselé (obsah $\text{SiO}_2 \geq 65\%$),
- 2) intermediální (obsah SiO_2 -52 – 65%),
- 3) bazické (obsah SiO_2 52 – 44%)
- 4) ultrabazické ($\text{SiO}_2 \leq 44\%$).

b)

Důležitá je pro zařazení většiny hornin povaha živců. U každé horniny je proto vyjádřen poměr živce draselného (K-živce) k plagioklasům (živcům sodno-vápenatým).

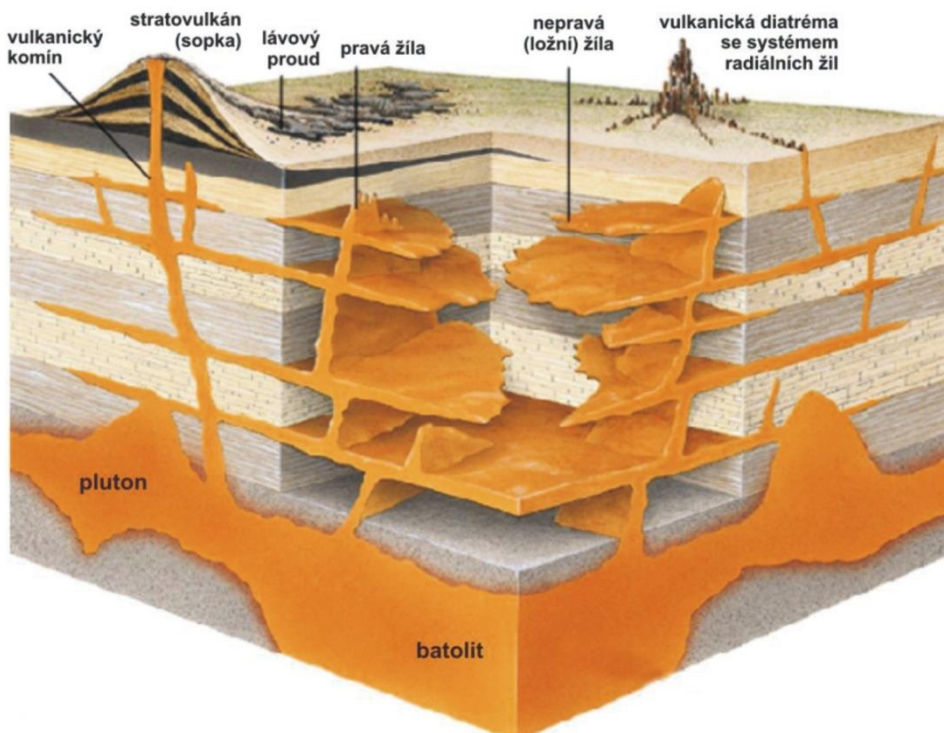
Přehled vyvřelých hornin opírá svoji systematiku o následující podstatné nerosty: **křemen, živce a zástupci živců tzv. foidy**. Důležitá je pro zařazení většiny hornin povaha živců. U každé horniny je proto vyjádřen poměr živce draselného (**K-živce**) k plagioklasům (**živcům sodno-vápenatým**). Ty tvoří plynulou izomorfní řadu, jejímiž konečnými členy jsou albit - $\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$ a anortit $\text{Ca (Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ U plagioklasů je vyznačen podíl anortitové složky zkratkou An a číselným indexem, udávajícím její zastoupení v procentech, (viz obr. 26).



obsah v procentech

Obr. 26.: Mineralogické složení hlavních vyvřelých hornin. [4]

c) Dalším činitelem pro začlenění do systému je jejich umístění v litosféře. Jsou to horniny **intruzivní** (hypoabysální, vnikové) a **hlubinné** (abysální, plutonické) vzniklé ve velkých hloubkách kůry zemské. Horniny **podpovrchové** žilné a mělce intruzivní (hypoabysální) jsou uloženy blíže zemskému povrchu a **výlevné** (efusivní, extruzivní) vznikly vylitím magmatu na zemský povrch, (viz. obr. 27.).



Obr. 27.: Intruzivní a extruzivní struktury vyvřelých hornin. [31]

Základní řada vyvřelých hornin je uvedena v tab. 6., podle zastoupených horninotvorných minerálů a podle výskytu v litosféře.

Magmatické horniny	S křemenem a žlvcí	Granodiorit	Křemenný diorit	Křemenné gabbro	syenit	monzonit	diorit	gabro	Něfelinický syenit	essetit	theralit	Peridotit	Ijolit	Foidy bez žlvců	missourit
Intruzivní a hlubinné (středně a hrubozrnné)	Granit (žula)	Granodiorit	Křemenný diorit	Křemenné gabbro	syenit	monzonit	diorit	gabro	Něfelinický syenit	essetit	theralit	Peridotit	Ijolit	Foidy bez žlvců	missourit
Žilné (s porfyrickým i vyrostlicemi)	Žulový porfyr, žulový split a pegmatit	Granodioritový porfyr	Křemenný dioritový porfyr		Syenitový porfyr - amibol		Dioritový porfyr, kerantit, spessartit	Gabrový porfyr							
Výlevné (jemnozrnné)	ryolit	ryodacit	dacit	tholeitový bazalt	trachyt	trachyandezit	andezit	Bazalt (čedič)	Fonolit (znělec)	teřit	bazanit	pliskit	nefelinit	leucitit	
Podstatné nerosty	Křemen, draselný živec, živec sodnovápanatý				Živec sodnovápanatý a vápenato sodný				Živec sodnovápanatý, pyroxen			Olivin, pyroxen	Zástupci žlvců - foidy		
Nepodstatné nerosty	Muskovit, biotit, amfibol				pyroxen				Olivin, amfibol			Vápenato sodná živec			

Tab. 6.: Nejčastější vyvřelé horniny. [podle 4a]

V přírodě jsou časté přechodové formy jako např. granodiorit apod.

7.3 Sedimentární horniny

Horniny sedimentární vznikají rozrušením starších, již dříve existujících hornin. Nazýváme je proto, na rozdíl od hornin primárních (vyvrělých), horninami sekundárními. Na jejich vzniku se účastní hlavně exogenní činitelé. Význačnou vlastností sedimentů je vrstevnatost. Základní rozdělení sedimentů podle původu je do tří skupin:

1. Sedimenty **úlomkovité, klastické** (mechanické) vzniklé usazením rozrušeného materiálu, starších hornin.
2. Sedimenty **chemické** vzniklé chemickým vylučováním a srážením látek rozpuštěných ve vodě.
3. Sedimenty **organogenní** (biolity) ústrojného původu, které se vytvořily nahromaděním zbytků rostlinných a živočišných těl, případně jejich činností.

7.4 Přehled sedimentárních hornin

Klastické sedimenty sypké i pevné lze dělit podle velikosti úlomků:

- a.) **psefity** - hrubozrnné (aglomeráty)
- b.) **psamity** - střednozrnné (štěrkopísky, písky)
- c.) **pelity** - jemnozrnné (jíly)

Ke vzniku pevných sedimentů dojde dlouhodobým stlačováním usazené klastické horniny, nebo jejím stmelěním např. opuky, buližníky atd.. **Tmel**, neboli pojivo, proniká mezi úlomky v podobě mineralizovaného roztoku a jeho následného vysrážení. Tmel známe vápenný, křemitý, železitý apod.

Podle vlivu exogenních činitelů a místa vzniku rozlišujeme sedimenty **mořské (marinní), říční (fluviální), větrné (eolické), ledovcové (glaciální) apod.**

Chemické uložení.

- a.) křemité usazeniny tvořené krypto-krystalickými odrůdami SiO_2 a opálu se nazývají křemitý sintr nebo **gejzírít**, známé z Islandu, Yellowstonského národního parku (USA) nebo ze Slovenska.
- b.) usazeniny uhličitanu vápenatého (CaCO_3) se nazývají (vápenný sintr, vápenný tuf) **travertin**, jehož charakteristická vlastnost je pórovitost. Při vyšší teplotě se vylučuje místo vápence **aragonit**. (vřídlovec-K. Vary)
- c.) usazeniny železných rud se vyskytují ve formě oxidů, hydroxidů, karbonátů nebo silikátů. Nejčastěji se nachází hydroxid železitý (**limonit**), nebo uhličitan železnatý (**siderit**). Častý je i silikát železa **chamosit**.
- d.) usazeniny fosfátů (fosforitů) vznikají zpravidla chemickým vysrážením z mořské vody
- e.) solné uložení vznikají v suchých (aridních) a polosuchých (semiaridních) oblastech. Příklady jsou například ložiska boraxu (tinkalu), nebo chilského ledku. Známější jsou ložiska soli kamenné a solí jí doprovázejících.

Salinita, což je obsah soli ve vodě, je v různých mořích rozdílná, ale složení solí je v průměru obdobné. Průměrné chemické složení mořské vody (a i např. lidské slzy) je uvedeno v následující tab. 7.

druh soli	%	gramů / liter
Na Cl	77. 758	27. 213
Mg Cl ₂	10. 878	3. 807
Mg SO ₄	4. 737	1. 658
Ca SO ₄	3. 600	1. 260
K ₂ SO ₄	2. 465	0. 863
CaCO ₃	0. 345	0. 123
Mg Br ₂	0. 217	0. 076

Tab. 7.: Složení mořské vody. [4]

Organogenní sedimenty. Biolity, sedimenty ústrojného původu rozdělujeme na zoogenní (**zoolity**) a fyto­genní (**fytolity**), podle toho, zda vznikaly z živočišných, nebo rostlinných těl a hořlavé sedimenty **kaustobiolity**, k nimž patří živice. Mezi nejznámější zoolity patří např. **organogenní vápence**, vzniklé ze skořápek, krunýřů a koster mořských živočichů.

Uhlí je kaustobiolit vzniklý prouhelněním nahromaděných rostlinných a částečně živočišných látek. Tento proces je chemický pochod, který probíhá při trouchnivění a rašelinění. Ústrojné látky, čím dál tím více, pozbývají svého vodíku a kyslíku, takže vzniká postupně humus (buď trouch nebo rašelina), hnědé uhlí, černé uhlí (kamenné) atd. Znamená to, že organické látky a jejich směsi jsou stále bohatší a bohatší uhlíkem.

Živici (bitumenem) nazýváme hořlaviny organického původu, jejichž převládající složkou jsou uhlovodíky. Patří mezi ně **pevné živice** (přírodní asfalt a zemní vosk ozokerit), **kapalné živice** (ropa-nafta) a **plynné živice** (zemní plyn).

7.5 Metamorfované horniny

Metamorfované horniny vznikají z již existujících hornin, jako jsou vyvěřelé, sedimentární, ale i dříve metamorfované horniny. Změny nastávají působením **tepla, tlaku a chemické aktivity roztoků**. Mění se textura a složení minerálů. Někdy je proměna slabá a dojde pouze ke zpevnění horniny. Jindy jsou změny tak rozsáhlé, že není možné poznat o jakou původní horninu se jednalo před metamorfózou.

Metamorfované horniny vznikají třemi způsoby:

- Při horotvorných pochodech dochází ke vzniku velkých tlaků a teploty a vytváří se obrovské masy metamorfovaných hornin. Tento typ se nazývá **regionální metamorfóza**.
- V blízkosti magmatických krbů a dalších magmatických těles dochází k tzv. **kontaktní metamorfóze**.
- Hydrotermální metamorfóza** je přeměna hornin horkými roztoky.

Hlavní činitelé, kteří způsobují metamorfózu jak bylo dříve zmíněno, jsou teplota, tlak a hydrotermální roztoky. Někdy působí společně, jindy odděleně.

Patrně nejdůležitější faktor metamorfózy je **teplota**. Ta, jak je známo, stoupá směrem do hloubky zemské kůry. **Teplotní gradient** v zemské kůře se v průměru uvádí 30⁰ C na kilometr. Na teplotu reagují minerály různě. Některé v určité teplotě již rekrystalizují, jiné jsou ještě stabilní.

V případě kontaktní metamorfózy však nezáleží na hloubce, ale na vzdálenosti od magmatu.

Tlak, stejně jako teplota, stoupá směrem do hloubky. Tlak v zemské kůře je analogický vzdušnému tlaku a působí rovnoměrně všemi směry. Tlak vznikající při horotvorných pochodech však působí jednosměrně.

Hydrotermální roztoky jsou většinou závislé na vulkanické činnosti. Hydrotermální metamorfóza se však vyskytuje na rozdíl od kontaktní metamorfózy ve větší vzdálenosti od eruptivního tělesa.

Texturní a mineralogické změny metamorfóza působí na horniny tak, že se stávají kompaktnější a jejich hustota se zvětšuje. Významný jev v metamorfované hornině je tzv. **usměrnění minerálů a deskovitá odlučnost** -břidličnatost (krystalické břidlice). Ne všechny metamorfované horniny však mají tyto vlastnosti. Jsou to například monominerální horniny vápence, které rekrystalizují na mramory. Horniny, kde jsou patrné původní a metamorfované partie, mající páskovaný vzhled, se nazývají **migmatity**. Jsou to horniny skládající se ze složky, která zůstala v pevném stavu a ze složky, která byla ve stavu molekulárně disperzním. Ekonomicky významné mineralogické změny nastávají při hydrotermální metamorfóze. Mnoho ložisek železných rud vzniklo tímto způsobem.

Typická přeměna minerálů, jako výsledek intenzity metamorfózy je patrná z následujícího obrázku 28.

Prostředí	Narůstající metamorfoza				
	Nízký stupeň (200°C)	Střední stupeň	Vysoký stupeň (800°C)		
Minerální složení	Chlorit				
	Muskovit				
	Biotit				
	Granát				
	Staurolit				
	Silimanit				
	Křemen				
	Živec				
Typ horniny	Bez změny	Chloritické břidlice	Rula Fylit	Amfibolit Eklogit	Tavení

Obr. 28.: Zastoupení minerálů v jednotlivých fázích metamorfózy. [4]

7.6 Metamorfované horniny – systém

Tato systematika může být vypracována na různém základu na nerostném složení, na chemické povaze, na struktuře i textuře, dále na tom, z jakých hornin metamorfované horniny vznikly, na způsobu metamorfózy, nebo v které hloubkové zóně metamorfóza probíhala. Pro jednoduchost jsou seřazeny metamorfované horniny v následující tabulce 8. podle nerostného složení a podle původních hornin.

Původní horniny	Metamorfované horniny	Hlavní minerály
kyselé vyvřeliny	rula (ortorula) granulit	křemen, živec, biotit
bazické vyvřeliny	zelené břidlice amfibolit, eklogit	albit, epidot, chlorit amfibol, plagioklas (Mg, Fe, Ca granát, pyroxen) pyroxen, granát
ultrabazické vyvřeliny (peridotit)	chloritická břidlice mastková břidlice hadec (serpentinit)	chlorit, magnetit mastek (chlorit, křemen) serpentin, pyroxen, granát
konglomeráty, pískovce, arkózy	konglomerátové ruly kvarcit pararula	valouny a tmel převážně křemitého charakteru, křemen(podružně někdy sericit, chlorit, slídy, živec) živec, křemen, biotit
jílovité sedimenty	rohovec porcelanit fylit svor pararula	křemen, živec, tm. součástky křemen, albit křemen,(živec), sericit,(grafit, granát) křemen, živec, slídy
slinité horniny	rohovec erlan amfibolit	křemen, živec např. živec, pyroxen, křemen, plagioklas, amfibol
vápence a dolomity	krystalické vápence, dolomity (mramor)	kalцит, popř. dolomit

Tab. 8.: Hlavní metamorfované horniny. [4]

8. Geochemie

Geochemie studuje historii chemických prvků v zemské kůře a jejich chování v rozličných termodynamických a fyzikálně chemických přírodních podmínkách. Účelem geochemie je studium prvků v podmínkách převládajících na Zemi, stejně jako v části kosmu, přístupné našemu pozorování. Stručně můžeme říci, že geochemie je **chemií Země a pojednává o rozmístění a migraci chemických prvků v Zemi.**

Geochemické procesy neprobíhají pouze v zemské kůře, ale i v hlubších částech zemského tělesa, atmosféře, hydrosféře a v celém vesmíru. Věda, která je studuje - geochemie - představuje proto **mezioborovou vědní disciplínu**, tvořící integrační činitele nejen mezi geologií a chemií, ale v mnoha aspektech i mezi ostatními přírodovědnými a matematicko-fyzikálními vědami.

Přírodní síly a lidská činnost vyvolávají neustálý koloběh hmoty. Každý přírodní proces, každá činnost živých organismů i každá lidská aktivita, je vždy spojena s přenosem látek a energie. Život je závislý na příjmu kyslíku a potravy a na odstraňování odpadních látek. Každá technologie, každá výroba, zemědělství, doprava, vede nevyhnutelně k výměně látek a energie. Všechny takové jevy můžeme spojit jednotným hlediskem výzkumu metabolických procesů, zkoumání koloběhu v přírodě. Toto studium je součástí dnešní geochemie, jež se zabývá přírodními energomateriálovými toky, ale též látkovými toky ovlivněnými nebo vyvolanými lidmi. [1]

8.1 Geochemický charakter zemských sfér

Geochemické pochody základní látkové diferenciacie vytvořily v raných fázích vývoje planety zemské sféry. S výjimkou niklu a chromu, které jsou koncentrovány v jádře a v plášti, titanu, hojného v kůře, brómu v mořské vodě a vzácných plynů v atmosféře, jsou všechny zemské sféry, biomasa i lidská zařízení vybudována převážně ze stejných 14 prvků.

Jsou to: **H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe, Mn.**

Jsou to nejhojnější a nejdůležitější elementy, hlavní anorganické živiny, důležité prvky litogenní, hydrogenní, atmogenní i biogenní. Výjimečně postavení má uhlík, který je základem nesčetných sloučenin organických, některých z nich (několik nejjednodušších) se relativně samostatně účastní planetárního metabolismu, do kterého byly začleněny díky činnosti biogenní, a v poslední době stále častěji i díky činnosti lidské.

Pro srovnání a pro přehled jsou v následující tabulce 9. uvedeny hlavní prvky Slunce a zemských sfér.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Slunce	H	He	O	C	N	Ne	Si	Mg	Fe	S
Země	Fe	O	Si	Mg	Ni	S	Ca	Al	Na	Cr
zemská kůra	O	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	Ti	H
sedimenty	O	Si	Al	Fe	Ca	K	C	Mg	N	H
hydrosféra	O	H	Cl	Na	Mg	S	Ca	K	Br	C
atmosféra	N	O	Ar	H	C	Ne	He	Kr	Xe	S
biomasa	O	C	H	N	Ca	K	Cl	P	S	Si
antroposféra	O	C	Si	Ca	H	Fe	Cl	Na	N	S

Tab. 9.: Hlavní prvky Slunce a zemských sfér. [4]

Hlavních biogenních prvků je 7, o nich je nejvíce údajů i o jejich biogeochemickém koloběhu. Jedná se o **H, C, N, O, P, S, Ca**. [1]

Hlavními prvky litosféry jsou mimo kyslík též křemík, hliník a železo.

Křemík je po kyslíku nejhojnějším prvkem zemské kůry, jeho úlohu v horninách můžeme přirovnat k roli uhlíku v biomase. Silikáty jsou rozhodně nejvýznamnější skupinou minerálů zemské kůry. Vzhledem ke své malé rozpustnosti ve vodě hrají malou úlohu v hydrosféře i v biomase. Člověk těží a zpracovává velká kvanta křemíku ve formě stavebních surovin (písek, kámen), geochemický cyklus není významně ovlivněn.

Hliník je třetím nejhojnějším prvkem zemské kůry. Je obsažen v alumosilikátech. Tvoří sloučeniny málo rozpustné ve vodě. Rozpustnost jeho sloučenin je velmi závislá na hodnotě pH, jak v kyselých, tak v alkalických oblastech prudce stoupá. Ve vodách i v biomase je jeho koncentrace velmi nízká. Ačkoliv je hliník technicky významným kovem, neovlivňuje člověk významně jeho globální oběh.

Železo je nejhojnějším prvkem Země jako celku a čtvrtým prvkem zemské kůry a sedimentů. Souvisí to zřejmě s výjimečnou stabilitou jeho atomového jádra. V horninách je obsaženo v silikátové vazbě. V povrchových vodách je železo zpravidla v nízkých koncentracích, v podzemních je ho více. V biomase je pravidelně přítomno v oxo-redukčních systémech.

Železo je nejvíce užívaný kov člověkem, což představuje největší tok v globálním cyklu železa, nejedná se však o významné ovlivnění geochemického charakteru.

Další prvky jsou uvedeny v přehledu z hlediska jejich zastoupení v kůře zemské, v ostatních sférách, rozpustnosti ve vodě, ve vztahu ke globálnímu cyklu a geochemickému cyklu a těžbě nerostných surovin, (viz tab. 10.).

Prvek	v zemské kůře	v ostatních sférách	rozpuštěnost ve vodě	globální cyklus	geochemický cyklus	těžba
hořčík	méně než Ca	v biomase méně než Ca	hojnější v mořské vodě	-	člověk ovlivňuje málo	-
sodík	hodně, hlavně silikáty	v biomase hodně	v mořské vodě hodně	-		
draslík	9. nejhojnější	v biomase 6. nejhojnější	v mořské vodě málo		málo, lokálně hnojením	
fluor	málo	v biomase	dobrá			
chlor	málo	v biomase	velmi dobrá		málo známý	
vodík	hodně (vodnaté silikáty-slídy, amfiboly)	v atmosféře hydrosféře a biomase	její součást			
uhlík	málo, fosilní paliva, karboonáty	v biomase hydrosféře a atmosféře		spalování fosilních paliv		fosilní paliva
dusík	nepatrně	v atmosféře v biomase	plynné sloučeniny		složitý	
kyslík	hodně	v atmosféře hydrosféře, v biomase	její součást		všech chemických prvků	
fosfor	11. místo	v biomase důležitý	málo		člověk velmi zasahuje	fosfátové horniny
síra	15. místo	v hydrosféře, atmosféře	dobrá	spalování fosilních paliv		
vápník	5. místo, v silikátech	v biomase, hydrosféře, atmosféře	dobrá		člověk velmi zasahuje	stavební suroviny, cement

Tab. 10.: Zastoupení prvků v zemské kůře. [12]

8.2 Geochemie a životní prostředí

Z geochemického hlediska je životní prostředí a jeho složky, atmosféra, hydrosféra a biosféra i litosféra, komplexem různých forem chemických látek, jež jsou v jejich rámci i mezi nimi transportovány a chemicky se mění.

Chemické složení biosféry (oživená část planety Země) je výsledek dlouhého vývoje chemických interakcí mezi jejími živými a neživými součástmi. Mezi živé součásti patří

i člověk, jehož aktivita v rostoucí míře ovlivňuje všechny procesy v biosféře, včetně procesů geochemických.

Významným předmětem pozornosti geochemie jsou právě změny vyvolané činností člověka, který znečišťuje životní prostředí toxickými a i jinak nebezpečnými látkami.

8.3 Rozšíření látek

Vzhledem k rozdílným geochemickým vlastnostem matečných hornin a k přirozeným rozdílům fyzického a chemického klimatu se místně liší složení vod (z části využívaných jako pitné), půd, vegetace a živočichů. Studium lokálních rozdílů v distribuci prvků makrobiogenních, mikrobiogenních, potenciálně toxických a organických látek se podniká především s cílem zjistit statisticky významné korelace mezi tímto složením a biologickými parametry, zejména zdravým vývojem rostlin i živočichů, včetně člověka. V některých případech mají tyto statistické závislosti příčinný charakter.

Například je známá souvislost mezi chorobami štítné žlázy a obsahem jodu ve vodě, zubní kaz souvisí s nevhodnými koncentracemi fluoru, výskyt azbestu způsobuje plicní onemocnění. Intenzivně se zkoumá závislost rozšíření rakoviny, srdečních chorob a vrozených vad na různých fyzikálně chemických vlastnostech prostředí. Stejně se věnuje pozornost územím s výraznou dlouhověkostí. Až dosud však málo těchto studií vede k prokazatelně pozitivním výsledkům. Poruchy zdraví živočichů, v souvislosti s nedostatkem některých prvků v půdách, jsou uvedeny v tabulce 11.

Pozornost se věnuje především látkám s fyziologickými účinky. V půdě, vodě, ovzduší a v organizmech se zejména sledují koncentrace, které jsou podezřelé, že vyvolávají kardiovaskulární onemocnění. Dále se stanovují koncentrace SO_2 , NO, CO, CO_2 , O_3 , aerosolů, halometanů v ovzduší, pesticidů a dalších látek ve vodách apod.

mangan	drůbež	perosis a chodrostrofie
	prase domácí	kulhavost a zvětšení kloubů
jod	člověk, prase domácí, ovce	zduření štítné žlázy,
	hovězí dobytek, kůň, ptáci	redukce srsti, peří
železo	člověk, prase domácí	anémie
měď	člověk	anémie (novorozeňata)
	prase domácí, ovce	anémie
	hovězí dobytek	anémie, dočasná sterilita
kobalt	hovězí dobytek, ovce	anémie, chronická podvýživa
zinek	Prase domácí, hovězí dobytek	parakeratóza

Tab. 11.: Prvky v půdě ovlivňující zdraví živočichů. [12]

8.4 Výzkum transportu látek

Látky jsou transportovány jak uvnitř jednotlivých zemských sfér, tak rozhraními mezi sférami.

Nejvíce pozornosti je věnováno látkové výměně mezi hydrosférou a litosférou. Tento proces je významný jak při vzniku chemického složení vod, tak pro tvorbu půd. Rozsáhle je rovněž studována výměna látek mezi atmosférou a oceánem. Podrobně se zkoumá zejména výměna

plynů, protože oceán působí jednak jako zdroj pro některé plyny, např. H₂S, jednak jako významný propad např. CO₂. Propadové mechanismy nejsou dosud - mimo absorpci CO₂ - přesně známy, uvažuje se o oceánském propadu CO, SO₂, N₂O a dalších plynů. Oceán je zdrojem aerosolů, které nemusí mít zcela totožné složení jako mořská voda z důvodů frakcionace při průchodu povrchovou vrstvou vody, bohatou na organickou hmotu, dále oxidace a parciální evaporace např. halogenů.

V poslední době je intenzivně zkoumáno rozhraní mezi vegetací a půdou na jedné straně a atmosférou na straně druhé. Zde dochází jednak k přestupu z atmosféry ve formě vodních srážek, absorpce plynů a spadu pevných částic, jednak k uvolňování látek do ovzduší v důsledku biologické aktivity, evaporace i mechanické eroze. [1]

8.5 Časové změny

Periodické změny geochemických parametrů jsou nejčastěji vázány na denní a sezonní změny slunečního svitu a biochemické aktivity (fotosyntéza, respirace, minerální fixace). Ostatní změny jsou působeny antropogenní činností a dalšími příčinami někdy katastrofálního charakteru, jako jsou povodně, velké bouře, vulkanické erupce, požáry, neobvykle suchá období, prachové bouře.

Příkladem dlouhodobé změny chemického složení atmosféry podmíněné lidskou činností a geochemickou interakcí mezi ovzduším a oceánem je růst obsahu CO₂ ve vzduchu.

Významné je dále studium recentních sedimentů a ledovců, co do změn jejich chemizmu, který ukázal přesvědčivě antropogenní vliv. Říční, jezerní i mořské sedimenty při ústích velkých řek v industrializovaných oblastech vykazují rostoucí obsahy těžkých kovů (Temže, Rýn, Labe, Severní moře). Kontinentální ledovce vykazují zvýšené koncentrace kovů v recentní vrchní vrstvě oproti ledu v hloubce.

8.6 Výzkum atmosféry

Složení atmosféry je pronikavě ovlivňováno lidskou činností, a proto je jeho detailnímu studiu věnována velká pozornost. Z hlavních složek se sleduje zejména **kyslík**. Podle novějších údajů, je zřejmé, že jeho úbytek v důsledku lidské činnosti nehrozí. Stopové příměsi se sledují systematicky. V centru pozornosti jsou zejména plynné sloučeniny C, S, N a halogenů. Nejvíce prací je věnováno **atmosférické síře**, především ve formě SO₂, která je z větší části antropogenního původu a působí řadu potíží (lokální znečištění ovzduší, dálkový transport a acidifikace srážkových vod a vod některých jezer). Dobře je rovněž prozkoumáno **olovo**, vázané na atmosférický aerosol, které je typickým antropogenním prvkem, zaváděným do atmosféry z výfukových plynů automobilů.

Látky v atmosféře procházejí řadou chemických reakcí, které mají nejčastěji fotochemický charakter. V oblasti nízké troposféry, která je z hlediska životního prostředí rozhodující, mají největší význam oxidační reakce sloučenin S (oxidace H₂S a SO₂ na H₂SO₄ a SO₂²) a N (oxidace NH₃, NO_x). [1]

Vertikálním transportem, který je relativně pomalým procesem, jsou odváděny látky do stratosféry. V této souvislosti se zkoumá například přenos NO₂ a halometanů v souvislosti s úvahami o redukci ozonové vrstvy.

Mezi významné procesy samočisticího charakteru patří vodní srážky. Aerosolové částice a stopové plynné příměsi uvnitř oblaků jsou odstraňovány velmi účinným procesem - **vypršením**. Pod oblaky dochází k méně účinnému vymývání aerosolů a plynů zejména z lokálních zdrojů.

Znečištění ovzduší má řadu lokálních a globálních aspektů od přímého ohrožení zdraví a životů lidí přes ovlivňování vegetace (například ničení koniferových porostů SO_2) a hydrosféry (acidifikace některých jezer dešti o nízkém pH) až po globální vlivy (vzrůst obsahu CO_2 , vliv zvýšených obsahů SO_2 na růst kyselosti srážek, možnost způsobení klimatických změn).

8.7 Výzkum hydrosféry

Důležitým procesem, který probíhá ve vodních nádržích především v důsledku antropogenní činnosti, je **eutrofizace** vodních nádrží, tj. obohacování vody v nádrži živinami. Nadměrná eutrofizace vod způsobuje bujení řas a jejich následný rozklad, který nádrž znehodnocuje především tím, že nadměrně odčerpává kyslík potřebný pro veškeré vyšší formy života. Hlavní příčinou nadměrné eutrofizace jsou **dusík** a **fosfor**, ale spolupůsobí i další prvky, jako je draslík, železo, mangan, zinek, měď, kobalt, molybden a bór. Pokud je některého z těchto prvků nedostatek, k eutrofizaci nedochází, protože škodlivé organismy se bez těchto látek nemohou vyvíjet. V praxi se k prevenci před eutrofizací užívá omezování koncentrace dusíku a fosforu.

Nejlépe prozkoumaným samočisticím procesem ve vodách je rozklad organické hmoty mikroorganismy. To se děje působením enzymů, které mění organickou hmotu na CO_2 a H_2O za současného uvolnění energie. Zároveň tímto rozkladným procesem dochází k **asimilaci** tj. tvorbě živých těl.

Produkty mikrobiologického rozkladu jsou kromě CO_2 a H_2O ještě další jednoduché anorganické sloučeniny, které se hromadí ve vodě a někdy mohou způsobit zhoršení její jakosti. [1]

Anorganické složky vod se účastní další geochemické procesy a jsou z vody odstraňovány adsorpcí na jílové částice a hydroxidy železa a manganu nebo srážením ve formě různých karbonátů, sulfátů, hydroxidů, fosforečnanů, alumosilikátů. Suspendované částice pak za vhodných hydrodynamických podmínek sedimentují a tato sedimentace je určována vlastnostmi přírodních koloidních a semikoloidních systémů.

8.8 Výzkum litosféry a pedosféry

Litosféra má z geochemického hlediska význam v souvislosti se zkoumáním životního prostředí především jako zdroj nerostných surovin, jejichž chemické složení má mnohostranný vliv na další části prostředí. Nejznámějším příkladem je těžba uhlí, při jehož zpracování se dostává ročně do atmosféry velké množství stopových prvků, včetně toxických radioaktivních.

Stejně významná je těžba, úprava a zpracování rud všech kovů a jejich následné použití, včetně takových způsobů, jako jsou přídavky sloučenin olova do benzínu či moření osiva rtuť.

Geochemický výzkum se neomezuje jen na zjišťování složení surovin co do prvků a jejich chemických forem, ale věnuje se například i izotopickému studiu, které může odhalit původ některých škodlivin podle korelace zastoupení izotopů v emisích a v možných zdrojích. Takto bylo zkoumáno olovo a síra.

Ukládání tekutých a pevných odpadů je z geochemického hlediska rychlou akumulací cizorodé hmoty v litosféře, která pomalu reaguje s přírodním okolím.

Součástí tvorby a vývoje půdy, často i negativního, jsou biochemické procesy, ovlivněné lidskou činností. Tvorba jílových minerálů a obsah sorbovaných živin v půdách závisí na rychlosti proudění vody, na jejích fyzikálně chemických vlastnostech, na klimatických podmínkách a na způsobu obdělávání. [13]

Geochemický výzkum vzniku a degradace půd nespočívá pouze v detailním studiu mineralogie a chemického složení různých frakcí půdy, ale hlavně v objasnění vlivu klimatu, složení a hydrodynamiky vod a vlivu zemědělské činnosti na rychlost současných a budoucích geochemických procesů v půdách.

8.9 Geochemický výzkum biomasy

Složení živé i odumřelé hmoty organismů zkoumá geochemie v souvislosti s interakcemi biomasy a okolního prostředí.

Cílem studia je jednak zjištění „normálního“ složení vybraného organismu (rostlinných druhů, živočichů včetně člověka) a jeho součástí, jednak změn v závislosti na změnách prostředí. Ukazuje se, že složení organismů je zejména co do stopových prvků relativně velmi proměnlivé, přičemž nižší rostliny a živočichové vzkazují nižší selektivitu v příjmu prvků z prostředí.

Chemické složení vybraných orgánů rostlin či živočichů slouží jako bioindikátory znečištění a kvality životního prostředí. Příkladem slouží řada výzkumů divoce rostoucích i kulturních plodin, sledování olova či DDT v dlouhé řadě živočichů, rozborů stromové kůry, jehličí a listí a mnoho dalších. [13]

8.10 Výzkum biogenních oběhů

Tento výzkum je syntézou dílčích výzkumů všech ostatních směrů, jako je studium chemických látek, jejich transportu a časových změn, výzkumu atmosféry, hydrosféry, litosféry, pedosféry i biomasy.

Kvantitativní určování látkových cyklů, hmotových bilancí, toků látek jednotlivými částmi prostředí (horniny, půda, kontinentální vody, oceán, atmosféra, biomasa) je nečastěji konečným cílem geochemických výzkumů, ať už v měřítku globálním, regionálním či lokálním. [13]

Regionální a lokální hmotová bilance prostředí se geochemicky studuje v modelových povodích, v kterých lze přesně měřit vodní výměnu, složení vody a veškeré vstupy a výstupy hmoty. Vstupy představují: vodní srážky, suchý atmosférický spad a absorpce plynů, zvětrávání a antropogenní a obecně biogenní příspěvek. Výstupy jsou dány odtokem podzemním a povrchovým, evapotranspirací, plynnými exhalacemi a biogenním (antropogenním) odčerpáváním.

9. Historická geologie

Historická geologie zkoumá dějiny a zákonitosti vývoje Země od doby vzniku pevné kůry zemské až do dnešní doby. Dělí historii Země na geologická období a do nich časově zařazuje jednotlivé geologické události.

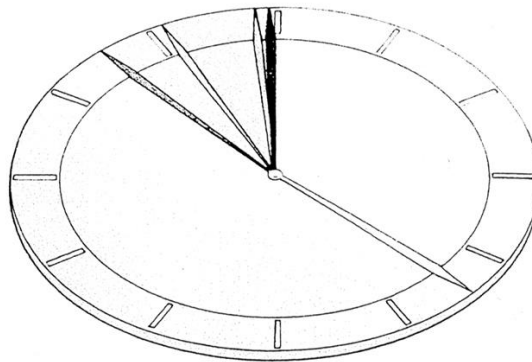
Hlavní úkoly historické geologie jsou:

1. určení stáří hornin, buď absolutního (podle radioaktivního rozpadu minerálů v horninách), nebo relativního (na základě úložných poměrů a nálezů zkamenělin v usazených horninách)
2. rekonstrukce fyzikálně geografických poměrů (paleogeografie), hlavně rozšíření pevnin a moří, reliéf pevnin a mořského dna a změnu těchto podmínek během geologického vývoje zemské kůry.
3. zkoumání historie tektonických pohybů a evoluce tektonických struktur a posloupnosti magmatických pochodů.

Základem historické geologie je stratigrafie tj. nauka o vrstevních sledech, v nichž jsou zachovány stopy geologických procesů a organického světa v minulých geologických dobách.

Při výzkumu používá historická geologie výsledků a metod i dalších geologických věd, hlavně petrologie, tektoniky atd.

Historická geologie je založena a pracuje s „geologickým časem“ je to věda, která sleduje nejdelší časová období a to v miliardách let. Od vzniku planety uběhlo 4,6 miliardy let. Na jednoduchém obrázku 29. je znázorněn obrovský časový vývoj planety a nepatrný čas přítomnosti člověka na ní.



Obr. 29: Obrovské časové rozpětí geologických procesů zvýrazníme, jestliže 4600 milionů let historie Země převedeme na 12 hodin. První dvě hodiny 52 minuty zůstávají nejasné. Ve 2,52 h se objevují nejstarší horniny, ale až do 4,20 h, kdy se objevují organismy bakterií a řas, zůstává planeta pouští bez života. V 10,30 h došlo k rozšíření bezobratlých živočichů v mořích, v 11,25 h putovali po zemském povrchu dinosauři a o 25 minut později je vystřídali ptáci a savci. Předchůdci dnešních lidí, hominidů, se objevili asi půl minuty před polednem. Poslední desetinu sekundy zabírá naše civilizace.[6]

9.1 Geologická časová škála

V historii vývoje zemské kůry se stalo mnoho významných událostí, které je třeba časově zařadit. Celá geologická historie byla rozdělena do jednotek různě velkých, které dohromady tvoří **geologickou časovou škálu (žebříček)**, (viz tab. 12, 13). Existuje celá řada zpracování

této škály a to podle využitelnosti v tomto případě byla vytvořena tato tabulka zjednodušeným způsobem, tak aby společně vyjadřovala všechny zásadní informace tj. čas, hlavní názvy éry a period, následně nejvýznamnější události vývoje života na Zemi. Jsou zde zmíněny hlavní historické pochody a ve čtvrtohorách historická období a kulturní události vývoje lidské společnosti.

Podrobnější členění geologické časové škály je možné najít na internetu

Uplynulo tisíců let	Éra	Perioda	Historické období	Událost
0. 25	ČTVRTOHORY KVARTÉR	HOLOCÉN	NOVOVĚK	Průmysl, rev. Anglie
0. 36				Bitva na Bílé Hoře
0. 5			STŘEDOVĚK	Objevení Ameriky
0. 7				Přemysl Otakar II.
1. 0			STAROVĚK	Velkomorav. říše
1. 5				Pád říše Římské
		ENEOLIT	Pyramidy, Egypt	
		MLADŠÍ DOBA KAMEN.	Keramika, zemědělci	

Tab. 12: Geologická škála – kvartér. [4]

Uplynulo tisíců let	Éra	Perioda	Historické období	Událost
40	ANTROPOZOIKUM	PLEISTOCÉN 5 dob ledových, 4 meziledové glacialy, interglacialy	MLADŠÍ OBDOBÍ	Konec poslední doby ledové Věstonická Venuše Rozvoj umění Jeskynní malby
250			STARŠÍ OBDOBÍ	Homo Sapiens Rozvoj doby kamenné
2500				Homo Habilis
Uplynulo v mil.let.	Era	Perioda	Událost	Horotvorné pochody
2.5 7	TŘETIHORY TERCIÉR KENOZOIKUM	NEOGEN	Člověk Homo	ALPINSKÉ VRÁSNĚNÍ
26		PALEOGEN	Lidoopi	
38			Šelmy	
55 65			Opice Trávy, Kopytníci	
135	DRUHOHORY MESOZOIKUM	KŘÍDA	(Vyhnuli Dinosauři) Ptáci, Savci	ALPINSKÉ VRÁSNĚNÍ
205		JURA	Praptáci, Ještěři	
250		TRIAS	Dinosauři	
290	PRVOHORY PALEOZOIKUM	PERM	Stromy jehličnaté	HERCYNSKÉ (VARISKÉ) VRÁSNĚNÍ
355		KARBON	Plazi, Hmyz	
410		DEVON	Plavuně, Přesličky, Kapradiny	
		SILUR	Rozvoj života na souši Ryby, Suchozemské rostliny	
570 510 570		ORDOVIK KAMBRIUM	Ramenonožci, Trilobiti	KALEDONSKÉ VRÁSNĚNÍ
2 500		PREKAMBRIUM	STAROHORY PROTEROZOIKUM	Bezobratlí Vyšší rostliny Řasy, Bakterie
4 600	ARCHAIKUM		Vznik ŽIVOTA Primitivní formy Vznik ZEMĚ	
20 000			Vznik Vesmíru „VELKÝ TŘESK“	

Tab. 13.: Geologická časová škála prekambrium až terciér. [4]

V období **prekambria** byly zaznamenány horotvorné pochody **assynského vrásnění**.

K prahorám zařazujeme soubory nejstarších hornin zemské kůry. Z největší části to jsou **krystalické břidlice**, které vystupují na povrch dnešních pevnin ve všech světadílech ve velkých oblastech, které označujeme jako staré **štítý a tabule**. Štítý tvoří jádra kontinentů. Každý kontinent má jeden nebo více prekambriických štítů. Jedná se o štítý: Baltický, Indický, Australský, Africký, Brazilský a Kanadský.

Doba trvání **prvohor** neboli **paleozoika** se odhaduje na 375 milionů let. Prvohory se dělí na šest útvarů: **kambrium, ordovik, silur, devon, karbon a perm**. Kambrium až devon označujeme jako starší prvohory, karbon a perm jako mladší. Horniny prvohor jsou velmi pestré. Usazeniny jsou zastoupeny slepenci, pískovci a křemenci, drobnými, arkózami, břidlicemi, vápenci, dolomity atd. Hojné jsou sloje **černého uhlí**.

V prvohorách proběhly dva velké horotvorné procesy. Starší hlavní období koncem siluru, se označuje **vrásnění kaledonské** a pohoří při něm vzniklá **kaledonidy**. Koncem devonu začalo nové vrásnění, vyvrcholilo v karbonu a v permu doznívalo. Vrásnění nazýváme **hercynské**.

Paleogeografii **kambria** ovlivnil geologický vývoj prekambria. Tehdy byly oblasti štítů vnořeny nad hladinu moře. Během kambria došlo k zaplavení mořem a povrch byl téměř zarovnan.

Ordovický sedimentační cyklus je značně složitý. Koncem ordoviku moře z různých částí geosynklinálních i platformních ustupovalo. Bylo to způsobeno výrazným vrásněním (**takonská fáze**). V Evropě se **takonské vrásnění** neprojevovalo zřetelnou deformací vrstev, nýbrž epeirogenetickými pohyby v zemské kůře, což vedlo v některých oblastech k přerušení sedimentace mezi ordovikem a silurem (**starokaledonská fáze**).

Paleogeografický obraz v **siluru** se příliš nelišil od ordoviku. Změny nastaly koncem siluru, kdy moře vlivem **kaledonského vrásnění** ustoupilo z geosynklinálních i platformních oblastí. V Evropě tak vznikla vysoká pásemná pohoří zvaná **Kaledonidy** a byl vytvořen **severoevropský kontinent**.

Devonský paleografický obraz se proto výrazně liší od silurského. Platformní oblasti byly vyzdviženy a počátkem devonu se staly souší.

Karbon byl periodou velmi neklidnou. Nastaly horotvorné pohyby, které nazýváme **hercynským vrásněním**. Za tohoto vrásnění se od konce devonu do počátku triasu vyvrásnila horská soustava, zvaná **Hercynidy**.

Základní rysy paleogeografickému vývoji **perm** vtisklo hercynské vrásnění, podobně jako v karbonu. V Evropě byly fáze vrásnění slabší a představují dozvuky hercynského vrásnění. V jiných částech Země byly intenzivní a patří k hlavním fázím vrásnění (např. Severní Amerika, Austrálie, Antarktida atd.).

V mladším paleozoiku se na jižní polokouli rozkládá hypotetická pevnina, známá pod názvem **Gondwana**, k níž patří velká část Jižní Ameriky, téměř celá Afrika, Madagaskar, Austrálie a Přední Indie. Moře zaplavovalo pevninu jen nepatrně při okrajích, proto se zde setkáváme hlavně s uloženinami kontinentálními. Počátkem druhohor vnikaly postupně výběžky praoceánu **Tethydy** do pevniny. Nastal počátek jejího tříštění v pevniny dílcí. Výrazně se rozpad projevil v juře a spodní křídě.

Doba trvání **druhohor (mesozoikum)** se odhaduje asi na 155 milionů let. Druhohory se dělí na tři útvary: **trias, juru a kříd**. Horniny mají poněkud jiný ráz než v paleozoiku.

Hercynská pohoří byla zbroušena a peneplenizována, proto sedimentační materiál byl převážně jemného zrna (pískovce, slínovce, břidlice, jílovce a jíly). V mořském vývoji jsou vápence a dolomity převládajícími horninami.

Paleogeografie **triasu** byla silně ovlivněna hercynským vrásněním. Platformní oblasti byly vyzdviženy nad mořskou hladinu, geosynklinální oblasti byly silně redukovány. Ve vývoji zemské kůry je trias periodou geokratickou (pevniny převládaly nad oceány). Moře se rozšířila do platformních oblastí až během triasu.

Alpinské vrásnění ovlivnilo paleogeografický vývoj **jury**. V platformních oblastech nastal další rozpad Gondwany a silný vulkanismus v Africe a Jižní Americe. Velká změna v rozšíření moří a souší nastala ve vyšší juře. Mořská transgrese nastala i ve střední Evropě. Z moře vyčnívaly trosky **kaledonského a hercynského pohoří**, mezi nimiž se vytvořily velké pánve epikontinentálního moře.

Křídová perioda se v jednotlivých oblastech výrazně rozdělila na dvě části, což se projevuje i na rozšíření souší a moří. Ve spodní křídě se spíše uplatňuje mořská regrese. Velký zvrát v paleogeografickém vývoji nastal počátkem svrchní křídly. Byl způsoben ohromnou transgresí, která se projevila nejen v Evropě, nýbrž i v jiných světadílech. Svým rozsahem patří k největším záplavám v dějinách naší Země a je nazývána **cenomanskou**. Transgrese zachvátila hlavně jižní polokouli. Na severní polokouli se projevila v Severní Americe, v Evropě a Asii.

Třetihory, terciér) časově představují asi 70 milionů let. Rozděluje je na starší třetihory (paleogén) a mladší třetihory (neogén). Na rozhraní mezi druhohorami a třetihorami dochází k tak ohromným změnám v konfiguraci pevnin a moří a v historii organismů, tyto události nemají obdoby. Sedimenty třetihor jsou vesměs diageneticky zpevněné a výskyt se omezuje na paleogén. V neogénu se horniny vyznačují celkem málo stmelěnými klastickými horninami a usazeninami měkkými a sypkými (jíly, slíny, drobnými pískovci, rozpadavými slepenci, štěrky atd.). Paleogeografický vývoj a jeho změny během paleogénu způsobily důležité události ve vývoji zemské kůry. Je to především laramijská fáze alpského vrásnění. V oblasti Tethydy nastává mohutná orogeneze. V různých oblastech geosynklinálního pásma (v Alpách, v Pyrenejích, v Karpatech, na Kavkaze, v himalájském pásmu) se vytvořila horská pásma. Doznívající horotvorné pohyby alpského vrásnění ovlivňovaly do značné míry i paleogeografický vývoj v **neogénu**. V geosynklinální oblasti Tethydy dosáhlo vrásnění svého vrcholu, značná část nabyla vrásnatých struktur **Alpid**, a tak tato část prakticky ztratila svůj geosynklinální ráz.

Čtvrtohory (kvartér) představují nejmladší a nejkratší éru v geologické minulosti naší Země, která následuje po skončení třetihor a jde až do přítomné doby. Trvala 1,8 milionů let. Ačkoli jsou čtvrtohory ve srovnání s předchozími érami érou velmi krátkou, přece jí vtiskují charakteristické znaky dvě události, kterými se liší od éry předchozích. První událostí je značné ochlazení zemského povrchu, což mělo za následek vznik rozsáhlých a mocných ledovcových pokryvů. Druhou událostí je objevení se člověka na Zemi. Někdy jsou proto čtvrtohory nazývány antropozoikum.

Čtvrtohory se dělí na dva útvary: starší **pleistocén** a mladší **holocén**. Převážná část uloženin, které zanechala čtvrtohorní doba, jsou usazeniny pevninské (kontinentální). Jsou to uloženiny ledovcové, říční, jezerní a větrné. Dále pak svahové hlíny a suti, a různé druhy půd. Jejich mocnost je poměrně malá, ale plošné rozšíření na zemském povrchu je obrovské.

V některých oblastech přikrývají kvartérní uloženiny v rozsáhlých plochách horniny skalního podkladu, a proto je často označujeme jako pokravné útvary. Po paleogeografický vývoj pevnin mělo ve čtvrtohorách mimořádný význam zalednění zemského povrchu. V přítomné době pokrývá led asi 10 % povrchu souší. Ve čtvrtohorách pokrýval led v době největšího zalednění nejméně 32 % povrchu souší. v době největšího zalednění byla téměř polovina Evropy pokryta kontinentálním ledovcem od Severního mysu až k čáře běžící do Bristolského zálivu v Anglii přes Belgie, dolní Rýn atd.

Klimatické poměry se několikrát měnily, takže v některých dobách nastalo na zemském povrchu velké ochlazení, v jiných opět oteplení. Rozeznáváme proto několik dob ledových, které byly odděleny meziledovými (**glaciály a interglaciály**).

Ledové doby byly nazvány podle řek, které stékají z Alp a tvoří přítoky Dunaje. Donau, Günz, Mindel, Riss a Würm, (podrobně kap. č. 11). [2]

9.2 Historie vývoje Země

Počátek vzniku a vývoje Země je kladen do doby před 4,6 miliardy let Planeta se tvořila podle převažujících názorů odborníků akrecí planetesimal což znamená srážkami pevných i plyných částic z vesmíru a působením narůstajících gravitačních sil Země.

V archaiku, při akreci planetesimal vznikl oceán magmatu o hloubce několika set kilometrů, který se diferencoval podle specifické váhy prvků na nejtěžší jádro a vnější lehčí sféry planety.

Atmosféra vznikla odplyněním pevné hmoty a díky gravitaci. Hydrosféra pak ochlazením vodních par.

9.2.1 Vývoj pevninské kůry a kontinentů

Vývoj zemské kůry

Prvotní kontinentální kůra vytvářela malé segmenty (zhruba 500 km v průměru), které postupně narůstaly a zvětšoval se tak rozsah kontinentů.

V **prekambriu**, v jeho starší části (archaiku) dochází k rozsáhlému vytváření kontinentů tzv. kotonizaci. Později v proterozoiku to je již jediný velký superkontinent zvaný Rodinie (Protopangea).

K jeho rozpadu dochází během nejvyššího proterozoika v období assyntské orogeneze (kamadonská).

Nejstarší zalednění je dokumentováno ve spodním proterozoiku (2,2 – 2,3 mld. let).

Období **prvohor (paleozoikum)** trvá cca 300 milionů let. Na jeho začátku se rozpadlý superkontinent Rodinia rozdělí na bloky laurentický (Laurentie), sibiřský, kazašský, čínský a baltický (Baltika) a největší Gondwanu.

Během prvohor vzniká nový superkontinent Pangea.

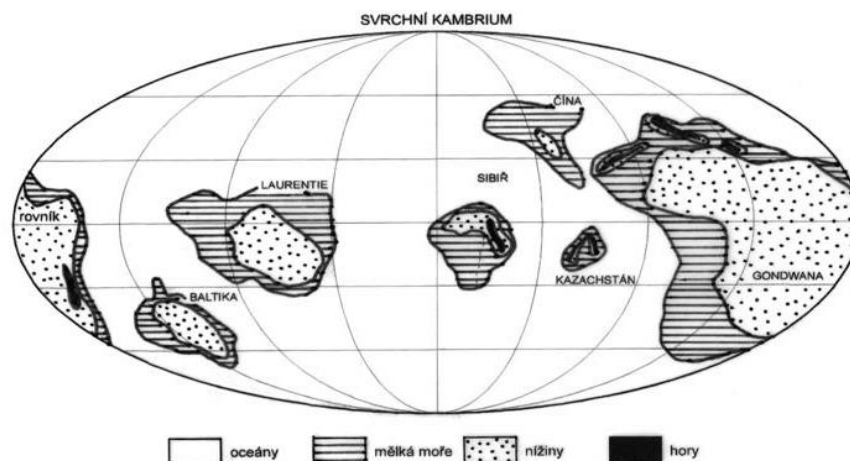
V karbonu koliduje Gondwana s Laurusíí.

Druhohory (mesozoikum) na jejich začátku začíná postupný rozpad Pangei, působením hlavní fáze alpínského vrásnění dochází k uzavírání oceánu Tethys. V období svrchní křídý dochází k rozpadu Pangei a vzniku současných kontinentů.

Formování kontinentů a jejich pohyb začíná v prekambriu ve spodním proterozoiku. Postupně vzniká ve svrchním proterozoiku jediný velký superkontinent **Rodinie (Protopangea)**. Během nejvyššího proterozoika se tento superkontinent rozpadá. V následujícím období v prvohorách (v paleozoiku), dochází k dalším pohybům části zemské kůry.

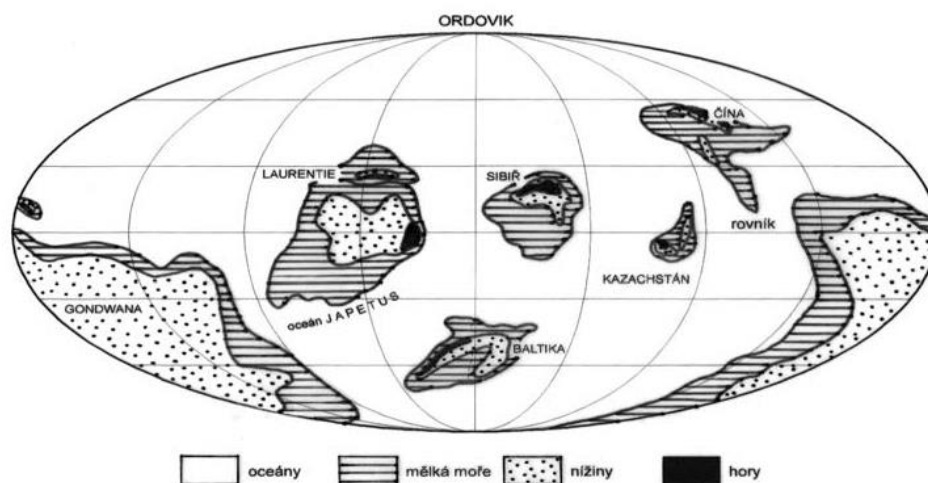
Zatímco na počátku kambria ležely kontinenty ještě blízko sebe, během kambria docházelo k jejich rychlému vzdalování.

V kambriu byla největším kontinentem **Gondwana** protínaná rovníkem a tvořená prekambriky konsolidovaným jihoamerickým, africkým, indickým, arabským, australským a antarktickým kratonem, Arábií a jižní Evropou. Čínský kontinent ležel ve vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule a Baltika ve vyšších zeměpisných šířkách jižní polokoule, (viz obr. 30).



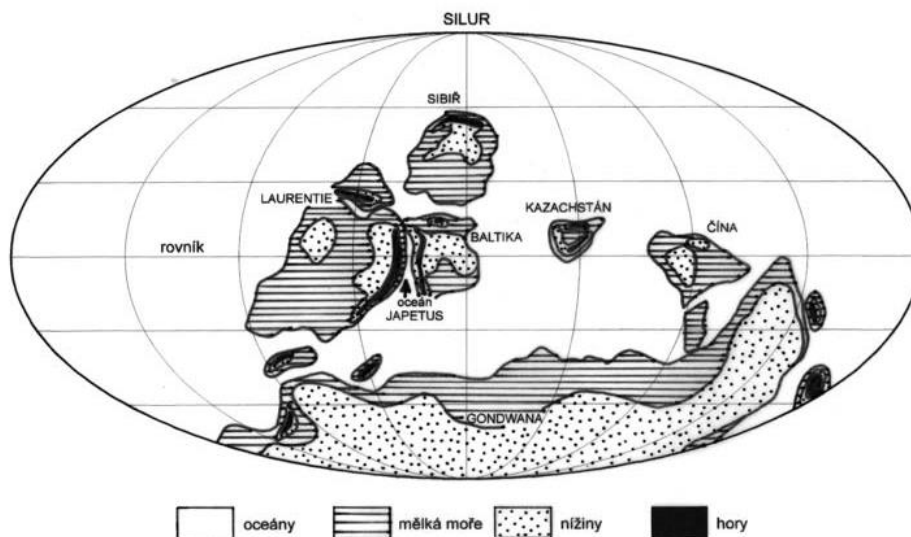
Obr. 30.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země ve svrchním kambriu, upraveno podle Stanley (1992). [8]

V ordoviku ležela **Gondwana** na jižní polokouli částečně v polární oblasti. **Laurentie** s bloky Eurasie byla situována v blízkosti rovníkové zóny. Během ordoviku došlo k výrazným paleogeografickým změnám. **Baltika** se rychle přemísťovala z oblasti blízko jižního polárního kruhu do oblasti rovníkové. U **Gondwany** můžeme pozorovat posun do oblasti jižního pólu, spojený se zaledněním ke konci ordoviku, (viz obr. 31.).

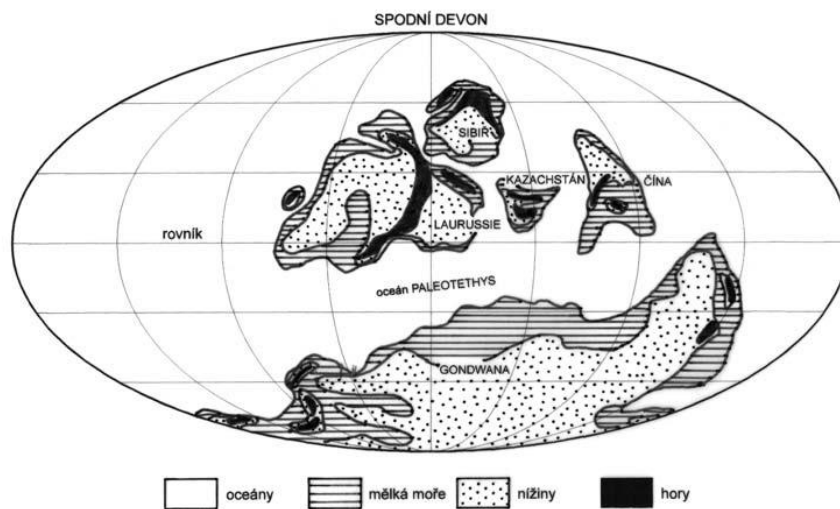


Obr. 31.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země v ordoviku, upraveno podle Stanley (1992). [8]

Během siluru dochází k výrazným paleogeografickým změnám. Kolize **Baltiky**, **Laurentie** a perigondwanského mikrokontinentu **Avalonie** vytváří v závěru kaledonské orogeneze jeden veliký kontinent, který se nazývá kontinent **Old Redu** nebo také **Laurusie**. Největší kontinent - **Gondwana** - se posouvá spolu s perigondwanskými mikrokontinenty v **Paleotethydě**, (viz obr. 32.).

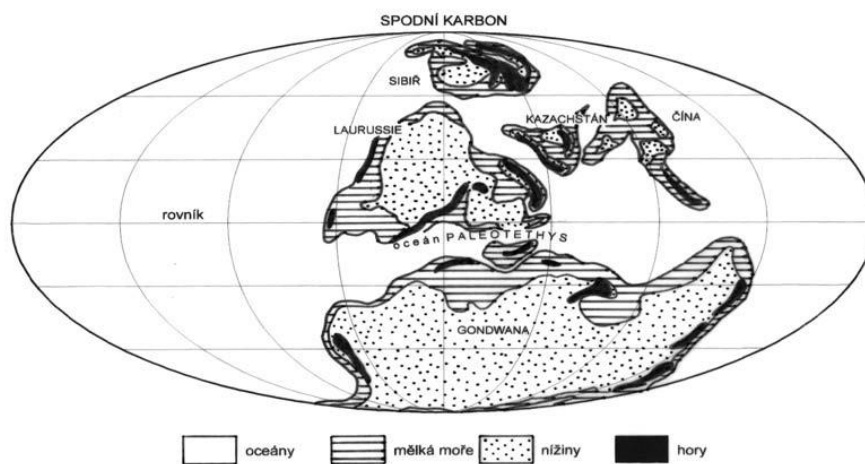


Obr. 32.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země v siluru, upraveno podle Stanley (1992). [8]



Obr. 33. Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země ve spodním devonu, upraveno podle Stanley (1992) [8]

V devonu byla paleogeografická pozice hlavních kontinentů velmi podobná jako v siluru. Pouze další mikrokontinenty v perigondwanské Evropě (moldanubický, armorický, iberský) se posouvají více na sever a přibližují se k Laurusii, (viz obr. 33.).

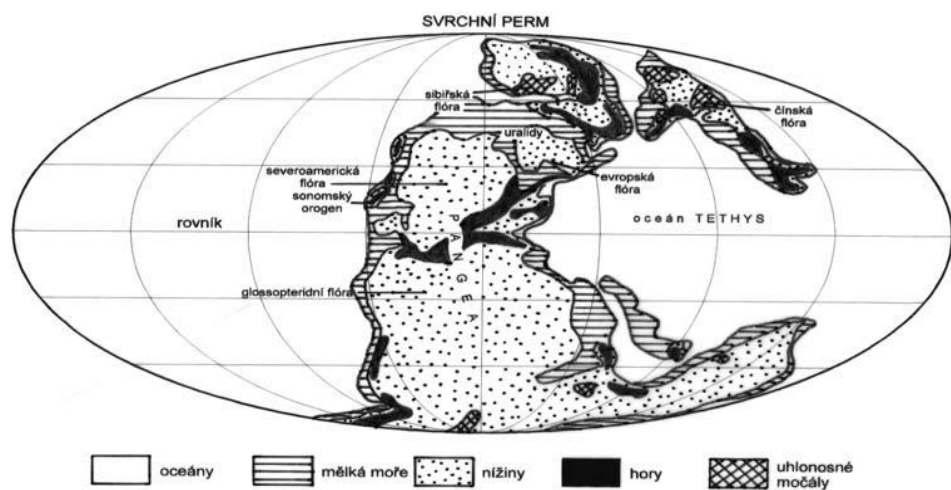


Obr. 34.: Rozložení oceánů, kontinentů a hlavních orogenetických pásem na povrchu Země ve spodním karbonu, upraveno podle Stanley (1992). [8]



Obr. 35.: Rozložení oceánů, kontinentů a hlavních orogenetických pásem na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve svrchním karbonu, upraveno podle Stanley (1992). [8]

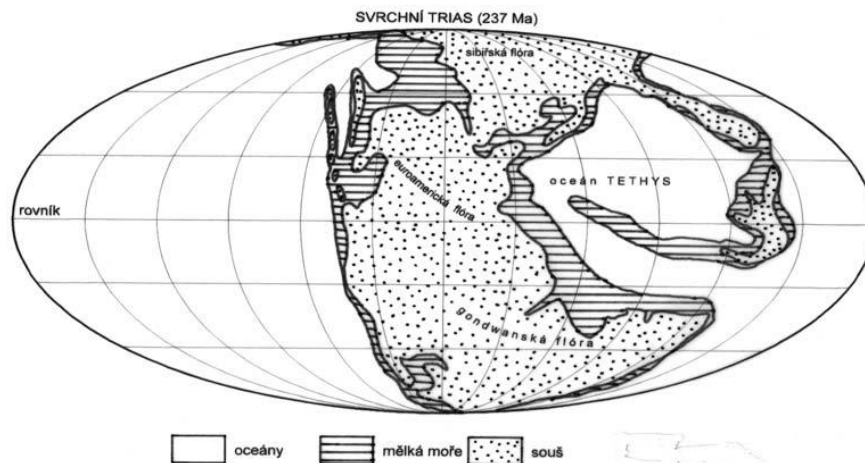
Karbon je období významných paleogeografických změn. Dochází k vytváření jednoho velkého superkontinentu, které je ukončeno v permu vznikem **Pangei**. V karbonu koliduje **Gondwana** s **Laurusií** a vrásní se variské horstvo v Evropě a horská pásma při jihovýchodním a jižním pobřeží Severní Ameriky, (viz obr. 34., obr. 35.).



Obr. 36.: Rozložení oceánů, kontinentů a hlavních orogenetických pásem na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve svrchním permu, upraveno podle Stanley (1992). [8]

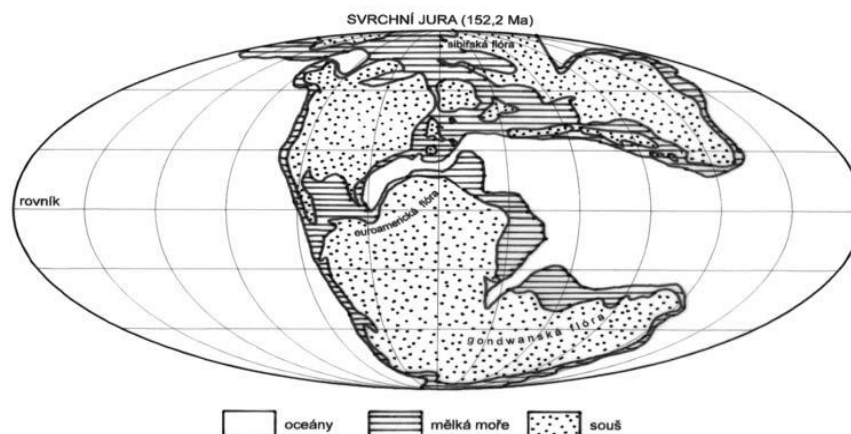
Perm je charakterizován širokým rozšířením pevnin a malým rozsahem moří. Na severní polokouli se nacházel rozsáhlý kraton **Laurasie**, který byl na konci prvohor připojen ke **Gondwaně**. Vznikl jeden veliký superkontinent **Pangea**, (viz obr. 36.).

Velký superkontinent **Pangea** vytvořený v permu, zůstává celistvý a ovlivňuje výrazně paleogeografický vývoj triasu, (viz obr. 37.).



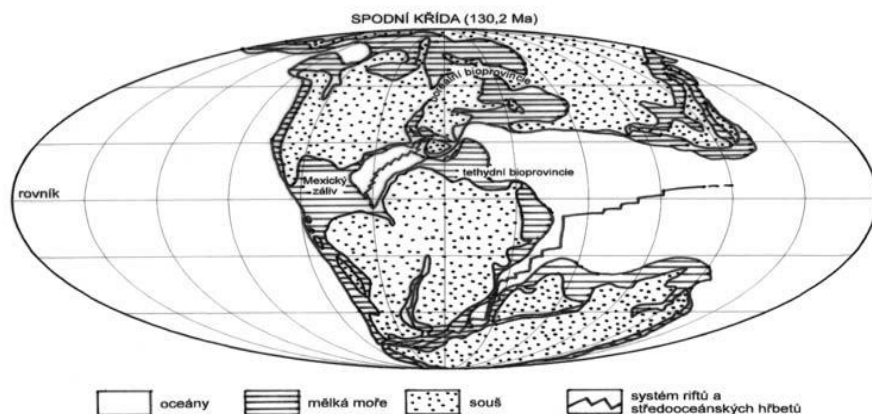
Obr. 37. Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve svrchním triasu, upraveno podle Golonka & Scotese (1996). [8]

Na počátku jury byla **Pangea** stále ještě relativně celistvá. Pokračovalo postupně rozevírání **Tethydy** na západ a mobilní režim zasáhl i do oblastí v západní Evropě, které ještě v triasu náležely epikontinentálnímu vývoji i do pozvolna se rozevírajícího prostoru mezi Africkým štítem a **Laurentií**, (viz obr. 38.).



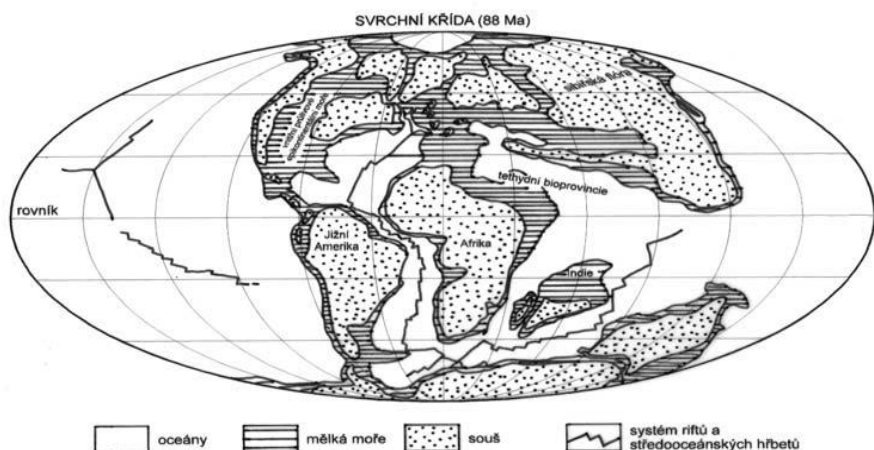
Obr. 38.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve svrchní juře, upraveno podle Golonka & Scotese (1996). [8]

Křída je obdobím velmi významných paleogeografických změn. Vrcholil rozpad **Pangei**. Zatímco ve spodní křídě existovalo ještě propojení mezi Afrikou a Jižní Amerikou, ve svrchní křídě byly od sebe oba kontinenty již značně vzdáleny. Současně pokračovalo oddalování Severní Ameriky od Evropy. Jižní Amerika zůstávala od Severní oddělena a stala se ostrovním kontinentem. Ve svrchní křídě se od Afriky oddělila Antarktida, (viz obr. 39.).



Obr. 39.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve spodní křídě, upraveno podle Golonka & Scotese (1996). [8]

Ve svrchní křídě dochází k definitivnímu rozpadu **Pangei** a vzniku současných kontinentů, (viz obr. 40.).



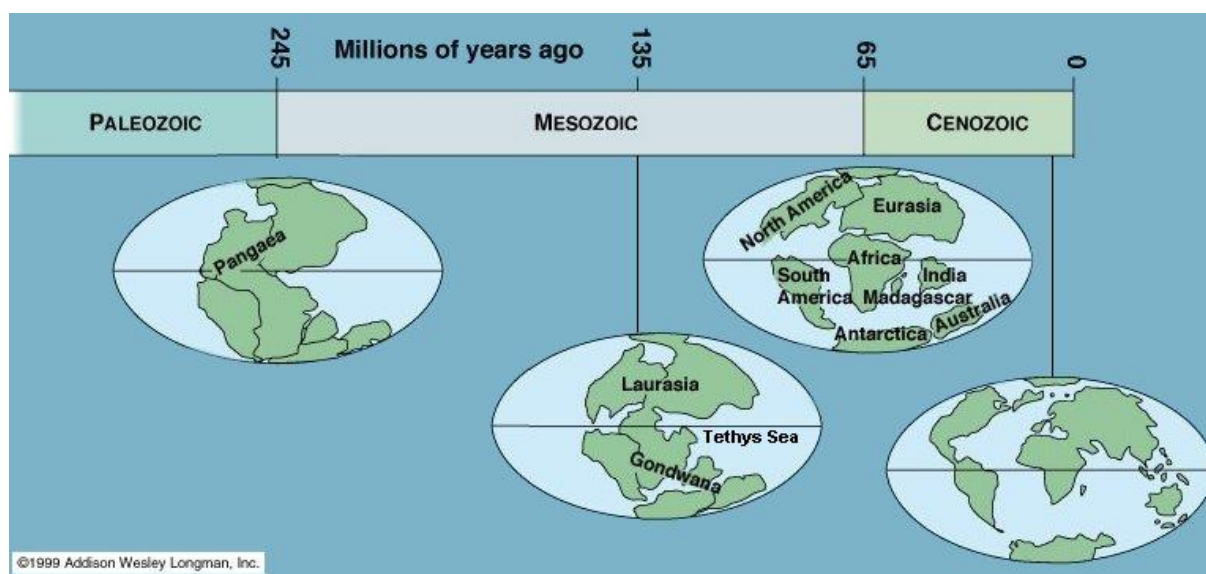
Obr. 40.: Rozložení oceánů a kontinentů na povrchu Země a hlavní paleobiogeografické provincie ve svrchní křídě, upraveno podle Golonka & Scotese (1996). [8]

Terciér představuje období lišící se od předcházejících druhohor především výraznou změnou mořských i suchozemských živočišných společenstev a ve svém závěru výrazným ochlazením signalizujícím nástup klimatických poměrů čtvrtohorních.

Během třetihor dochází k rozpínání oceánických den a k pohybu litosférických desek. Především Atlantik se široce rozevívá a během eocénu se spojuje s Arktickým oceánem.

Asie je spojena kontinentálním mostem v oblasti Beringova moře s Amerikou prakticky během celého terciéru. Rozšiřuje se rovněž Indický a Tichý oceán a africkoarabská deska se výrazně posouvá k severovýchodu. Spojení mezi Atlantským a Indickým oceánem je ve středním miocénu zcela přerušeno. K severu se postupně přesouvá i Austrálie a odpoutává se během eocénu úplně od Antarktidy. [8]

Vývoj světových kontinentů je zjednodušeně vidět na následujícím obrázku 41.



Obr. 41.: Zjednodušený vznik kontinentů. (před miliony let)[32]

9.3 Paleontologie

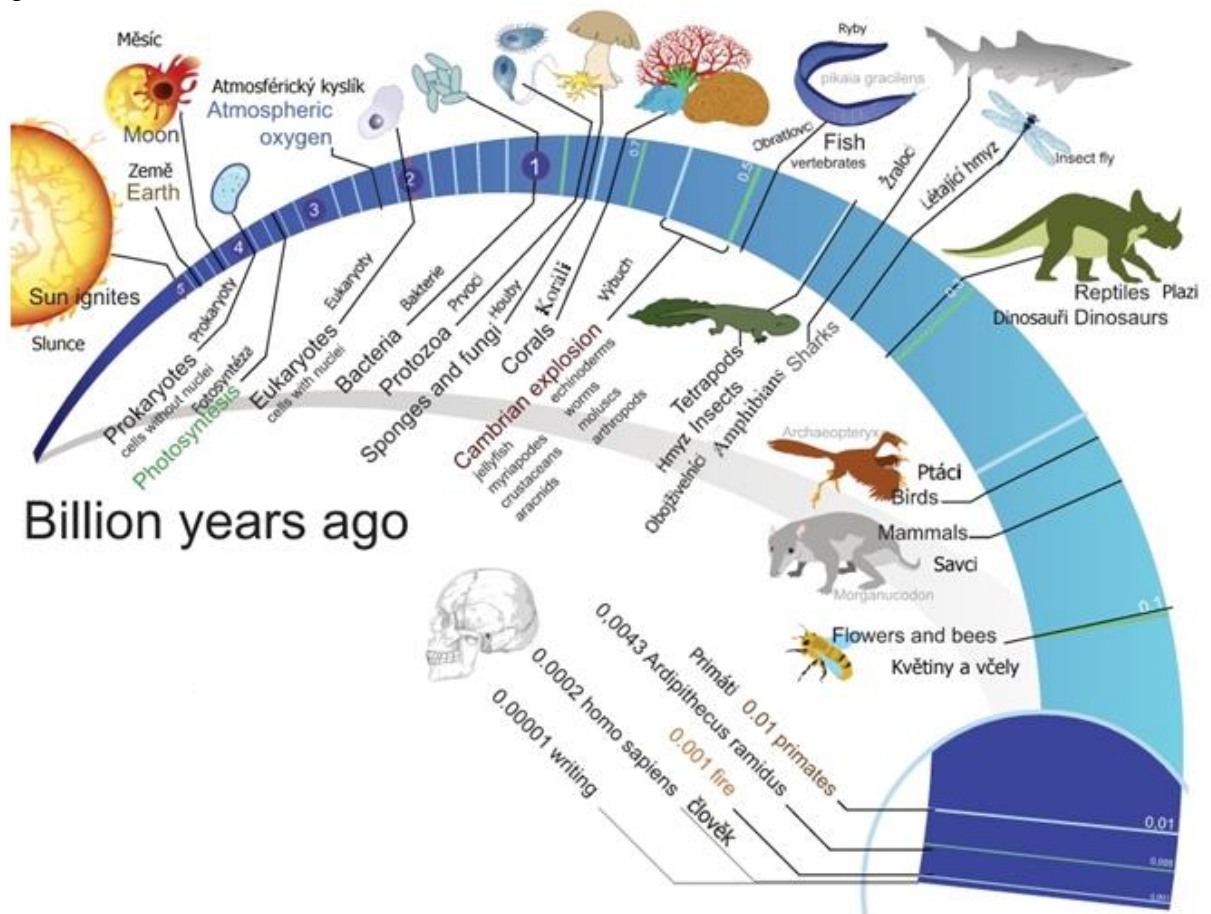
Paleontologie je věda o historickém vývoji živé přírody během celé geologické minulosti Země. Jako vědní obor zahrnuje paleontologii **všeobecnou**, která se zabývá studiem podmínek, které vedly ke vzniku zkamenělin, způsobem zachování zkamenělin, metodami sběru, preparací, konzervací, vědeckým zpracováním, dějinami paleontologie apod.

Dále paleontologii **systematickou**, která řeší se zoologií, botanikou aj. obory otázky kmenového vývoje organického života na Zemi. **Paleobiologie**, je další její součástí a studuje způsob života fosilních ústrojenců, jejich vzájemné vztahy k prostředí, vlivy prostředí apod. Podle předmětu studia se dělí paleontologie na **zoopaleontologii** (paleozoologii) zabývající se studiem živočichů, a **fytopaleontologii** (paleobotaniku) studující rostlinstvo. Oba tyto směry se dále z praktických důvodů dělí na makro- a mikrozoopaleontologii a makro – a mikrofytopaleontologii.

Některé rostlinné nebo živočišné typy vtiskují ráz určitým geologickým dobám. Například rostliny **tajnosnubné** jsou význačné od nejstarších dob až do svrchního permu.

Od svrchního permu až do křídly dominují rostliny **nahosemenné** a od svrchní křídly dodnes rostliny **krytosemenné**.

Doba od kambria až do konce permu se vyznačuje rozvojem **bezobratlých ryb a obojživelníků**, druhohory rozvojem **plazů**, třetihory rozvojem **savců** a čtvrtohory vystoupením **člověka**, (viz obr. 42). [4]



Obr. 42.: Vývoj života na Zemi. Čas výskytu a relativního rozšíření. (před 1 miliardou let)[33]

9.4 Rámcový přehled zoopaleontologického a fytopaleontologického systému

Zoopaleontologický systém v rozsahu kmen, podkmen a třída, doplněný o příklady vůdčích zkamenělin (viz. tab. 14).

KMEN	PODKMEN	TŘÍDA	VŮDČÍ ZKAMENĚLINY
PRVOCI		BIČÍKOVCI KŮŘENONOŽCI PAPRSKOVCI NÁLEVNÍCI	DÍRKOVCI –v prvohorách od karbonu a ve třetihorách
ŽIVOČIŠNÉ HOUBY		SILICEA HOUBY VÁPŇITÉ	
ARCHEOCYATIDI		MONOCYATHEA ARCHAEOCYATEA ANTHOCYATHEA	KOSTRY ARCHEOCYATIDŮ v kambriu
LÁČKOVCI		POLYPOVCI MEDUZOVCI KORÁLNATCI	
ČERVI KROUŽKOVITÍ		MNOHOŠTĚTINATCI MYZOSTOMIA MÁLOŠTĚTINATCI	
MECHOVKY		GYMNOLAEMATA PHYLACTOLAEMATA	
RAMENONOŽCI		BEZOPORNÍ OPORNATÍ	
MĚKKÝŠI	PŘÍLIPKOVCI MLŽI KELNATKY BŘICHONOŽCI (PLŽI) HLAVONOŽCI	MĚKKÝŠI MŘÍŽONERVÍ	LODĚNKOVITÍ- kambrium, ordovik AMONITI - devon MLŽI, AMONITI - druhohory MĚKKÝŠI - čtvrtohory
ČLENOVCI	TROJLALOČNATCI	TRIOBITI	TRIOBITI-kambrium, ordovik
	KLEPÍTKATCI	HROTNATCI PAVOUKOVCI NOHATKY	
	KORÝŠI	LŮPENONOŽCI SKOŘEPATCI SVIJONOŽCI RAKOVCI	SKOŘEPATCI -třetihory
	VZDUŠNICOVITÍ	STONOŽKY HMYZ	
OSTNOKOŽCI	PELMATOOZA	EOCRINOIDEA PARACRINOIDEA PLOŠÁCI EDRIOASTEROIDEA JABLOVCI POUPĚNCI LILIJICE	
	ELEUTHEROZOA	HVĚZDÝŠI OPHIOCYSTIOIDEA JEŽOVKY SUMÝŠI	JEŽOVKY-druhohory a třetihory
POLOSTRUNATCI		KŘÍDLOŽABŘÍ GRAPTOLITI	GRAPTOLITI - starší prvohory
STRUNATCI	OBRATLOVCI	PANCIŘNATÍ PARYBY RYBY OBOŽIVELNÍCI PLAZI PTÁCI SAVCI	PLAZI - druhohory PTÁCI - třetihory SAVCI - čtvrtohory

Tab. 14. Zoopaleontologický systém.[4]

Fytopaleontologický systém v rozsahu kmenů, oddělení a tříd (viz. tab. 15)

KMEN	ODDĚLENÍ	TŘÍDA
BEZJADERNÉ ROSTLINY		
BAKTERIE SINICE		
JADERNÉ ROSTLINY		
A. Nižší rostliny		
ROSTLINNÍ BIČÍKOVCI		
ŘASY		
	ZELÉNÉ ŘASY ČERVENÉ ŘASY HNĚDÉ ŘASY PYRRHOPHYTA EUGLENOPHYTA ŽLUTOZELENÉ ŘASY	CHRYSOPHYCAE ROZSIVKY CHLOROPHYCEAE SPÁJIVÉ ŘASY PAROŽNATKY AGLOMYCETES
HOUBY A LIŠEJNÍKY	HLENKY, SLIZOVKY HOUBY	PRAVÉ PLÍSNĚ VŘECKATÉ HOUBY STOPKOVÝTRUSNÉ HOUBY
B. Vyšší rostliny		
Cévnaté rostliny výtrusné		
MECHOROSTY CÉVNATÉ ROSTLINY	PSILOPHYTA KAPRAĎOROSTY	PSYGMOPHYLLOPSIDA LYCOPSIDA EQUISETOPSIDA KAPRADINY
Cévnaté rostliny semenné		
	KAPRAĎOSEMENNÉ NAHOSEMENNÉ KRYTOSEMENNÉ	CYCADOPSIDA GNETOPSIDA CORDAITOPSIDA JEHLIČNATÉ ROSTLINY
A. Rostliny jednoděložné		
B. Rostliny dvouděložné		

Tab. 15.: Fytopaleontologický systém. [4]

9.5 Život v jednotlivých časových obdobích

Prekambrium. Život v prekambriu nemá významné doklady o své existenci. Podmínky pro jejich zachování byly velmi nepříznivé. Metamorfními procesy, kterými vznikly krystalické břidlice, byly zbytky tehdejších organismů zničeny. Není sice znám vznik života a jeho počátky, ale jeho další již doložený vývoj nasvědčuje tomu, že v archaiku již musely existovat organismy. Mezi vzácné ústrojné zbytky patří **vápenaté řasy** ze Severní Ameriky, nebo **mřížovci** (Radiolarie), **stromatoliti** z Bretaně.

Prvohory. Prvohorní útvary se vyznačují množstvím dobře zachovalých zkamenělin, na nichž se dá vesměs dobře určit příslušnost a postavení buď v zoologickém, nebo botanickém systému.

Z prvoků jsou v prvohorách zastoupeni bičíkovci, dírkovci a mřížovci. Největší význam mají **dírkovci**, neboť **počínaje karbonem** poskytují vúdčí fosilie. Houby se vyskytují v celých prvohorách, nemají však stratigrafický význam. Ve vápencích **spodního a středního kambria** jsou vúdčími fosíliemi **kostry archeocyatidů**, které byly značně rozšířeny. Kmen láčkovců dosahuje značného rozvoje. Všechny jeho třídy poskytly důležité zkameněliny. Známé stromatopory, konulárie, korály drsnaté a deskovité. Červi zanechali vedle nepravých zkamenělin (stopy po lezení aj.) zbytky čelistních aparátů zahrnované do skupiny *Scolecodonta*. Vyskytují se především ve starších prvohorách. Hojně jsou zastoupeny mechovky. Ramenonožce známe od spodního kambria. Měkkýši se vyskytují až na málo významnou skupinu kelnatek od kambria. Největšího rozvoje dosáhli **hlavonožci**, z níž **loděnkovití** jsou nejvýznamnější. Pro starší prvohory, ale ještě v devonu přijímají jejich význam **amoniti s goniatitovým švem**. V karbonu se objevili první dvoužábří. Mlži jsou zastoupeni primitivnějšími typy. Plži jsou méně významní, zastoupeni jsou především podtřídou plžů předožábřých. V mladších prvohorách se vyskytují plži zadožabří a plicnatí. Ostnokožci jsou zastoupeni jablovci, poupěnci, lilijicemi, plošáky a primitivnějšími ježovkami. Ze stratigrafického hlediska jsou pro **starší prvohory nejvýznamnější trilobiti a důležití graptoliti (Dendroidea a především Graptoloidea)**.

První zbytky rybovitých obratlovců pocházejí z ordoviku (*Ostracodermi*), v siluru k nim přistupují ryby pancéřnaté, v devonu nastal velký rozvoj paryb (*Chondrichthyes*) i ryb pravých (*Osteichthyes*). Ve svrchním devonu se objevili obojživelníci, zastoupeni krytolepci, kteří prošli hlavním vývojem v karbonu a permu. V mladších prvohorách se objevili též plazi. Na sklonku prvohor se vyvíjely další skupiny plazů, z nichž vývojově je důležitá skupina **Therapsida**, od níž odvozujeme **vznik savců**.

O rostlinách starších prvohor víme mnohem méně než o formách živočišných. Z vodního rostlinstva se zachovaly jen některé řasy, které mohly fosilizovat. Ve větší míře se suchozemské rostliny objevily až od konce siluru. Jsou to cévnaté rostliny výtrusné a kaprad'orosty. Z **kaprad'orostů** dosáhly velkého rozvoje plavuňovité, přesličkovité a kapradiny, které daly **vznik** většině **uhelných slojí** v karbonu. Koncem spodního permu ustupují cévnaté rostliny výtrusné do pozadí. Tím končí období starobylé květeny, tzv. **paleofytikum**. Další období, tzv. **mezofytikum**, začínající ve spodním permu, je charakterizováno rozvojem cévnatých rostlin semenných, především nahosemenných. V **karbonu** má určitý stratigrafický význam třída **kordaitů**. V **permu** poskytly vúdčí formy **rostliny jehličnaté**.

Druhohory. Fauna druhohor je velmi bohatá a ve srovnání s faunou prvohor v ní nastaly důležité změny.

V prvohorách zcela vyhynuli koráli drsnatí, některé druhy mechovek, trilobiti a hyoliti a některé skupiny přecházejí do druhohor jen ojedinělými tvary a tam dožívají např. stromatopory, konulárie, koráli deskatí, amoniti s goniatitovým typem švu a konodonti. Ostatní typy se vyvíjely v nové pokročilejší typy. Dírkovci se rozvíjejí v juře a křídě. Drsnatí koráli byli již v triasu nahrazeni korály šestičetnými a z mechovek se objevují v juře nové typy. Ramenonožců proti prvohorám značně ubylo. Značně se rozvinuli **mlži** a mnohé rody jsou vůdčími zkamenělinami. Rovněž plži jsou hojnější než v prvohorách. Jednou z nejdůležitějších skupin jsou hlavonožci a to **amoniti** (převážně s amonitovým typem švu) a dvoužábří belemniti. Z ostnokožců jsou méně hojné lilijice, ale vůdčími fosíliemi se stávají **ježovky**. Z rybových obratlovců je většina prvohorních zastoupena i v druhohorách. Z obojživelníků přežívají do triasu krytolepci a poprvé se objevují žáby a ke konci druhohor i mloci. Ohromného rozsahu dosahují **plazi**, vytvářející množství druhů a dosahující často značných rozměrů. Někteří triasoví plazi z řádu Thecodontia byli předky ptáků. První praptáky známe z jury, a pravé ptáky až z křídly. V druhohorách se prvně objevují savci, kteří jsou zastoupeni malými býložravými nebo hmyzožravými formami.

Z nižších rostlin pokračují v druhohorách Rhodophyta a zvláště **Chlorophyta**, z nich jsou některé vůdčími formami. Rostliny výtrusné ustupují a nahrazují je rostliny nahosemenné. Jejich rozvoj pokračuje až do spodní křídly. Počátkem svrchní křídly nastává ve vývoji rostlin pronikavá změna, a to rozvojem rostlin krytosemenných. Jejich rozvojem končí mezofytikum a začíná nová éra zvaná **kenofytikum** (neofytikum), která trvá dodnes.

Třetihory. Ve fauně a floře nastaly v třetihorách výrazné změny. Druhohory nepřežívají amoniti a většina belemnitů. Většina živočišných i rostlinných skupin se vyznačuje moderním rázem, takže mnohé přešly beze změny do čtvrtohor. **Mřížovci a dírkovci** dosahují vrcholu svého rozvoje, zejména některé rody foraminifer se stávají důležitým stratigrafickými a horninotvornými fosíliemi. Pozoruhodným jevem je nápadná redukce brachiopodů. Velmi se rozvíjely určité druhy mlžů a plžů. Ze čtyřžábřích hlavonožců přechází do třetihor jen několik rodů. V brakických a sladkovodních sedimentech jsou důležití **skořepatci**. Bohatě se rozvíjeli krabi a hmyz. Lilijice dále ustupují, některé vůdčí formy poskytují **ježovky**. Z vodních obratlovců nepřežívají do třetihor některé ryby, ale nastává rozvoj ryb kostnatých. Většina plazů, zvláště velkých forem, vymřela v druhohorách, a skupiny, které přešly do třetihor jsou známy dodnes (např. želvy, ještěrky, hadi, krokodýli). Z dalších suchozemských obratlovců se značně vyvinuli **ptáci**. V třetihorách nastal explozivní vývoj savců, takže zcela oprávněně bývají **třetihory označovány za éru savců**. Primitivní savci vejcorodí a vačnatí, jejichž některé skupiny přecházejí z druhohor ustupují do pozadí a jejich místo stále více nahrazují savci s placentou.

Pozdně křídloví **placentální savci** byli málo početní primitivní hmyzožravci a staly se základem všech řádů savců s placentou, kteří se rozvinuli v první polovině třetihor.

Příznivé podnebí, jež převládlo počátkem třetihor, přineslo další rozvoj rostlin krytosemenných, jak dvouděložných, tak jednoděložných.

Čtvrtohory. Velké klimatické změny v kvartéru měly rozhodující vliv na ráz a rozšíření flóry a fauny. Jiné rostlinné a živočišné zbytky obsahují uloženiny vzniklé v glaciálech, jiné v interglaciálech.

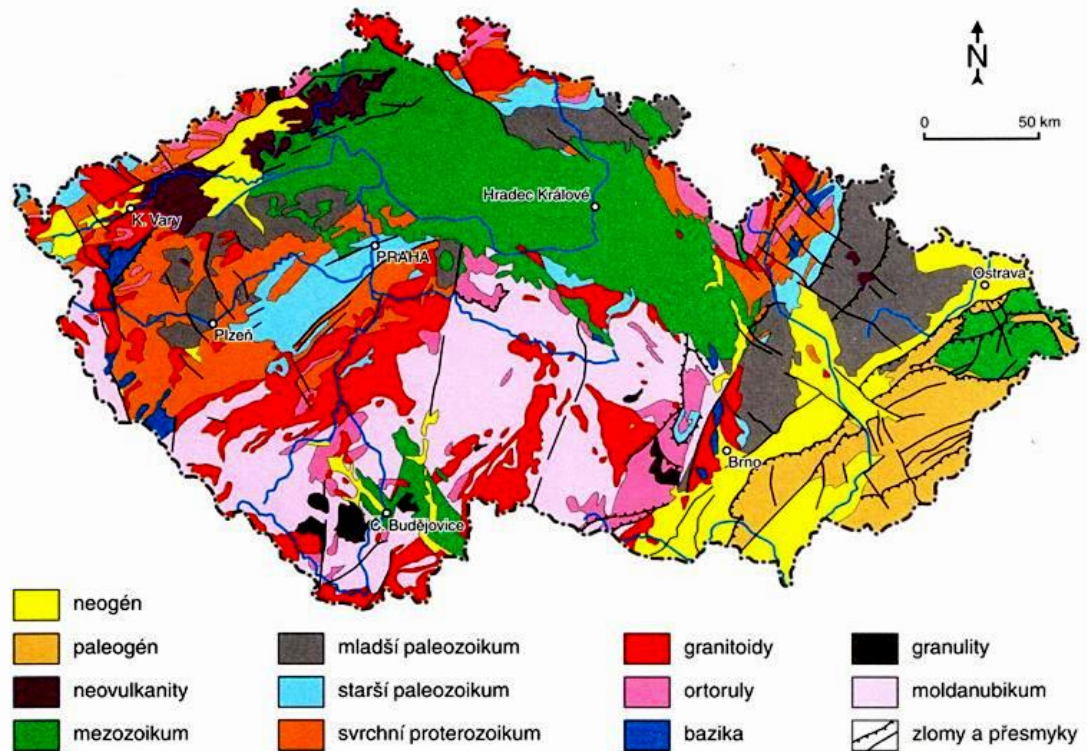
Na okraji severského ledovce se rozkládaly bezlesé tundry, porostlé **plazivými keři (vrby, břízy)**.

Jiný ráz měla flora v interglaciálech. Jedná se o obdobné rostliny, které zde rostou i dnes.

Pokud jde o živočišstvo ráz čtvrtohorní fauny určovali **savci**. Byli to především slonovití, s jejich průvodci nosorožci. K velmi význačným savcům patří z lichokopytníků koně. Ze sudokopytníků jelen, los, sob a pratur. Z šelem je pro starší čtvrtohory nejvýznačnější medvěd, šavlozubý tygr, hyena, polární liška, vlk a rosomák. Vedle savců mají ve starších čtvrtohorách největší význam **měkkýši** téměř ve všech druzích kvartérních uloženin. Do starších čtvrtohor patří fosilní zbytky **člověka**, (viz obr. 14, kapitola 4.). [4]

10. Regionální geologie – Český masiv

Regionální (oblastní) geologie je obor, jehož úkolem je zkoumat geologické složení zemské kůry v určitých oblastech (regionech), (viz obr. 43).

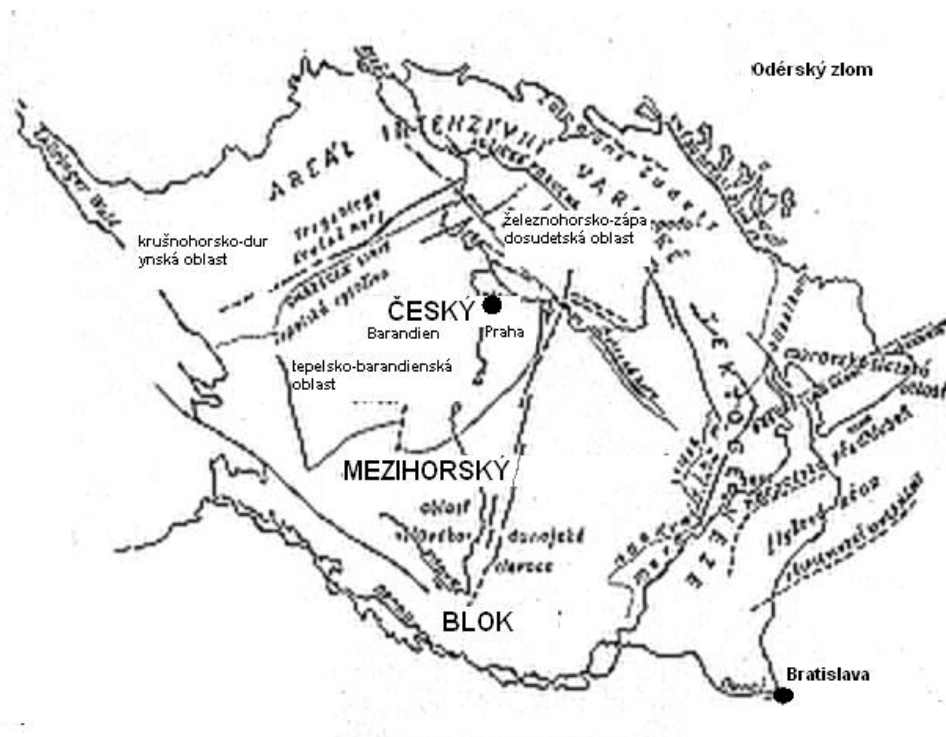


Obr. 43: Silně zjednodušená geologická mapa České republiky. [34]

Geologicky je území České republiky tvořeno **Českým masivem**, který patří k tzv. **hercynské (variské)** provincii. Její vývoj byl tektonicky ukončen v hlavních rysech hercynskou orogenezí a vrásněním v prvohorách (v karbonu).

Na stavbě Českého masívu se uplatňují vlivy všech hlavních středoevropských vrásnění, jakým bylo vrásnění **assyntské, kaledonské až po hercynské (variské)**. Geograficky přesahuje do Rakouska, Německa a Polska. Na J a JV sousedí s „mladou“, **alpsko-karpatskou zónou**, která vznikla v době alpinského vrásnění (konec druhohor a v třetihorách).

Hranice mezi Českým masivem a Karpatskou soustavou (geografickými i geologickými celky) probíhá Moravou od Znojma přes jižní okolí Brna, Vyškovským úvalem přes Přerov do východního okolí Hranic, (viz obr. 44).



Obr. 44: Český masiv. [35]

Český masiv se stal od prvohor po variské orogenezi **kratogénem** (stabilní částí zemské kůry, která již v pozdějších geologických dobách nebyla schopná vrásnění). Teprve ve třetihorách (neogénu) dochází ke **zmlazení** Českého masivu v podobě příkopových propadlin, mocných výlevů alkalických láv a eroze vodních toků. Ledovcová činnost ve čtvrtohorách přispěla k modelaci dnešního povrchu jen nepatrně, a to jen na nejvyšších vrcholech hraničních hor.

Územně je Český masiv členěn horizontálně, a to na základě různých kritérií, jako jsou přirozené geologické oblasti, zbytky starších předvariských orogénů, nebo paleogeografické poměry, transgrese a regrese mořské nebo jednotlivé metamorfní facie krystalických břidlic. Tři základní patra jsou následující: [14]

I. předplatformní - krystalické (zvrásněné starohorní (proterozoické)

II. předplatformní - nekrystalické (svrchnopaleozoické, permokarbon, prvohorní)

III. platformní - (druhohorní - čtvrtohorní)

I. Předplatformní krystalické patro

1. **Moldanubická oblast** - Českomoravská vrchovina, Český les, Šumava
2. **Kutnohorská- Svratecká oblast**
3. **Středočeská oblast** - Barrandien, Domažlice, Hlinsko, Polička, Ransko, Chrudim, Tachov
4. **Krušnohorská oblast** - Krušné hory, Smrčiny, Slavkovský les, Chebsko, Sasko.
5. **Lužická oblast** - Lužické hory, Krkonoše, Jizerské hory, Orlické hory, Nové Město, Zábřeh

6. **Moravsko-slezská oblast** Dyjsko-svratecká obl., Vranov, Svinov, Ostravsko, Brněnsko

II. Předplatformní nekrytalické patro

1. **Sředočeská oblast**- Barrandien, pánev Plzeňská, Kladensko- Rakovnická, Žacléřsko-Svatoňovická, Rosicko-Oslavanská (karbon, limnický vývoj)
2. **Moravsko-Slezská obl.** pánev Ostravsko-Karvinská (mořský v.)
3. **Brázdy** Boskovická (Morava), Blanická (Č.Brod-Č. Budějovice)
4. **Krušnohorská oblast** pánev Brandovská

III. Platformní patro

1. **Trias-jura, spod. křída** severní část Č. masivu, Podkrkonoší, Krásná Lípa - sev. Čechy
2. **Svrchní křída** severní a severovýchodní Čechy, Dolní Poohří, jihozápadní Morava,
Česká křídová tabule
3. **Třetihory** Vznik pánví Mostecká, Chomutovská, Teplická, Ústecká, Chebsko-Sokolovská Česko Budějovická, Třeboňská, Dyjsko-Svratecká a Vyškovský úval
4. **Čtvrtohory** Říční terasy, nánosy po zalednění, Šluknovsko, Ostravsko, Jeseníky, Krkonoše, Šumava[14]

10.1 Regionální geologie České republiky – vývoj

I. patro - Páteří Českého masivu jsou krystalické břidlice rozdílného stupně metamorfózy. Tyto břidlice budují výše uvedené předplatformní krystalické jednotky. Tvoří ovšem i podloží útvarů mladších. Nejstarší horniny (**moldanubikum**) jsou řazeny k prahorám, některé jsou však mladší (starohory i prvohory). Petrograficky jsou tvořeny různými druhy rul, migmatitů, svorů, fylitů, granulitů a krystalických vápenců.

Český masiv byl během svého geologického vývoje v některých údobích v různých částech zaplaven mořem, které po sobě zanechalo sedimenty odlišného stáří. Jednou z význačných oblastí opětovně zaplavovaných mořem je **Barrandien**. Tímto jménem označujeme oblast, která sahá zhruba od Brandýsa n.L k Domažlicům a odtud přes Stříbro k Tachovu, Křivoklátskem ke Kladnu a k Labi, kde se noří pod křídové uloženiny.

I. patro - Základem geologické stavby Barrandienu je proterozoikum, jehož jednotvárné břidlice a droby, místy fylity a svory jsou prostoupeny nesouvislými pásmy vyvěřelých hornin starého vulkanismu (spility) a charakteristickým horizontem slepenců.

II. patro - V jádru barrandienské pánve jsou vyvinuty staré prvohorní sedimenty **kambria**, **ordoviku**, **siluru** a konečně **devonu**, uložené zhruba symetricky. Starší sedimentace má ráz klastický a skládá se ze slepenců, drob, pískovců a břidlic. Počínajícím svrchním silurem vznikají mocné uloženiny silurských a devonských vápenců, které vyplňují vnitřní jádro barrandienské pánve. [14]

I. patro - Vedle oblasti barrandienské vystupuje proterozoikum a horniny starších prvohor na některých dalších místech Českého masivu: v **Železných horách**, v oblasti tzv. **metamorfovaných ostrovů**, které jsou zbytkem pláště starších prvohor a starohor na Středočeském plutonu, v oblasti **Krkonoš** a na **Ještědsku**.

II. patro. Význačný podíl má **devon** na stavbě moravskoslezské zóny. Vytváří dva pruhy v oblasti **Jeseníků** (vrbenický a šternbersko - benešovský), tvoří část **Drahanské vysočiny**, vystupuje v **Hornomoravském úvale** a **dolním Pobečví** a podstatně se podílí na stavbě **Moravského krasu**. Útvary devonských vápenců jsou známé krasovými jevy.

Karbon vystupuje v Českém masivu jednak ve vývoji limnickém, jednak mořském. K limnickému karbonu patří **středočeské kamenouhelné pánve (Plzeňská a Kladensko - rakovnická, vnitrosudetská pánev Žacléřsko svatoňovická a Rosicko oslavanská**.

K mořskému vývoji patří oblast **moravského kulmu** (spod. karbon-písčito-břidličný vývoj) v **Jeseníkách** a na **Drahanské vysočině** a pánev **Ostravkokarvinská**. Neproduktivní spodní karbon (kulm) je tvořen petrograficky jednotvárnými břidlicemi a drobami. V produktivním spodním karbonu převládají jílovité břidlice, písčité břidlice a pískovce, slepence, lupky a arkózy, v nichž jsou uloženy uhelné sloje. Spolu s karbonskými útvary se často vyskytují v Českém masivu na řadě míst i uloženiny **perm**. Aridní klima (pustinné podnebí) tohoto období dosvědčují rudě zbarvené pískovce, arkózy a břidlice, běžné na **Lounsku, Rakovnicku, Broumovsku** a v **Podkrkonoší**. Vedle těchto oblastí vyplňuje perm dva dlouhé úvaly, probíhající zhruba severojižním směrem: **Boskovickou brázdu**, začínající v oblasti Moravské Třebové a probíhající přes Letovice, Boskovice, V. Bitýšku, Rosice a Oslavany k Mor. Krumlovu a **Blanickou brázdu**, začínající v oblasti Českého Brodu a směřující přes Tábor do oblasti Č. Budějovic. Permokarbonské uloženiny jsou však v jižních částech Blanické brázdy uchovány jen v malých zbytcích.

III. patro Starší druhohory se uplatnily na stavbě Českého masivu velmi málo. V období **triasu** zůstal souší, jen v oblasti **broumovského výběžku**. Uchovávaly se zde nevýznamné zbytky triasových sedimentů. Také v **juře** bylo v Českém masivu moře omezeno na úzký průliv, probíhající po úpatí **Lužických a Jizerských hor** přes východní Čechy k **Brnu**. Drobné zbytky jurských uloženin se zjistily v okolí **Krásné Lípy** u Rumburku a na střední Moravě u obcí **Rudice a Habrůvky**.

Ve **svrchní křídě** vznikla rozsáhlá cenomanská záplava, která patří k největším v dějinách Země. Zaplavena byla i větší část Českého masivu, který poklesl jednak celkově, jednak v oddělených částech. Ze Slezska vniklo do Čech moře přes Orlické hory. Toto mělké moře zanechalo své sedimenty, dosahující maximální mocnosti asi 1000 m, v rozlehlých oblastech **severních a severovýchodních Čech**, proniklo do **dolního Poohří** a jižním cípem zasáhlo na **Moravu**. Uložení křídových vrstev, tvořených pískovci, jílovcí, jíly, slínou a opukou, je téměř vodorovné, takže tyto oblasti označujeme jako **Českou křídovou tabuli** a podobné vrstvy se nachází v **Českobudějovické a Třeboňské pánvi**. Svou rozlohou je největším pokryvným útvarem Českého masivu.

V **třetihorách**, jako odezva na mohutné alpínské orogenetické pochody, vznikly v Českém masivu příkopové propadliny a vytvořily se sedimentační pánve. V jižních Čechách vznikla pánev **Českobudějovická a Třeboňská** a severozápadních Čechách pánve **Chebská, Sokolovská a Mostecko-chomutovsko-teplická**. V mladých třetihorách vniklo konečně do

východních Čech a na Českomoravskou vysočinu z Vídeňské pánve moře, které zaplavilo i **Dyjskosvratecký** a **Vyškovský úval** a zanechalo své sedimenty na **Olomoucku** a v okolí **Ostravy**. Třetihorní sedimenty jsou ekonomicky velmi důležité, protože jsou na ně vázána rozsáhlá ložiska hnědého uhlí, lignitu, a nerudných surovin.

Ze **čtvrtohor** se vedle říčních náplavů v Českém masivu zachovaly i zbytky různých projevů zalednění, a to jednak místního zalednění v **Krkonoších** a na **Šumavě**, jednak nánosy severského ledovce, uchované v **Jeseníkách**, na **Ostravsku** a **Šluknovsku**.

Vulkanická činnost a vyvřelé horniny: Kromě sedimentárních a metamorfovaných hornin se na stavbě Českého masivu uplatňují i vyvřeliny, které zauímají asi 20% celkové plochy.

Z oblasti **Barrandienu** jsou známy paleovulkanické čediče, tj. **proterozoické spility** a **prvohorní diabázy**. K horninám tohoto typu patří též diabázy jesenického devonu, na které se váže tamní zrudnění. Souvislé útvary vyvřelin tvoří v oblasti barrandienu **porfyry** a **porfyrity (Křivoklátsko, Rokycany)**. Rozsáhlejší jsou však velké **žulové, granodioritové, syenitové masivy**, vyvřelé většinou během prvohor. Patří k nim **středočeský pluton, centrální žulový masiv** zasahující k nám z Rakouska, **syenitový masiv třebečský a meziříčský, žulový masiv smrčinský, karlovarský, nejdecko-einbenstocký, lužický, krkonoško-jizerský, brněnský, granodioritový masiv nasavrcký** a řada menších. V jejich složení převládají granitické horniny, v některých případech jsou tvořeny i horninami bazičtějšími, **diority** a **gabry** (zejména masivy u Kdyně, Poběžovic, Ranska, v Orlických horách, v brněnské vyvřelině atd.)

Nejmladším obdobím intenzivní vulkanické činnosti jsou třetihory. V té době byl Český masiv hluboko rozpučen radiálními zlomy, které se staly často přírodními cestami magmatu. Spousty vyvřelých hornin vytvořily nová pohoří **České středohoří a Doupovské hory**. Kromě toho jsou dokladem intenzivní sopečné činnosti početné izolované vyvřelé útvary, prostupující oblast **Karlovarska a Chebska, Tepelské vysočiny, podkrušnohorského prolomu a Severočeské křídové tabule**. Obdobné projevy mladé vulkanické činnosti můžeme zjistit v ojedinělých sopečných útvarech v okolí **Bruntálu** a u **Ostravy**. Třetihorní vyvřeliny patří v Českém masivu k horninové asociaci **čedič**, s nimiž vystupují také **tefrity, basanity, olivinické nefelinity** apod. [14]

10.2 Regionální geologie severočeské oblasti

Geologická stavba území severních a severozápadních Čech je velmi pestrá. Svoji podobu získalo v době hercynských (variských) horotvorných pochodů a bylo dotvořeno alpsko-karpatskou orogenezí, v jejímž dosahu se nachází. Střídají se zde proto geologické jednotky různého stáří, od nejstarších předvariských až po recentní kvartérní.

Formování Českého masivu, do kterého území severních a severozápadních Čech náleží, se odhaduje cca na 800 mil let.

V zásadě je možné geologickou stavbu rozdělit stejně jako v celé České republice schematicky do tří strukturních a současně časových pater.

I. patro předplatformní tvoří hercynsky zformované krystalické (metamorfované) horniny stáří prekambriického a starších prvohor, které byly v mladších prvohorách proniknuty granitickými plutony.

Jedná se o **Krušnohorskou oblast** složenou krystalinikem Krušnohorským, Smrčinským, Chebsko-dyleňským, Slavkovským, krystlinikem v podkrušnohorském prolomu a u Svatavy. Dále z oblasti Lugické: Labské břidličné pohoří, Lužický pluton a jeho plášť, a Krkonošsko-jizerské krystalinikum a v České bráně a Opárenském údolí.

II. patro předplatformní nekrystalické (nemetamorfované) horniny permokarbonského stáří. Limnická oblast Krušnohorská u Brandova - několik slojek antracitu (vytěženo na přelomu století)

III. patro platformní horniny stáří trias - kvartér: **Triasové** uloženiny, nejstarší platformní se vyskytují jen izolovaně. Výchozy v Podkrkonoší a j. a jv. od Turnova.

Jurské uloženiny vznikly průlivem moře od Drážďan, u lužického zlomu (Krásná Lípa, Brtníky a Doubice). Česká křídlová pánev, která vznikla ve **svrchní křídě**, se vyskytuje v severních a severozápadních Čechách na Lounsku, Litoměřicku, částečně na Ústecku v okresech Děčín, Česká Lípa v jižní části Liberecka, Jablonecka a Turnovska a pokračuje dále na východ. Horniny jsou zastoupeny převážně mořskými mělkovodními sedimenty, dobře vytríděnými, reprezentovanými písky a pískovci, jíly a jílovci, opukami atd. Tyto horniny vystupují k povrchu jižně od litoměřického hlubinného zlomu v podobě tzv. **oherské facie** a v okolí Děčína a Ústí n. L v podobě **facie lužické**. Facie oherská je tvořena horninami jílovitými, facie lužická se naopak vyznačuje výskytem kvádrových pískovců, které vytvářejí i skalní města (Tiské stěny, Děčínský Sněžník, Labské pískovce atd.).

Terciér se nachází v oblasti tzv. **oherského riftu** (brázda omezená zlomy), který je vyplněn v severní části Severočeskou pávní a v jižní části Českým středohořím. Severočeská pánev je tvořena především jíly, které tvoří nadloží a podloží uhelných slojí a méně písčitémi sedimenty. České středohoří je tvořeno terciérodními vulkanity jako jsou čediče, olivinické čediče, znělce (fonolity), trachyty atd.

Morfologie s. a sz. Čech je dána terciérodními a především kvartérodními pochody. Území je denudováno eolickou a říční činností a částečně (Krkonoše, Šluknovsko a Frýdlantsko) periglaciálně modelováno. Kvartérodní uloženiny jsou zastoupeny v celém území v podobě sutí na jižních úbočích a úpatích Krušných hor, v podobě říčních teras (Labe, Ohře a jejich přítoků), glaciálními nánosy v severní a severovýchodní části Čech (Liberecko, Jablonné v Podještědí-červené žuly rapakivi a pazourky ze Skandinávie, německého a polského Pobaltí) a dalšími běžnými pokryvnými útvary. [4]

11. Čtvrtohory

Čtvrtohory (kvartér) jsou nejmladším obdobím zemské historie, navazujícím na období prekambria (prahor a starohor), prvohor, druhohor a třetihor.

Začátek kvartéru je různými autory definován odlišně, ale převažuje názor, že se spodní hranice datuje k 1,8 mil let.

Rozmístění pevnin a moří je shodné se současností, změny jsou pouze v šelfových oblastech.

Období se dělí na dvě oddělení a to **starší pleistocén a mladší holocén, který zaujímá zhruba posledních 10 000 let.**

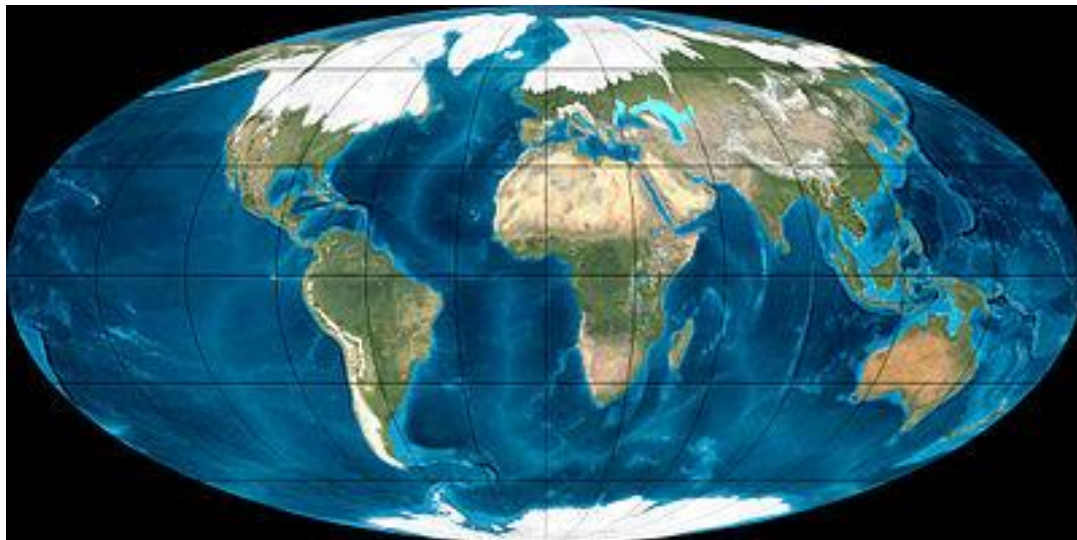
Ve čtvrtohorách proběhly dvě významné události. V pleistocénu došlo k velkým klimatickým změnám a objevuje se člověk.

V období pleistocénu dochází k celé řadě klimatických oscilací. Nejvýznamnější je pak střídání 5 dob ledových (glaciálů) a 4 dob meziledových (interglaciálů).

V období glaciálů dochází k pokrytí ledem cca 32% plochy planety proti dnešním 10%.

Účinky zalednění se projevují po celém světě. Antarktida byla pokryta ledem celý pleistocén, a to už od předcházejícího pliocénu (třetihory). Andy byly pokryty ledem v Patagonii. Ledovce byly také na Novém Zélandu i Tasmánii. V současnosti tající ledovce na Mount Keňa, Kilimandžáro a Ruwenzori byly větší. Ledovce existovaly též v horách Etiopie a na západě v pohoří Atlas.

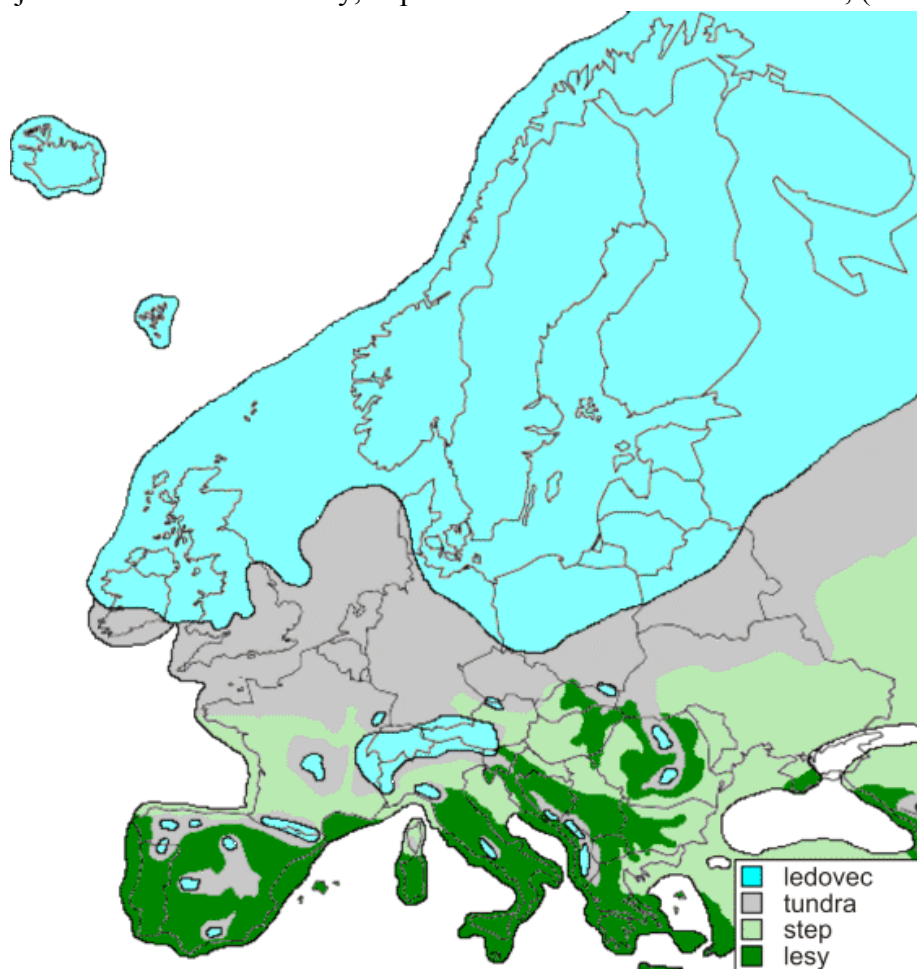
Na severní polokouli se mnoho ledovců spojilo dohromady. Ledovce o mocnosti přes 2000 m pokrýval velkou část Severní Ameriky, celou severní Evropu, Velkou Británii. Velkým ledovcem byly pokryty Alpy. Menší ledovcové splazy měla řada dalších evropských pohoří včetně Šumavy, Krkonoš, Hrubého Jeseníku a Tater. (viz obr. 45).



Obr. 45.: Zalednění světa v pleistocénu.. [36]

Při snížení hladin oceánů se vynořuje v pleistocénu nad hladinu i Beringova úžina. Vzniká tak propojení Aljašky a Kamčatky (S. Ameriky a Východní Asie) a umožňuje tak migraci savců a později i člověka. V Evropě se rozšiřuje kontinentální ledovec v několika vlnách ze Skandinávie na jih až do střední Evropy. Zaledněna byla i větší část britských ostrovů a západní Sibiř. [8]

V periglaciálních oblastech (v předpolí ledovců) docházelo ke střídání suchých a vlhkých období. Krajina měla charakter tundry, například i v oblasti Českého masivu, (viz obr. 46).



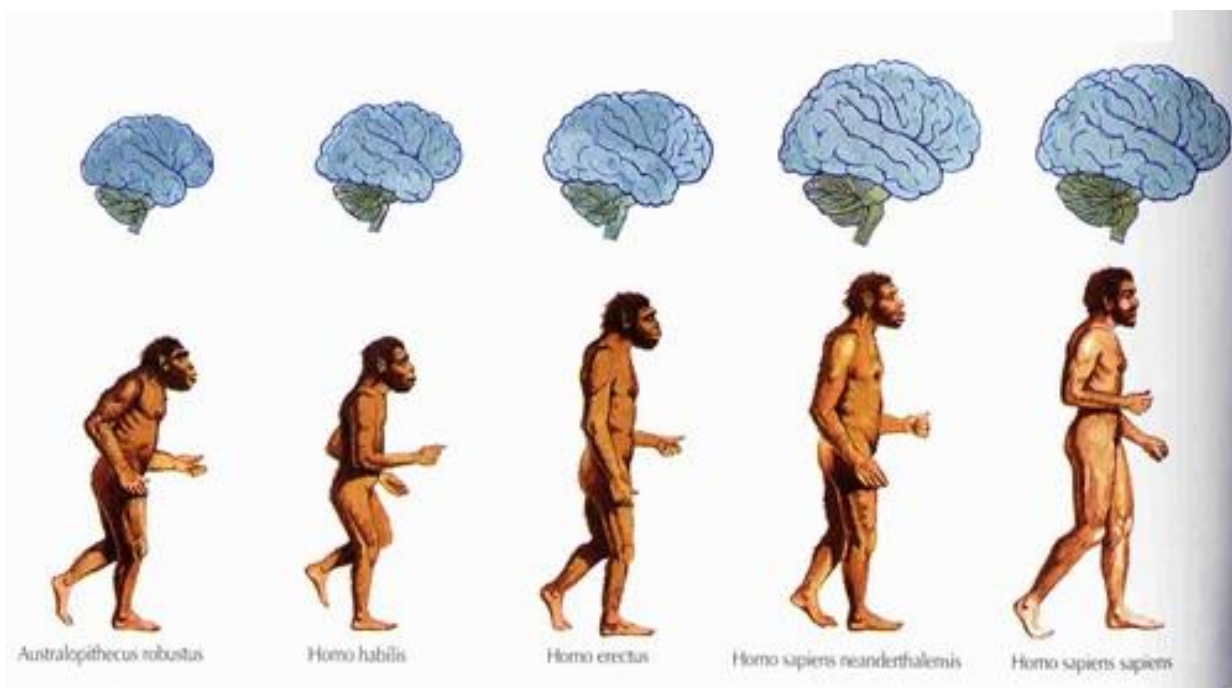
Obr. 46.: Periglaciální oblasti se nachází v okolí zaledněných částí, například Český masiv.(TUNDRA). [37]

Před více než 2,6 miliony let nastala na Zemi jedna z nejvýznamnějších změn v její existenci. Z nejpokročilejšího druhu živého tvorstva se oddělili první lidé. Ačkoliv se čím dál tím více odlišovali od svých předchůdců, trvalo ještě dlouho než se podobali dnešnímu člověku.

Holocén je významně poznamenán činností člověka. Vývoj hominidů z konce třetihor vede anatomicky k modernímu člověku.

Z pliocénu (třetihory) tedy přechází do kvartéru předchůdci člověka. Jsou to rody *Australopithecus* a *Homo*. Na počátku kvartéru ve starším a středním paleolitu se objevuje **Homo erectus - člověk vzpřímený**, dříve zvaný **Pithecantropus - opočlověk**

Později v Evropě jsou ve středním a mladším paleolitu nalezeny stopy po **Homo sapiens neanderthalensis** patřící mezi moderní sapientní formy. V mladším paleolitu a následujících obdobích se objevuje člověk dnešního typu **Homo sapiens sapiens**. Prožívá velice rychlý vývoj sociální a kulturní spojený s rozvojem řeči a abstraktního myšlení. Osidluje rychle prakticky celou planetu a stává se dominantním jevem holocénu. [8] (viz obr. 47)



Obr. 47: Vývoj člověka. [38]

11.1 Klimatické změny planety Země

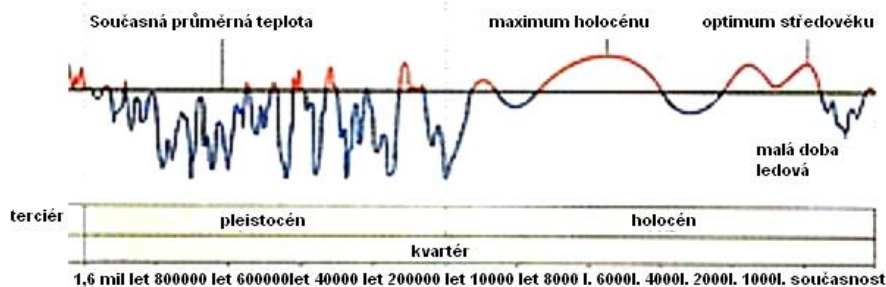
V kvartéru probíhaly a stále probíhají časté změny klimatu. Výrazné kolísání klimatu zvláště v pleistocénu vyvolala celá řada činitelů, jako jsou změny sklonu zemské osy a dráhy Země ke Slunci, kolísání vnitřní energie Země, změny cirkulace mořských proudů, znečištění ovzduší vulkanizmem, převládající výzdvih kontinentů, zvýšené albedo Země, změny sluneční aktivity apod. Tyto vlivy se projevily několikanásobnou tvorbou a ústupem kontinentálních i vysokohorských ledovců, kolísáním hladiny světového oceánu o více než 100 m a zaplavením nebo výzdvihem šelfových oblastí. [8]

Po období glaciálů v pleistocénu, které jsou nazývány podle alpských řek: Donau, Günz, Mindel, Riss a Würm, dochází v holocénu k oteplení.

Před 7000 – 8000 roky naopak dochází k vyšším nadprůměrným teplotám. Sušší a teplejší období (odpovídá době bronzové) se projevuje cca před roky 3200 – 2700.

V 15. – 18. století dochází ke snížení teplot pod normál a proto se toto období nazývá „malá doba ledová“.

Na obr. 48. je patrná křivka kolísání teploty v období začátku čtvrtohor do současnosti.



Průměrná teplota na Zemi

Obr. 48.: Klimatické změny planety. [7]

Jedním z názorů na kolísání klimatu jsou změny sluneční aktivity. Sluneční skvrny pozoruje lidstvo již od dob starověké Číny (4. století př.n.l).

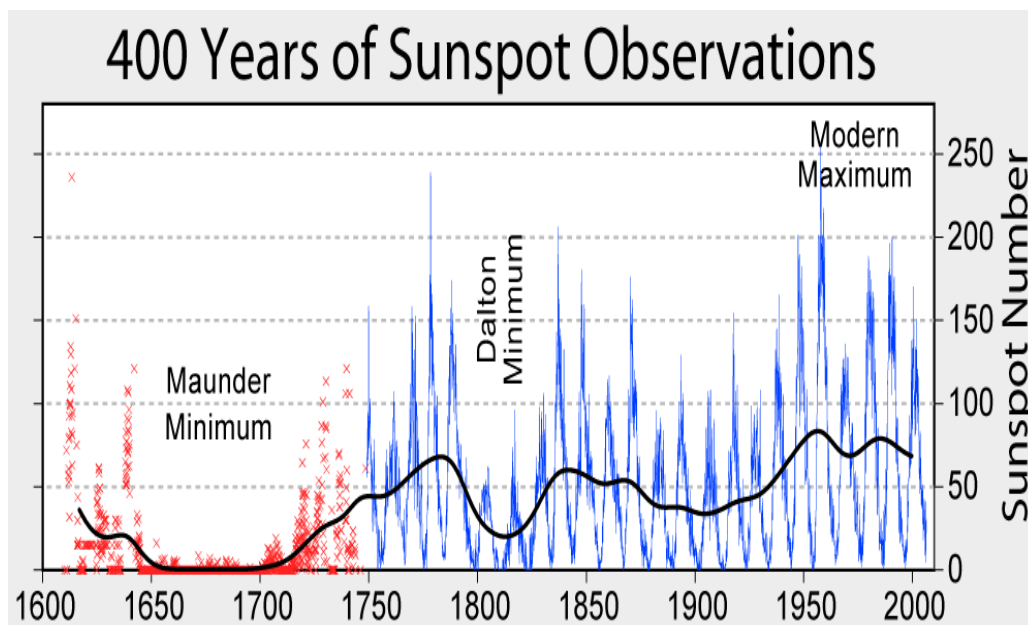
Pravidelné a seriózní záznamy slunečních skvrn však začínají až s vynálezem dalekohledu po roce 1608 (Galileo Galilei). První evropské astronomové počátkem 17. století věnují jejich pozorování hodně času (mnozí při tom oslepli), kreslí je na papír, odborně o nich debatují a zaznamenávají proměny jejich počtu i velikosti, při tom objevují jedenáctiletý sluneční cyklus (střídání minim a maxim sluneční aktivity).

Schwabe-Wolfův cyklus nebo také cyklus slunečních skvrn je cyklus jedenáctileté aktivity Slunce objevené roku 1843 německým hvězdářem Heinrichem Schwabem. Roku 1849 byl položen základ pozorování počtu slunečních skvrn. Cyklus je spojen s otočením sluneční magnetické polarity. Sluneční cyklus je v průměru definován 11 lety. V současné době se nacházíme ve 24 Slunečním cyklu. Sluneční cyklus 23 například trval 12,5 a naopak 22 Sluneční cyklus byl výrazně kratší a to pouhých 9,6 roku.

Časy nejvyšší aktivity známé také jako sluneční maxima jsou charakterizovány vyšším počtem slunečních skvrn, než je tomu obvykle. Časy nejnižší aktivity, též známé jako sluneční minima, během nichž je magnetické pole Slunce téměř dipolární.

V letech 1645 až 1715 bylo klima nejchladnější za posledních 1000 let. Malá doba ledová bývá dávána do souvislosti s tzv. **Maunderovým slunečním minimem**. Po ní se zhruba na 100 let oteplilo, v letech 1800 až 1840 došlo k opětovnému ochlazení, které bylo stejně jako předchozí ochlazení odstartováno tzv. **Daltonovým slunečním minimem** (1798 -1822).

V této době v celé Evropě dochází k prudkému ochlazení. Nastupují extrémně chladné a dlouhé zimy. Zamrzá řeka Temže v Londýně i moře mezi Anglií a Francií, Nizozemci objevují brusle, malíři v teplých krajích se učí malovat zimní motivy.



Obr. 49.: Solární aktivita, versus teplota a doby ledové sedí dokonale.

K největší sluneční aktivitě tzv. **moderní sluneční maximum**, proběhlo v letech 1940 až 2000. Současně se zvýšením sluneční aktivity došlo v pořadí již ke čtvrtému globálnímu oteplení za posledních 4000 let. Toto globální oteplení trvalo až do roku 2005. Potom se planeta Země začíná znovu ochlazovat. (15)

Je jasné, že globální klima není během vývoje planety stejné (stálé). Dochází ke střídání teplých a chladných období. Dodnes nejsou tyto periody objasněny. Hlavní důvod je, že nejsou k dispozici přesná data.

Odhad trendů výskytu extrémních jevů a jejich zobecnění v globálním měřítku je obtížné. Chybí dostatečně dlouhé srovnatelné homogenní řady měření a různé statistické postupy. Klimatické změny vnímá člověk především, jako extrémní změny počasí. Lidská společnost je proto díky výkyvům počasí velmi zranitelná. Mimořádná sucha, chladné zimy, přívalové deště a následně povodně přinášejí ekonomické ztráty i časté ztráty na životech. Některých extrémů přibývá. Výskyt jednoho, byť velmi extrémního jevu, ale není sám o sobě ukazatelem změny klimatu.

Globální změny klimatu na planetě Zemi určitě probíhají, ale není prokázáno, že rozhodujícím činitelem je člověk. Člověk má určitě svůj významný podíl na klimatických změnách, ale planeta Země a Sluneční soustava, které jsme součástí, má svůj vlastní neovlivnitelný vývoj.

Klimatické změny probíhaly na planetě vždy a přežila je jen společnost, která se jim dokázala přizpůsobit.

Určitě bude efektivnější věnovat více pozornosti ochraně před klimatickými změnami případně eliminaci jejich důsledků, než se snažit tyto globální změny v zásadě ovlivňovat.

11.2 Kvartérní sedimenty

Časté kolísání klimatu, proměny suchých a vlhkých období se projevovaly výraznou činností exogenních sil. V období glaciálů působí ledovcová činnost ve formě skalních ohlazů (Skandinávie), nahromadění **morénových a glaciofluviálních uloženin**. V periglaciálních oblastech pak převažují mocné vrstvy hlinitých sedimentů, svahových hlín.

V dobách meziledových se projevuje významně eolická činnost a vznikají nahromadění **spraší a navátých písků**. V oblastech vodních toků dochází k akumulaci štěrků a písků vznikají mocné **říční terasy**.

V období pleistocénu vzniká velké množství klastických sedimentů a to z důvodu rychlého větrání, způsobeného účinky mrazu a teplotních změn. V glaciálech je běžný permafrost (trvale zmrzlá půda), vznikají mrazové klíny, polygony a strukturní půdy, dále pak mrazové sruby nebo kamenná moře. V zaledněných oblastech se jedná o uloženiny **glaciální** (nevytříděné, neopracované štěrkovité) a **fluvioglaciální uloženiny** (částečně vytříděné a opracované) tzv. ledovcovo-říčního původu.

Ty se nacházejí v předpolí severského kontinentálního ledovce např. na Českolipsku, Liberecku, Jablonecku, na území Slezska a severní Moravy.

Tyto uloženiny se nazývají **diluviální. (původní název pleistocénu)**

Po posledním glaciálu cca před 10 000 roky kdy se datuje začátek holocénu dochází k výraznému oteplení a ústupu a tání ledovců. Nadále dochází ke vzniku velkého množství klastických sedimentů. Při teplejších periodách mají vliv na vývoj půd chemické a biologické procesy, vznikají rašeliny, jezerní křídy a travertiny.

Zvětraliny jsou přenášeny gravitací, vodou a větrem. Vznikají říční terasy, naváté písky a sprašové hlíny.

Holocénní uloženiny se nazývají **aluviální**.

Erozní fáze kvartérních sedimentů probíhala v pliocénu (mladší třetihory)

V pleistocénu vznikají hrubé klastické sedimenty z těchto třetihorních materiálů.

V akumulační fázi vznikají: proluviální pokryvy, štěrkovité kužely a podhorské štěrkovité obruby. [4]

11.2.1 Přehled kvartérních sedimentů

Kvartérní usazeniny jsou děleny podle původu vzniku.

Jsou to a) zvětraliny a b) sedimenty:

a) Zvětraliny

Eluvia – svahové uloženiny (soliflukční, sesuvné, ronové, osypové)

Naplavené zeminy eluviální jsou převážně kamenité, kamenité zvětraliny, kamenitá moře. Mohou být písčité, hlinité, nebo jílovité.

Vyvřeliny -čedičové tufy a čedičová efuziva)

b) Sedimenty

1. fluviální (terasové naplaveniny, povodňové hlíny),

2. proluviální,

3. eolické (naváté písky, spraše)
4. deluviální, deluviofluviální, limnické (jezerní),
5. organické (slatiny, rašeliny, humolity a organická bahna),
6. organogenní (sladkovodní křídly, travertiny, pěnovce),
8. antropogenní sedimenty

1. Fluviální uloženiny- naplavené vodou říční nebo potoční (štěrky, písky, povodňové hlíny)

Charakteristika: křížové zvrstvení, vyřídování a orientace částic po proudu

Výskyt: převážně v nivách vodotečí

Zrnitostní charakter je podřízen snosovému území, morfologické pozici, délce transportu a klimatu.

Mladopleistocenní fluviální uloženiny jsou uloženy pod holocénními (např. v údolních terasách, mocnost 0 – 4 m). Sedimenty jsou tvořeny z hrubých písčitých štěrků (10-15 cm) až balvanitých štěrků (10-50 cm).

Holocénní fluviální uloženiny se liší jemnější zrnitostí od pleistocénních. Jsou tvořeny hlinitými písky s příměsí drobných klastik. V erozních úsecích toků jsou sedimenty hrubě písčitoštěrkovité (mocnost do 2 m)

2. Proluviální uloženiny – komplexy klastických uloženin, hromadící se na úpatí hor. Úlomkový materiál je unášen převážně vodou dočasných potoků a přívalových vodotečí.

Charakteristika: jsou netříděné, málo nebo vůbec nepracované a jsou často zahliněné

Původ: fluviální, glaciogenní, murové, sesuvné, soliflukční apod.

Tvar: ploché dejekční kužele, někdy spojené v jeden pás

3. Eolické (naváté písky, spraše) – čistý navátý písek (závěje návěje, pokryvy, přesypy)

Charakteristika: vápnlitý písek, písčité spraš, sprašová hlína, spraš

Výskyt: V suchých (aridních oblastech)

4. Deluviální uloženiny – se nachází na svazích a jejich úpatích

Charakteristika: různě hrubý materiál, kamenné a blokové proudy, většinou nevytříděné, nepracované (ostrohranné)

Původ: gravitační, soliflukční, polygenetické

Soliflukční uloženiny – hrubé úlomky a bloky. Tvoří vějířovité a jazykové aureoly kolem vrcholu.

Gravitační – svahové suti pokrývají úpatí příkrých skalnatých svahů a hlubokých erozivních údolí.

Tvar: Akumulace tvoří úzké lemy při úpatí svahu, nebo je mírně překrývají

Polygenetické uloženiny – jsou většinou hlinitopísčité, s proměnlivým obsahem klastik.

(stáří - mladší pleistocén)

Horniny, jako žuly, ortoruly, pararuly produkují do svahových sedimentů značné množství drobných úlomků a hrubých zrn.

Charakteristika: hrubozrnné písčité až drťovité hlíny, často s vysokým podílem horninového skeletu, (např.: zvané rankery)

Tvar: Akumulace tvoří pokryvy (zvětralinové pláště) na mírně ukloněných erozně denudačních svazích a často zaplňují pramenní mísy

Původ: gravitační (řícení skal), sesuvy, dešťový ron, soliflukce

5. Organické uloženiny. Rašeliny se většinou vyvinuly ze slatin.

Charakteristika: střídání několika dřevitých horizontů s polohami rašeliníku

Vznik: podmíněn zvodnělými zlomy, nebo svahovými prameny. V podloží většinou písčitojilovité popřípadě skeletovité zvětralin.

6. Organogenní uloženiny.

Charakteristika: Vznik travertiny ze studených i horkých vod (pramenů) sladkovodní křídý, (luční křídý povrchové), pěnovce, bahenní rudy.

7. Antropogenní sedimenty: Navážky, zavážky, skládky odpadů apod.

Charakteristika: Vznikají činností člověka, dělí se podle použité technologie. [4]

Kvartérní uloženiny v ČR.

Kvartérní sedimenty jsou na území ČR zastoupeny výhradně usazeninami kontinentálními.

Tyto sedimenty jsou různorodého původu. Mezi nejrozšířenější sedimenty patří *fluviální a eolické* sedimenty zastoupené říčními terasami, sutěmi, sprašemi a navátými písčky. Vyskytují se v povodích řek a potoků a v rovinných územích po celé ČR. V předpolí čela severského kontinentálního ledovce se nachází *glaciofluviální a glaciolakustrinní* sedimenty. Vyskytují se v oblasti severních Čech- Šluknovsko, Frýdlantsko a severní Moravy – Opavsko, Ostravsko a v Jeseníkách. V místech výskytu údolních ledovců, jako je Šumava, Krkonoše, Beskydy jsou sledovány podobné sedimenty včetně sedimentů morénových.

Organogenní uloženiny jako jsou travertiny, jezerní křídý, sedimenty v jeskyních se nacházejí např. v Českém krasu, Moravském krasu, na Přerovsku apod.

Četná rašeliniště se vyskytují na většině hor v České republice (Šumava, Jeseníky, Jizerské hory, Orlické hory apod.). V Krušných horách jsou to Hora Sv. Šebestiána, Cínovec (U jezera) v Kovářské, Horní Halži nebo Novodomské, které je největší. Schreibrovo rašeliniště je naopak nejstarší (150 let). Rašelina z blízkých lokalit je využívána v Teplicích lázních v Čechách, nebo v Jáchymově.

Vulkanické sedimenty (čedičové tufy, čedičová efusiva) se vyskytují na ojedinělých místech kvartérního vulkanizmu např. na Komorní hůrce u Františkových Lázní a na Železné hůrce.

[8]

III. BLOK GEOLOGIE V ŽP (V TVORBĚ A OCHRANĚ)

12. Nerostné zdroje - ložiska

Typicky geologické zdroje jsou uhlí, nafta a zemní plyn, minerály a horniny apod. Ty jsou obvykle považovány za zdroje **neobnovitelné**, společností velmi čerpané. Proti tomu jsou voda a vzduch považovány za zdroje **obnovitelné**. I když obnovitelnost není jednoduše měřítko. Všechny zdroje jsou obnovitelné v nějakém čase.

Lepší měřítko je **udržitelnost zdroje**, to není hodnota překročení využívání, ale hodnota obnovitelnosti. Většina geologických zdrojů je trvale **neudržitelných**, protože doba jejich tvorby (vzniku), je velmi pomalá vzhledem k času lidského života. Nafta je spotřebovávána např. milionkrát rychleji, než je čas jejího vzniku. Voda a půda jsou potenciálně **udržitelné** zdroje, pokud je s nimi správně hospodařeno.

Mezi nerostné zdroje patří: **půda a voda, ložiska nerudných surovin, ložiska rud a uhlí, rašeliny a nafty.**

a) **Ložisko** je ekonomicky významné, přirozené nahromadění určité nerostné suroviny, která se jinak v zemské kůře vyskytuje rozptýleně a v nedobyvatelném množství.

Ložisková geologie se zabývá výzkumem ložisek. Popisuje jejich **tvar** (žíla, vrstva), **poměr k okolním horninám** (napříč vrstvami, souhlasně s vrstvami), **stanoví poruchy** na ložisku (např. uhelná sloj), charakterizuje jejich **nerostný obsah** (v % kovu v rudě, znečištění solí nebo sklářských písků), zkoumá **složení** a snaží se vysvětlit **vznik a vývoj** (genezi). [4]

12.1 Ložiska nerudných surovin

Při studiu ložisek nerudných surovin je rozhodující **technologické hodnocení suroviny**. Podle toho dělíme nerudné suroviny následovně:

- 1) nerostné suroviny používané v průmyslu (např. mastek, azbest, grafit, křemelina, bentonit, okr.)
- 2) suroviny, které slouží k získávání nekovových prvků (pyrit-síra, fluorit-F, apatit-P)
- 3) suroviny, které jsou zdrojem kovů, nebo jejich sloučenin (beryl-BeO, magnezit - MgO, bauxit -Al₂ O₃)
- 4) stavební suroviny (žula, štěrkopísek, cihlářské hlíny)

Vznik ložisek nerudných surovin. Ložiska nerudných surovin vznikají stejně, jako vznikají ložiska všeobecně tj. magmatity, metamorfity, reziduální horniny a sedimenty.

Ložiska nerud lze rozdělit **podle vzniku** na:

A) endogenní ložiska:

- a) magmatogenní (apatit, diamant, grafit, korund, vyvřeliny, jako stavební nebo dekorační kámen)
- b) pegmatitová (křemen, živec, slída, beryl, korund)
- c) karbonatitová (flogopit, vermikulit, vzácné zeminy)
- d) kontaktně metasomatická (apatit, pyrit, beryl)
- e) hydrotermální (křemen, fluorit, magnezit, baryt, mastek, azbest)
- f) sublimáty (síra)

g) metamorfogenní (mramor, metamorfované horniny jako stavební kámen)

B) exogenní ložiska

1) zvětrávací:

- a) úlomkovitá-(křemenný písek, baryt, fluorit)
- b) reziduální - zvětrávací kůry (kaolin, Al-laterit, fosfority, bentonit, okry)
- c) infiltrační (fosfáty, fluorit)
- d) cementační (diatomové břidlice, tmelový křemenec)

2) sedimentární:

- a) mechanické sedimenty
 - a₁) aluviální rozsypy (granát, diamant, korund, rutil)
 - a₂) užitkové horniny psefitické a psamitické (písek, štěrkopísek, pískovec, opuka)
 - a₃) užitkové horniny pelitické (jíly, jílovce, bauxity, okrové jíly)
- b) užitkové horniny biogenní (guano, křemelina, vápenec, spongilit)
- c) užitkové nerosty a horniny biochemické (síra, pyrit, fosfáty, travertin, dolomit)
- d) užitkové horniny chemické (sůl kamenná, soli draselné, boráty, sádrovec, baryt, magnezit, anhydrit)
- e) mořská voda (NaCl, Mg, Br, K-soli, H₂O)
- f) vzduch (N₂, O₂, A, Ne, Kr, Xe) [4]

Použití nerudných surovin. Člověk **používá nerudní suroviny** od doby kamenné. Nejstarší nástroje byly vyráběny z **křemenců** (pěstní klíny, škrabadla) a z **pazourků**, získaných sběrem v glaciofluviálních usazeninách na severní Moravě. Později v mladší době kamenné **amfibolity** (v Posázaví a v Podještědí) nebo **spility** (ve středních Čechách), které člověk brousil a vrtal.

Nerudní suroviny neztratily svoji důležitost ani po objevu kovů. Přestaly se sice, až na výjimky, (mlýnské kameny) používat na výrobu nástrojů, ale staly se důležitým **stavebním materiálem** (křídové opuky-románské stavby, křídové a permské pískovce-gotické stavby, devonské mramory-barokní a secesní stavby), **potravinou** (sůl kamenná), **surovinou na výrobu skla** (u nás dutého od 14. stol.), **ozdobou** (drahokamy a polodrahokamy). Nerudy byly nezbytné i **při získávání kovů** (žáruvzdorné materiály, tavidla, látky vážící na sebe SiO₂ a Al₂O₃).

V novověku, zvláště v 19. a 20. století, se rozšířilo **hnojení** kyselých půd drceným vápencem, byla zavedena **výroba** žáruvzdorných, kyselinotvorných, filtračních a isolačních hmot, byl vybudován chemický, metalurgický, keramický, optický, papírenský, gumárenský a potravinářský průmysl, který čerpal z ložisek nerudných surovin.

Jestliže první průmyslová revoluce byla umožněna využitím **fosilních paliv**, druhá (vědecko-technická) využívá **nové nerudní suroviny**. Například vysoce žáruvzdorný forsterit, nebo silimanit, expandovaný perlit, nebo vermikulit s vysokou sorbční kapacitou, leukofylit na výrobu varného nádobí apod.

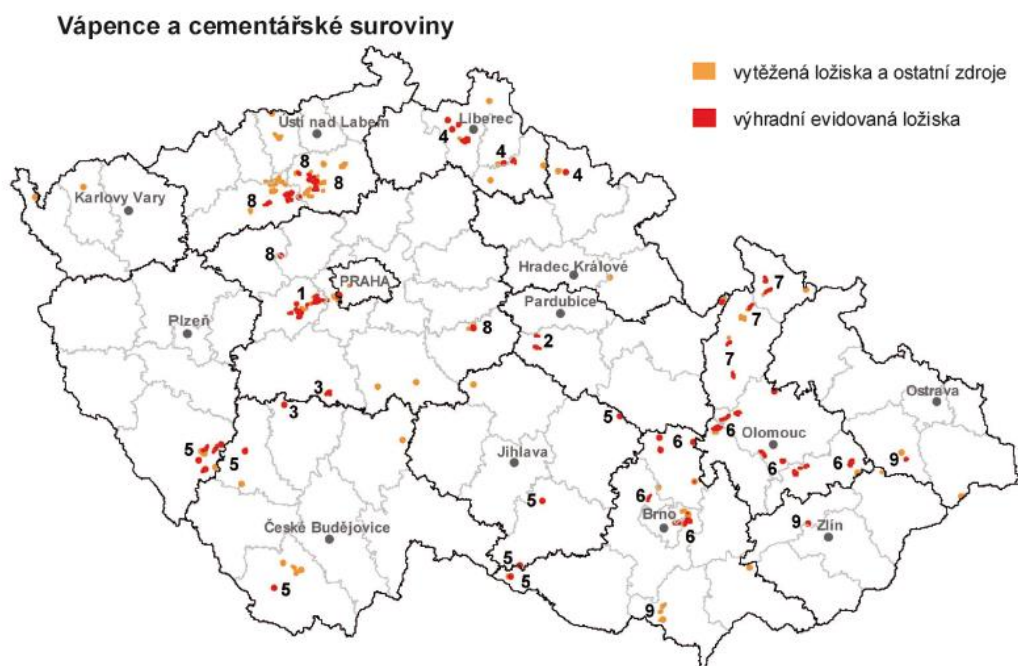
Dále pak např. čistý grafit jako **moderátor** - zpomalovač rychlých neutronů v atomových reaktorech, křemík jako **polovodič** v elektronických zařízeních, které umožňují automatizaci a kybernetizaci. Při stavbě **kosmických raket** se využívají ablativní žáruvzdorné keramické

materiály spolu s organickými polymery, ZrO_2 nebo práškovými kovy, slouží ke stavbě trysek a tepelných štítů. Důležitým objevem nové vysoce odolné hmoty je tavený čedič, je to speciální druh čediče a nachází se v západních Čechách.

Průmysl tradičních stavebních hmot je rozšiřován o sortiment dokonalejších (keramických) **izolačních hmot**, které umožní úsporu paliv.

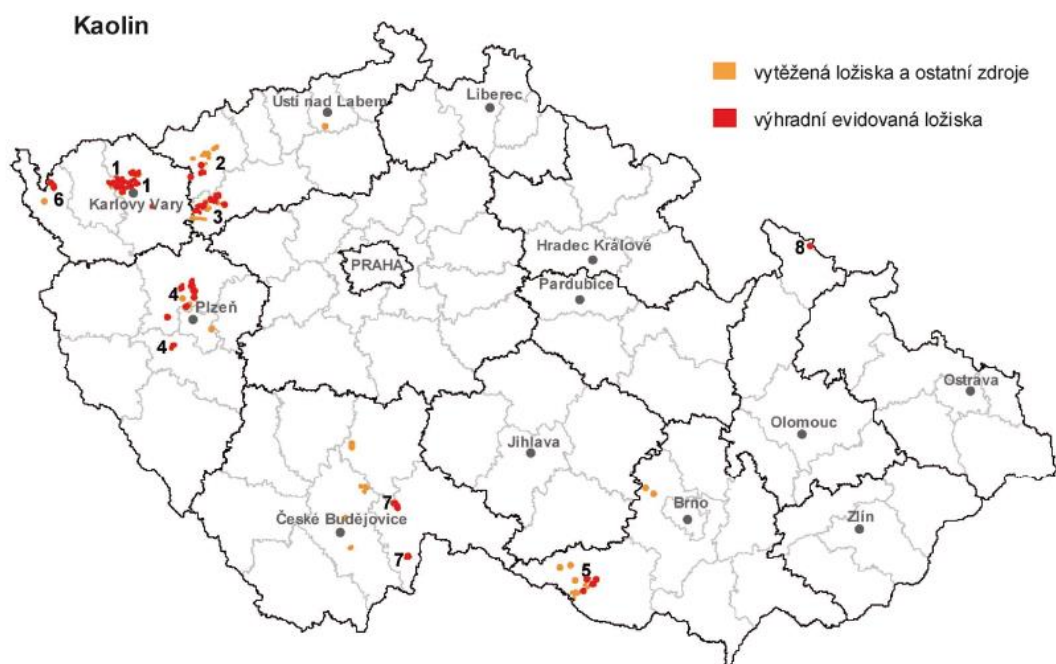
Zásoby nerudných surovin. Ve světě zásoby nerudných surovin předčí zásoby rud, zvláště, když k ložiskům na pevninách přičteme zdroje v mořích a oceánech, a to jak v roztoku mořské vody (halit, epsomit, karnalit, bromidy atd.), tak na mořském dně šelfu (písky, cementářské suroviny, fosfority, monazit s vzácnými prvky cérem, thoriem atd.).

Nejvýznamnější ložiska nerudných surovin v Českém masivu jsou: v Barrandienu a v devonských útvarech Jeseníků se nacházejí **vysokeprocentní vápence**, (viz obr. 50).



Obr. 50.: Evidovaná ložiska vápence v ČR: **Hlavní ložiskové oblasti:** (Názvy hlavních ložiskových oblastí s těženými ložisky jsou uvedeny tučně) 1. devon Barrandienu (Český kras), 2. paleozoikum Železných hor (Prachovice), 3. středočeská ostrovní zóna, 4. krkonoško-jizerské krystalinikum, 5. moldanubikum jihočeské a moravské (kámen pro hrubou a dekorační výrobu), 6. moravský devon (Moravský kras), (stavební kámen), 7. silezikum (skupina Branné), orlicko-kladské krystalinikum a zábřežská skupina, 8. česká křídlová pánev, 9. vnější bradlové pásmo Západních Karpat.[16]

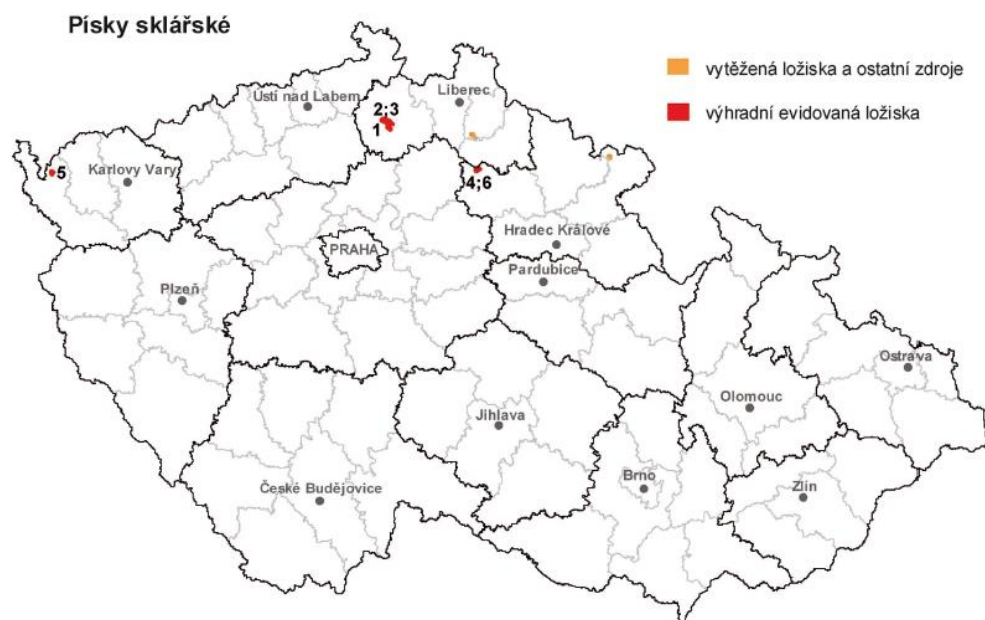
Severočeské hnědouhelné pánve jsou vedle známého uhlí zdrojem **kaolínů, žáruvzdorných aj. kvalitních jíílů, křemenců, bentonitů, různých druhů písků atd.** (viz obr. 51, obr. 52).



Obr. 51.: Evidovaná ložiska kaolinu v ČR: **Hlavní ložiskové oblasti:**

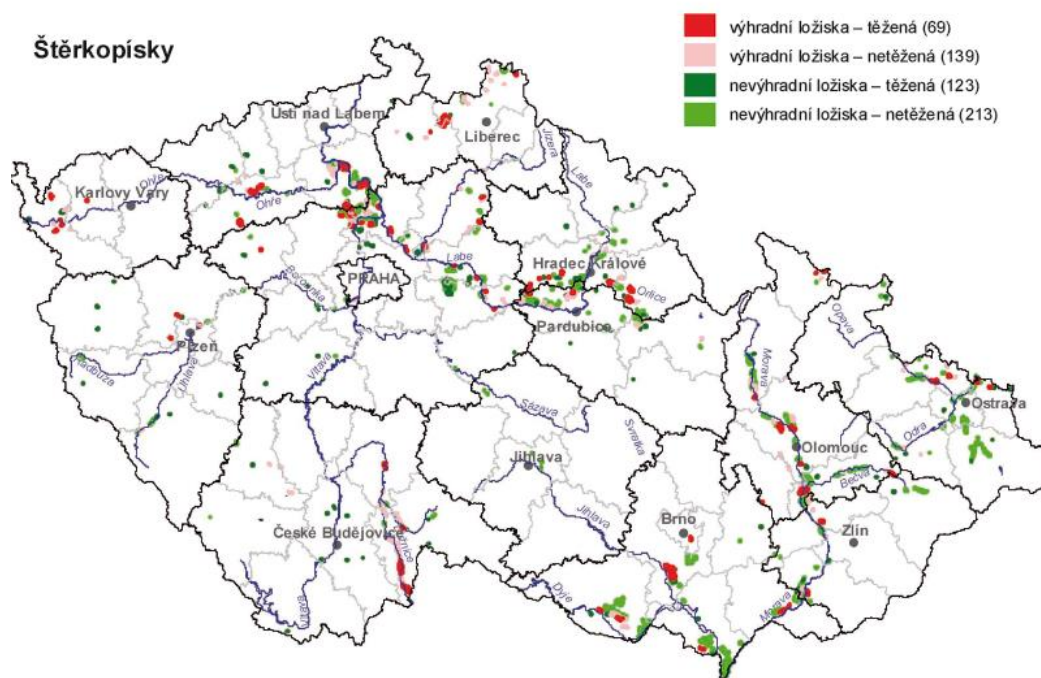
(Názvy hlavních ložiskových oblastí s těžnými ložisky jsou uvedeny **tučně**)

1. **Karlovarsko**, 2. **Kadaňsko**, 3. **Podbořansko**, 4. **Plzeňsko**, 5. **Znojemsko**, 6. **Chebská pánev**, 7. **Třeboňská pánev**, 8. **Vidnava**. [16]



Obr. 52.: Evidovaná ložiska písků (sklářských) v ČR: **Tučným písmem** jsou uvedeny názvy těžných ložisek: 1. **Provodín***, 2. **Srní 2 - Veselí***, 3. **Srní-Okřešice***, 4. **Střeleč***, 5. **Velký Luh***, 6. **Mladějov v Čechách*** (* ložiska sklářských a slévárenských písků). [16]

Velké zásoby kvalitních nerudních surovin jsou i na Plzeňsku a Podbořansku (**kaoliny**), v české křídě (**sklářské a slévárenské písky, jílovce a lupky**) a v jihočeských tercierních pánvích (**keramické jíly, křemelina**). Ložiska rud neželezných kovů (**siderit, cinvaldit**) jsou v Příbrami, Kutné Hoře, Stříbře a Cínovci. Významné jsou i mladé usazeniny **cihlařských hlín a štěrkopísků** a ložiska kvalitního **stavebního a dekoračního kamene**, které se vyskytují na území celé České republiky, (viz obr. 53). Významné jsou zásoby živcových surovin, které jsou součástí fluvialních kvartérních živcových rozsypů. Např.: Horní tok řeky Lužnice (Halámky, Tuš', Dvory nad Lužnicí, Majdalény apod.) [16]



Obr. 53.: Evidovaná ložiska štěrkopísků v ČR. [16]

12.2 Ložiska rud

Název ruda označuje v širším smyslu každou nerostnou surovinu, ze které je možné získat **kov**.

Rudní ložisko je pak nahromadění rudy v litosféře. Každé dobytelné ložisko je místní anomální koncentrace daného prvku.

Souhrn všech vztahů rudního ložiska k okolním horninám nazýváme **geologickou pozicí ložiska**. Například zlatonosný křemen tvoří žíly, chromitová ložiska tvoří nepravidelné shluky, olověná a zinková ruda tvoří žílu atd.

Systematika rudních ložisek.

Podle výskytu dělíme rudní ložiska do dvou skupin: **primární a sekundární**. Primární se dále dělí na **syngenetická a epigenetická**. K syngenetickým patří **magmatické vyloučeniny a sedimentární ložiska**, k epigenetickým počítáme **žilná ložiska, impregnace, ložiska metasomatická a kontaktní**. [16]

I. Primární ložiska. V primárním ložisku vznikly rudy na původním nalezišti, buď vykrystalizováním z magmatu, nebo usazením z roztoků.

A) Syngenetická ložiska vznikla současně s okolní horninou. Ložisko i okolní hornina jsou výsledky stejného horninotvorného pochodu.

a) Magmatické vyloučeniny, rozumí se magmatické rudní vyloučeniny, vznikly vykrystalizováním z magmatu. Podle obsahu dělíme magmatické vyloučeniny na **oxidické** (kyslíkaté) např. ložiska chromitu, titanomagnetitu a ilmenitu, **sulfidické** (sírníkové) např. ložiska pyrrhotinu bohatá niklem, a **metalické** (kovové) např. ložiska niklového železa a platiny.

b) Sedimentární ložiska, která vznikla ve stejném horninotvorném pochodu. Absolutní syngeneze je možná, pokud vznikne sedimentární ložisko ve stejné vrstvě. Tvar sedimentárních ložisek je obvykle **vrstva**. Nazývá se **lože**. Mocnost může být různá, vzniká usazením rudních látek z vody, a to na dně moří i jezer, většinou se jedná o chemické sedimenty, bahenní rudy (limonit).

B) Epigenetická rudní ložiska vznikla, tak, že rudní obsah vnikl do starších horninových souborů po puklinách a vyplnil je.

a) žilná ložiska (rudní žíly). Výplň rudních žil je tvořena rudami (železnými, manganovými, cínovcové formace, Ag-Pb formace atd.) a nebo jalovinou (žilovinou). Žilovina je např. křemen, vápenec, dolomit, baryt, fluorit atd.

b) Impregnace se vyskytují spolu s žilnými ložisky. Ruda vyplňuje póry v hornině v okolí žíly. Hlavní rudy impregnační jsou kyzy.

c) Metasomatická ložiska. **Metasomatózou** rozumíme pochod, při kterém vzniká nový nerost na základě výměny nerostných látek. Taková výměna nerostných látek, která je vlastně zatlačováním původních hornin rudními a jinými nerosty, se děje zvláště ve vápencích, dolomitech, sádrovcích atd. Metasomatického původu jsou některá ložiska železných a manganových rud, dále olověných a zinkových rud a některá magnisitová ložiska.

d) Kontaktní (pyrometasomatická) ložiska vznikla na kontaktu s erupčním tělesem. Jedná se o ložiska např. magnetovcová, hematitová atd.

Vznik rudních ložisek se děje několika způsoby:

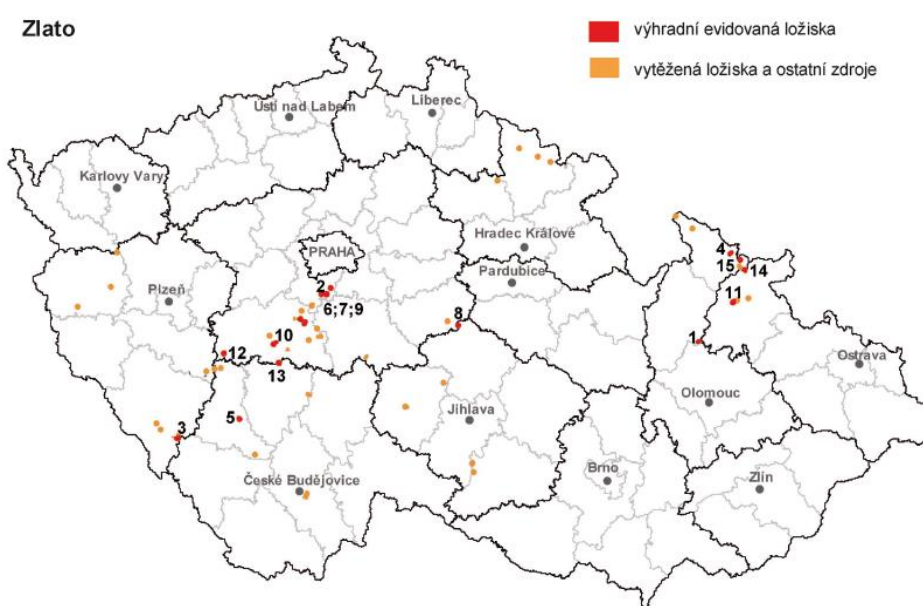
- 1) **Vykrystalováním** z magmatu. (magmatické vyloučeniny).
- 2) **Pyrometasomatosou**, prostřednictvím halogenidů těžkých kovů.
- 3) Pneumatolickými **pochody**, tj. vzájemným působením plynů a par na sebe.
- 4) **Kontaktní a regionální metamorfózou** (př. přeměna sedimentárních rud v magnetovce)
- 5) **Hydrochemickou metasomatózou** tj. působením rudních roztoků na vápenec, dolomit nebo sádrovec a zatlačení těchto hornin rudami, které se z temperovaných roztoků vyloučily.
- 6) **Srážením z vodních roztoků**, které se děje na rudních žilách, nebo při vzniku sedimentárních ložisek.
- 7) **Mechanickým rozduřováním**, které vede ke vzniku **sekundárních ložisek**

II. Sekundární ložiska vznikají chemickou nebo mechanickou koncentrací rudního obsahu po rozrušení starších hornin nebo ložisek, v nichž se rudy původně vytvořily. Typ sekundárních ložisek jsou **náplavy**. Jsou to přirozené nakupeniny sypkého horninového materiálu na zemském povrchu, který vznikl rozrušením a přemístěním dříve vytvořených

hornin a obsahuje dobyvatelné množství rud nebo drahých kamenů. Z náplavů se rudy, drahé kovy, nebo drahokamy **rýžují**.

Vlastní **rýžoviště** je tedy těžený náplav. Vzhledem k tomu, že se rudní obsah v náplavech snadno projevuje i dobývá, rudy se proto těží nejprve v náplavech na sekundárním ložisku a později, po jeho vyčerpání, se vyhledávají **ložiska primární**.

V náplavech se nacházejí rudy případně jiné nerosty, které jsou odolné proti chemickému působení, mají vysokou specifickou váhu, nejsou unášeny a sedimentují. Nerosty, které jsou značně tvrdé a odolávají transportu. Rudních nerostů je v náplavech malý počet. Jsou to především drahé kovy (**ryzí zlato, platina, osmium a iridium**). Z rud bývají nejčastěji rýžovány **cínovec, magnetovec, chromit a ilmenit**. Z drahých kamenů to jsou **korund, zirkon, rutil, diamant, spinel, monazit, topaz, granát, turmalin** atd. (viz obr. 54).



Obr. 54.: Evidovaná ložiska zlata v ČR: 1. Břevenec, 2. Jílové u Prahy, 3. Kašperské Hory, 4. Mikulovice u Jeseníka, 5. Modlešovice, 6. Mokrsko, 7. Mokrsko-východ, 8. Podmoky, 9. Prostřední Lhota-Čelina, 10. Smolotely-Horní Líšnice, 11. Suchá Rudná-střed, 12. Vacíkov, 13. Voltýřov, 14. Zlaté Hory-východ, 15. Zlaté Hory-Zlatý potok. [16]

Rudní ložiska v Českém masivu jsou následující. Ložiska **železných skarnů** v Krušných horách. Algonkium je charakteristické polohami **pyritů** a **manganových** rud uložených v břidlicích. Nejbohatší ložisko takových břidlic se nachází v Železných horách. V Barrandienu a v devonských útvarech Jeseníků jsou význačná sedimentární **krevelová a chamositová** ložiska. V 60. letech byl ověřen nový rudný revír v Jeseníkách se značnými zásobami rud **Pb-Zn a Cu** a nové typy zrudnění vázané na basické vyvřeliny (Ransko **Ni-Cu rudy**).

Zlatá rýžoviště se u nás vyskytují na Otavě u Sušice, Horažďovic a Písku. **Cínovcové náplavy** v Krušných horách. [16]

12.3 Ložiska uhlí

Ložiska **hnědého a kamenného (černého) uhlí** byla původně slatinami subtropického rázu. Uhlí vzniklo z rašelinné hmoty bažinatých vodních nádrží (jezer a mořských zálivů), jak to dokladují otisky stromovitých přesliček, plavuní i kapradinovitých rostlin v ložiskách kamenného uhlí a z otisků jehličnatých i listnatých stromů ve slojích hnědého uhlí. V prvohorách i třetihorách byly vhodné podmínky pro vznik uhelných ložisek. Byly to především intenzivní horotvorné pochody, které daly vzniknout pánvím a prolomům vhodným k vytvoření bažin a močálů. Stejně tak vlhké a teplé klima podpořilo mohutný růst vegetace a následný proces uhelnatění.

Dělení ložisek uhlí. Ložiska dělíme podle místa vzniku na autochtonní a alochtonní. Ložiska autochtonní vznikla nahromaděním humusu z rostlin rostoucích na místě. Hlavními znaky autochtonních ložisek je jejich velká plošná rozloha slojí, neporušené uložení kmenů, které jsou postaveny přímo a jejich větve i s listy bývají dobře zachovány.

Naplavením (nahromaděním) rostlinných úlomků, pocházejících odjinud vznikla ložiska allochtonní. Vodou byla přinášena rostlinná drť a jiné materiály (hlíny, písky, kameny) a v mělkých sladkovodních pánvích nebo na pobřeží mořských zálivů docházelo k jejich sedimentaci a postupnému zuhelnatění. Pro allochtonní ložiska je typická hojná příměs přimíšeného klastického materiálu, který se současně ukládal s rostlinnými úlomky a chaotické uložení a stav zachování rostlinných zbytků. Kmeny bývají uloženy vodorovně, větve a listy bývají rozbity na malé kousky, takže je zpravidla nelze určit.

Autochtonní ložiska dále dělíme podle prostředí, ve kterém vznikla, a to na ložiska, která se nacházejí ve vnitrozemí nebo na mořském pobřeží. První označujeme jako **limnická**, druhá jako **paralická**.

Charakteristika uhlí. Uhlí je hořlavá organogenní hornina. Chemicky je složeno z uhlíku, vodíku, kyslíku a v menším množství i z dusíku a síry. Dále pak všechny druhy uhlí obsahují nespalitelné látky, které po spálení zbývají ve formě popela. Procentuální zastoupení jednotlivých prvků je patrné z následující tabulky 16., kde jsou porovnány jednotlivé druhy uhlí se dřevem.

DRUH PALIVA	C	H	O	zbytek
DŘEVO	50%	6%	43%	1%
RAŠELINA	60%	6%	33%	1%
HNĚDÉ UHLÍ	73%	6%	19%	1%
ČERNÉ UHLÍ	82%	5%	10%	1%
ANTRACIT	94%	3%	2%	1%

Tab. 16.: Základní složení různých druhů uhlí.[4]

Z tabulky je patrné, že od dřeva k antracitu postupně ubývá kyslíku a vodíku, kdežto přibývá procento uhlíku. Stejně ubývá i prchavých hořlavin a přibývá ve hmotě hořlaviny neprchavé.

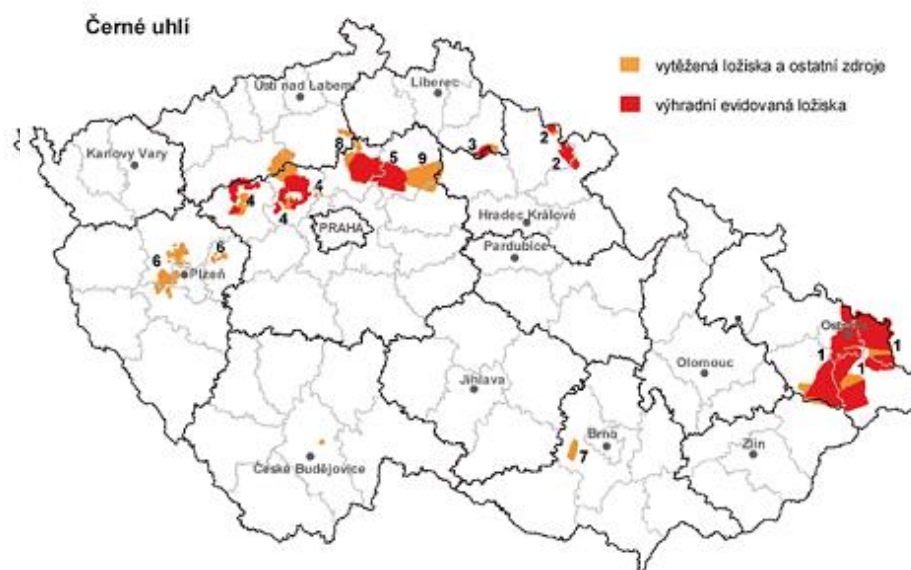
Kalorická hodnota koresponduje s obsahem uhlíku.

Uhlí obsahuje i různé nečistoty, jako jsou například jílové minerály, vápnité a železité karbonáty, pyrit, chlorid sodný atd. Tyto složky limitují využití uhlí. Například jílové

minerály zvyšují popelnatost, chlorid sodný zvyšuje korozi kotlů, pyrit způsobuje emise kyslíčnicku siřičitého.

Uhelné vrstvy označujeme jako **sloje**. Jejich mocnost je různá od centimetru až přes 100m. Vložky jílovitých nebo písčitých sedimentů v uhelných slojích nazýváme **proplásky**. Uhelné sloje vznikaly zpravidla ve formacích usazujících se v kotlinách nebo ve stále klesajících sedimentačních prostorech (depresích). Proto užíváme pro formace obsahující uhelné sloje název **pánve**.

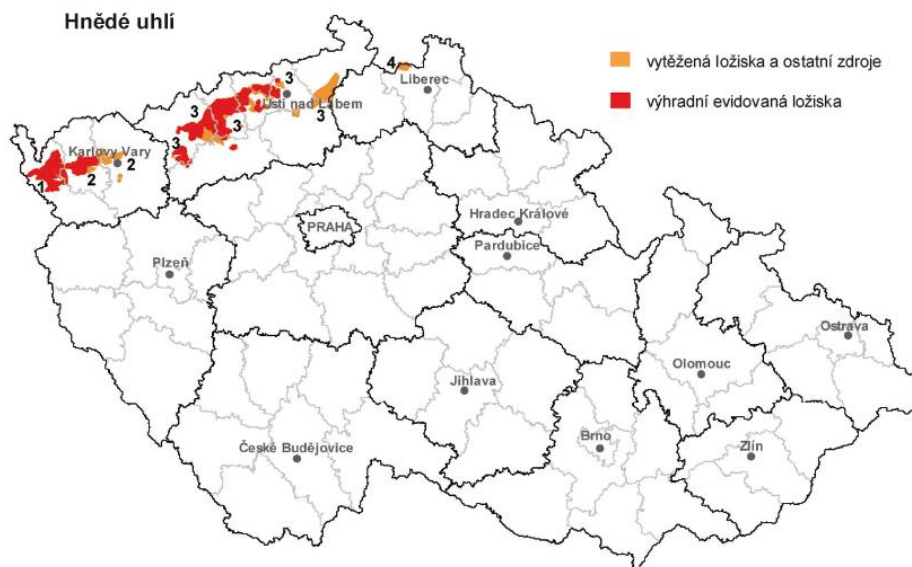
Výskyt ložisek uhlí v Českém masivu. Daleko nejvýznamnější ze všech ložisek nerostných surovin v Českém masivu jsou ložiska uhlí. Karbonská ložiska kamenného (černého) uhlí se nacházejí v pánvi **Ostravsko-karvinské**, a zbytková ložiska **Kladensko-rakovnické**, **Plzeňské**, **Žacléřsko-svatoňovické**, **Rosicko-oslavanské**, (viz obr. 55).



Obr. 55.: Ložiska černého uhlí v ČR. [16]

Největší z nich je pánev Ostravsko-karvinská.

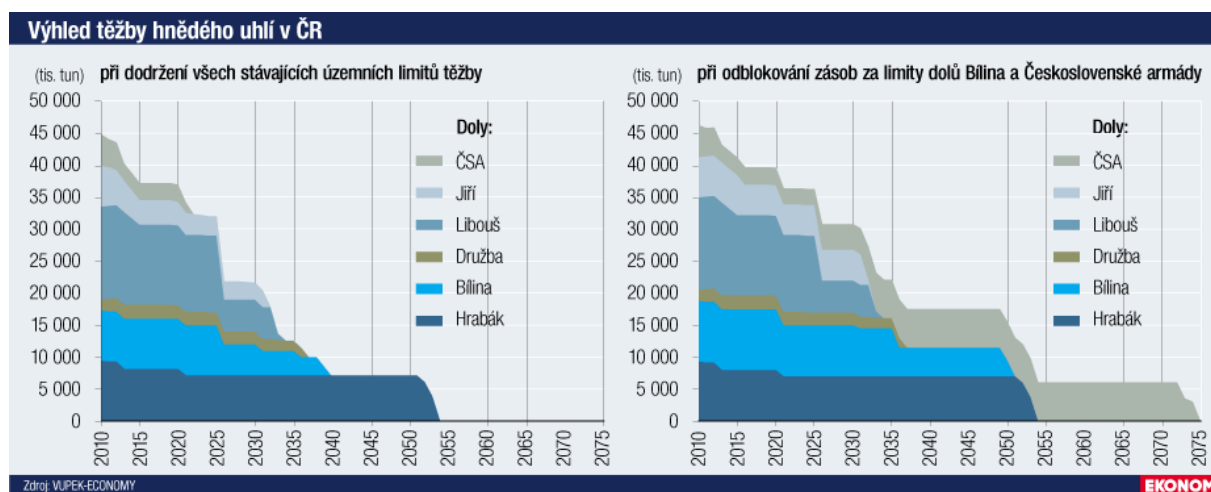
V třetihorách vznikla ložiska hnědého uhlí. Ta vyplňují značnou část podkrušnohorského prolomu na **Ústecku**, **Teplicku**, **Mostecku**, **Chomutovsku**, **Sokolovsku** a **Chebsku**.



Obr. 56.: Evidovaná ložiska hnědého uhlí v ČR: 1. chebská pánev, 2. sokolovská pánev, 3. severočeská pánev, 4. česká část žitavské pánve. [16]

Z celkových světových zásob připadá na karbonská (prvohorní) ložiska černého uhlí skoro 24% a na třetihorní hnědouhelná dokonce 54%. V ostatních obdobích pak s výjimkou permu (prvohory) 17%, jsou ložiska uhlí jen málo významná.

Uhlí - spotřeba a produkce. Česká republika má dostatečné vlastní zásoby uhlí. Začátky těžby se datují z poloviny 16. stol. Skutečný rozvoj však nastal až po druhé světové válce. Těžba narůstala spolu s výstavbou tepelných elektráren. Na přiloženém grafu je patrný vývoj v Severočeské hnědouhelné pánvi. Spotřeba byla výrazně ovlivněna využíváním nafty a především plynu, jako paliva a výstavbou atomových elektráren. (viz obr. 57).



Obr. 57. Graf těžby uhlí v Severočeské a Sokolovské hnědouhelné pánvi (2010 - 2075), při dodržení stávajících územních limitů a při odblokování zásob za limity těžby v dolech Bilina a ČSA. [39]

13. Energetické nerostné zdroje

Tato kapitola hodnotí potenciální rezervy fosilních paliv pro výrobu energie s ohledem na historický vývoj a na vzrůstající požadavky do budoucnosti. Poskytuje přehled alternativních zdrojů energie a zapojuje do řešení situace geologické faktory.

Rozvoj spotřeby energie začíná příchodem industriální revoluce. Neobyčejným pokrokem je technologie využívání **uhlí**. V polovině minulého století byla objevena jako energetická surovina **ropa**, jejíž spotřeba rychle rostla. Postupně se stala nejvýhodnější a nejlevnější energetickou surovinou vůbec. Konečně pak přistupují další významné zdroje, jako je **vodní energie, zemní plyn a jaderná energie**.

Nejrychleji stoupá spotřeba energie v letech 1950 - 1973. Rok 1973 je mezníkem v tomto vývoji, který se začal od té doby ubírat novým směrem. Ropná krize v tomto roce, vyvolaná arabským embargem, trvající pouhé čtyři měsíce, byla základní příčinou dalekosáhlých změn. Dá se říci, že v tomto roce skončila epocha dostatku levné energie. Obecně se začíná chápat, že žádná energie není zadarmo, zvláště energie z neobnovitelných přírodních zdrojů je velice cenná a vzácná. Vysoká spotřeba energie, která byla dříve měřítkem vysoké životní úrovně a technické vyspělosti, je spíše příznakem technické zaostalosti a plýtvání. [4]

13.1 Fosilní paliva – rezervy

Uhlí, ropa a zemní plyn byly, jsou a v blízké budoucnosti budou nejdůležitějšími zdroji energie využívané lidskou společností. Patří mezi typické neobnovitelné suroviny, jejichž celková zásoba je omezená a v případě ropy a zemního plynu je vyčerpání zásob v bezprostředním dohledu.

Nejdůležitějším z fosilních paliv bylo a stále je **uhlí**. Jeho zásoby, i při stoupající spotřebě jsou odhadovány na 100 až 300 let. Bohužel, díky prudkému rozvoji využití ropy, uhelná technologie výroby energie zaostala. Způsoby použití uhlí se jen nepatrně liší od postupů dvě stě i více let starých. Pracuje se na nových technologiích, jeho přímého používání i zpracování na ušlechtilé druhy paliv. Hlavním cílem nových metod je zvýšení účinnosti získání energie z uhlí a zmenšení negativních vlivů na životní prostředí.

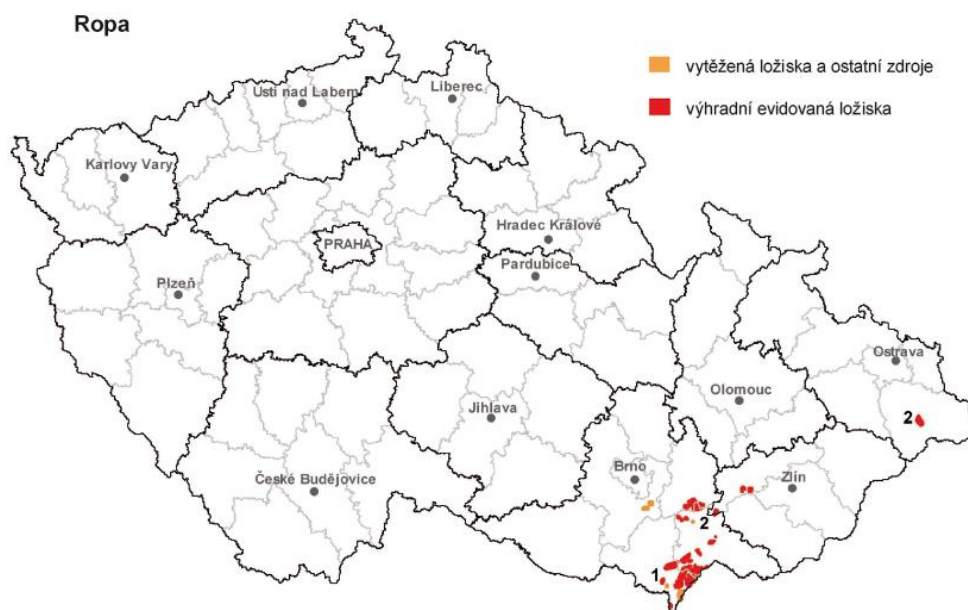
Uhelné elektrárny představují v České republice 71 % instalovaného elektrárenského výkonu. V současné době procházejí náročnými ekologickými úpravami, jejichž cílem je snížit emise provázející spalování uhlí. Většina uhelných elektráren viz tabulka č. 17 spaluje hnědé uhlí, které je těženo v Severočeské hnědouhelné pánvi. Uhlí černé pochází z dolů na severní Moravě z Ostravsko-karvinského revíru. [16]

uhelná elektrárna	druh paliva	instalovaný výkon MW	rok uvedení do provozu
Tisová II	hnědé uhlí	1 x 100	1961
Počerady II	hnědé uhlí	2 x 200	1977
Ledvice I	hnědé uhlí	1 x 200	1967
Ledvice II	hnědé uhlí	3 x 110	1966
Mělník I	hnědé uhlí	4 x 110	1971
Mělník II	hnědé uhlí	1 x 500	1981

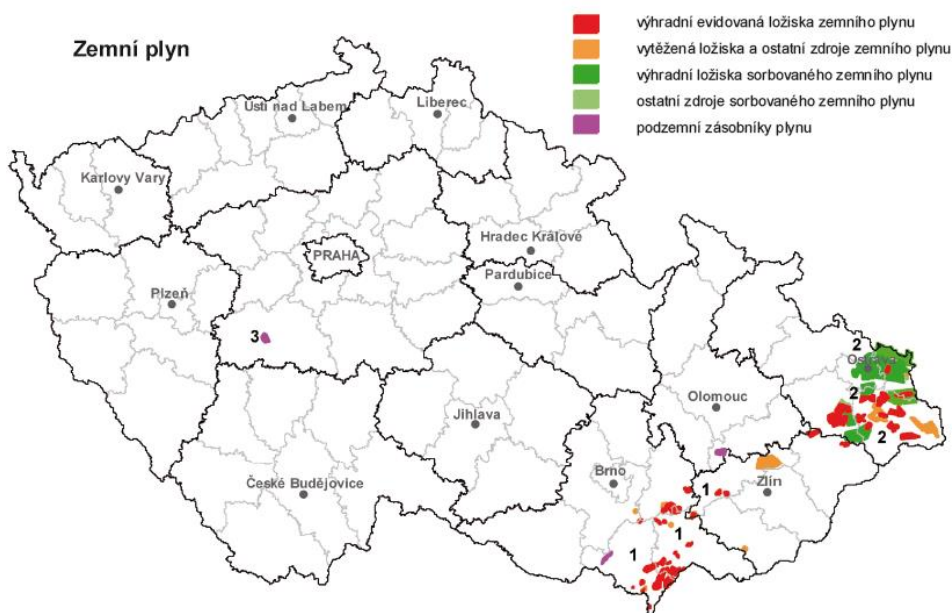
Tab. 17.: Uhelny elektrárny v České republice - upraveno.[4]

Těžba **ropy** stoupala v ČR až do roku 1979 (viz obr. 58.). Od té doby výrazně poklesla a udržuje se na přibližně stejné výši 2, 5 mil tun. [16]

Třetí z významných fosilních paliv, **zemní plyn**, je velmi dobrým zdrojem energie, dobře transportovatelným plynovodů. Jeho zásoby jsou vyšší než zásoby ropy. Nevýhodou je, že se ložisko po otevření nedá uzavřít a musí být konstantním tempem odebíráno. Skladování je vzhledem k velikému objemu omezené a přírodní zásobníky ve vhodných kolektorových horninách jsou technicky, investičně i časově náročné. Nárůst jeho spotřeby stále roste a podílí se téměř 20 % na světové produkci energie, (viz obr. 59.).



Obr. 58.: Evidovaná ložiska ropy v ČR: 1. Videnská pánev, 2. Karpatská předhlubeň. [16]

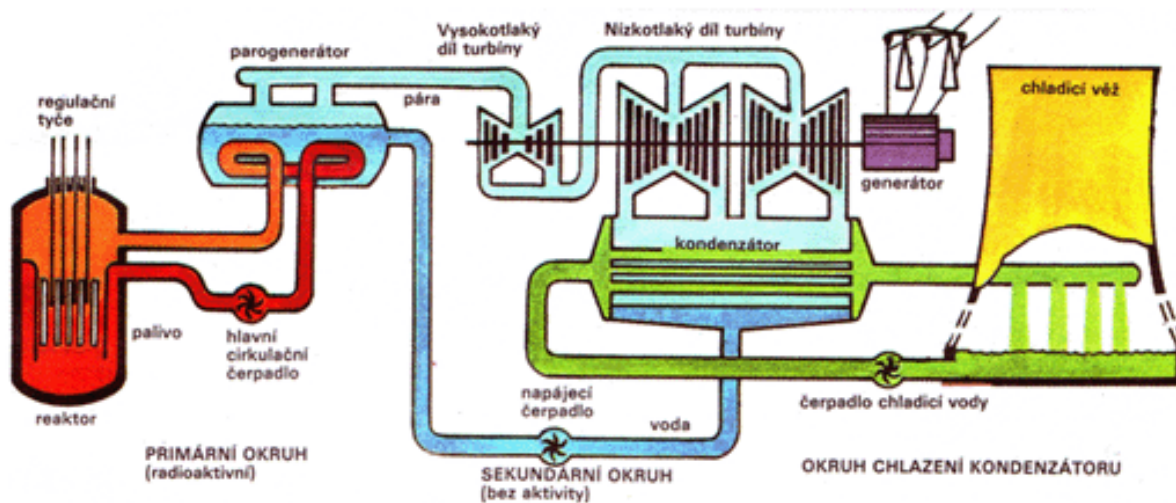


Obr. 59.: Evidovaná ložiska zemního plynu v ČR: 1. Oblast jižní Moravy, 2. Oblast severní Moravy, 3. Podzemní zásobník plynu Příbram. [16]

13.2 Uran a atomová energie

Uran je speciální přírodní palivo, ze kterého se vyrábí energie prostřednictvím radioaktivního rozpadu. Tato technologie je velmi efektivní, protože z 1 kg izotopu uranu (U^{235}) se vyrobí tři milionkrát více energie než z 1 kg uhlí. Z toho důvodu vypadalo v období 1950 - 1960, že uran je ideální palivo a v budoucnosti nahradí úbytek klasických fosilních paliv. Nárůst výroby atomové energie přibrzdily obavy z nebezpečnosti nukleárního cyklu v atomových elektrárnách a bezpečného uložení radioaktivního odpadu na skládkách. Rychlý nárůst atomové energie v letech 1970 - 1980 se zpomalil do doby vyřešení výše uvedených problémů.

Nejvíce atomových reaktorů vyrábí tepelnou energii, která převádí vodu na páru a ta pohání elektrické generátory a vyrábí energii elektrickou. Atomový cyklus je patrný z obrázku 60.



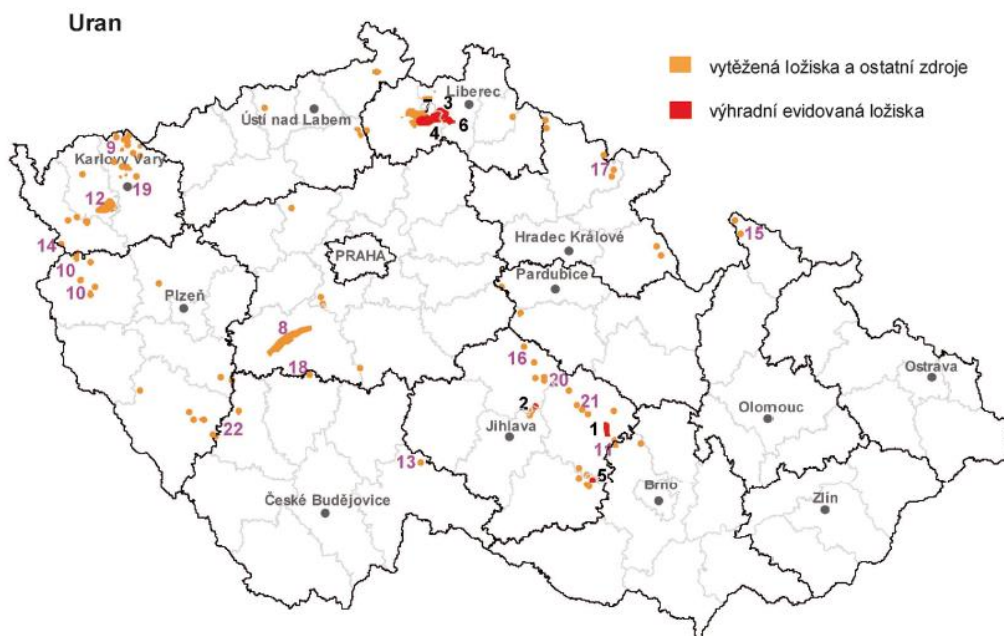
Obr. 60.: Atomová elektrárna - cyklus.[40]

Geologové se účastní ve třech fázích atomového cyklu: a) zajištění suroviny-uranové rudy, b) zakládání vlastní stavby atomové elektrárny, c) vyhledání bezpečných podzemních úložišť radioaktivního odpadu.

Ložiska uranu vznikají různými geologickými procesy. Vyskytují se v primární formě jako magmatické a hydrotermální žíly nebo v oxidačních zónách pískovců.

Klasickou světově známou lokalitou v České republice je dnes již vytěžený Jáchymov. Další je Příbram, také vytěžené ložisko a Stráž pod Ralskem, kde byla těžba klasickým hornickým i chemickým způsobem zastavena. Bohaté ložisko je zakonzervováno. V současné době je těženo jediné ložisko a to v Dolní Rožince.

Ložiska uranové rudy jsou vzhledem k délce lidského života neobnovitelné zdroje. Jejich životnost se ale výrazně prodlouží, daleko za hranici životnosti nafty a plynu, po vyvinutí další generace atomových reaktorů, které budou schopné efektivněji využít uranovou rudu, včetně dnes již radioaktivního odpadu ze stávajících elektráren. (viz obr. 61.).



Obr. 61.: Evidovaná ložiska uranu v ČR: 1. **Rožná jediné těžené ložisko v ČR (Dolní Rožínka)**, 2. Brzkov, 3. Břevniště pod Ralskem, 4. Hamr pod Ralskem, 5. Jasnice-Pučov, 6. Osečná-Kotel, 7. Stráž pod Ralskem (těžba ukončena 1. 4. 1996). Uran je získáván jako vedlejší efekt čištění podzemních vod a technologických roztoků v rámci likvidačních prací a rekultivací po těžbě in situ loužením (ISL) rud. 8. Příbram, 9. Jáchymov, 10. Zadní Chodov + Vítkov 2, 11. Olší, 12. Horní Slavkov, 13. Okrouhlá Radouň, 14. Dyleň, 15. Javorník, 16. Licoměřice-Březinka, 17. Radvanice + Rybníček+ Svatoňovice, 18. Předbořice, 19. Hájek + Ruprechtov, 20. Chotěboř, 21. Slavkovice, 22. Mečichov-Nahošín. [16]

V současné době jsou v provozu v České republice **Jaderná elektrárna Dukovany**. Má čtyři 440 MW bloky, které byly uvedeny do provozu v letech 1985 - 1988. Podíl této elektrárny na celkové produkci elektrické energie v České republice činí 17 %. Druhá jaderná elektrárna je **Temelín** má dva bloky, každý o výkonu 981 MW. Podílí se 50 % na celkové produkci elektřiny v České republice.

Vyhořelé palivo je uskladňováno na pozemcích Dukovan a Temelína. Zároveň probíhají průzkumy na centrální mezisklad, pro obě jaderné elektrárny. [4]

13.3 Geotermální energie

Tepelná energie, která vzniká v zemském tělese, pochází ze dvou zdrojů. Z rozpadu izotopů s dlouhým rozpadem ve svrchní části zemské kůry a ze zbytkového tepla, které se nachází ve spodní části zemské kůry, v plášti a v jádře.

Podle podpovrchové teploty a charakteru hornin, ve kterých vzniká, dělíme geotermální energii na tři typy: **hypertermální systém, geotermální zvodnělé vrstvy a geotermální systém v horkých suchých horninách.**

Hypertermální systém má vysoký tepelný zdroj kolem 300 Wm^2 pocházející z blízkého magmatického tělesa, které proniklo do zemské kůry. Podzemní voda je zahřívána na bod varu. Zlomová pásma pak umožní horké vodě nebo páře vystupovat na povrch v podobě horkých pramenů, gejzírů, nebo fumarol. Pro produkci energie je tato voda jímána jako nafta nebo plyn a využívána v geotermálních elektrárnách.

V mnoha hypertermálních systémech je přírodní zdroj ve skutečnosti obnovitelným zdrojem. Záleží samozřejmě na množství čerpání. Odčerpaná horká voda ze zvodně je nahrazena povrchovými srážkovými vodami, které se dostanou do blízkosti tepelného zdroje (magmatického tělesa), ohřejí se a znovu stoupají ohřáté k povrchu. Tyto systémy se nacházejí na okrajích kontinentálních desek nebo ve vulkanických oblastech. Takové elektrárny existují například v Severní Americe, v Itálii, Japonsku, Novém Zélandu, Islandu apod. Jejich produkce se podílí asi 0,1% elektrické energie na světě.

Geotermální zvodnělé vrstvy. Energetický tzv. nízkoteplotní zdroj se nachází v souvrstvích hornin s nízkou teplotní konduktivitou, které působí jako izolátory hlubších zdrojů tepla. Nejvhodnější jsou propustné vrstvy, obsahující podzemní vodu o teplotě ideálních $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a nacházející se v hloubce jen několik km pod zemským povrchem. Vody jsou pumpovány a pouštěny přes tepelný výměník. Ochlazená voda je znovu vtlačena do hostitelské zvodně o několik km dále, při udržování stálého tlaku ve zvodni.

Tento nízkoteplotní zdroj nestačí udržovat ekonomickou teplotu více než několik desítek let a proto je zdrojem neobnovitelným. Přesto je tento systém velmi rozšířený.

Geotermální systém v horkých suchých horninách využívá teploty $150^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$. Ty se vyskytují v hloubkách okolo 5 km a mají vyšší produkci tepla, než je průměr. Jsou to horniny (granity) s vysokou koncentrací radioaktivních prvků jako je uran, thorium apod.

Tepelná energie je čerpána pomocí dvou vrtů situovaných do místa s největší teplotou. Granity mají nízkou propustnost, a tím i nízký obsah podzemní vody, musí být proto pro získání ekonomického množství tepelné energie, propustnost zvětšena a voda vtlačována pod tlakem. Podzemní explozí se vytvoří systém puklin mezi dvěma vrty. Těmito puklinami proudí voda, která ohřátá prochází přes tepelný výměník. V České republice byly zkoumány struktury u Teplíc, prostor Cínovec. V současné době je budována první geotermální elektrárna v Litoměřicích.

Je to reálná a na první pohled snadná strategie. Jsou zde ale i technické problémy, např. při zajišťování dostatečné propustnosti v nejteplejší části masivu apod. Přes tyto

problémy a nenahraditelnost zdroje (dochází k jeho vyčerpání) je tato metoda vhodná pro budoucnost a je s ní počítáno. [7]

13.4 Nahraditelná (obnovitelná) energie

Energie ze současných běžných atomových reaktorů, z geotermálních lokalit, stejně jako z fosilních paliv, jsou ve vztahu k lidskému měřítku času zdroje vyčerpatelné a neobnovitelné.

Tím, jak spotřeba energie ve světě bez ohledu na její úspory stoupá, musí si lidská společnost hledat nové zdroje energie, které jsou skutečně nahraditelné. Geologové, zatímco jsou zapojeni při vyhledávání fosilních paliv a nebo v různých stádiích při výrobě atomové a geotermální energie, při vývoji nahraditelných zdrojů, hrají víceméně okrajovou roli, a to spíše jako hodnotitelé.

Hydroenergie. Zatím nejvýznamnějším nahraditelným zdrojem je vodní energie. V České republice představuje 12 % celkové produkce elektrické energie. Vodní elektrárny mají energetický, vodohospodářský a ekologický význam. Vyznačují se pohotovostí, nezatěžují životní prostředí žádnými odpady a představují levný zdroj elektrické energie, který se využívá zejména v období špičkové potřeby. Přečerpávací vodní elektrárny navíc umožňují i účelné využití elektřiny produkované méně flexibilními energetickými zdroji v obdobích nízké spotřeby. V následující tabulce 18. jsou uvedeny hydroelektrárny v České republice. Největší hustota je na Vltavě tzv. Vltavská-kaskáda. [4]

vodní elektrárny	instalovaný výkon MW	rok uvedení do provozu
Lipno I	120	1959
Lipno II	1, 5	1957
Hněvkovice	9, 6	1992
Kořensko	3, 8	1992
Kamýk	40	1961
Vrané	13, 88	1936
Modřany	1, 5	1989
Štvanice	5, 67	1987
Mohelno	1, 2	1977
Obříství	3, 4	1995
Přečerpávací vodní elektrárny		
Štěchovice II	45	1995 (po rekonstrukci)
Dalešice	450	1978

Tab. 18.: Vodní a malé vodní elektrárny - upraveno.[4]

Energie mořských vln. Tato energie v České republice neexistuje, pouze v přímořských státech. Například ve Velké Británii tvoří 6 % celkové produkce energie nebo Francii. Technicky vyžaduje tento systém dlouhou řadu kolektorů, aby výroba energie byla efektivní. Zdroj je velmi rozptýlen.

Biomasa. Biomasa je využívána v různých variantách. Dřevěné štěpky jsou v současné době nejlevnější palivo, levnější než odpad z průmyslu, ze zemědělství nebo odpad komunální. Konkrétní záměr na spalování biomasy v elektrárně Tušimice I. se však momentálně jeví o 30% dražší než používání uhlí. Nutná je důkladná bilance získávání biomasy. Tam, kde se biomasa musí „vyrábět“ (produkovat), jsou náklady zatím proti klasickým fosilním palivům vyšší. Tam, kde vzniká biomasa jako odpad, např. na pile nebo ve dřevozpracujícím závodě, nemá biomasa jako palivo konkurenci.

Větrná energie. Získávání energie pomocí větru jako obnovitelného zdroje, je velmi rozšířený způsob. V České republice není zatím běžný, i když existují určitá vhodná místa s dostatečným množstvím větrů. Jedna s prvních větrných elektráren byla instalována v Krušných horách, na Dlouhé Louce, o kapacitě 315 kW. Další přibývají na hřebenech Krušných hor. Jedná se o vývojově výzkumnou základnu, kde je ověřován vliv elektrárny na okolí. Například vliv na faunu nebo estetický dopad na krajinu, ale i vliv okolí na elektrárnu, jako jsou námrazy, poryvy a turbulence větru, vliv atmosférické elektřiny apod.

Na Moravě je známá větrná farma na lokalitě Mravenečník, nedaleko přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně v Jeseníkách. Jedna větrná elektrárna o výkonu 220 kW je již v provozu, další dvě o výkonu 630 kW jsou do provozu uváděny

Sluneční energie. Jedná se o využívání tepelné energie, pomocí teplo absorbujících panelů, nebo výroba elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických buněk. Na celkové bilanci produkce energie v České republice se jedná, stejně jako u předchozích obnovitelných zdrojů, o doplňkovou část, i když v posledních letech došlo k velkému rozmachu výstavby solárních elektráren, na úkor zemědělské půdy.

14. Těžba ložisek nerostných surovin

Těžba nerostných surovin patří k **nejvýznamnějším interakcím mezi člověkem a horninovým prostředím**. Během vývoje lidské společnosti byla rozšířena paleta čerpání nerostných surovin a objemy těžby nadále stoupají.

Těžební metody jsou různé v závislosti na umístění ložiska ve vztahu k zemskému povrchu a jeho skupenství. Záleží na tom, zda se jedná o ložiska mělce nebo hluboko uložená, jsou-li to tvrdé nebo sypké horniny a nerosty, nebo zda se jedná o tekutiny a plyn.

Voda nafta nebo plyn jsou **pumpovány z vrtů**, které zasahují do propustných struktur, které ložisko obsahuje. Ložiska uložená hluboko v zemské kůře jsou získávána **hlubinnou těžbou** pomocí systému podzemních děl, jako jsou šachty, chodby, překopy atd. V České republice jsou těžena tímto způsobem některá ložiska černého uhlí (Ostravsko) a poslední důl hnědého uhlí (Centrum u Mostu). Nebo uranová ruda (Dolní Rožínka). Ekonomičtější, pokud je ložisko mělce pod povrchem, je **těžba povrchová**. **Lomová těžba** je metoda pro těžbu stavebního kamene (drcené kamenivo, dekorační kámen atd.) a uhlí. Těžené kamenivo (písek, šterkopísek) je dobýváno **povrchovou těžbou**, stejně jako rašelina.

Voda, nafta a plyn vázané na pórovité horniny, nebo poruchy v zemské kůře, při proražení zvodněné vrstvy, nebo naftového rezervoáru vrtem, vystupují pod přírodním tlakem k povrchu.

Každá těžební metoda má částečně vliv na životní prostředí. Nevýrazněji se těžba projevuje na **geomorfologii** území. Zásahy do území povrchovou těžbou jsou rozsáhlé, stejně tak mění vzhled krajiny výsypky. Hlubinná těžba se často projevuje poklesy na povrchu. Negativní vliv mají i **pevné i tekuté odpady**, vznikající při úpravě nerostů, jako je loužení, nebo tavení.

V případě čerpání vody, nafty, nebo plynu dochází po vyčerpání zvodněné, nebo rezervoáru, k sedání a projevům poklesů na povrchu. [4]

14.1 Hlubinná těžba

Nejběžnější metodou podzemní těžby uhlí je těžba **porubní stěnou na zával**. Je vhodná pro vrstvy o stejné mocnosti a mírném sklonu. Uhlí je těženo uhelným bagrem, který se pohybuje kolem stěny i několik stovek metrů dlouhé a odlamuje surovinu.

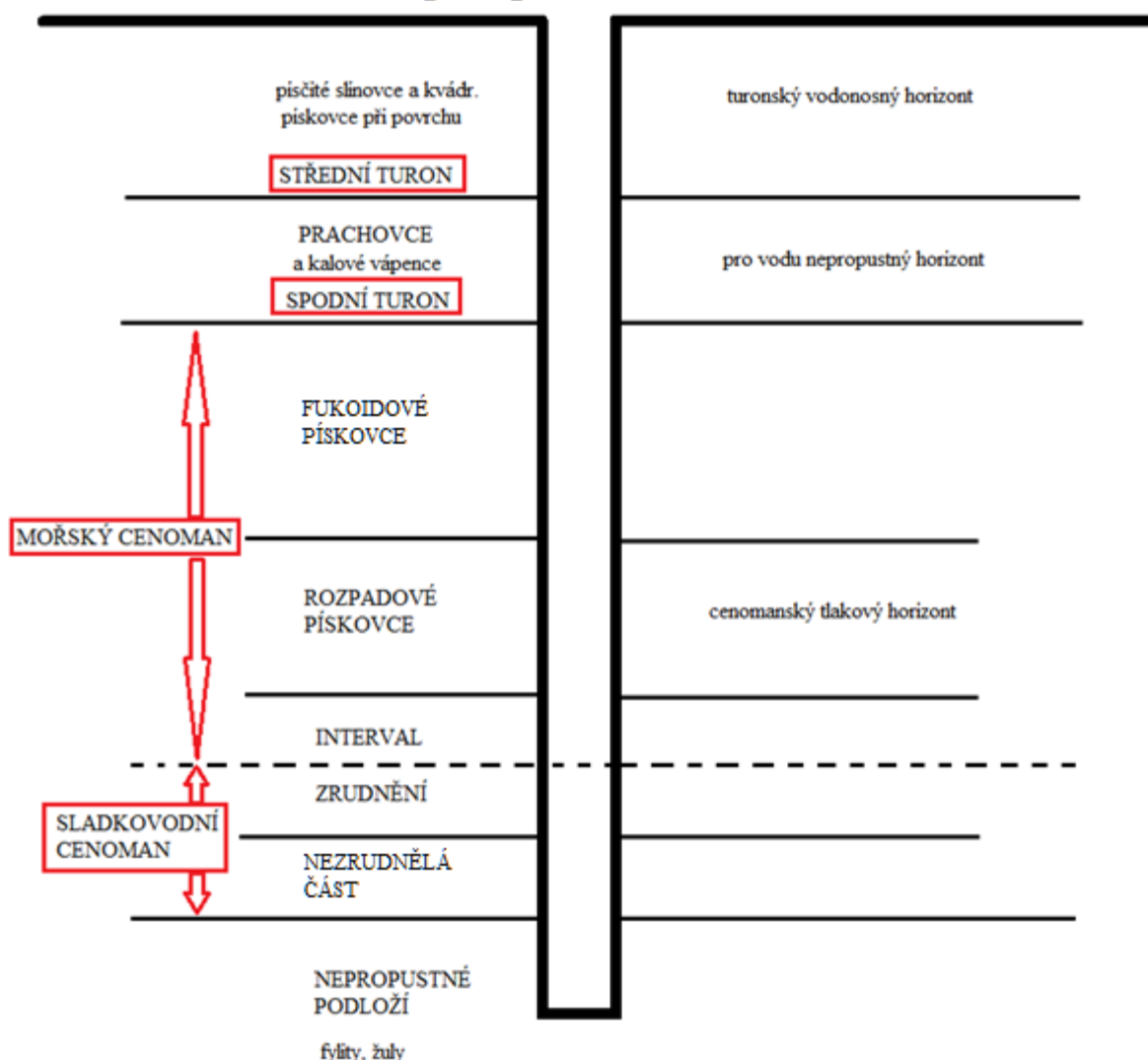
Jiný typ těžby je **komorování**, kdy se těží pouze část suroviny a pilíře zbylé suroviny zabezpečují nadloží. Existuje celá řada dobývacích metod, např. „chodbicování“ známé z historie atd., (viz obr. 62.).



Obr. 62.: Těžební věž na Ostravsku. [41]

Získávání uranové rudy **chemickou těžbou** je jeden ze způsobů hlubinného dobývání. V České republice taková těžba existovala na ložisku Hamr, na Jezeře okr. Česká Lípa. Metoda byla založena na podzemním loužení nerostné suroviny v poréznych horninách, nebo v horninách prostoupených přirozenými, nebo uměle vytvořenými trhlinami. Systém vyluhovacích vrtů slouží k vtlačování roztoku kyseliny do rudné vrstvy a těžbě obohaceného roztoku na povrch. Loužícími roztoky byla kyselina sírová, čpavek a kyselina fluorovodíková. Negativní vliv na životní prostředí, a to především na zdroje pitné vody byl v turomském vodonosném souvrství. Již dnes netěžené ložisko uranu leží pod tímto horizontem v tzv. sladkovodních cenomanských pískovcích.(viz obr. 63)

Jednoduché geologické schéma ložiska uranu



Obr. 63. Jednoduché geologické schéma ložiska uranu ve Stráži pod Ralskem - upraveno.[4]

14.2 Povrchové dobývání a lomová těžba

Povrchové dobývání speciálně uhlí se velmi rozšířilo v České republice po II. světové válce. Povrchové práce narušují rozsáhlá území a brání jinému využití. Tento způsob těžby je používán na ložiscích, která jsou uložena mělce pod povrchem a jejich nadloží je tvořeno nezpevněnými horninami. Jedná se především o ložiska uhlí, písku, štěrkopísku, cihlářských hlín atd. Vhodnost povrchové těžby záleží na hloubce a orientaci ložiska a na poměru objemu nadložních vrstev a suroviny. Ve světě se používá hojně i pro těžbu rud, železa nebo mědi.

Skrývkové zeminy jsou ukládány mimo dobývací prostor, pokud není manipulační prostor dostatečně velký. Pro stabilitu svahů je nutné těžební jámu dostatečně otevřít. V případě, že ložisko je uloženo hluboko (důl Bílina až 200 m), jáma plošně zaujímá rozsáhlé území, (viz obr. 64.).

Závažným problémem jsou důlní vody. Většinou je nutné trvalé čerpání a tím udržování hladiny spodní vody pod úrovní těžby.

Kamenivo drcené, které se vyrábí z pevných hornin (čediče, žnělce) je **těženo v lomech**, které nezaujmají tak velkou plochu jako povrchové doly, ale negativní vliv na životní prostředí není zanedbatelný. Jsou to zásahy do geomorfologie krajiny, prašnost, hluk a zvýšená doprava při transportu vytěžené suroviny. Tyto negativní vlivy se ještě více projevují například při těžbě vápenců nebo kaolinu.



Obr. 64.: Povrchový lom Bílina. [7]

14.3 Rekultivace území postižených těžbou

Každá těžba nerostných surovin, zejména povrchová, vyvolává devastaci krajiny. Náprava tohoto stavu se provádí **sanačními pracemi** a **rekultivační** činností. Souhrnně se používá pojmu zahlazování důsledků těžební činnosti („**zahlazování**“). Optimální způsob „zahlazování“ vyžaduje nejen řešení technická, ale i vytvoření potřebných ekonomických nástrojů a legislativních pravidel.

V České republice musí těžební organizace, na základě právních ustanovení, (č. 44/1988, 541/1991, 61/1988 atd.) současně s plánem těžby, vypracovávat plán **zahlazení následků** této těžby, včetně **rekultivace**. Před těžbou je třeba skrývat svrchní kulturní vrstvu půdy, popřípadě i hlouběji uložené a zúrodnění schopné zeminy (spraše, svahové hlíny, tufitické jíly, bentonit atd.), a postarat se o jejich hospodárné využití nebo je uschovat pro účely rekultivace, (viz obr. 65, obr. 66.).



Obr. 65.: Hydrická rekultivace lomu Ležáky (jezero Most). [42]



Obr. 66.: Rekultivace výsypky (Hipodrom Most). [43]

15. Inženýrská geologie - geotechnika

Inženýrská geologie studuje problematiku interakce mezi **stavbou a horninovým prostředím** a je geologickou vědou aplikovanou. Stavbou jsou myšleny stavební objekty, ale i inženýrské sítě.

Inženýrská geologie aplikuje poznatky všech základních geologických oborů při řešení praktických úkolů při **projektování a provádění staveb**.

Znalost horninového prostředí je důležitý faktor pro soulad mezi ním a stavbou, tedy pro bezpečné a ekonomické založení stavby.

Inženýrskou geologii dělíme z hlediska metodologie a aplikací následovně:

a.) metodologie - mechanika zemin, mechanika hornin

b.) aplikace - zakládání staveb, přehrady, podzemní díla, hornická, geotechnika, poruchy staveb, inženýrsko - geologické mapování, sesuvy, geologie životního prostředí [4]

15.1 Mechanika zemin a hornin

Hlavní význam po posouzení vhodnosti základových poměrů jsou fyzikálně mechanické vlastnosti zemin a hornin a úložné poměry (viz tab. 19)

	ZEMINY	HORNINY	
	NESOUDRŽNÉ	SOUDRŽNÉ	
ZRNITOST	+	+	-
OBJEMOVÁ HMOTNOST	+	+	+
KONZISTENCE (závisí na vlhkosti)	-	+	-
ULEHLOST	+	-	-
ÚHEL VNITRŇNÍHO TŘENÍ	+	+	-
ČÍSLO NESTEJNOZRNITOSTI	+	-	-
SOUDRŽNOST	-	+	-
ČÍSLO PLASTICITY	-	+	-
PROPUSTNOST	+	+ -	+ -
PEVNOST V TLAKU	-	-	+
CHEMISMUS (AGRESIVITA)	VODA		

ZEMINY: nejdůležitější je zrnitost a konzistence (vlhkost)

JEMNOZRNĚNÉ (soudržné) jíl 0.002 mm prach 0.002 - 0.063 mm	PÍŠČITÉ A ŠTĚRKOVITÉ (sypké) písek 0.063 - 2 mm štěrk 2 - 60 mm
KONZISTENCE: kašovitá měkká tuhá pevná tvrdá	ZRNĚNÍ: dobře zrněný špatně zrněný ULEHLOST: kyprý středně ulehlý ulehlý

Tab. 19. Základní vlastnosti zemin a hornin. [4]

HORNINY (skalní): nejdůležitější je pevnost v tlaku a puklinatost

HORNINY (poloskalní): stupeň navětrání a stupeň zpevnění

15.2 Aplikace geotechniky

Při **zakládání staveb** používáme nejčastěji termíny jako je základová spára, základová půda a aktivní zóna zakládání.

Základová spára je plocha kontaktu stavby s horninovým prostředím.

Základová půda je horninové prostředí, na kterém je stavba založena a které na ni působí.

Aktivní zóna je dosah možných účinků stavby na základovou půdu.

Inženýrská geologie studuje technicky důležité vlastnosti hornin a zemin pro zakládání staveb jako jsou: **únosnost, propustnost, rozpojitelnost, dovolené zatížení základové půdy atd.**

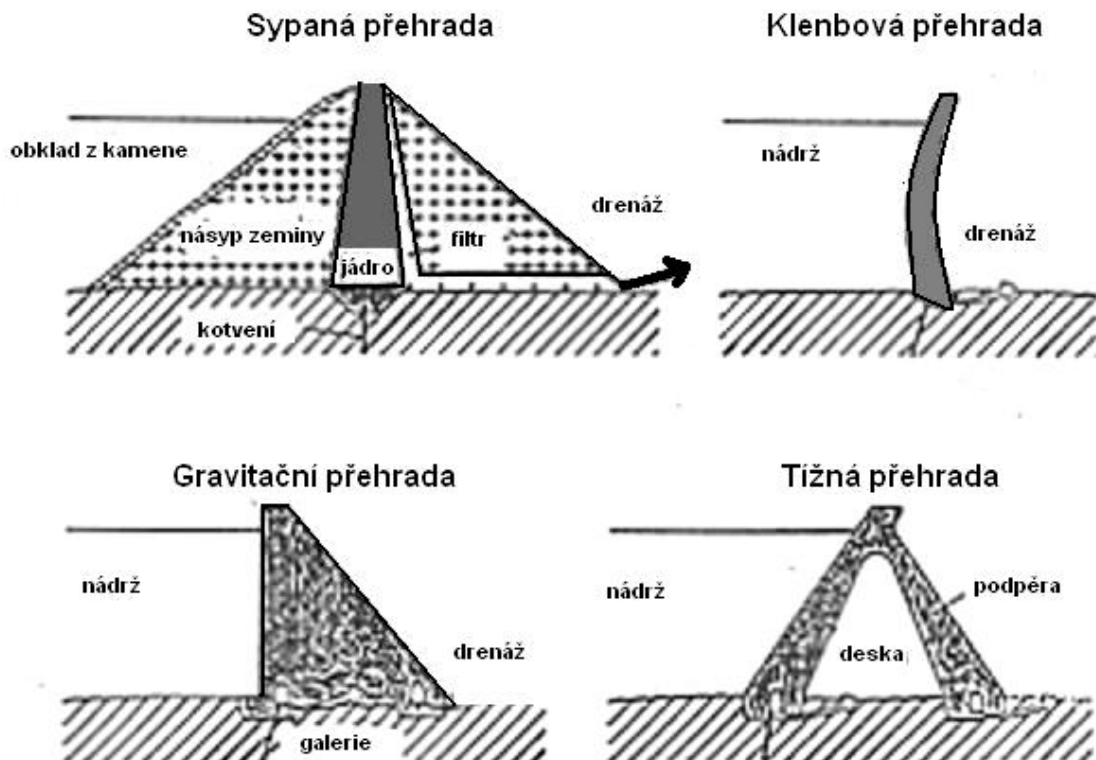
Základové **poměry** se klasifikují podle složitosti jako **jednoduché** nebo **složitě**. Jednoduché jsou takové, kde povrch území není členitý, základová půda se v rozsahu staveniště v podstatě nemění, jednotlivé vrstvy mají přibližně stálou mocnost a jsou uloženy zhruba vodorovně.

Složité základové poměry mají opačné vlastnosti, tj. povrch území je členitý atd.

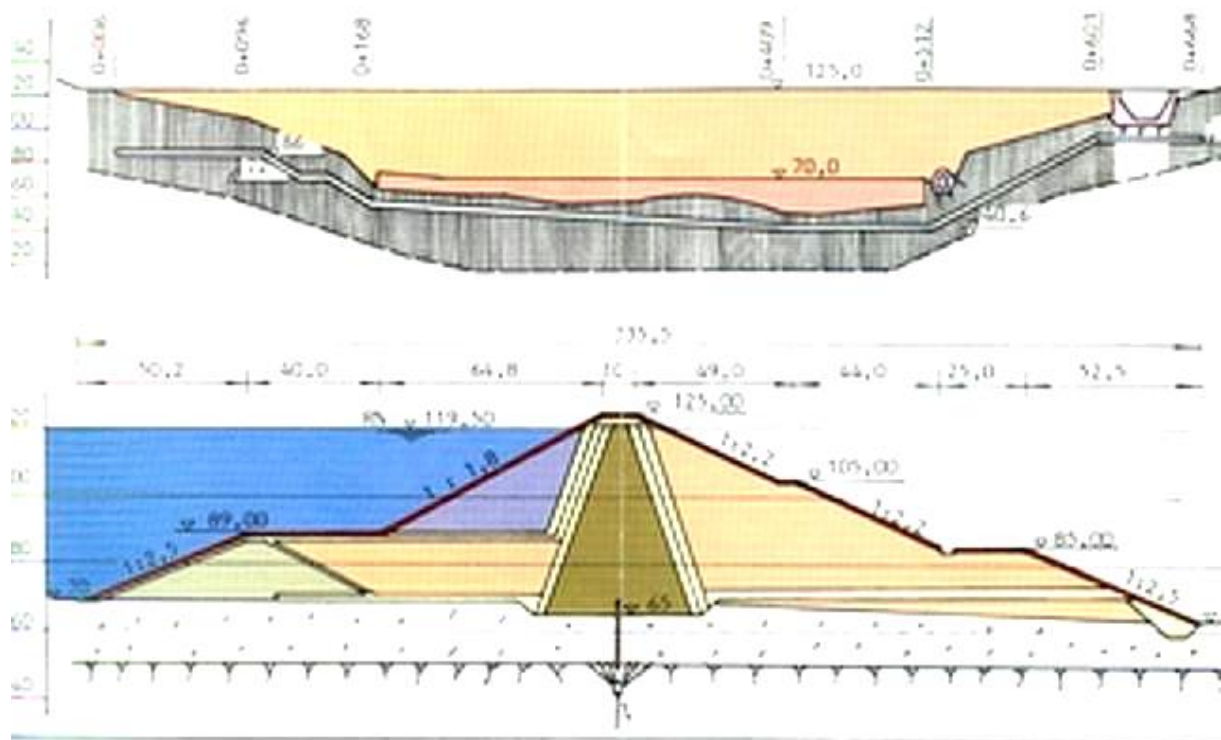
Podle inženýrsko-geologických podmínek rozlišujeme **staveniště vhodná** (základovou půdu tvoří horniny únosné a málo stlačitelné, povrch území je přibližně vodorovný a hladina spodní vody leží trvale pod úrovní základů). **Nevhodná staveniště** jsou např. zaplavované údolní nivy, bažiny, slatiny, území s mělkou hladinou spodní vody, území postižená nebo ohrožená sesouváním, území poddolovaná nebo krasové oblasti. Dále pak pozemky ležící na zásobách nerostných surovin, nebo v přírodních a historických rezervacích.

Přehrady. Problematika přehrad patří do inženýrské geologie. Vlastní stavby známe **betonové** a **zemní**. Betonové pak podle tvaru přehradní stěny jsou klenbové a gravitační (tížné), (viz obr. 67. a 68.).

U zemních hrází záleží na materiálu, ze kterého je přehrada nasypána a na způsobu sypaní. Ze stejnorodých (homogenních), málo, nebo téměř nepropustných zemin, jsou budovány přehrady **homogenní**. **Nehomogenní** sypané přehrady mají nepropustné jádro a částečně propustný plášť. Při výstavbě je nejdůležitější zajištění stability a těsnosti hráze, těsnosti podloží, stabilita a přetváření břehů. [4]



Obr. 67. Typy přehrad. [4]



Obr. 68.: Sypaná hráz a galerie v tělese přehrady. [17]

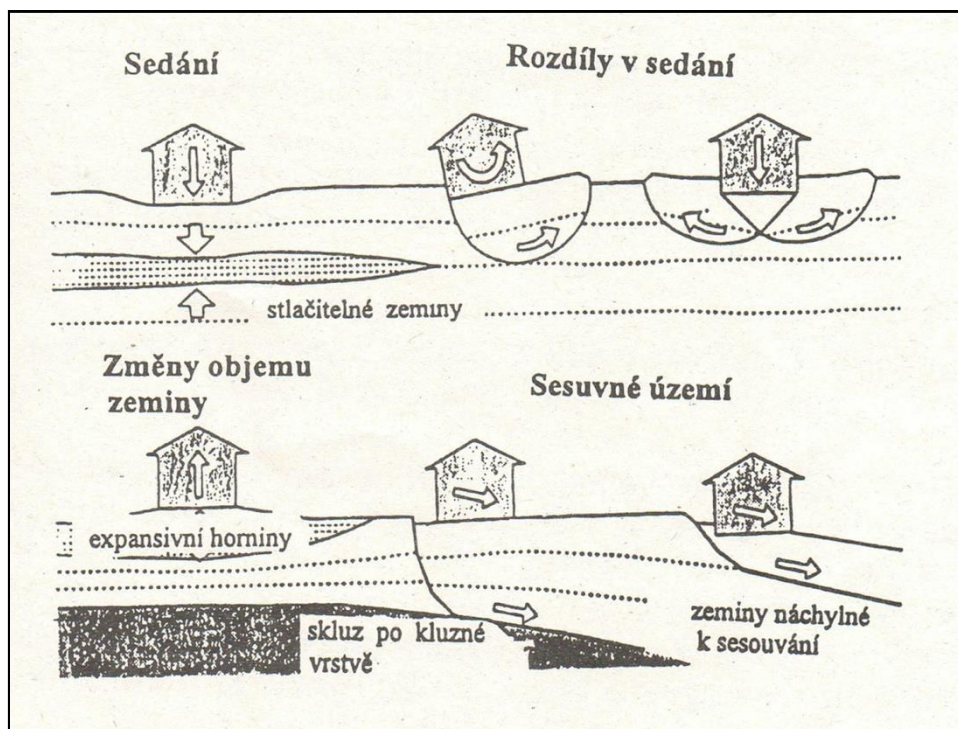
Podzemní díla. Specifickým rysem podzemních staveb oproti pozemním je ta skutečnost, že se dílo nachází celé uvnitř horninového prostředí. Důkladný inženýrsko-geologický průzkum zajistí nejenom ekonomičnost díla, ale i pracovní postupy a bezpečnost stavebních prací i hotového díla. Mezi podzemní stavby zahrnujeme např. **liniové stavby** (kanalizační štoly, energetické, spojovací vodovodní kolektory, tunely vodohospodářské, metro atd.), **kaverny** (halové podzemní prostory, kde jsou umístěny hydroelektrárny, skladiště, vodojemy, čistírny odpadních vod, garáže, hangáry, ochranné objekty atd).

Hornická geotechnika. Inženýrská geologie **hlubinného dobývání** řeší podobné problémy jako u podzemních staveb. Je to např. stabilita při ražbě a provozu chodeb, překopů a šachet. Dále těžitelnost zemin a hornin, možnosti a podmínky ražby a vztah k podzemní vodě. Závažný úkol hornické geotechniky je řešení projevů těžby na povrchu, (poklesy území, podmáčení, ztráty vody ve studních, ale i úniky plynů apod.)

Hornická geotechnika při **povrchové těžbě** má svá specifika, zvláště při velkém rozsahu. Řeší především stabilitu svahů těžebních jam a lomů. U výsypek zajišťuje jejich bezpečné založení a následnou stabilitu.

Poruchy staveb. Inženýrská geologie řeší rovněž poruchy na stavebních objektech. Ty se projevují vlasovými prasklinami, nebo trhlinami různě rozevřenými (od 0 do několika centimetrů). Postupným otvíráním trhlin dochází někdy až k úplné destrukci objektu.

Příčin může být celá řada např. **špatné základové podmínky** (nehomogenní podzákladí, málo únosné zemin), **nízká stabilita svahu** (svahové pohyby), **problémy se spodní vodou** (hladina spodní vody je mělce uložena), **mělce založená základová spára** (v zeminách objemově nestálých např. jílech), (viz obr. 69.).



Obr. 69.: Příklady problémů při zakládání objektů.[4]

Inženýrsko-geologické mapování. Účelem tohoto mapování je vytvoření **inženýrsko-geologické účelové mapy**, která obsahuje přehled základových poměrů, fyzikálně mechanické vlastnosti hornin, geomorfologii, výskyt sesuvných pohybů, hloubku hladiny spodní vody a její kvalitu apod.

Inženýrsko-geologické rajonování území znamená rozdělení území na rajony podobných inženýrsko-geologických podmínek, a to na vhodné, podmíněně vhodné a nevhodné plochy pro umístění staveb (budov, liniových staveb, komunikací apod.)

Inženýrsko-geologický průzkum. Podmínky, za jakých je možné stavbu v horninovém prostředí bezpečně a ekonomicky založit, zjišťuje inženýrsko-geologický průzkum.

Průzkum probíhá v následujících krocích.:

1. archivní rešerše stávajících relevantních podkladů

2. průzkumná díla

- a) vrtné -různé typy vrtů (na jádro, bezjádrové, nárazotočivé)
- b) kopané a hornické (kopané sondy, šachtice, rýhy, štoly atd.)

3. měřičské práce

zaměření průzkumných děl, sesuvů, sledování jejich změn atd.

4. odběry vzorků

dokumentační vzorky zemin, hornin a podzemní vody na místě

5. vykreslení geologických profilů

6. zhodnocení informací z bodů 1.-5. a návrh založení objektu

Vzorky zemin se odebírají:

- a) porušené pro zjištění zrnitosti, konzistence a vlhkosti
- b) neporušené pro zjištění přirozené vlhkosti na smyk atd.

Vzorky hornin se odebírají pro zjištění stupně na větrání a otluk.

Vzorky vody se odebírají pro zjištění kvality ve vztahu k základovým konstrukcím (agresivní nebo neagresivní k betonu).

Odebrané vzorky podávají obraz o inženýrsko-geologických poměrech zájmového místa. Musí však být **reprezentativní**. Ty pak slouží ke konstrukci základových poměrů (geologické profily, charakteristika horninového prostředí).

Podpůrné metody jsou i **terénní zkoušky** (penetrace, zatěžování, zkoušky propustnosti, speciální zkoušky - inklinometrie, extenzometrie aj.), **geofyzikální metody** (seismické, geoelektrické, gravimetrické atd., **telestezie** („ proutkaření“ - velmi opatrně!)

16. Geologická činnost člověka

Nejvýznamnější zásahy do horninového prostředí jsou těžba nerostných surovin, zemědělská činnost, stranou ponecháváme zásahy vyvolané válečnými konflikty.

Stejně jako u přírodních exogenních činitelů je geologická činnost člověka trojí. Rušivá, přenosná a tvořivá. Člověk rozrývá zemský povrch nebo nejvyšší části zemské kůry při dobývání hornin a ložisek, při zřizování cest a při různých podzemních i vodních stavbách. Vydobyté horniny, rudy a jiná užitečná ložiska a odkopané hmoty na zemském povrchu stále přenáší a přemísťuje a ukládá je jinde, čímž dává vznik novým uloženinám. Zásahem do živé přírody, zvláště porušením a přeměnou rostlinného krytu, i neživé přírody, mění člověk vzhled zemského povrchu a vyvolává často i změnu klimatických poměrů v mnohých oblastech, která mívá za následek zvýšení nebo i omezení činnosti jiných vnějších geologických činitelů, (viz obr. 70., obr. 71.). [4]



Obr. 70.: Příklad razantního zásahu člověka do krajiny. (naftařské věže, USA). [44]



Obr. 71.: Lom na těžbu diamantů u města Kimberley v jižní Africe. [45]

16.1 Geologická činnost rušivá a přenosná

Tyto dvě činnosti nejde od sebe ostře oddělovat, jelikož hmoty, které člověk na zemském povrchu nebo pod zemským povrchem vydobyl, ihned odváží jinam. Tímto rozrýváním zemského povrchu a zemské kůry a přemísťováním hmot se stává člověk důležitým **rušivým** činitelem. Na rozdíl od ostatních vnějších činitelů, jako je např. voda, ledovce, vítr, které postihují zemský povrch stejnoměrně, člověk rozrušuje zemský povrch a odnáší hmoty náhodně a zcela nepravidelně, podle toho, jak to potřebuje při dobývání nerostných surovin nebo při stavbách.

Velmi rozsáhlá je rušivá činnost člověka **pod povrchem zemským**. Vytváří podzemní dutiny při hornických pracích, při stavbách dopravních a vodních (štoly, tunely apod.). Proniká do značných hloubek hlubinnými vrty a svislými jámami (šachtami). Z těchto jam razí v různých hloubkách řadu vodorovných i šikmých chodeb vedoucích k ložisku užitečného nerostu (k rudní žíle, uhelné sloji apod.). Dobýváním ložiska zpřístupněného těmito jámami a chodbami vznikají pod zemským povrchem další prázdné prostory. Objem (kubatura) hmot tj. užitečných nerostů a hornin i hlušiny vyvezených z dolů na zemský povrch je ohromný. Jelikož těžba rok od roku stále stoupá, je i rušivá činnost člověka stále větší.

Rušivá činnost člověka se projevuje i na porušování **stability svahů**, nevhodným umístěním staveb v oblastech k sesouvání náchylným, nadměrným zatěžováním labilních svahů, nebo prováděním zářezů na patě svahu z důvodu nové výstavby (domy, liniové stavby apod.).

Dalším rušivým jevem na zemském povrchu, jenž souvisí s lidskou činností, jsou **poklesy půdy v poddolovaných oblastech**. Poklesy půdy jsou jinak v přírodě celkem vzácným jevem. Nejčastěji vznikají v krasových oblastech, ale nikdy nedosahují takového rozsahu, jaký způsobil člověk dobýváním ložisek, zvláště uhelných. Vytváří pod zemí rozsáhlé prázdné prostory. Poklesem nadložních hornin do vydobytých prostor vznikají na zemském povrchu

prohlubeniny (deprese), v nichž se půda často trhá v četné kry a ve kterých se hromadí povrchová voda. Takto postižené území se mění v neúrodnou, často močálovitou pustinu, kterou není možné zastavět, ani zemědělsky využívat.

Výrazný vliv má člověk i na **erozi a degradaci půdy**. Obojí je vyvoláno špatným hospodařením. Nevhodnou orbou polí (po spádu) je umožněno dešťovému ronu unášet ornici a povrchové vrstvy zemské kůry ze svahů a ukládat je na nevhodných místech. Erozi napomáhá i rušení mezí a remízků. **Chemická** degradace půdy je vyvolána neúnosným zvýšením obsahu rozpustných alkalických solí v důsledku nevhodného zavlažování. K degradaci **fyzikální** dochází při snížení pórovitosti půd způsobené nadměrným stlačováním půdy pojezdem těžkých mechanismů, zejména kolových.

Zvláštní je druh zvětrávání hornin způsobený exhalacemi, který se ve volné přírodě nevyskytuje, vzniká v městských aglomeracích a blízkosti zdrojů znečištění ovzduší. Tyto exhalace rychle narušují stavební a dekorační kameny, povrch různých památníků a soch. [4]

16.2 Geologická činnost člověka tvořivá

Stejně jako jiné vnější síly, dává člověk vznik novým uloženinám, a to nejen na zemském povrchu, nýbrž i pod povrchem v dutinách, vzniklých většinou po těžbě ložisek, vzácněji v přírodních kavernách.

Uloženiny vzniklé činností člověka nazýváme souhrnně **antropogenní sedimenty** a dělíme je na **navážky** nacházející se na povrchu, **zavážky (zakládky)** situované pod povrchem a **skládky odpadů**, (viz obr. 72.).



Obr. 72.: Skládka odpadů. [46]

Navážkou rozumíme nahromadění odpadových hmot na zemském povrchu. Bývá zde buď rozprostřena poměrně slabá vrstva ve značné ploše, nebo je nakupena na jednom místě o větší mocnosti. Složení navážek je různé. Mezi navážky řadíme **odvaly, deponie, výsyvky povrchových dolů, složiště popílků, sypané hráze a stavby obecně**.

Haldy neboli **odvaly** vytváří člověk v blízkosti dolů, lomů, odklizišť a jam. Skládají se většinou z hmot, které člověk dále nezužitkovává, jsou to hmoty, jež bylo nutné vyvézt nebo odkopat při těžbě rud, uhlí, stavebních kamenů nebo jiných užitkových nerostů a hornin. Tento materiál je při těžbě nerostných surovin nazýván **hlušinou**.

Zvětraliny a pokryvné útvary, které na povrchu zakrývají ložiska (např. šterkopísky, cihlářské suroviny, uhlí) a před jejichž těžbou je nutné je odstranit, se nazývají **skrývkou**.

Na **skládky** nebo **deponie** je ukládán materiál, který vzniká při různých stavebních pracích, jako je zakládání budov, budování zářezů pro silnice a železnice, při ražení tunelů a štol, pro jejich zakládání, provoz a rekultivaci platí příslušná legislativní opatření.

Výsypky povrchových dolů jsou významným antropogenním produktem. Obsahují nadložní vrstvy uhlí, které jsou vedle hlušiny zastoupeny i nerudními surovinami jako jsou písky a různé keramické jíly. **Vnější** výsypky (ukládání mimo těžební prostor), výrazně mění morfologii území a často i klima. Plošně zaujímají rozsáhlá území a dosahují i několika set metrů mocnosti. **Vnitřní** výsypky (ukládání do vytěženého prostoru) jsou součástí rekultivačních plánů dolu po ukončení těžby a pro její zahlazení.

Složisté popílků se nachází v blízkosti velkých tepelných elektráren. Zaujímají velkou plochu, vyplňují přírodní deprese nebo prostory po těžbě uhlí, ale díky zvyšování hrází tvoří i umělé elevace v území. Vlastní popílek patří mezi odpady, takže složiště popílků patří mezi skládky odpadů

Sypané hráze a **stavby obecně**. Hráze a násypy vytvořené člověkem připomínají svým tvarem a složením některé ledovcové (glaciální) netříděné uloženiny. Terasovitě nasypané navážky a opěrné zdi v údolích se podobají přírodním říčním terasám, které vznikly výmolvou (erozivní) a akumulací (nanášecí) činností řek.

Zakládka. Člověk tvoří uloženiny pod zemí, ve vybraných prostorech, které vznikly při dobývání různých ložisek nerostných surovin. Prázdné prostory vyplňuje ihned po vyrušení ložiska různými hmotami, tak aby jimi překonával tlaky nadloží a tlaky z boku, které v horninách nastávají porušením jejich souvislosti, a předchází tak rychlému zavalení dutin., které by mohlo vyvolat rušivé změny nejen v dolech, ale i na zemském povrchu (půdní poklesy). Tuto výplň vybraných hornických děl pod zemí označujeme názvem **zakládka**.

S podobnými jevy v přírodě se setkáváme hlavně v krasových oblastech, a to v chodbách a jeskyních, které vytvořily ve vápencích podzemní ponorné toky. Je to hlavně „ zakládka“ z kamenité suti ze zřícených stropů, jednak náplavy šterku, písku, hlíny a různé útvary vysráženého vápence (sintru, travertinu).

Jako zakládky se v dolech nejčastěji používá **hlušina**. Většinou tento materiál nestačí, a proto se využívají staré odvaly, nebo se proto zakládají zvláštní lomy. V některých dolech se prázdné prostory vyplňují **pískem, šterkopískem, struskou z hutí, popelem a škvárou**, někdy **jílem**.

Podle povahy se tyto hmoty do prázdných prostor buď nasypávají, nebo jsou naplavovány vodou, popřípadě vhněny pod tlakem, vzduchem.

Skládky odpadů. Mezi navážky počítáme i **skládky odpadů**. Skládají se nejenom z překopaných a přemístěných hornin, ale i ze stavebních hmot zbořených staveb, z popela a škváry, střepů skla, kovových předmětů, zbytků dřeva, papíru, plastických hmot apod.

Pokládáme-li tyto navážky za uloženiny nejmladší geologické doby, pak je nutné si všimnout i všech součástí, které navážku skládají, třeba jsou to i hmoty člověkem uměle vyrobené. Tyto hmoty mají totiž význam „**petrologický**“, ale hlavně „**stratigrafický**“, protože je podle nich možné určovat stáří navážkových vrstev. Navážky se u sídelních útvarů hromadily nad sebou po staletí a v každém období se užívalo jiných předmětů a hmot. Jejich zbytky v navážkách mají stejnou stratigrafickou hodnotu jako zkameněliny ve vrstvách starších geologických útvarů. Jelikož jsou tyto zbytky dokladem lidských kultur v určitých historických dobách, označujeme tyto navážky, jako **kulturní vrstvy**. [4]

16.3 “Suroviny-horniny,, vytvořené člověkem

Aplikujeme-li geologické pochody na lidskou činnost, je možné hmoty vytvářené člověkem podle jejich vzniku rozdělit následujícím způsobem: a) **utuhnutím z tavenin** (obdoba s horninami vyvřelými), b) **stmelením úlomků** (obdoba se sedimenty), c) **přeměnou způsobenou vysokou teplotou** (obdoba hornin metamorfovaných).

a) **Utuhnutí z tavenin** převážně křemitých nebo křemičitanových (silikátových) vzniká **umělé sklo a sklovité strusky**. Také v přírodě se tvoří horninové sklo rychlým ochlazením magmatu (lávy) na zemském povrchu (např. obsidian, smolek a.j.).

Z roztavených rud, k nimž se přidává vápenc a jiné přísady, vznikají **kovy**. V přírodě se vyskytují jen některé ryzí kovy např. zlato, platina, měď, rtuť apod. Produkce milionů tun litiny, oceli, mědi, olova, zinku, a jiných kovů a slitin nebo tavného čediče je ukázkou tvořivé činnosti člověka.

b) **Stmelením úlomků** např. těžného kameniva (písků a štěrků), nebo drceného kameniva (různých frakcí drcených hornin) vápnem a cementem vznikají umělé hmoty podobné slepencům a brekciím: **malta a beton**.

c) K materiálům vytvořených člověkem, které vznikly **přeměnou způsobenou vysokou teplotou**, patří různé **keramické výrobky**. Pálením cihlářských hlín se vyrábějí cihly, tašky na střechy, drenážní trubky apod. Ze speciálních jíílů se vyrábí žáruvzdorné výrobky např. šamot, z křemenců dinas, z magnesitu magnesitové cihly. Z kaolinu, živce, křemene a vody porcelán.

Dalším důležitým výrobkem člověka je **vápno** (CaO), které vzniká pálením vápence. Jiným tmelem, který člověk vyrábí ke stavebním účelům je **cement**. Rozšířená je i výroba umělých dekoračních kamenů (TERACO) a geopolymerů. V přírodě probíhají podobné děje na kontaktu vyvřelých a sedimentárních hornin např. vznik porcelánových jaspisů, neboli **porcelanitů**, vzniklých vypálením jíílů a slínů na styku s čedičovými žilami. [4]

16.4 Vliv člověka na hydrologii a hydrogeologii

Tento vliv je nejlépe patrný ve vodním hospodářství v hustě obydlených oblastech, kde je voda plně ve službách člověka. Tam člověk upravuje podle své potřeby a vůle povrchové toky (**vody běhuté**), zužitkovává vodu z povrchových **vodních nádrží** a využívá v rozsáhlé míře **vody podzemní**.

a) **Vody běhuté**, potoky a řeky jsou většinou upravovány z důvodu jejich erozivní činnosti a z důvodu povodní. Vodní toky se vedou umělými koryty na mlýny, pily a vodní elektrárny, tím se využívá jejich energie a snižuje schopnost eroze břehů. Další úpravy (**regulace**) **koryt** se budují jako ochrana proti přívalovým dešťům a náhlým táním sněhu. V údolních nivách, kde dochází k zaplavování pozemků, se ruší přirozené zákruty (**meandry**) a vytváří se širší přímější nová koryta. Ne vždy jsou však tyto zásahy ve všech souvislostech vhodné.

Člověk provádí na řekách i práce pro splavnění řeky, jako jsou **jezy a plavební komory**.

Pro propojení řek nebo moří buduje umělé kanály - **průplavy**.

b) **Vodní nádrže**. K přirozeným vodním nádržím na povrchu zemském patří jezera. Některá jezera člověk vysouší, aby získal půdu, u jiných zvyšuje hladinu hrázemi, aby získal větší vodní energii. Člověk buduje i **umělé vodní nádrže** zatarasením údolí vodních toků, hrázemi a přehradami. Tyto přehradu vytvářejí nádrže **retenční** (záchytné), které slouží k regulaci přívalových vod a postupnému zásobování toku v dobách sucha, zavodňování suchých oblastí, pro využití vodní síly, pro splavnění řek a pro zásobování obytných sídel užitkovou, popřípadě pitnou vodou. **Rybníky** patří mezi menší umělé nádrže a jsou budovány v údolích potoků nebo v přirozených povrchových depresích. V nich se pěstují ryby a jejich vodou se zavlažují louky a pole, pohánějí se mlýny a pily. Jsou také využívány pro rekreační účely a nezastupitelná je jejich role při vytváření mikroklima.

c) **Vody podzemní**. Přirozené vývěry (prameny) podzemní vody lidé využívali od pradávna. Lidská sídla vznikala u těchto zdrojů. Později se člověk naučil hledat vodu i v místech, kde prameny nebyly. Hloubil jámy (studně), kterými se dostával k hladině spodní vody. K veliké spotřebě vody, která stále roste, dnes slouží vodovodní systémy, kde je voda sbírána z různých studní do rezervoárů a potrubím (vodovodem) rozváděna do míst spotřeby. Voda je odebírána nejen ze studní, ale i vrty z hlubokých vodonosných struktur. Využívány jsou i navrtané horizonty (artézské), kde voda vystřikuje pod tlakem až na povrch. [4]

16.5 Vliv člověka na změny podnebí (klimatu)

Způsoby, kterými člověk mění podnebí v některých oblastech jsou různé. Násilným odvodňováním povrchové vody a nadměrným čerpáním vody podzemní může způsobit přeměnu normálního klimatu na klima suché.

Naopak nadměrným zavlažováním může vzniknout klima velmi vlhké. Velký význam celkové klima mají lesy. Odlesněním dochází k úplné změně podnebí, stává se sušším a dochází k nárůstu větrné i vodní eroze.

Změna vodního hospodářství a násilné odlesňování nejsou jedinými příčinami podnebních změn. Je to i obrovské množství **kysličníku uhličitého**, vznikajícího především při spalování uhlí. Kysličník uhličitý a vodní páry propouští sluneční záření, ale absorbují infračervené záření zemského povrchu (tepelné zemské záření), a tím dochází ke zvyšování zemské teploty-tzv. **skleníkový efekt**. Ten vedle kysličníku uhličitého (CO₂) způsobují ještě metan (CH₄), kysličník dusíku (N₂O), halokarbon. Alarmující jsou i změny v **ozonové vrstvě**,

kteřá leží ve výšce cca 25 km, dosahuje až do 50 km od zemského povrchu a chrání zemský povrch proti ultrafialovým paprskům škodlivým pro život na Zemi. [4]

17. Stará důlní díla

Oblast Čech a Moravy proslula jako jedno z nejbohatších nalezišť nerostů, jejichž znalost se datuje již od starověku, hlavně však od středověku, kdy zejména vydatnost českých zlatonosných náplavů a i stříbrných žil (Kutnohorsko, Jihlavsko, Jáchymovsko) činila Čechy jednou z nejbohatších evropských zemí. Naše pokročilé hornictví bylo v mnohém vzorem a základem organizace hornictví v jiných zemích. Po této činnosti, ale i pozdější těžbě, existují na území našeho státu stopy, které nazýváme **stará důlní díla**. [4]

Starým důlním dílem se podle definice uvedené v § 35 horního zákona rozumí důlní dílo v podzemí, které je opuštěno a jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám. Starým důlním dílem je také opuštěný lom po těžbě vyhrazených nerostů, jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám.

Oznamovací povinnost je **všeobecná**, což je uvedeno v odst. 4 tohoto zákona ("Kdo zjistí staré důlní dílo nebo jeho účinky na povrch, oznámí to bezodkladně ministerstvu životního prostředí České republiky."). V §1, odstavci 2 výše uvedené prováděcí vyhlášky se uvádí, že "v oznámení starého důlního díla nebo jeho účinků na povrch se uvede místo a čas zjištění a stav nebo rozsah poškození povrchu, například velikost propadliny".

Do registru starých důlních děl jsou zařazována všechna došlá oznámení. V rámci jednotlivých oznámení může být uvedeno i více důlních děl (objektů). Vlastní registr je veden formou složek, obsahujících záznamový list, výřez mapy s lokalizací díla, vyjádření ČGS pro MŽP, veškerou korespondenci a další související materiály. K registru patří i tzv. dokladová část, zahrnující plány zabezpečení, závěrečné technické zprávy a další pomocné zprávy a posudky. Tyto materiály jsou uloženy pod samostatnými signaturami v archivu ČGS Geofond. Následným šetřením ČGS Geofond jsou oznámené objekty zařazeny do příslušných kategorií.

Rozlišují se (graf č. 1):

stará důlní díla (SDD) dle definice v § 35 horního zákona,

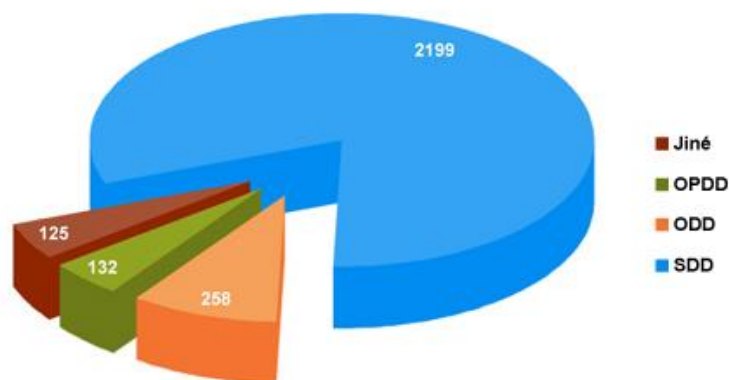
opuštěná průzkumná důlní díla (OPDD), provozovaná ze státních prostředků v rámci geologického průzkumu, která nebyla po ukončení prací předána těžbě,

opuštěná důlní díla (ODD), díla mimo provoz, která mají svého majitele nebo jeho právního nástupce,

ostatní objekty (jiné), většinou podzemní prostory, které byly vyraženy za jiným účelem než pro těžbu a průzkum nerostných surovin.

Zastoupení jednotlivých kategorií v registru SDD

Stav k 1. 1. 2014.



Graf č. 1.: Zastoupení jednotlivých kategorií v registru SDD (stav k 1.1. 2014) – zkratky vysvětleny v předchozím textu. [54]

V případě že jde o staré důlní dílo, které ohrožuje zákonem chráněný obecný zájem, přebírá odpovědnost za jeho sanaci, v nezbytně nutném rozsahu, stát prostřednictvím MŽP ČR.

17.1 Historická těžba

Vývoj lidské společnosti provází od samých začátků vývoj využívání a těžby nerostů. Snad prvním nerostem, jehož důležitost pro život si člověk uvědomil, byla **sůl kamenná**. V počátečním a nejdelším období vývoje lidské společnosti používal pravěký člověk **kámen** k výrobě nástrojů a zbraní. Toto období známé pod názvem **doba kamenná**, trvalo až do 3000 nebo 2000 let před n. l. Časem se člověk naučil kameny opracovávat (nože, hroty, pěstní klíny, mlýnky na obilí atd.).

Na konci doby kamenné člověk již záměrně vyhledává vzácnější, nápadně těžké a barevné kameny. Poznává valounky a plíšky ryzího zlata v náplavech vodních toků nebo kusy rud mědi se zeleným povlakem, tu nachází častěji a naučil se ji tavit na ohništi, později v jednoduchých tavících pecích. Postupně poznává výborné vlastnosti **slitiny mědi s cínem**, když vyrobil první bronz, tvrdší a odolnější než samotná měď. Tím objevem začala **doba bronzová** 2000 až 1000 let před n. l. Potud se jednalo spíše o sběr než těžbu nerostů. Těžbou však již nazýváme získávání stavebního kamene, kde například ve starém Egyptě z vápencových kvádrů o průměrné hmotnosti 2, 5 t byly stavěny pyramidy a další stavby. Měděné a cínové rudy byly časem nahrazeny rudami železa, které se nacházely častěji a tavením s dřevěným uhlím se získávala levná náhrada za drahý bronz.

Nastává **doba železná** (zhruba 1000 let před n. l.). Objevem železa, vyrobeného hutnicky, nastává doba rozkvětu lidské vzdělanosti a hospodářství.

Středověk se vyznačuje dalším rozmachem v upotřebení železa a rozkvětem hospodářského života.

Nerostné suroviny těžili lidé zprvu velmi primitivně v **jamách**, později je dobývali v **nehlubokých dolech**.

Kopáče, kladiva a želízka byly jedinými nástroji středověkých havířů. Později se však i technika důlních prací zdokonaluje. Stará, a již značně vyčerpaná ložiska nerostných surovin v oblasti římské říše, byla opuštěna a nahrazována novými nalezišti, zejména v 8. a 9. století, ve střední Evropě. Asi v téže době byla zahájena i těžba v Bánské Štiavnici na Slovensku. Později byla objevena ložiska stříbrných rud zejména v Sasku (Freiberg, Schneeberg) a v Čechách (Příbram, Kutná Hora, později Jáchymov). Jejich těžba značně utrpěla konkurencí levného stříbra, dováženého z bohatých amerických ložisek, objevených na počátku novověku.

V 10. století probíhá rozvoj rudného hornictví v přilehlé oblasti Krušných hor. 15. a 16. století s sebou přineslo první objevy nerudných materiálů a kamenečných břidlic. První zpráva o těžbě uhlí zapsaná v Městské duchcovské knize pochází z roku 1403. Za panování Jiřího z Poděbrad se těžilo černé uhlí u Malých Přílep. V té době se však uhlí používalo výhradně jako surovina pro výrobu kamence, popelnatého hnojiva a jiných chemikálií. **Až teprve 19. stol je však stoletím energetického uhlí.** [4]

17.2 Registr starých důlních děl

Tento registr navazuje na registr poddolovaných území a oba jsou v databázi Geofondu Praha.

Databáze byla vytvořena v souladu s ustanovením Horního zákona č. 44/1988 Sb. Jejím účelem je zjištění **majetko-právních poměrů a stavu lokality s výskytem opuštěných důlních děl.**

Pokud se jedná o staré důlní dílo, jehož majitel neexistuje nebo není znám a toto dílo představuje nebezpečí, přebírá odpovědnost za jejich sanaci stát prostřednictvím Ministerstva životního prostředí.

Databáze obsahuje všechny ohlášené objekty pozůstatků po hornické činnosti a následně jsou rozděleny na stará díla ve smyslu zákona, opuštěná a ostatní objekty, které nemají charakter děl vzniklých hornickou činností.

Databáze je tvořena záznamy se základní charakteristikou objektu a citací dokumentace, zahrnující i veškerou korespondenci, posudky, plány technického zabezpečení, závěrečné technické zprávy a záznamy o sanaci objektů.

Stará důlní díla jsou uvedena pod číslem objektu v mapách 1 : 50 000. Dále jsou rozlišena podle toho, zda je majitel znám (kroužek), nebo zda je důlní dílo opuštěno (křížek).

Standardní výstup databáze starých důlních děl je vykreslená mapa v požadovaném listokladu a měřítku se zákresy definičních bodů starých důlních děl s doprovodným textovým výstupem. (ČGS, Geofond)

17.3 Sanace starých důlních děl

Po řadě neštěstí na nezajištěných a nesanovaných starých důlních dílech např. na dole Pozorka u Teplíc (1980 - pád chlapce do nezajištěné výdušní šachty), se začalo na přípravě legislativy a praktického řešení problému rozsáhlým mapováním a zjišťování stavu jednotlivých lokalit a seznamem priorit sanací.

Zásadní změnu přinesla až **Vyhláška č. 8/1988 Sb.**: O registraci geologických prací a odevzdávání a zpřístupňování jejich výsledků **a zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru** a následně její aktualizace ve **Vyhlášce č. 363 / 1992 Sb.**, o zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru. Hlavní zásady sanací:

- Databáze starých důlních děl slouží, jako územně plánovací dokumentace, pro ochranu a tvorbu životního prostředí, pro zabezpečení a jejich likvidaci.
- Podklady zjišťuje ČGS Geofond z archivních podkladů a zpráv.
- Má právo si vyžádat potřebné podklady od orgánů a organizací.
- Pokud staré důlní dílo ohrožuje bezpečnost lidí, každý orgán, organizace, nebo občan je povinen nahlásit tento fakt obecnímu nebo okresnímu úřadu, nebo Ministerstvu životního prostředí - odboru geologie.
- Nahlášení obsahuje: místo, čas a způsob zajištění nálezu, stav a rozsah poškození povrchu (např. propadlina-rozměry), nebo povrchových objektů (např. stavba nad výdušnou jámou), zákres a topografické údaje.
- Pokud je znám původní provozovatel, zajišťuje sanaci na své náklady sám.

Pokud znám není, zajišťuje sanaci ze státního rozpočtu MŽP prostřednictvím určené organizace. Je proveden průzkum, projekt sanace, vlastní fyzická sanace a vypořádání případných škod na hmotném majetku. [4]

17.4 Využívání vytěžených prostor

Podzemní prostory vzniklé po dřívější těžbě, pokud mají určité parametry, mohou a často jsou po ukončení těžby využívány k různým účelům. Nejvíce příkladů je známo ze Skandinávie, kde smysl pro ochranu životního prostředí z celé Evropy je nejlépe vyvinut. Historicky je známé využití vápenného lomu „Richard“ u Litoměřic, kde za 2. světové války zde byla továrna na zbraně. V současné době slouží část těchto prostor, jako úložiště radioaktivního odpadu nižší kategorie (nemocnice, výzkum atd.).

Do podzemních prostor jsou umísťovány provozy, jako jsou: **elektrárny, čistírny odpadních vod, skládky odpadů, deponie vyhořelého paliva z atomových elektráren, přírodní zásobníky plynu atd.** Historicky je známé využívání podzemního vápencového dolu Richard pod Radobýlem, která je známá z druhé světové války, kde byla německá továrna pro zbrojní výrobu. V současnosti slouží tento prostor, jako úložiště radioaktivního odpadu nižší kategorie.

Podzemní elektrárny jsou většinou součástí přehrad, jedná se tedy o hydroelektrárny. Příkladem z České republiky je Vltavská kaskáda a z ní je největší Lipno.

Čistírna odpadních vod byla navržena v podzemních prostorách na pravém břehu Labe v Děčíně. Jedná se o prostor, který je nutno další těžbou rozšířit. O umístění stavby nebylo definitivně rozhodnuto, protože ekonomické srovnání s výstavbou na povrchu je v neprospěch podzemní varianty.

Ukládání odpadů se bohužel také setkává s problémy ekonomickými, ale i technickými.

Je nutné zabránit kontaminaci důlních vod a zajistit možnosti následného monitoringu.

Najít vhodnou bezpečnou lokalitu pro ukládání vyhořelého paliva z atomových elektráren patří mezi důležité státní úkoly České geologické služby, financovaného Radou vlády ČR pro

vědu a výzkum. Do užšího výběru je vytipováno několik oblastí geologicky perspektivních pro ukládání vysoce radioaktivního odpadu. Stále častěji jsou využívány podzemní (přírodní) prostory, jako zásobníky zemního plynu. Jedná se buď o struktury po již dříve vytěženém plny, nebo podzemní a rozpukané horniny. [4]

18. Ochrana významných geologických památek

Česká republika ještě jako součást Československa přistoupila v roce 1990 k úmluvě o ochraně světového a přírodního dědictví, které by mělo být zachováno pro příští generace. Mezi toto dědictví nesporně patří i geologické objekty podávající svědectví o dějinách a vývoji Země a života na ní. Kromě lokalit navržených pro světový inventář je nezbytné zajistit aktivní ochranu, případně záchranu dalších geologických lokalit a to podle zákona ČNR č. 114/ 92 Sb., o ochraně přírody a krajiny. [4]

18.1 Ochrana přírody a krajiny – obecně

Příroda a krajina představuje význačnou součást životního prostředí. Základním právním předpisem na úseku ochrany přírody je **zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny** a jeho prováděcí **vyhláška č. 395/1992 Sb.**

Zákonem o ochraně přírody a krajiny je vymezena péče o objekty ochrany přírody (o volně žijící živočichy, planě rostoucí rostliny a jejich společenstva, **nerosty, horniny, paleontologické nálezy a geologické celky**, ekologické systémy a krajinné celky, vzhled a přístupnost krajiny) a jsou stanoveny podmínky jejich ochrany.

Za zvláště chráněná území lze vyhlásit území přírodovědecky či esteticky velmi významná nebo jedinečná, při čemž zákon stanoví podmínky jejich ochrany.

Do kategorie zvláště chráněných území patří území „velkoplošná“, což jsou **národní parky a chráněné krajinné oblasti**, a „maloplošná“ jako jsou **národní přírodní rezervace, národní přírodní památky, přírodní rezervace a přírodní památky**.

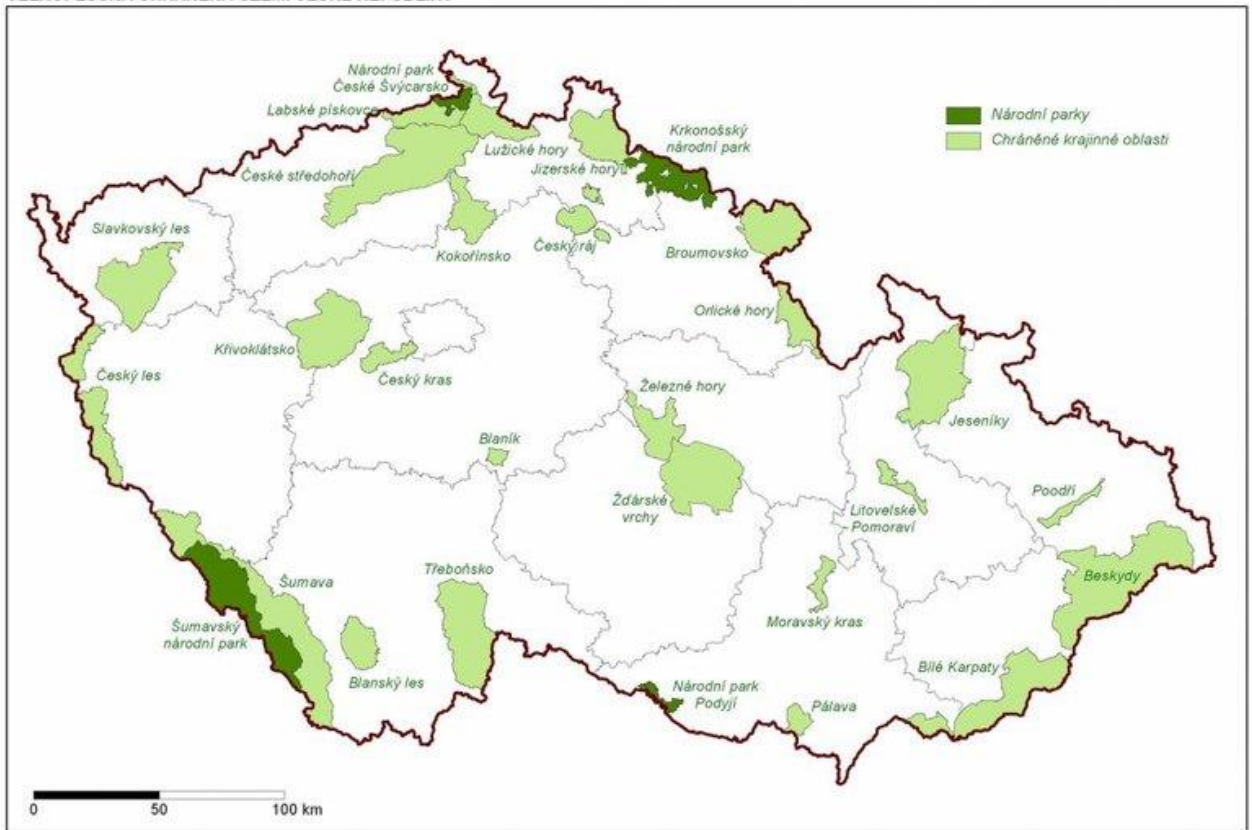
Národní parky (NP) jsou zákonem definovány jako rozsáhlá území jedinečná v národním nebo mezinárodním měřítku, jejichž značnou část zaujímají přirozené nebo lidskou činností málo ovlivněné ekosystémy, v nichž rostliny, živočichové a neživá příroda mají mimořádný vědecký a výchovný význam.

Na území České republiky se nachází **Národní park Šumava, Národní park Podyjí, Krkonošský národní park a Českosaské Švýcarsko**.

Chráněné krajinné oblasti (CHKO) jsou zákonem definovány jako rozsáhlá území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů, s hojným zastoupením dřevin, popřípadě s dochovanými památkami historického osídlení.

Na území České republiky se nachází následující chráněné krajinné oblasti: **Beskydy, Bílé Karpaty, Blaník, Broumovsko, České středohoří, Český kras, Český ráj, Jeseníky, Jizerské hory, Kokořínsko, Křivoklátsko, Labské pískovce, Litovelské Pomoraví, Lužické hory, Moravský kras, Orlické hory, Pálava, Poodří, Slavkovský les, Šumava, Třeboňsko, Žďárské vrchy a Železné hory**. (viz obr. 73). [4]

VELKOPLOŠNÁ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY



Obr. 73.: Národní parky a chráněné krajinné oblasti v České republice.[47]

18.2 Ochrana geologických jevů

Ochrana geologických jevů je převážně zabezpečována vyhlášením zvláště chráněného území v kategoriích **národní přírodní památka** nebo **přírodní památka**. Přídavné jméno „**národní**“ je znakem území s mezinárodním nebo jedinečným národním významem.

Lokality s vyšším stupněm ochrany jsou evidované v ústředním seznamu ochrany přírody v Agentuře ochrany přírody a krajiny. Z geologických objektů mají převahu významné stratigrafické profily, opěrné odkryvy regionálně geologických jednotek, význačná paleontologická a mineralogická naleziště a lokality, jedinečné geologické jevy, historická báňská díla, geomorfologicky významná území a fenomény dokládající geologický vývoj území.

Významná ochrana geologických jevů na širším území je v tzv. geoparcích. Např. geopark UNESCO Český ráj a další jsou budovány.

Významný stratigrafický profil je například odkryv vzniklý při stavebních pracích, kdy byla objevena hranice mezi silurem a devonem potvrzená přítomností vúdčích zkamenělin - **Klonk u Suchomast**, (viz obr. 74., obr. 75.). [4]



Obr. 74.: Klonk u Suchomast – monument, stratigrafický profil.[48]



Obr. 75.: Klonk u Suchomast – stratigrafický profil prvohorních vrstev. [49]

Příkladem **paleontologické lokality** je nahromadění fosilního paleontologického materiálu - třetihorních žab v **Bechlejovicích u Děčína**, nebo vůdčí z kameněliny křídového stáří *Inoceramus labiatus* u **Poličky na Moravě**.

Známa **mineralogická naleziště** jsou například výskyt českého granátu - pyropu u **Podsedic** v Českém středohoří (viz obr. 76.) nebo safírů na **Jizerské louce**, vltavínů v **jižních Čechách**, hyalitu u **Valče v Doupovských horách** nebo achátů a dalších polodrahokamů ve **Votrubcově lomu u Turnova**, olivín na Semilsku. [4]



Obr. 76.: Český granát – pyrop. [50]

Mezi **jedinečné geologické jevy** patří Kamenná slunce **u Hnojnic** (viz obr. 77), kvartérní sopka - Komorní hůrka u Františkových lázní nebo skalní výchoz čediče se sloupkovou odlučností - Vrkoč **u Ústí n.L.** [4]



Obr. 77.: Kamenná slunce. [51]

Z bohaté hornické historie naší země zůstala **historická báňská díla** například v **Jáchymově** (U, Ag), v **Příbrami - Březových horách** (Pb, Zn), v **Kutné hoře na Kaňku** (Ag) nebo pozůstatky těžby zlata (sejpy) **na Otavě**. V 14. a 16. století se těžily jaspisy a ametysty na výzdobu kaple sv. Kříže na Karlštejně a kaple sv. Václava na Pražském hradě **v Ciboušově na Chomutovsku**.

V případě **geologicko-geomorfologických významných území** se jedná hlavně o denudační tvary a výsledky denudačních procesů. [4]

Podle tvrdosti (petrografického složení) hornin:

Sedimentární horniny - Bílé skály (Sloní stádo) u Jitavy, Pravčická brána a další útvary v Labských pískovcích, Suché skály u Besedíc na Jablonecku vyvěřelé i metamorfované - svědecké hory - Kamenný hřib u Krásné Lípy, viklany a skalní suky, (viz obr. 78., obr. 79.).



Obr. 78.: Sloní stádo u Jitavy. [52]



Obr. 79.: Pravčická brána. [53]

Údolní tvary a projevy eroze - vliv vody jako rozhodujícího geomorfologického činitele (říční meandry, slepá ramena, vodopády - Větruše v Ústí n. L).

Krasové jevy a jeskyně vznikají denudačně fyzikálně mechanickými procesy ve vápencích. Vznikají zde i nové tvary jako je výzdoba a výplň podzemních prostor (Český a Moravský kras).

Vulkanity - dominantní erodované geomorfologické tvary jako je Vrabinec (vypreparovaný sopouch) u Nebočad, Radobýl (vypreparované těleso) u Litoměřic, Zlatý vrch u Lísky a Panská skála u Kamenického Šenova, Čertova zeď na Liberecku (obnažená sloupcová odlučnost).

Glacigenní jevy - vznikly působením ledovců zasahujících na naše území ve čtvrtohorách. Labský a Obří důl v Krkonoších, morény a bludné balvany na Liberecku. **Akumulační jevy** - zahrazená jezera ledovcového původu Černé a Čertovo na Šumavě.

Geologická defilé a profily - Barrandien, oblast u Prahy směr na Plzeň. Obnažení geologické stavby, mohutných souvrství s pestrou tektonikou (vrásy, přesmyky, zlomy atd.).

Mineralogie a petrologie - jevy vzniklé např. kontaktní metamorfózou. Vrch Káčov - kontakt pískovce a čediče, Žďárské vrchy Heřmanovské koule - kontakt pegmatitu a serpentinitu.

Vybrané geologické lokality jsou registrovány v České geologické službě, na záznamových listech a v mapách lokalizace v měřítku 1 : 50 000 a postupně převáděny na počítačovou databázi, tak, aby byly kompatibilní s jinými databázemi.

K roku 2014 je počet dostupných geologických lokalit 2831 z toho 1017 je součástí zvláště chráněného území. [4]

19. Geologická legislativa

19.1 Geologie ve státní správě

Obory geologie se vyskytují na řadě ministerstvech a státních orgánů. Každá instituce má svůj okruh působnosti.

Ministerstvo životního prostředí České republiky

je ústředním orgánem státní správy (podle zákona ČNR č. 2/69 Sb., ve znění zákona č. 69/93 Sb.) mimo jiné pro:

- **výkon státní geologické služby**
- **ochranu nerostného bohatství**
- **ekologický dohled nad těžbou**

Z dalších zákonů (např. Horní zákon č. 44/1988 Sb., zákon o geologických pracích č. 62/88 Sb.) vyplývají pro MŽP ČR následující povinnosti:

- zajišťovat geologický výzkum
- získávat, dokumentovat, vyhodnocovat a uchovávat základní informace geologického výzkumu ČR
- vyhodnocovat všechny geologické informace jako podklad pro rozhodování ve věcech státního a veřejného zájmu
- zjišťovat stará důlní díla (SDD) a vést jejich registr, zajišťovat nebo likvidovat SDD a vést jejich registr, zajišťovat nebo likvidovat SDD a jejich následky, které ohrožují chráněný obecný zájem [18]

Ministerstvo pro místní rozvoj České republiky

je ústředním orgánem státní správy mimo jiné pro:

- **tvorbu jednotné surovinové politiky**
- **využívání nerostného bohatství**
- **geologický průzkum**

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky

je ústředním orgánem státní správy mimo jiné pro:

- **těžbu, úpravu a zušlechťování ropy a zemního plynu, tuhých paliv, radioaktivních surovin, rud a nerud**

Český báňský úřad

plní úkoly vrchního dozoru orgánů státní báňské správy.

- **Řídí výkon státní báňské správy a činnost obvodních báňských úřadů a rozhoduje o odvoláních proti rozhodnutím.**
- **Při výkonu vrchního dozoru Český báňský úřad mimo jiné:**
- ukládá opatření k zajištění hospodárneho využívání ložisek nerostů, kontroluje pracoviště a technická zařízení a dozírá, jak obvodní báňské úřady plní své povinnosti
- vede také souhrnnou evidenci dobývacích prostorů a jejich změn.

Úkoly obvodních báňských úřadů jsou podrobně uvedeny v zákoně ČRN č. 226/2003 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a státní správě.

Přehled státní správy a ústředních orgánů, které jsou činné v problematice geologie, je uveden v tabulce 20. [18]

VLÁDA ČESKÉ REPUBLIKY	
Ministerstvo pro místní rozvoj	<ul style="list-style-type: none"> • odbor surovin a geologické správy
Ministerstvo průmyslu a obchodu	<ul style="list-style-type: none"> • odbor správy hornictví a energetiky • odbor stavebnictví a stavebních hmot
Ministerstvo životního prostředí	<ul style="list-style-type: none"> • odbor ochrany horninového prostředí • územní odbory • správa CHKO ČR • správy národních parků
Český báňský úřad	<ul style="list-style-type: none"> • obvodní úřady
Ministerstvo vnitra	<ul style="list-style-type: none"> • okresní úřady - referáty životního prostředí - referáty regionálního rozvoje

Tab. 20.: Státní instituce činné v problematice a geologii.[4]

19.2 Státní politika životního prostředí

První státní politika životního prostředí byla schválena Usnesením vlády č. 472 z 23. 8. 1995 a zahrnovala mimo jiné i principy a strategii ochrany horninového prostředí zejména ve vztahu k využívání nerostných surovin. Následující přehled uvádí nejdůležitější z nich.

1. Nejvyšší míru poškození a ohrožení horninového prostředí antropogenními vlivy v současné době představují:

- nadměrné čerpání a nevhodné využívání neobnovitelných přírodních zdrojů, vysoký objem těžby v některých velkoplošných chráněných oblastech,
- vliv důlních a úpravárenských provozů,
- vliv kontaminace cizorodými látkami ve velkých městských aglomeracích, průmyslových zónách a vojenských prostorech,
- antropogenní činnosti související se stavbami, a to jak plošnými, tak liniovými. Kromě mechanického narušení horninového prostředí připadá v úvahu i chemická interakce při případných haváriích.

Všechny tyto vlivy nemusí být důsledkem stávající činnosti, pak ale mají charakter staré environmentální zátěže.

2. Stanovení společensky přijatelné míry ekologických a zdravotních rizik z hlediska ochrany horninového prostředí např. znamená:

- vyjádřit a posoudit únosnost území (stanovit kritickou zátěž horninového prostředí) v souvislosti s požadavky na čerpání nerostných surovin, jako neobnovitelného přírodního zdroje a v souvislosti s negativními vlivy, které tato činnost přináší.

- limitovat rozsah a objem na veřejný zájem využití území, deklarovaný mimo jiné územním plánem. Čerpání nerostných surovin podřídít územním limitům s prioritou zachování systémů ekologické stability území a významných krajinných prvků,
 - v rámci plošných a liniových staveb, staveb rizikových technologických provozů vytvářet havarijní plány s ohledem na riziko znečištění horninového prostředí (mapy rizik ohrožení horninového prostředí).
3. Z hlediska legislativních opatření zajistit:
- od počátku plnohodnotnou účast orgánů životního prostředí na rozhodujících správních řízeních ve vztahu k využívání zdrojů nerostných surovin,
 - určení způsobu a etapovitosti sanací v rámci těžební činnosti včetně kontroly jejich postupu realizace.
4. V oblasti ekonomických opatření zavést:
- internalizaci ekologických nákladů (ocenění hodnoty a potenciálního využití území a krajiny) do nákladů na těžbu surovin.
5. Státní geologickou službu a geologický výzkum zaměřit na ochranu horninového prostředí.

Z hlediska Státní geologické služby to představuje zejména zajištění geologicko - ekologického servisu pro správní orgány při prevenci, hodnocení rizik a havárií a při výběru řešení a rozhodnutí o ukončení sanací těchto havárií a rizik. Geologický výzkum usměrnit na řešení teoretických podkladů na ochranu horninového prostředí a dále pokračovat v regionálním výzkumu státního území jako podkladu pro rozhodovací činnost MŽP a ostatních správních orgánů.

V podobném duchu se dále formovaly následující SPŽP. V současné době je poslední platný SPŽP, na léta 2011 - 2020. [19]

Bilance nerostných surovin.

Státní bilance zásob výhradních ložisek nerostných surovin je sestavována již od roku 1959. Její vedení upravuje od roku 1988 ustanovení zákona č. 44 / 1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství / horní zákon/ ve znění zákona ČNR č. 541/1991 Sb. a Vyhláška MHPR ČR č. 497 / 1992 Sb., o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů.

Podkladem pro zpracování bilance je souhrnná evidence zásob výhradních ložisek a evidence o odpisech jejich zásob.

Tabulková část bilance obsahuje přehled zásob jednotlivých výhradních ložisek, sumární údaje o zásobách surovinového druhu, rozdělené podle způsobu využívání zásob, změny stavu zásob jednotlivých výhradních ložisek s uvedením příčin těchto změn a celkový stav zásob a jejich pohyb. Tabulková část je doplněna přehledem o probíhajících geologických pracích a u vybraných surovinových druhů, kvalitativní charakteristikou zásob výhradních ložisek a těžené suroviny za uplynulý rok.

Zásoby nerostných surovin vykazované v bilanci se udávají jako **geologické zásoby**, tj. zásoby v původním stavu na ložisku, vyčíslené podle platné klasifikace zásob a platných podmínek využitelnosti. Stav geologických zásob na sebe v bilanci průběžně navazují. Výchozím podkladem je řádný výpočet zásob schválený nebo prověřený státní expertizou v Komisi pro klasifikaci zásob /KKZ/ do roku 1996 je orgánem Ministerstva pro hospodářskou politiku a rozvoj České republiky. Rok vyhodnocení ložisek a schválení nebo

prověření výpočtu zásob v KKZ a MHP ČR je v bilanci výhradních ložisek vyznačen. Po roce 1996 pak MŽP. Každá změna ve výchozím stavu geologických zásob je vykazující organizací řádně doložena.

Při udávání způsobu využití ložisek je hlavním kritériem okolnost, jak se využívají zásoby ložisek v době zpracování bilance, popřípadě jak se výhledově uplatní. Současně je vyjádřen názor na účelnost a možnost využití zásob, který může být během doby změněn. Ložisko je přitom charakterizováno jako celek. [18]

Státní bilance je zpracovávána každoročně k 1. lednu příslušného roku, je složena ze tří dílů, které následují:

Díl I	-	výhradní ložisko rud, stopových prvků,
Díl II	-	výhradní ložiska palivoenergetických surovin
Díl III	-	výhradní ložiska nerudných surovin, kde jsou zařazena výhradní ložiska vyhrazených i nevyhrazených (stavebních) nerudných nerostů nebo surovin

V díle II. bilance se v tabulkové části u ropy a zemního plynu vedle zásob geologických vykazují i zásoby těžitelné.

Představují tu část geologických zásob, která podle výpočtu nebo předpokladu bude využita.

U ložisek tuhých paliv jsou v souladu s horním zákonem vykazovány zásoby bilanční, j. využitelné a nebilanční. Dále jsou zde uváděny zásoby vytěžitelné. Údaje o vytěžitelných zásobách vycházejí z báňsko-technických a ekonomických rozborů a provozních zkušeností, jsou podkladem pro dlouhodobé úvahy a perspektivy využití.

V díle III. bilance je v surovině kámen pro hrubou a ušlechtilou kamenickou výrobu tabulková část doplněna samostatnou tabulkou „Těžba bloků“.

Tabulkové části jsou zpracovány výpočetní technikou. Řazení ložisek odpovídá třídění podle české abecedy. Statistický výkaz je schvalován Českým statistickým úřadem. (www.geology.cz).

Předpisy z oblasti geologie a ochrany horninového prostředí.

V následujícím přehledu jsou platné zákony a vyhlášky v oboru geologie a hornictví - aktualizováno. [4]

- **Zákon ČNR č. 44/1988 Sb.**, o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění zákona č. 541/1991 Sb., zákona č. 10/1993 Sb. zákona č. 168/1993 Sb., ve znění zákona č. 132, 258, 366/2000 Sb., z. č. 315/2001 Sb., z. č. 61, 320/2002 Sb., z. č. 150/2003 Sb., 3, 386/2005 Sb., 186, 313/2006 Sb., 296/2007 Sb., 157/2009 Sb., 227/2009 Sb., 281/2009 Sb., 85/2012 Sb.
- **Zákon ČNR č. 226/2003 Sb.**, o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě,
- **Zákon č. 62/1988 Sb.**, o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění zákona ČNR č. 543/1991 Sb.
- **Vyhláška ČGÚ č. 85/1988 Sb.**, o postupu při vyhledávání a průzkumu výhradních ložisek z hlediska ochrany a racionálního využití nerostného bohatství a oznamování výskytu

ložiska vyhrazeného nerostu, s přihlédnutím ke změnám provedeným zákonem č. 541/1991 Sb.

- **Vyhláška ČBÚ č. 104/1988 Sb.,** o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 242/1993 Sb.
- **Vyhláška ČGÚ č. 8/1989 Sb.,** o registraci geologických prací, o odevzdávání a zpřístupňování jejich výsledků, o zajišťování starých důlních děl a vedení jejich registru (s přihlédnutím ke změnám provedeným vyhláškou č. 363/1992 Sb.)
- **Vyhláška č. 121/1989 Sb.,** o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, o udělování povolení a odborné způsobilosti k jejich výkonu, s přihlédnutím ke změnám provedeným zákonem č. 543/1991.
- **Vyhláška ČBÚ č. 99/1992 Sb.,** o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání odpadů v podzemních prostorech
- **Vyhláška ČBÚ č. 172/1992 Sb.,** o dobývacích prostorech
- **Vyhláška ČBÚ č. 175/1992 Sb.,** o podmínkách využívání ložisek nevyhrazených nerostů
- **Vyhláška MŽP ČR č. 363/1992 Sb.,** o zajišťování starých důlních děl a vedení jejich registru
- **Vyhláška MŽP ČR č. 364/1992 Sb.,** o chráněných ložiskových územích
- **Vyhláška MŽP ČR č. 206/2003 Sb.,** o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce
- **Vyhláška ČBÚ č. 435/1992 Sb.,** o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem
- **Vyhláška MHPR ČR č. 497/1992 Sb.,** o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů
- **Vyhláška MHPR ČR č. 617/1992 Sb.,** o podrobnostech placení úhrad z dobývacích prostorů a z vydobytých vyhrazených nerostů
- **Vyhláška ČBÚ č. 15/1995 Sb.,** o oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jakož i k projektování objektů a zařízení, které jsou součástí těchto činností
- **Vyhláška ČBÚ č. 52/1997 Sb.,** bezpečnost při hornické práci,
- **Vyhláška MŽP ČR č. 282/2001 Sb.,** o evidenci geologických prací.

Ekologický dohled nad těžbou a návazné právní předpisy

Vzhledem k tomu, že neexistuje samostatné zákonné ustanovení pro **ekologický dohled nad těžbou** a přitom patří mezi základní kompetence MŽP ČR (zákon ČNR č. 2/69 Sb., §19 odst. 1 a znění zákona č. 69/93 Sb.), je realizován výkonem pravomoci státní správy na úsecích upravených jednotlivými složkovými zákony, které se týkají ochrany všech složek životního prostředí a procesu E.I.A. – aktualizováno. [4]

Ochrana vod

- aplikují se ustanovení zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon)

Ochrana ovzduší

- aplikují se ustanovení zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

Odpady

- aplikují se ustanovení zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech

Ochrana přírody a krajiny

- aplikují se ustanovení zákona č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Ochrana zemědělského půdního fondu

- aplikují se ustanovení zákona č. 334/92 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu

Ochrana lesního půdního fondu

- aplikují se ustanovení zákona č. 289/1995 Sb., o lesích (lesní zákon)

V procesu E.I.A.

- aplikují se ustanovení zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, novela zákona č. 93/2004 Sb., č. 163/2006 Sb., č. 186/2006 Sb.

V působnosti MŽP je podle bodu 2 přílohy č. 1 tohoto zákona posuzování vlivů těžby nerostů vázáno na stanovené limity.

Terminologický slovník z oblasti ochrany horninového prostředí a nerostného bohatství. [18]

Horninové prostředí

je svrchní část litosféry, která je v dosahu lidské činnosti. Je tvořena pevnými horninami, nezpevněnými zeminami a půdou a jeho součástí je pozemní voda, plyny a neobnovitelné přírodní zdroje.

Nerosty vyhrazené jsou součástí nerostného bohatství České republiky, patří mezi ně:

- radioaktivní nerosty,
- všechny druhy uhlí, ropy a hořlavého zemního plynu a bituminosní horniny,
- nerosty, z nichž je možno průmyslově vyrábět kovy,
- magnezit
- nerosty, z nichž je možno průmyslově vyrábět fosfor, síru, fluor a jejich sloučeniny,
- kamenná sůl, draselné, borové, bromové a jodové soli,
- tuha, baryt, azbest, slída, mastek, diatomit, sklářský a slévárenský písek, minerální barviva, bentonit,
- nerosty, z nichž je možné průmyslově vyrábět prvky vzácných zemin a prvky s vlastnostmi polovodičů

- granit, granodiorit, diorit, gabro, diabas, hadec, dolomit, vápenec a travertin, pokud jsou blokově dobytelné a lešitelné
- technicky využitelné krystaly nerostů a drahé kameny
- halloyzit, kaolin, keramické a žáruvzdorné jíly a jílovce, sádrovec, anhydrid, živce, perlit a zeolit
- křemen, křemenec, vápenec, dolomit, slín, čedič, znělec, trachyt, pokud tyto horniny jsou vhodné k chemicko-technologickému zpracování nebo zpracování tavením
- mineralizované vody, z nichž se mohou průmyslově získávat vyhrazené nerosty
- technicky využitelné přírodní plyny, pokud nepatří mezi plyny uvedené pod bodem b)

Nerosty nevyhrazené jsou součástí pozemku

jsou to například: cihlářské suroviny, písky, štěrkopísky, horniny, které nelze blokově leštit, eventuálně tavit

Výhradní ložisko

zjistí-li se vyhrazený nerost v množství a jakosti takové, že umožní důvodně očekávat jeho nahromadění, vydá MŽP osvědčení o výhradním ložisku.

To pak dá na vědomí: MPO, ČBÚ, ČGS Geofondu, OVSS MŽP, KÚ - orgánu územního plánování, stavebnímu úřadu a organizaci, pro niž bylo provedeno vyhledání, nebo průzkum výhradního ložiska.

Chráněné ložiskové území (CHLÚ)

zahrnuje území, kde jsou určeny zásoby vyhrazeného nerostu, či jejich bezprostřední okolí, na kterém by stavby a zařízení, které nesouvisí s dobýváním výhradního ložiska, mohly znemožnit nebo ztížit jeho dobývání. CHLÚ se stanovuje po vydání osvědčení o výhradním ložisku.

CHLÚ stanoví MŽP po dohodě s ČGS, ČBÚ a orgány územního plánování a stavebním úřadem.

Dobývací prostor (DP)

se stanoví na základě výsledků průzkumu ložiska podle rozsahu, uložení, tvaru a mocnosti. Na povrchu je vymezen mnohoúhelníkem, jehož vrcholy jsou určeny souřadnicemi. Může být vymezen hloubkově a může zahrnout jedno nebo více výhradních ložisek nebo jen jeho část a stanoví se pro dobývání výhradního ložiska určitého nerostu, nebo skupiny nerostů.

DP stanoví OBÚ v součinnosti s dotčenými orgány státní správy, zejména v dohodě s orgány ŽP a orgánem územního plánování a stavebním úřadem.

DP se stanovuje pouze pro výhradní ložiska.

Plán otvírky, přípravy a dobývání (POPD)

Plány otvírky přípravy a dobývání musí vypracovat organizace, které vzniklo oprávnění k dobývání výhradního ložiska na základě DP.

POPD musí zajišťovat dostatečný předstih otvírky a přípravy výhradního ložiska před dobýváním.

Součástí je i vyčíslení předpokládaných nákladů na vypořádání důlních škod, dále na sanaci a rekultivaci, včetně návrhu na výši a způsob vytvoření potřebné finanční rezervy.

Podrobnosti o POPD a o plánech zajištění a likvidace hlavních důlních děl a lomů stanoví ČBÚ obecně závazným právním předpisem a vyhláškou č. 242/93 Sb., kterou se mění a doplňuje vyhláška č. 104/88 Sb.

Sanací

se rozumí technické zahlazení následků hornických prací, které zahrnuje stabilizaci morfologie území, vodního a biologického režimu a zatravnění, popřípadě zalesnění území, vyžaduje-li to ochrana území před působením erozních vlivů.

Rekultivace

zahrnuje práce za účelem obnovení plodnosti povrchové vrstvy sanované plochy

Ekologický dohled nad těžbou

je soubor sledování plnění podmínek POPD po využívání ložisek vyhrazených nerostů a podmínek stanovených v rozhodnutí OBÚ, včetně dalších možných ukazatelů vlivů souvisejících s dobýváním nerostů, včetně průzkumu, exploatace a sanace ložiska na všechny složky životního prostředí.

Jedná se o podzemní a povrchovou vodu, ovzduší, půdní a lesní fond.

Realizaci dohledu provádí příslušné orgány životního prostředí ve spolupráci s ČBÚ a orgány Ministerstva zdravotnictví v rámci jednotlivých zákonů vztahujících se k ochraně ŽP a zdraví. Ekologický dohled nad těžbou je vykonáván všemi orgány ŽP nad aktivitami dotýkajícími se horninového prostředí za účelem těžby, v rámci celého státu.

Důlní škoda

za ně se považují škody způsobené na hmotném majetku vlivem vyhledávání, dobývání, průzkumem, zajišťováním a likvidací důlních děl a lomů, úpravou a zušlechťováním v souvislosti s dobýváním, jakož i škody způsobené zvláštními zásahy do zemské kůry. Za důlní škodu se považuje i ztráta povrchové a podzemní vody, snížení její vydatnosti a zhoršení její jakosti.

Staré důlní dílo (SDD)

je důlní dílo v podzemí, které je opuštěno a jehož původní provozovatel, ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám.

MŽP zabezpečuje zjišťování SDD a vede jeho registr.

Podrobnosti viz vyhláška MŽP ČR č. 363/92 Sb.

Postup od průzkumu k otvírce ložiska nerostů.

1. Osvědčení o výhradním ložisku

Po zjištění vyhrazeného nerostu v množství a jakosti, které umožňují důvodně očekávat jeho nahromadění, vydá **Ministerstvo životního prostředí** osvědčení a výhradním ložisku, to

zašle na **MPO, OBÚ, ČGS Geofond, OVSS MŽP a KÚ - orgán územního plánování, stavební úřad, organizaci, která chce těžit.**

To je první informace o výhradním ložisku na Ministerstvu životního prostředí.

2. Chráněné ložiskové území

Chráněné ložiskové území se stanoví po vydání osvědčení o výhradním ložisku.

Stanoví ho geologický odbor MŽP rozhodnutím v součinnosti s ČGS Geofondem, OBÚ, MPO a po dohodě s orgánem územního plánování a stavebním úřadem.

Hlavní účast MŽP: **ochrana ložiska**

3. Ložisko - výpočet zásob

Výpočet zásob zabezpečuje organizace, která chce těžit včetně posouzení výpočtu zásob. Oboje pak posílá organizace Ministerstvu životního prostředí.

4. Dobývací prostor

Stanovením dobývacího prostoru vzniká oprávnění organizaci k dobývání výhradního ložiska. Zahájit dobývání výhradního ložiska ve stanoveném dobývacím prostoru může však organizace až po zpracování a schválení Plánu otvírky, přípravy a dobývání Obvodním báňským úřadem.

ČGS stanovuje průzkumné území a vydává předchozí souhlas ke stanovení dobývacího prostoru na území ČR.

Hranice dobývacího prostoru vyznačí orgán územního plánování v územně plánovací dokumentaci.

Územní odbory MŽP vydávají souhlasy k návrhům na stanovení DP v souladu se zákonem č. 61/77 Sb. též dále §6, odst. 2, zákonem č. 334/92 Sb., §6 odst. 2 a zákonem č. 439/92 Sb. §27 odst. 1

Na úrovni Ministerstva životního prostředí připadá vydávání souhlasu k návrhu na stanovení dobývacích prostorů v úvahu pouze v těchto případech:

Odbor ochrany přírody MŽP

- při stanovení DP v I. zóně chráněné krajinné oblasti (zákon 114/92 Sb §26 odst. 2, písm. e)
- při stanovení DP v oblasti národní přírodní památky, národní přírodní rezervace, národního parku (zákon 114/92 Sb., § 35 odst. 2, §29, písm. c), § 16 odst. 1, písm. m)

Druhý vstup MŽP: **ochrana zájmů ŽP**

5. Plán otvírky, přípravy a dobývání

Plán otvírky, přípravy a dobývání ložiska vypracovává organizace, které vzniklo oprávnění k dobývání výhradního ložiska.

Rozhodnutí, kterým se schvaluje POPD vydává obvodní báňský úřad.

V tomto rozhodnutí jsou závazné podmínky pro těžaře.

Na formulaci těchto podmínek se podílí referáty životního prostředí okresních úřadů, v případě těžby v CHKO též Správa chráněných krajinných oblastí.

Nepřímý vstup prostřednictvím referátů ŽP OkÚ event. Správ CHKO:

ochrana zájmu ŽP a z nich vyplývající ekologický dohled nad těžbou.

Odpis zásob nerostných surovin

Odpisem zásob u výhradních ložisek rozumíme jejich vynětí z evidence zásob, nebo jejich převod z bilančních do nebilančních zásob.

Bilanční zásoby je možno odepsat mimo jiné, jde-li o zásoby výhradních ložisek, jejichž dobývání by ohrozilo zákonem chráněné obecné zájmy, zejména ochranu životního prostředí a význam ochrany převyšuje zájem na vydobytí těchto zásob.

Nebilanční zásoby výhradního ložiska je možno odepsat, není-li předpoklad jejich využití ani v budoucnosti.

Návrh na odpis zásob podává organizace vykonávající hornickou činnost, nebo příslušné orgány státní správy na úseku životního prostředí (referáty životního prostředí OkÚ). Návrh na odpis obsahuje mimo jiné stanovisko obvodního báňského úřadu a územních odborů MŽP. Odpisy zásob schvaluje Komise pro odpis zásob při ČGS Geofondu.

Rozhodnutí o odpisu zásob

- v období vyhledávání a průzkumu výhradního ložiska vydává MŽP.
- v období projektování výstavby dolů a lomů a při dobývání MŽP pro projednání s ČBÚ.
- odpisu malého množství zásob (do 5% plánované roční těžby, nejvýše však 100 000t nebo 50 000m³ rozhoduje OBÚ

•

Zrušení chráněného ložiskového území

Osoba, která pečuje o zabezpečení ochrany a evidence výhradního ložiska je povinna navrhnout:

- změnu CHLÚ, jestliže se na základě průzkumu ložiska změnilы základní údaje o ložisku.
- zrušení CHLÚ, jestliže pominuly důvody ochrany ložiska proti znemožnění, nebo ztížení jeho dobývání.

20. Instituce činné v geologii

20.1 Česká geologická služba

Česká geologická služba (ČGS), je státní příspěvková organizace Ministerstva životního prostředí České republiky. Jako rezortní výzkumný ústav vykonává státní geologickou službu v České republice, sbírá a zpracovává údaje o geologickém složení státního území a předává je správním orgánům pro politická, hospodářská a ekologická rozhodování, (www.geology.cz).

Propojení ČGS na regiony je prostřednictvím **oblastních geologů**. V České republice existuje 34 geologických oblastí, které se svým rozsahem nejvíce blíží přirozeným geologickým celkům tak, aby oblastním geologem mohl být specialista na danou problematiku.

Jejich posudky a stanoviska pomáhají při rozhodování státní správy. Týkají se především ochrany horninového prostředí, sledují střety zájmů s chráněnými geologickými lokalitami, chráněnými ložiskovými územími, chráněnými vodárenskými pásmy apod.

Činnost České geologické služby je uvedena v přehledu v následující tabulce 21.

Regionálně geologický výzkum spojený s geologickým a tematickým mapováním	Základní regionální výzkum státního území Sestavování geologických a tematických map 1:50 000, 1:100 000 a 1:25 000
Hodnocení ekologických rizik	Studium znečištění horninového prostředí povrchových a podzemních vod Geologická analýza ukládání odpadů Hodnocení radonového rizika Interakce atmosféra-biosféra-hydrosféra- horninové prostředí Geochemické mapování Ekologický dohled nad těžbou nerostných surovin
Vyhodnocování prognóz nerostných zdrojů a podzemních vod	Stanovení prognóz nerostných zdrojů a podzemních vod Sestavování map ložisek nerostných surovin Vyhledávání ekologických nerostných surovin a ekologických hnojiv
Poskytování geologických údajů pro účely územního plánování, pro zemědělství a lesnictví	Sestavování inženýrskogeologických map a map střetů zájmů Sestavování půdních a půdně interpretačních map Sestavování map geofaktorů

Tab. 21.: Česká geologická služba - přehled činností.[4]

20.2 Geofond - archiv geologických prací

Základním účelem a předmětem činnosti Geofondu, který je od roku 2012 součástí ČGS, je vykonávat funkci archivního, dokumentačního, informačního a studijního centra České geologické služby v České republice.

Jeho úkolem je zejména shromažďovat, trvale uchovávat, odborně zpracovávat a zpřístupňovat výsledky provedených geologických prací a umožňovat jejich využití pro potřeby vědy, ochrany a rozvoje nerostných zdrojů, pro péči a tvorbu životního prostředí i pro územní plánování. Jeho povinností je i plnit úkoly uložené v této oblasti právními předpisy a příslušnými orgány státní správy.

Dalším úkolem je zpracovávat českou produkci geologických dokumentů do národních a mezinárodních systémů a zprostředkovávat jejich využívání.

Svou činnost soustřeďuje na zajištění úkolů státní geologické služby, zpracování a vyhodnocování geologických dat pro řešení problematiky životního prostředí, geologie, ochrany horninového prostředí, ekologického dohledu nad těžbou, ochrany podzemních vod a střetů zájmů. [4]

20.1.1 Základní geologické fondy

Základní geologické fondy obsahují písemnou, grafickou a hmotnou dokumentaci.

- a) **Fond posudků a zpráv** (signatury „P“) obsahuje nepublikované zprávy a posudky od roku 1920 po současnost s tématickým zaměřením na veškeré obory geologických věd.
- b) **Fond zásob** (signatury „FZ“) zahrnuje zprávy o ložiskově geologickém průzkumu nerostných surovin a podzemních vod včetně výpočtu zásob.
- c) **Fond zahraničních cest** (signatury „ZC“) představuje zprávy a studie pracovníků ČR ze zahraničních cest s geologickou a environmentální tematikou.
- d) **Fondy mapové** (signatury „MO“) obsahují geologické a účelové mapy různých měřítek.
- e) **Fond vrtné prozkoumanosti** zahrnuje polohové zákresy vrtů z archivních zpráv do 1 029 map vrtné prozkoumanosti měřítko 1 : 25 000 pro celé území ČR.
- f) **Hmotná dokumentace** zahrnuje soubor vrtných jader z významných vrtů na území České republiky.

20.1.2 Informační systémy

Obsahují odborně zpracované soubory informací, převedených z původní kartotéční evidence a primárních dokumentů do dokumentografických a faktografickýchází zpracovaných pomocí moderní výpočetní techniky do elektronické podoby

- a) **Dokumentografické báze dat** obsahují informační záznamy o nepublikovaných zprávách a posudcích. V oblasti publikovaných dokumentů jsou využívány služby světových informačních center, na tvorbě jejich databází se Geofond podílí. (ASGI, PASCAL-GEODE, GeoRef) atd.
- b) **Faktografické báze dat** obsahují ucelené soubory informací o vrtných objektech, hydrogeologické dokumentaci, poddolovaných územích a starých důlních dílech, sesuvných územích, a ochranných pásmech lázní

a přírodních léčivých zdrojích, nerostných surovinách, geochemické prozkoumanosti, hydrogeologické prozkoumanosti, radioekologicky anomálních územích atd.

c) **Výpočetní technika** - automatizovaný geologický informační systém využívá moderní výpočetní techniku včetně technologií GIS umožňující zpracování uložených dat v písemné a grafické formě.

20.1.3 Výzkumná, koordinační a ediční činnost

Vědecko-výzkumná činnost je zaměřena především na řešení problematiky spojené s využíváním výpočetní techniky a moderních technologií v geologické informatice v rámci úkolu „Automatizovaný geologický informační systém – AGIS“.

Koordinační činnost je zaměřena na koordinaci úkolů spojených s tvorbou účelových databází externími partnery a hrazených z prostředků MŽP.

Ediční činnost se soustřeďuje na vydávání metodických pomůcek pro tvorbu a využívání databází, katalogů přírůstků geologické dokumentace, evidence prognózních nerostných zdrojů, ročenek, informačních přehledů činností a propagačních materiálů.

ČGS Geofond vykonává rovněž výpůjční službu **videotéky** filmů s tematikou životního prostředí.

21 Rejstřík

A

abrazi (erozion, planation), 32
aktivní zóna zakládání (active zone creation), 121
alochtonní ložisko (allochtonous deposit), 105
alpinské vrásnění (alpine orogeny), 69
antropogenní sedimenty (man maid sediments), 128
antropozoikum, 69
archaikum (archozoic), 69
asimilaci (assimilation), 63
assynské vrásnění (assyntian orogeny), 68, 84
astenosféře (asthenosphere - capable of flow), 21
autochtonní ložisko (autochtonous deposit), 105

B

batolit (batholit), 27
bilance nerostných surovin, (Balance of raw materiál)
147
brachyantiklinála (brachyantycline), 39
brachysynklinála (brachysynclinal), 39

Č

česká geologická služba (Czech Geological Survey), 145
český báňský úřad (Czech mining office), 145
český masiv (Czech massif), 84
člověk (Homo sapiens sapiens), 91

D

denudace (denudation), 27
deterze (glacial detersion), 33
detrakce (glaciál ploughing), 33
devon (Devonian), 68
diageneze (diagenesis),
diastrofizmus (diastrofismus), 26
divergentní hranice (divergent boundaries), 25
doba ledová (glacial), 90
doba meziledová (interglacial), 90
dobývací prostor (DP) (mining area), 151
duny (dunes), 33

E

ekologický dohled nad těžbou (environmental
supervision of mining), 145
endogenní (vnitřní) síly (inner energy), 26
endogenní ložiska (endogenetic deposit), 98
epigenetická ložiska (epigenetic deposit), 102
eutrofizace (eutrophication), 63
exogenní (vnější) síly (outer energy), 26

F

flexura (flexure - monoclinial fold), 38
fluviální jevy (running water), 32
fonolit (phonolite), 53
fosforescence (phosphorescence), 49

fosilní paliva (fossil fuels), 108

G

geofaktory (geofactors), 10
geochemie (geochemistry), 58
geologická legislativa (geological legislation), 145
geologie (geology), 16
geologie dynamická (dynamical g.), 16
geologie historická (historical g.), 16
geologie ložisková (g. of deposits), 16
geologie stratigrafická (stratigraphy g.), 16
geologie tektonická (structural g.), 16
geologie všeobecná (general g.), 16
geotechnika (geotechnics), 120, 123
geotermální energie (geothermal energy), 112
geotermální systém v horkých suchých horninách (HDR)-
(Hot dry rocks), 112
globální tektonika – desková teorie (global plate
tectonics), 24

H

haldy (dump overburden), 129
hercynské (variské) vrásnění (hercinian orogeny), 69, 84
hlubinná těžba (underground mining), 115
hlubinné horniny (deep-seated rocks), 52
holocén (Holocene), 69, 90
horninové prostředí (geological environment), 8
horniny vytvořené člověkem (man-made „rocks“), 130
hydrologie a hydrogeologie (hydrogeology), 16
hypertermální systém (hyperterthermal systéme), 112

Ch

chemická těžba (chemical extraction), 116
chráněné krajinné oblasti (CHKO) (Protected land scape
area), 138
chráněné ložiskové území (CHLÚ) (protected deposit
area), 151

I

intruzivní horniny (agressive rock), 52
inženýrská geologie (engineering g.), 16, 120

J

jedinečný geologický jev (unique geological phenomena),
139
jevy eolické (wind energy), 26
jura (Jura), 69

K

kaledonské vrásnění (caledonian orogeny), 69, 84
kambrium (Cambrian), 68
karbon (Carboniferous), 68
kaustobiolity (caustobiolites), 55
kontinentální ledovec (continental glacier), 90

konvergentní hranice (convergent boundaries), 25
koraze (corrosion), 32
korozie (chemical erosion), 32
křída (Cretaceous), 68
kvartér (Quaternary), 69
kvartérní sedimenty (quaternary sediments), 95

L

lakolit (laccolith), 27
láva (lava), 27
litosféra (lithosphere), 23
litosférické desky (plate - rigid section of lithosphere), 23
lom (quarry), 118
ložisko (deposit), 98
luminescence (luminescence), 49

M

magma (magma), 27, 50
mapy geofaktorů (maps of geofactors), 15
mesozoikum (Secondary era), 68
metamorfóza (metamorphose), 46, 55
minerál (mineral), 41
mineralogická lokalita (mineralogical site), 139
mineralogie (mineralogy), 16, 41
moldanubikum (Moldanubicien), 85
moréna (moraine), 33

N

národní parky (NP) (National park), 138
neobnovitelné nerostné zdroje (non-renewable mineral resources), 98
neogén (Neogene), 69
nerost, 41
nerosty nevyhrazené (non reserved minerál), 151
nerosty vyhrazené (reserved minerál), 150
nerudy (nonmetallic minerals), 99

O

opuštěná důlní díla (ODD) (abandoned mines), 133
opuštěná průzkumná důlní díla (OPDD) (Abandoned mining exploration work), 133
ordovik (Ordovician), 68
orogeneze (mountain buldig), 26
osa vrásky (fold axis), 38

P

paleogén (Paleogéne), 69
paleontologická lokalita (paleontological site), 140
paleontologie (paleontology), 156
paleozoikum (Palaeozoic), 68
pangea (Panagea), 74
parageneze - společenství minerálů (paragenesis - assemblage), 46
pegmatit (pegmatite), 45
pelity (mud), 54
perm (Permian), 68
petrologie (petrology), 16, 50
platformní patro (basis floor), 85

pleistocén (Pleistocene), 69, 90
podpovrchové horniny (dike (dyke)rocks), 52
povrchové těžba (opencast mining), 117
prekambrium (Cryptozoic), 70
primární ložisko (primary deposit), 103
propustnost (transmissibility), 121
proterozoikum (Proterozoic), 67
předplatformní krystalické patro (ahead basis floor crystalline), 85
předplatformní nekrytalické patro (ahead basis floor non crastaline), 85
příkrov (nappe), 40
přírodní památky (PP) (natural monument), 138
přírodní rezervace (PR) (Nature reserve), 138
psamity (sand), 54
psefity (gravel), 54

R

radiální síly (radial energy), 37
rašeliny (peats), 97
registr starých důlních děl (registration of old mining works), 135
rekultivace (land reclamation), 118
rozpojitelnost (breaking characteristic of rock), 121
rudy (metallic minerals), 102

Ř

říční terasy (river terraces), 95

S

sekundární ložisko (secondary deposit), 103
silur (Silurian), 68
skládka odpadů (waste dump), 129
složišť popílku (ash disposal), 129
souvrvství (complex od strata), 35
spraše (loess), 95
stará důlní díla (SDD) , 133
státní politika životního prostředí (State regulations of Environment), 146
stratigrafický hiát (stratigraphic(al) break), 36
stratigrafický profil (stratigraphic profile), 139
strukturní geologie, 16
syngenetická ložiska (syngenetic deposit), 102

T

tangenciální síly (tangencial energy), 37
terciér (Tertiary - Cenozoic), 69
termoluminiscence (thermoluminescence), 49
Tethys (Tethys), 75
till (till), 33
transformní zlomy (transform fault), 25
trias (Triassic), 69
tvrdost minerálu (hardness of mineral), 48

U

uloženiny ledovcového (glaciálního), 33
únosnost (bearing capacity), 121

V

vrása (fold), 38
vrásnění kaledonské (caledonian orogeny), 68
vrstevní sled (stratigraphic sequence), 35
vrstva (layer), 35
vrt (bore hole), 115
vryp (streak), 48
vůdčí zkamenělina (index fossil), 36
vulkanismus (volcanism), 27

Výhradní ložisko (reserved deposit), 151

Z

Základová půda (foundation soil), 121
Základová spára (foundation base), 121
Zlom (fault), 40
změny klimatu (climate changes), 91
zóna subdukce (subduction zone), 25

22. Literatura

- [1] Moldán, B.: Koloběh hmoty v přírodě. ČSAV, Praha. 1983.
- [2] Woodcock, N.: Geology and Environment in Britain and Ireland. University College. London. 1994.
- [3] Kukul, Z., Reichmann, F.: Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana. ČGÚ, Praha. 2000.
- [4] Blažková, M.: Geologie a životního prostředí. VŠB-TU. Ostrava. 1996.
- [4a] Hejtman, B.: Systematická petrografie vyvřelých hornin. Praha. ČSAV 1957.
- [5] Kachlík, V., Chlupáč, I.: Základy geologie - Historická geologie. Karolinum. Praha. 2001.
- [6] Beazley, M.: Anatomie Země. Albatros. Praha. 1975.
- [7] Blažková, M.: Environmentální geologie. FŽP. Ústí nad Labem. 2014.
- [8] Kalvoda, J., Bábek, O., Brzobohatý, R.: Historická geologie. Olomouc. 2002.
- [9] Demek, J.: Obecná geomorfologie. Academia. Praha. 1988.
- [10] Petránek, J.: Malá encyklopedie geologie. JIH. České Budějovice. 1993.
- [11] Bauer, J., Tvrz, F.: Minerály. Artia. Praha. 1988.
- [12] Bouška, V., et all.: Geochemie. Academia, Praha. 1980.
- [13] Gregerová, M., Hovorka, D., Suk, M.: Geochemie geologických procesů v litosféře. PřMU, Brno. 1995.
- [14] Mísař, Z.: Regionální geologie světa. Academia. Praha. 1987.
- [15] Archibald, D.: The Past and Future of Climate. Westways Colorgrafix. 2010.
- [16] Sine: Surovinové zdroje ČR - nerostné suroviny. MŽP ČR. 2012.
- [17] Brožura sypané hráze Alžírsko, Boukourdane, Alžírsko. 1989.
- [18] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- [19] Státní politiky životního prostředí (1995 – 2020)

Internetové zdroje

- [20] <http://procproto.cz/zahady/kolsky-vrt-%E2%80%93-objevili-geologove-peklo/>
- [21] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/NovaSlunecniSoustava.jpg>
- [22] <http://im.novinky.cz/031/250311-original1-7tcne.jpg>
- [23] http://geologie.vsb.cz/jelinek/Nauka_o_Zemi_PTO_htm_files/195.jpg
- [24] <http://www.ig.cas.cz/userdata/pictures/geopark/postery/Zeme-o07.png>
- [25] http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/3_obrazky/3_14_Cyklus.jpg
- [26] www.zmenyklimatu.estranky.cz/clanky/sopecne-erupce/sopka-katla-a-zlom-san-andreas.-nadesel-uz-jejich-cas-.html
- [27] <http://soutez-2010.geology.cz/soubory/img/cas-spirala.gif> vývoj života na zemi
- [28] <http://www.natur.cuni.cz/IGP/main/staff/vacek/geografave/08struktury.pdf>
- [29] http://www.gweb.cz/soubory/nakresy/bowenovo_schema.gif
- [30] http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/3_obrazky/3_8_zastoupeni_hornin.jpg
- [31] http://geologie.vsb.cz/geologie/kapitoly/7_MAGMATISMUS/7_MAGMATISMUS_soubory/image001.jpg
- [32] https://www.mun.ca/biology/scarr/139412_Pangaea_rotated.jpg
- [33] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Timeline_evolution_of_life.svg
- [34] http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/11_REGION%C3%81LN%C3%8D_GEO/11_regionalka_soubory/image011.jpg

- [35] http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/regionalni_geol/neovulkanity_obr1.jpg
- [36] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7e/Blakey_Pleistmoll.jpg/400px-Blakey_Pleistmoll.jpg
- [37] http://geologie.vsb.cz/reg_geol_cr/11_obr/11_2_europeiceage_20000.gif
- [38] <http://petrgartner.wbs.cz/osobni/01homo-ew.jpg>
- [39] http://img.ihned.cz/attachment.php/90/26049090/aotv3DE7GHIMNk16QWbcdghprxzST9An/48_EK24_48.gif
- [40] http://www.techmania.cz/edutorium/data/fil_5799.gif
- [41] <http://www.msregion.cz/assets/ostravsko/pamatky/technicke-atraktivita/ostrava-jindrich-2.jpg>
- [42] http://listy.mesto-most.cz/VismoOnline_ActionScripts/Image.ashx?id_org=100336&id_obrazky=49705
- [43] <http://web.hipodrom.cz/data/obsah/areal.jpg>
- [44] http://i.idnes.cz/11/033/cl6/JAN26d1d9_60026V1.jpg
- [45] <http://img.ct24.cz/cache/616x411/article/44/4304/430389.jpg>
- [46] <http://www.envicrack.cz/img/skladka01.jpg>
- [47] <http://www.hajduch.net/system/files/image/cesko/priroda/chko-np.jpg>
- [48] <http://www.gweb.cz/soubory/clanky/geologie/jevy/diskordance/klonk.jpg>
- [49] <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz/Klonk/foto15.jpg>
- [50] http://www.zlate-mince.cz/d/Ceske_granaty.jpg
- [51] <http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/38169853.jpg>
- [52] <http://www.lebedovi.cz/ftp/Blog/slonikameny.JPG>
- [53] http://www.ceskosaske-svycarsko.cz/uploaded/turisticke_zajimavosti/Pravcicka%20brana%20-%20Ceske%20Svycarsko%20000.jpg
- [54] <http://www.geology.cz> – česká geologická služba