

# CVIČENÍ 6

JARO 2024

POKROČILÁ LOŽISKOVÁ  
GEOLOGIE  
LENKA SKŘÁPKOVÁ

# GENETICKÁ KLASIFIKACE LOŽISEK

(upraveno podle Rozložník et al. 1987)

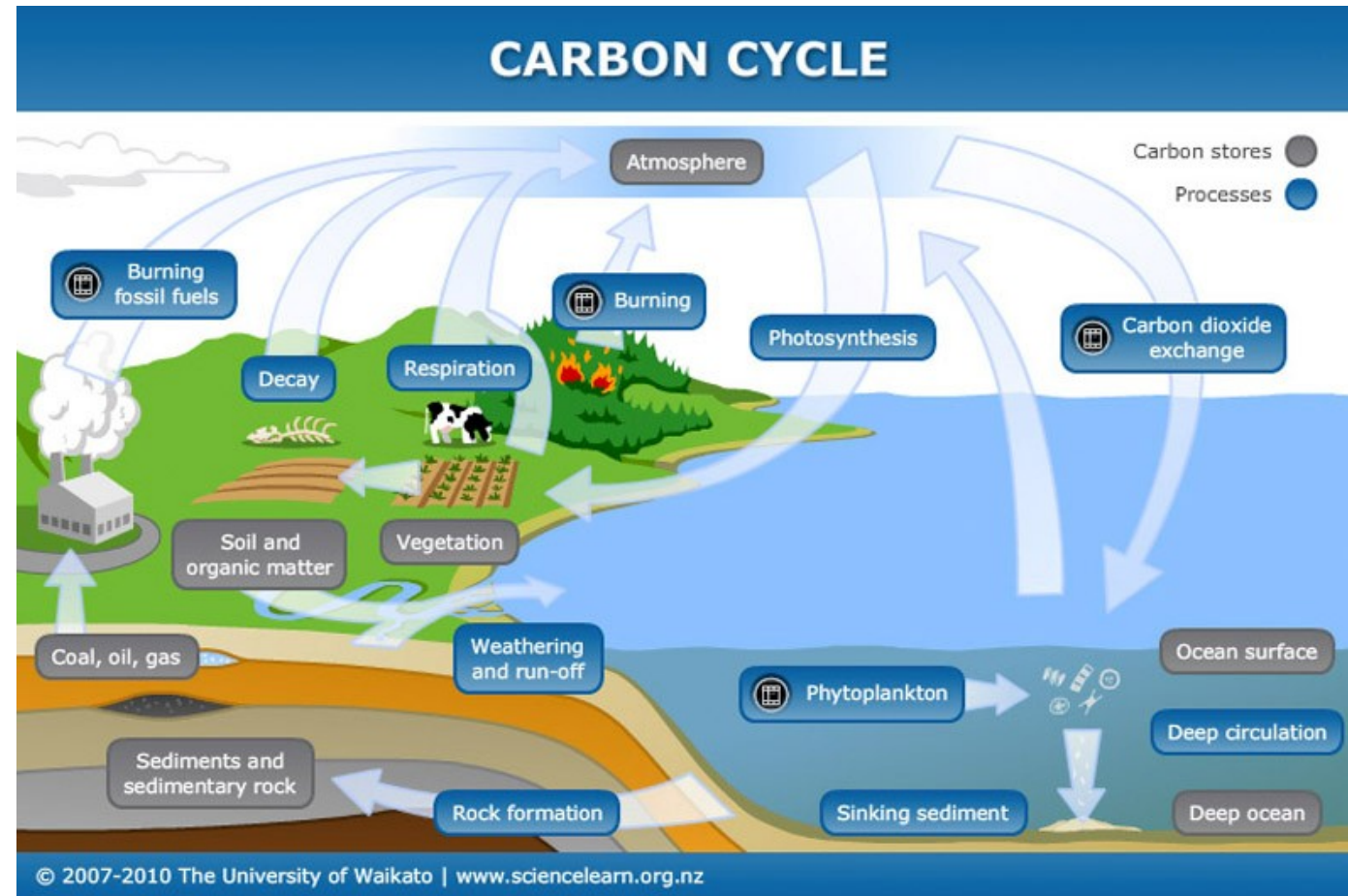
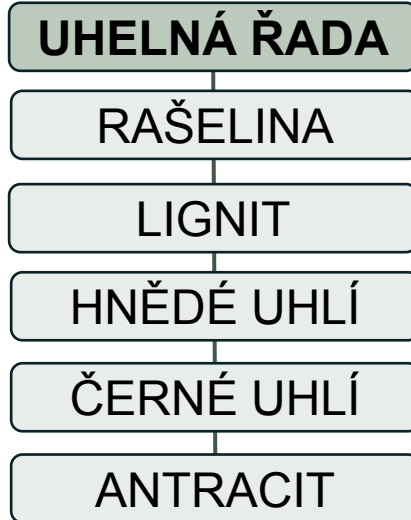
Série	Skupina	Typ	Formace	
Endogenní	magmatická	likvační	Cu-Ni + PGE	
		protomagmatická	Cr, PGE, C, Ti, REE	
		hysteromagmatická	Cr, Ti, magnetit-apatit	
	pegmatitová	jednoduché pegmatity	křemen-živec-slída	
		metasomatizované pegmatity	Li, Be, Nb-Ta, Sn, U-Th, Au, drahé kameny	
	karbonatitová		REE	
	hydrotermálních metasomatitů	skarnová	Fe, W, Cu, Pb-Zn, Co, Sn, Mo, U, ...	
		albititová	Nb-Ta, Zr, U, Be, ...	
		greisenová	Sn-W, Mo, Be, Li	
		porfyrových rud	Cu, Mo, U	
	hydrotermální	plutonická	Au, Sn, W, Mo, Cu, U, Ni-Co, Sb, ...	
		subvulkanická	Sn-W-Bi-Ag, Au-Ag, Cu-Pb-Zn, ...	
		teletermální	Pb-Zn, Hg-Sb, Cu, fluorit	
	Metamorfogenní	kontaktně metamorfogenní	kontaktně metamorfovaná	Fe, Mn, V, ...
			kontaktně metamorfní: metasomatická termometamorfní	viz skarny grafit, smírek, andalusit
regionálně metamorfogenní		regionálně metamorfovaná	Fe, Mn, kyzové formace, rýžoviska	
		regionálně metamorfní: restity pegmatity metasomatity metamorfně	grafit, sillimanit, azbest křemen-živec-slída viz skarny viz hydrotermální	

Endo-exogenní	subaerická	vulkanoexhalační	S, B
		krustální	travertin, sintry
		hydratogenní	pitná, léčivá, průmyslová voda geotermální energie
	submarinní	vulkanosedimentární	Fe (Lahn Dill), Mn, Cu+Pb-Zn+Au-Ag (kyzové formace)
hydrotermálně sedimentární		Cu-Co, Cu, Pb-Zn + Ag, kovanosné jíly	
Exo-endogenní	infiltrační	mineralizace hydrogenní: v pískovcích v karbonátech v kaustobiolitech	U, Cu red beds S, sádrovec, P U, Ge, P
Exogenní	zvětralinová	rýžoviska	Sn, Nb-Ta, W, diamant, pyrop
		reziduální	kaolin, bauxit, Fe, Ni-laterity, ...
		halmyrolytická	bentonit
		supergenního obohacení	druhotné oxidické a sulfidické rudy
	sedimentární	klastická	Au, Pt, diamant, Sn, Ti, Zr, Au-U, šterky, písky
		chemogenní a biochemogenní	evapority, karbonáty, silicity
organogenní		karbonáty, silicity, fosfority kaustobiolity	



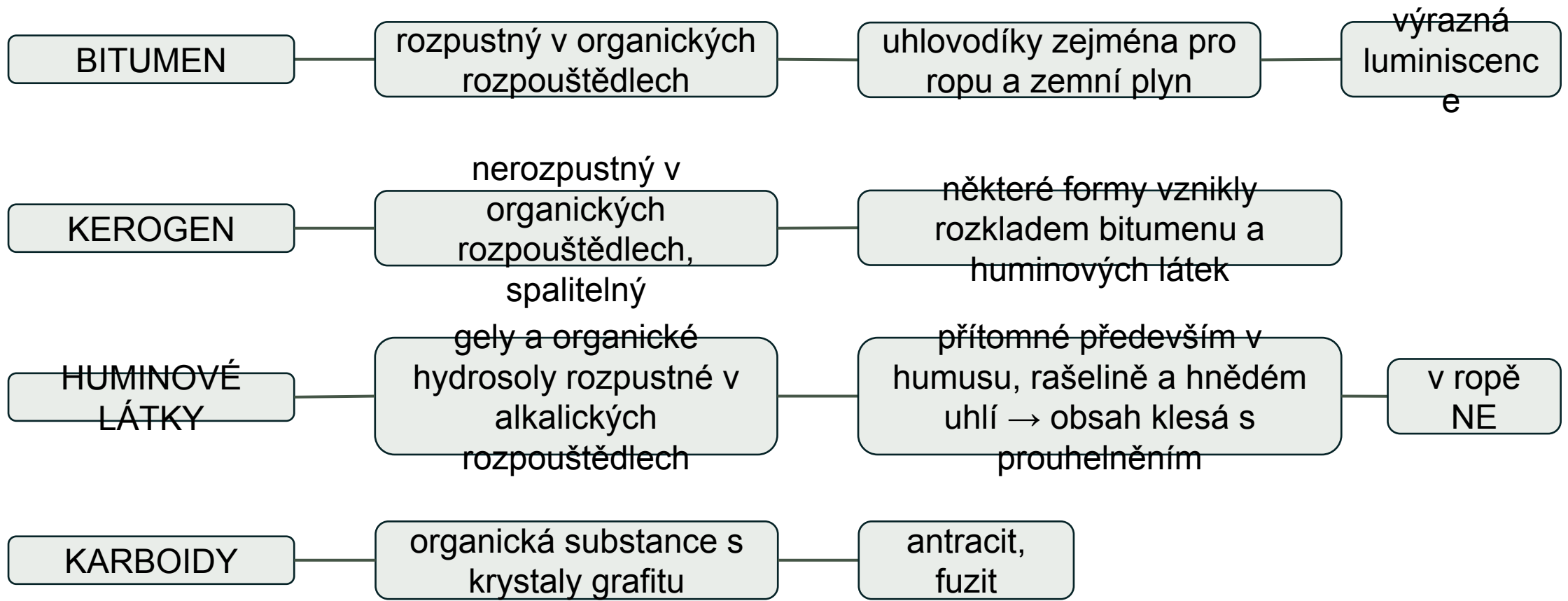
# LOŽISKA KAUSTOBIOLITŮ

# KAUSTOBIOLITY – ROZDĚLENÍ



# KAUSTOBIOLITY – SLOŽKY

ODUMŘELÁ ORGANICKÁ SUBSTANCE → NEKROMASA  
(C+O+H+N+S)





# UHELNÁ ŘADA

# UHLÍ

Ložiska vázána na paralické a limnické pánve.

**rašelinění vs prouhelňování**

Uhlí se obchoduje v tzv. **short tons** → 907 kg.

Z hlediska složení a makroskopického vzhledu je uhlí po celém světě stejné, ALE mikroskopicky se může lišit i v rámci jedné pánve.

## PARALICKÁ PÁNEV

pasivní okraje kontinentů → **delty, laguny**

střídání kontinentálních a mořských podmínek

## LIMNICKÁ PÁNEV

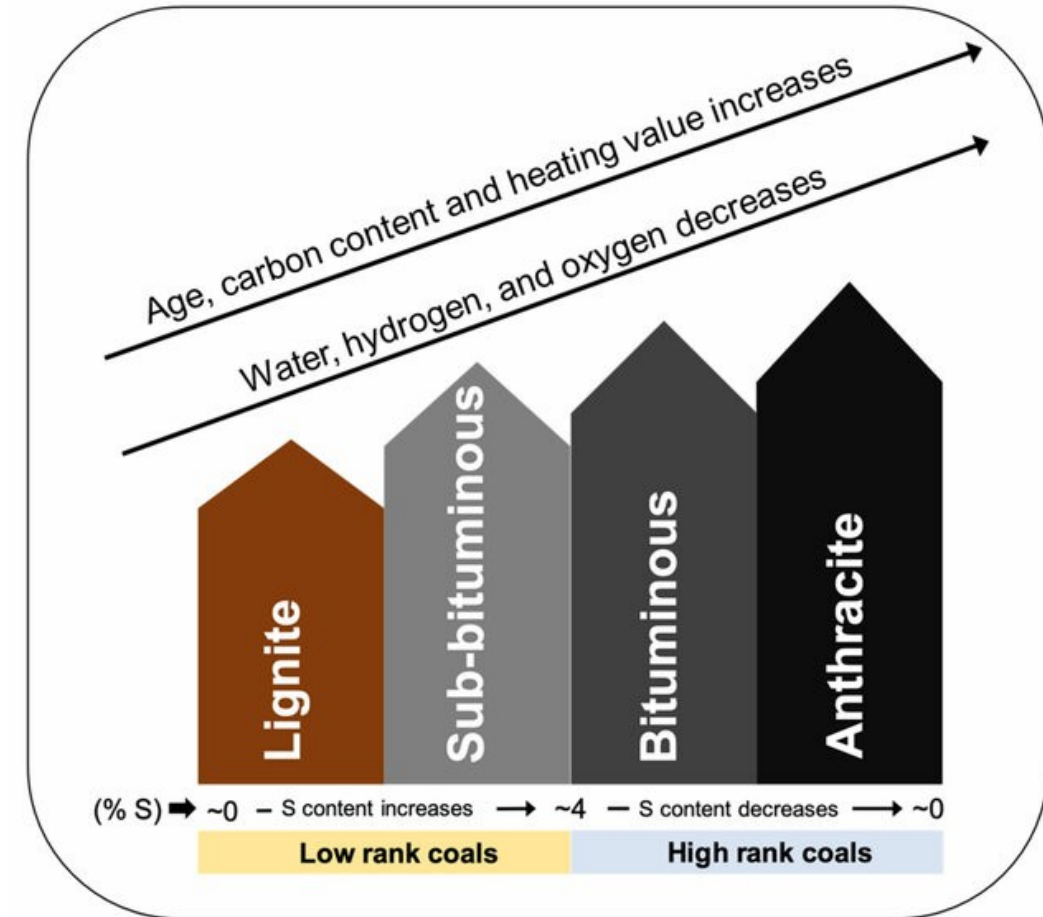
intrakratonní pozice → **sladkovodní jezera, rašeliněště, bažiny**

stabilní kůra, platformní režim → lehčí těžba

# UHLÍ - VZNIK

## ROZKLAD ORGANICKÉ HMOTY VYŠŠÍCH ROSTLIN V ANOXICKÉM PROSTŘEDÍ

<b>KLASIFIKACE</b>	<b>ODRAZNOST VITRINITU</b>
	= uspořádání makromolekul
	= parametr tepelné přeměny
	odráží fyzikální a chemické změny organické hmoty
obsah vody, výhřevnost, obsah prchavých složek, odraznost vitrinitu	<b>čím vyšší prouhelnění, tím vyšší odrazivost světla</b>



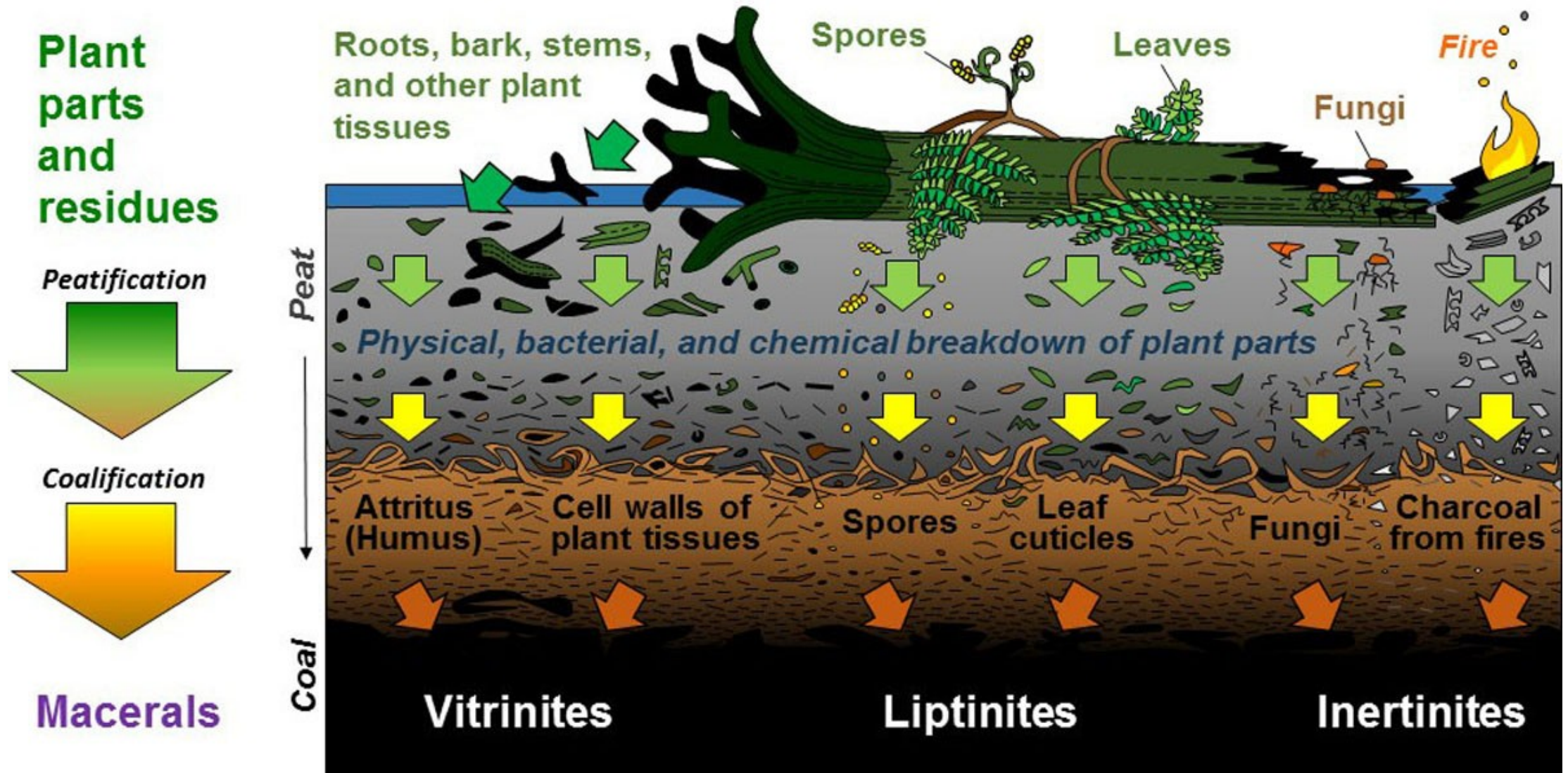
Sekhohola-Dlamini et al. 202

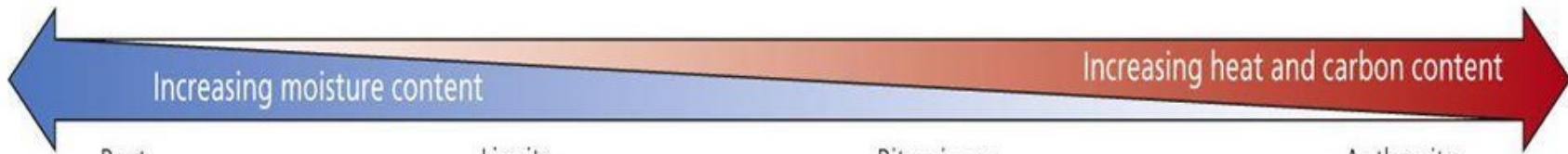
	RAŠELIN A	LIGNIT	HNĚDÉ UHLÍ	ČERNÉ UHLÍ	ANTRACI T
Obsah C (%)	< 25	25-35	35-45	45-85	86-98 %
Obsah vody (%)	> 75	25-75	10-25	4-10	< 4
Odravnost vitrinitu (%)	< 0.25	0.25-0.4	0.4-0.5	0.5-2	> 2

O, H, N ± S, As, Ge, Ga,



# UHLÍ - VZNIK

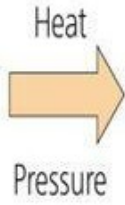




Peat  
(not a coal)



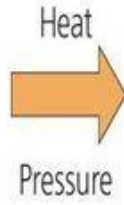
Partially decayed plant matter in swamps and bogs; low heat content



Lignite  
(brown coal)



Low heat content; low sulfur content; limited supplies in most areas



Bituminous  
(soft coal)



Extensively used as a fuel because of its high heat content and large supplies; normally has a high sulfur content



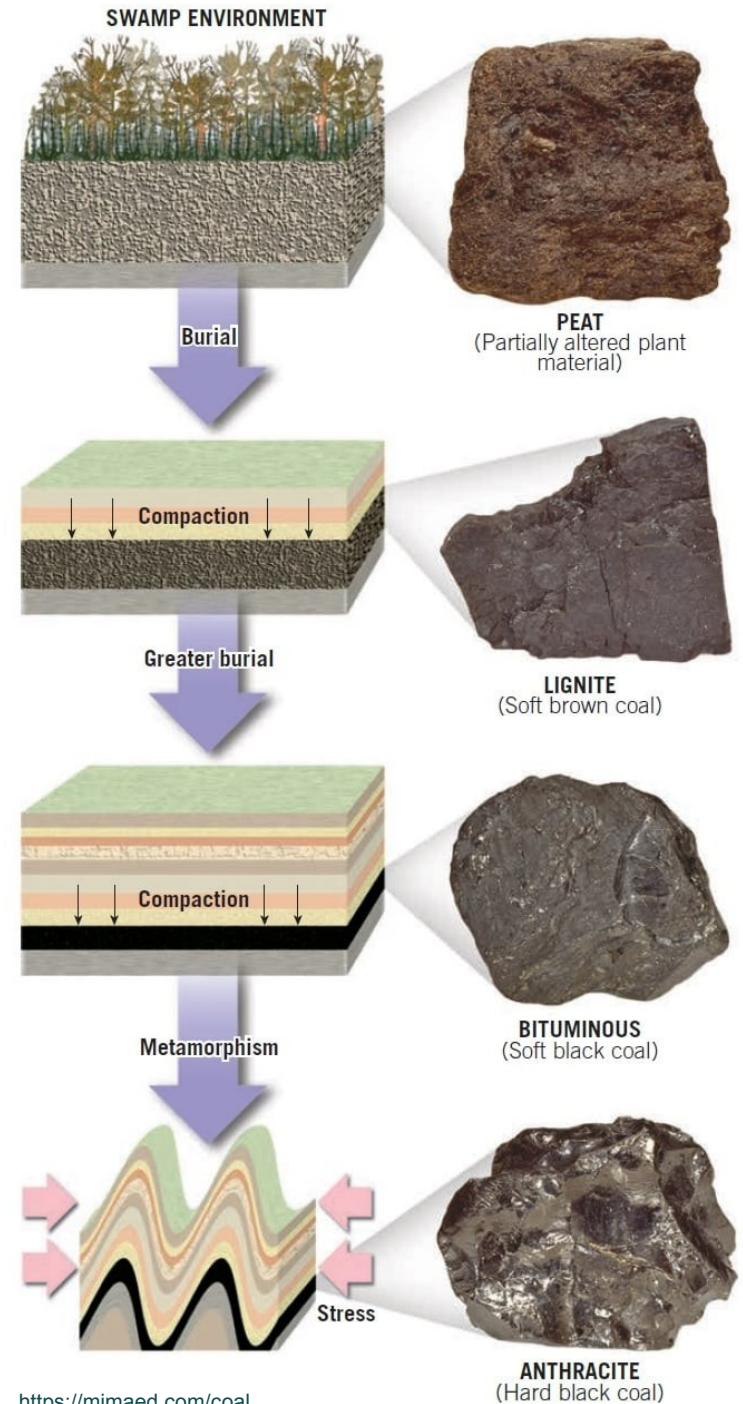
Anthracite  
(hard coal)



Highly desirable fuel because of its high heat content and low sulfur content; supplies are limited in most areas

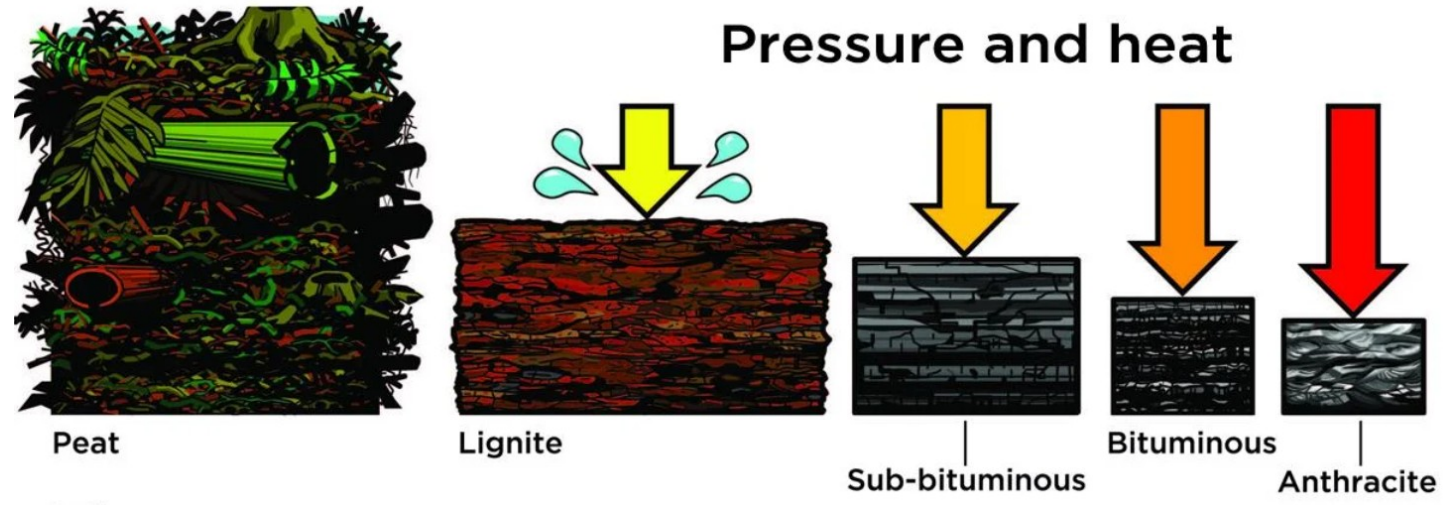
<https://brainly.com/question/2850488>

2



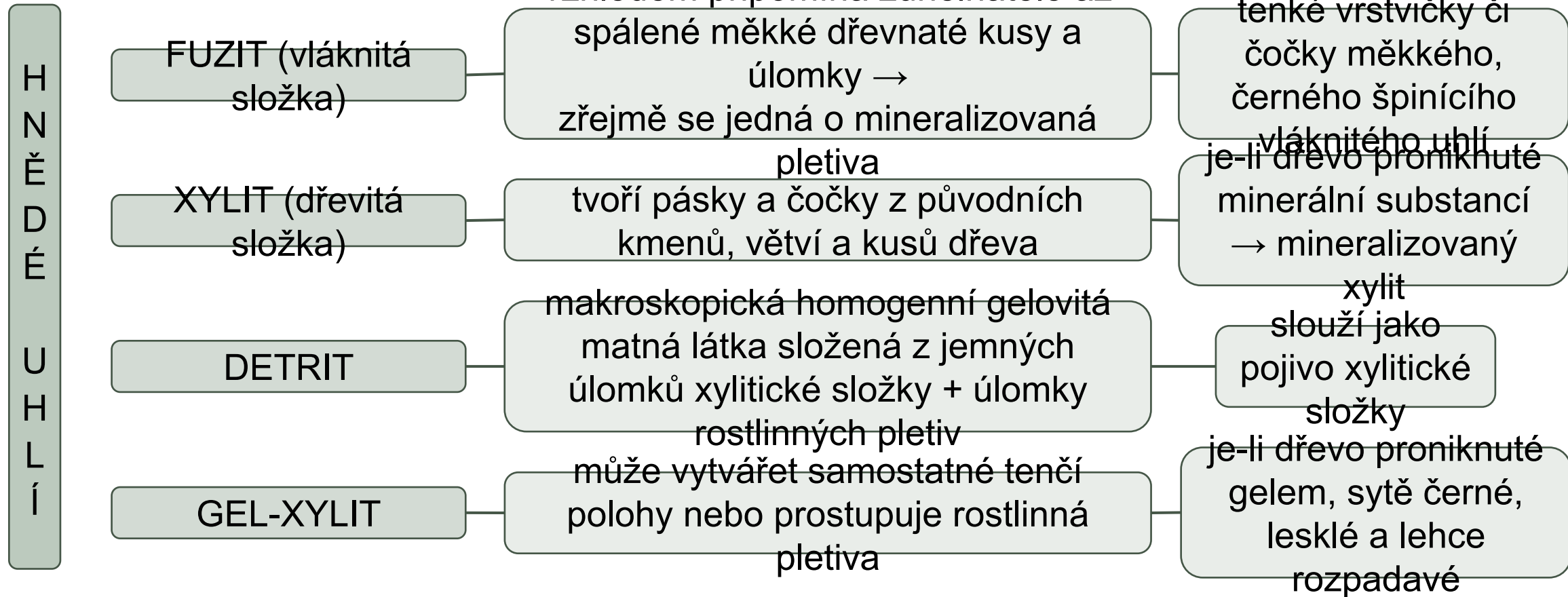
<https://mimaed.com/coal>

### Pressure and heat



*Prolonged heat and pressure help form different types of coal.  
Source: Adapted from the University of Kentucky*

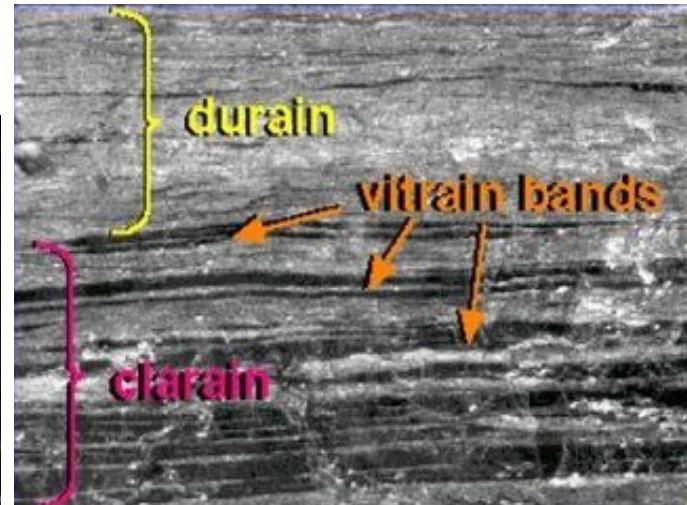
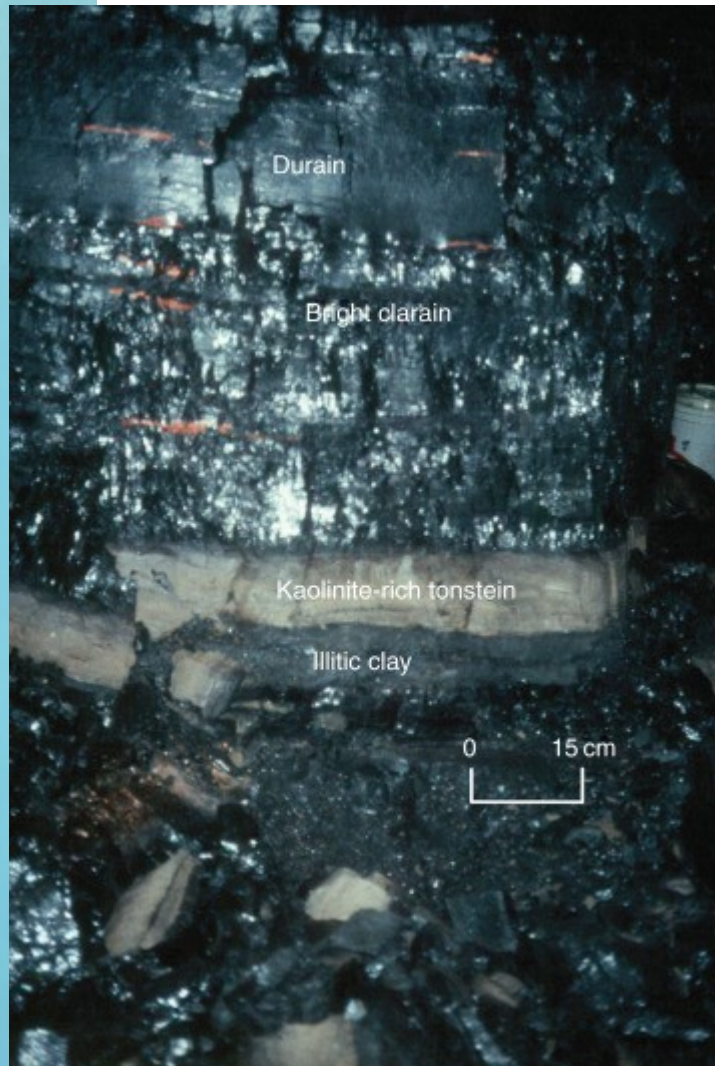
# UHLÍ - MAKRO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY



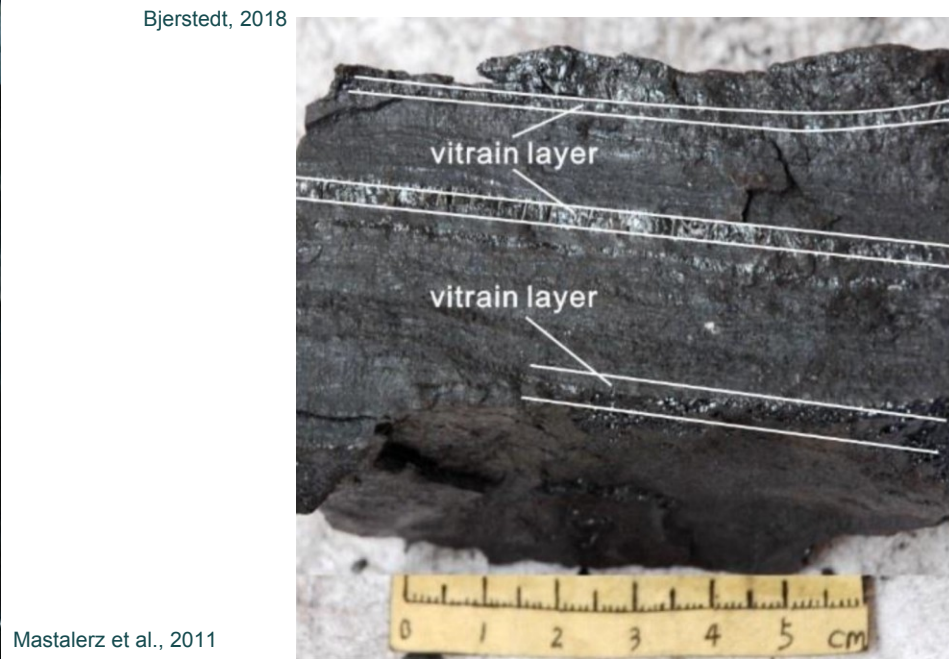
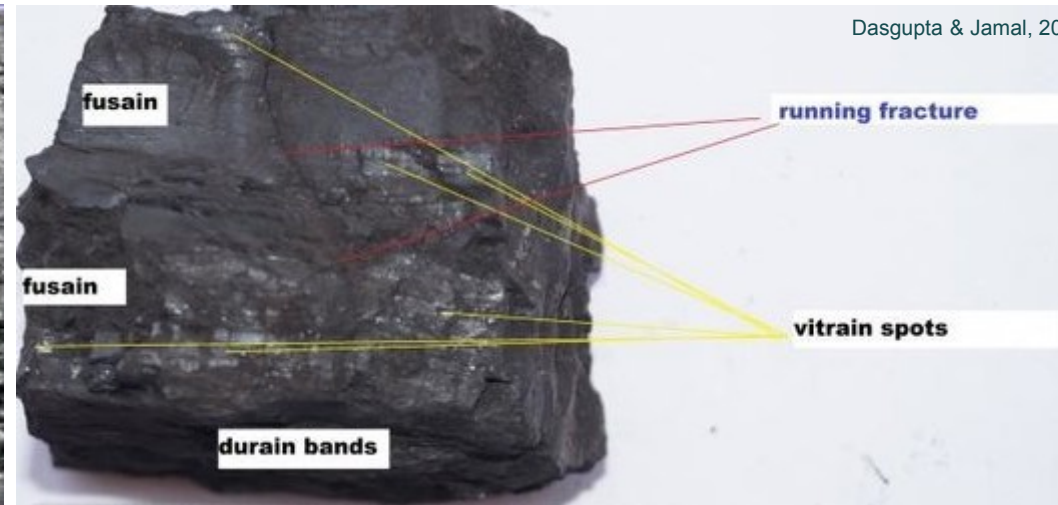
# UHLÍ – MAKRO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY



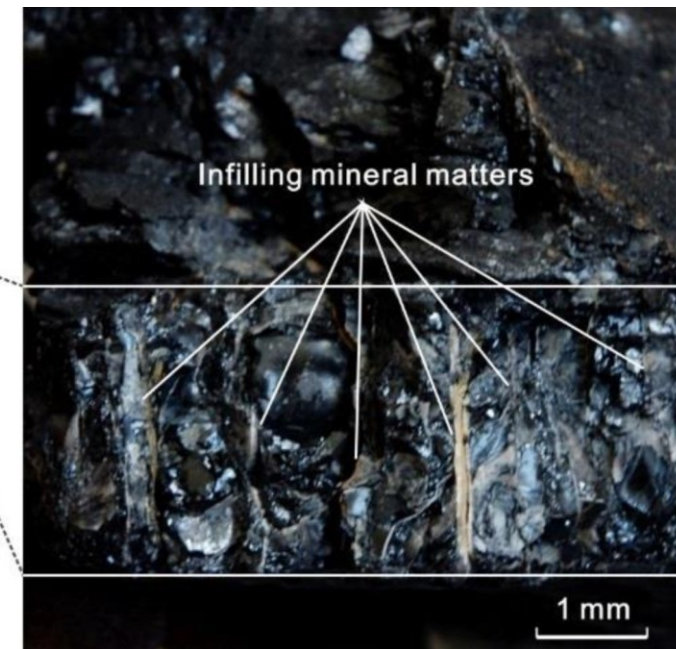
# UHLÍ – MAKRO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY



Bjerstedt, 2018

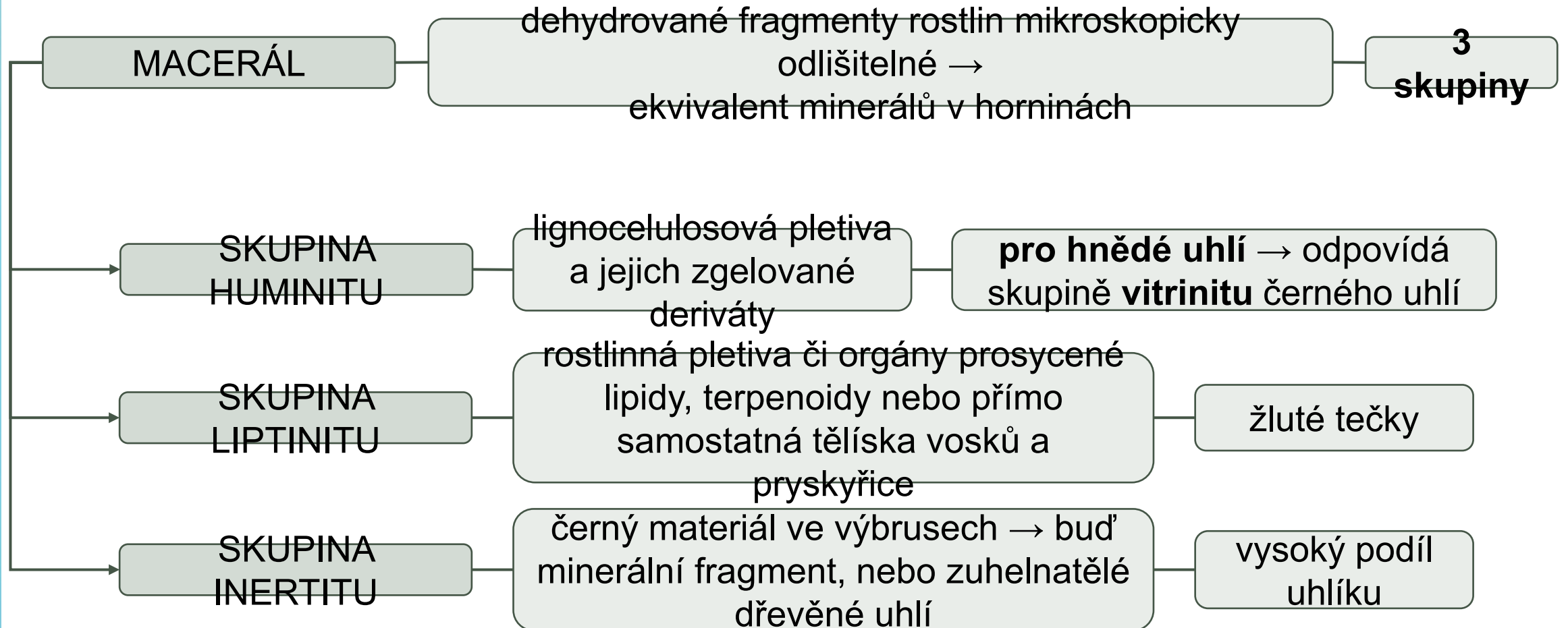


Mastalerz et al., 2011



Cheng et al., 2017

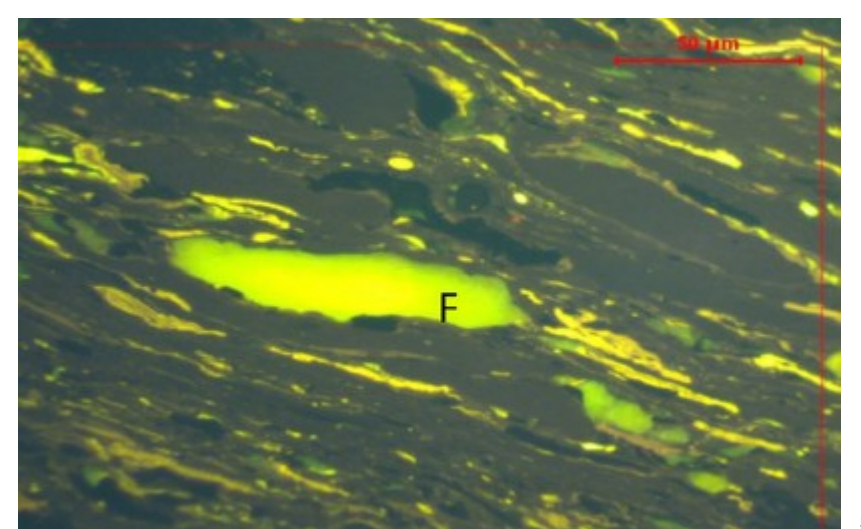
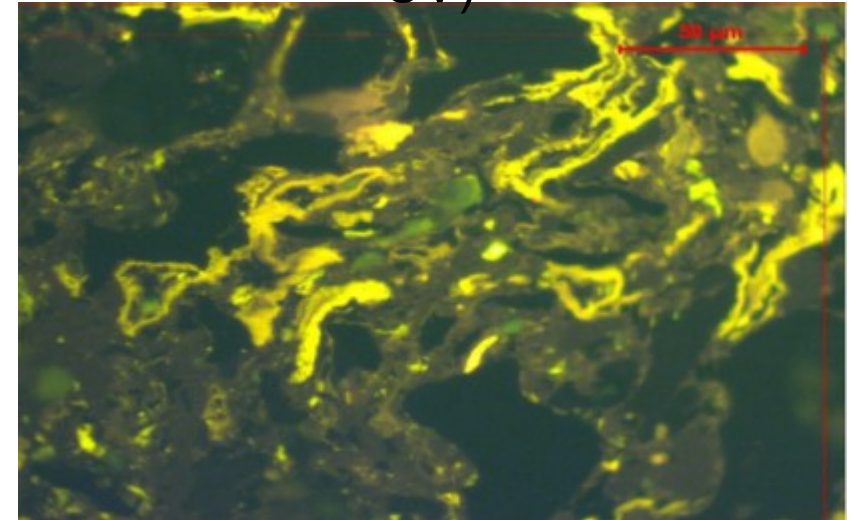
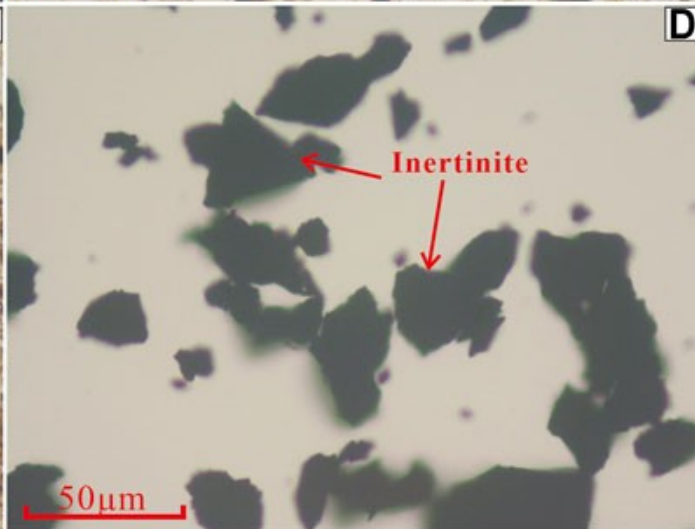
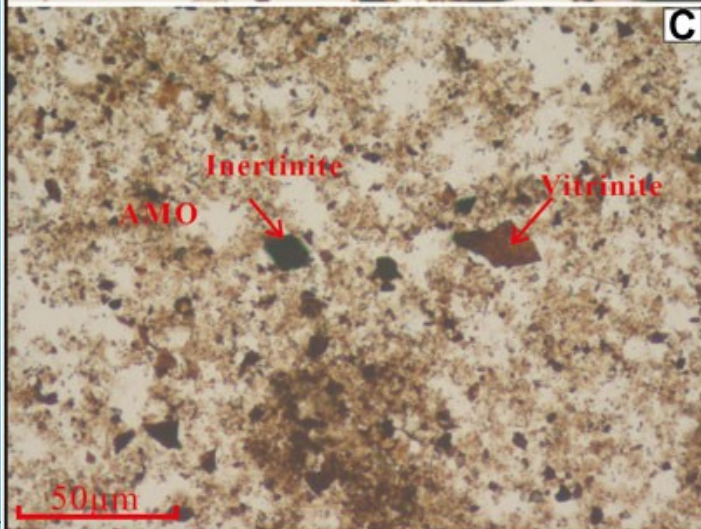
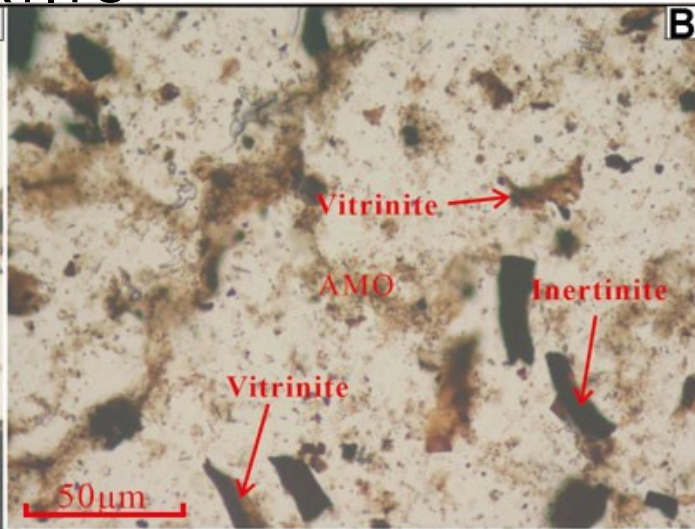
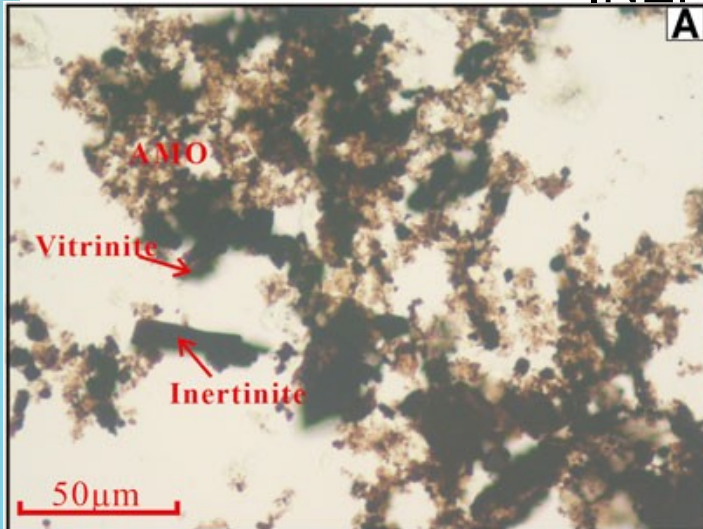
# UHLÍ - MIKRO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY



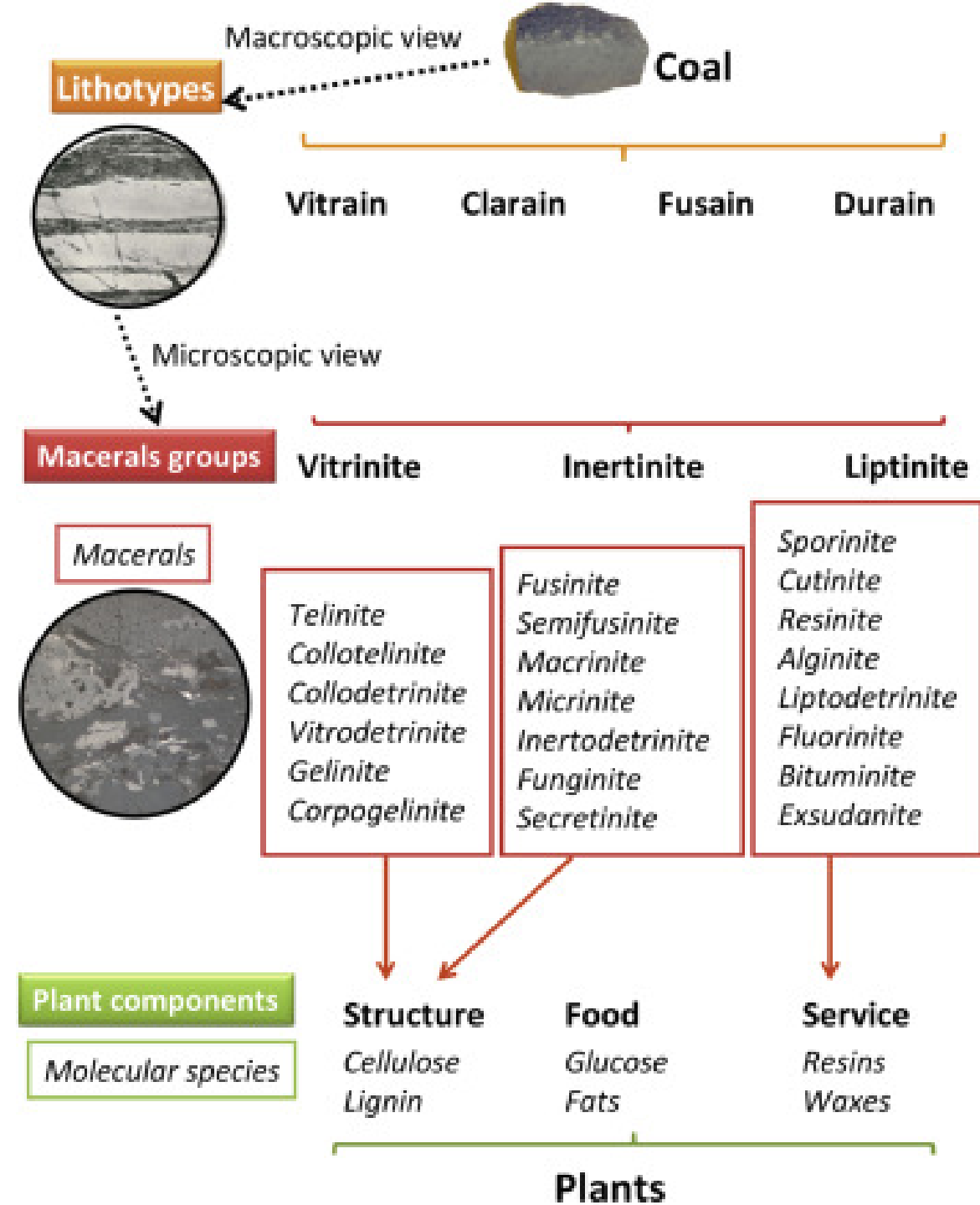
# UHLÍ - MIKRO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY

SKUPINA VITRINITU A  
INERTITU

SKUPINA LIPTINITU (pod  
UV)



# UHLÍ A JEHO PETROGRAFICKÉ SLOŽKY - PŘEHLED





# UHLÍ - LOŽISKA

P  
Á  
N  
V  
E

RUSKO	doněcká, podmoskevská, kuzněcká, tunguzská, lenská
NĚMECKO	rúrská, magdeburská
ČÍNA	Šan-Si, Fu- Šun
VELKÁ BRITÁNIE	East Pennine Coal Basin, Newcastle basin
POLSKO	hornoslezská, lubinská
JAR	South Transvaal Coal Area
AUSTRÁLIE	Sydney basin
USA	apalačská, poweder river basin → od V k Z USA klesá prouhlenění
ČR	hornoslezská (paralicko-limnická), mostecká, sokolovská, chebská, severočeská, kladenská, plzeňská



# ŽIVIČNÁ ŘADA

# ROPA

## ROZKLAD ORGANICKÉ HMOTY PLANKTONU A MOŘSKÝCH ŘAS

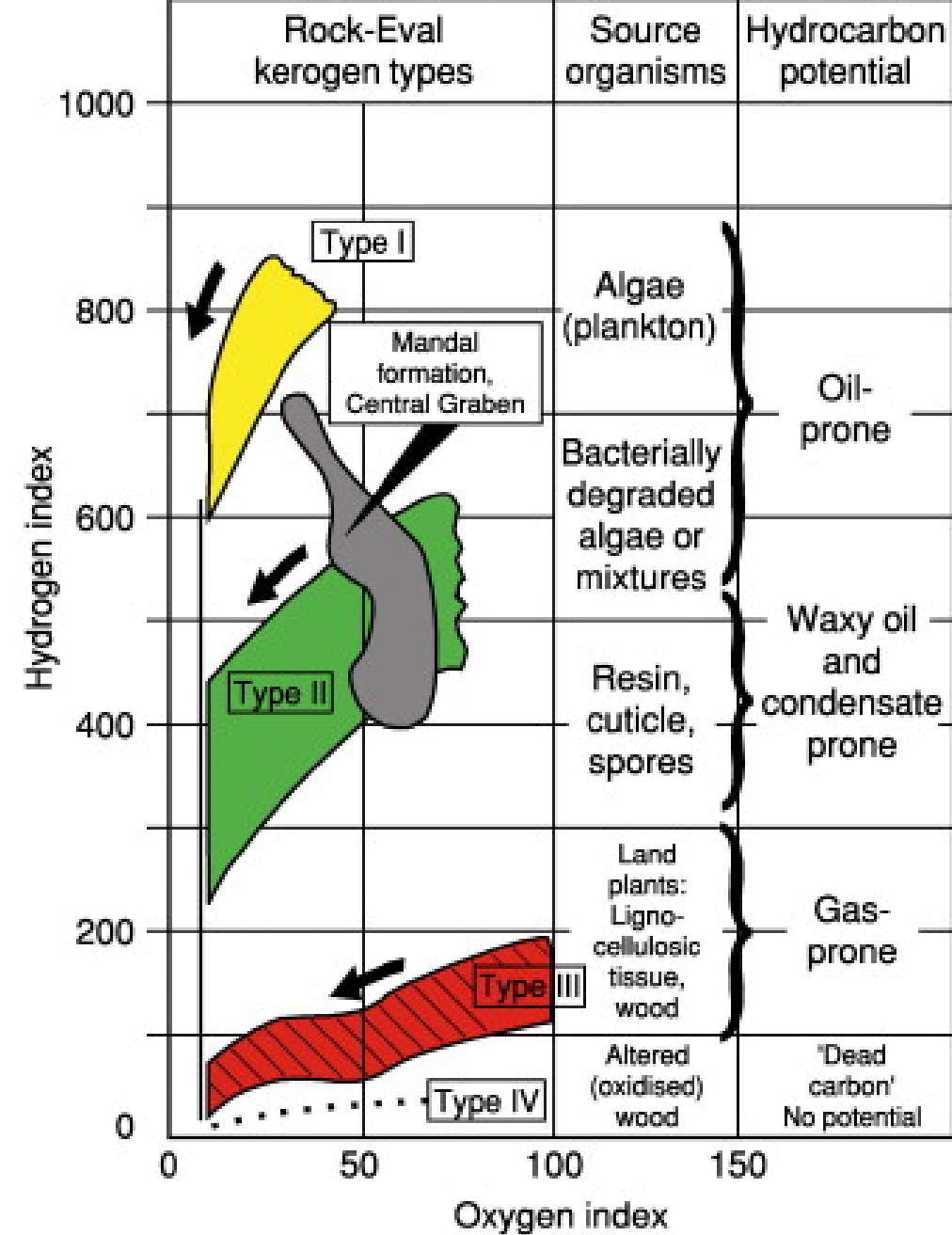
V ANOXICKÉM PROSTŘEDÍ

**TOC (total organic carbon)** → množství organické hmoty v sedimentu či hornině

**ROPA SE OBCHODUJE V BARELECH = 158, 99 L**

### TYPY KEROGENU

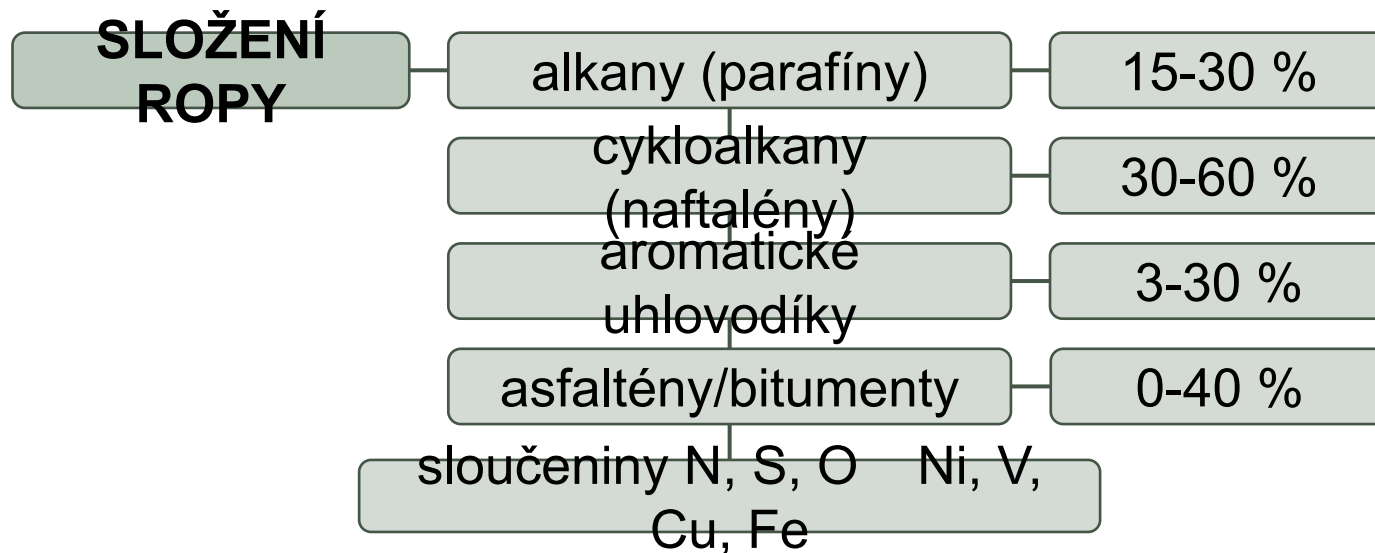
TYP	H/C	O/C	ORGANIKA			
I	> 1.35	< 0.15	mořské řasy	ROPA		
II	1.00-1.35	0.03-0.18	plankton			
III	0.50-1.00	> 0.03	rostliny, dřevo	PLYN		
IV	≤ 0.50	0.20-	residua (vosky)			



← Changes with maturation

# ROPA - SLOŽENÍ

Olejovitá kapalina tvořená směsí plyných, těkavých a pevných uhlovodíků a příměsí.



## PRŮMĚRNÉ

### SLOŽENÍ:

80-87 % C,  
11-15 % H,  
až 4 % S,  
< 1 % N

## SWEET CRUDE

ropa s obsahem síry do 0.5 %

## SOUR CRUDE

ropa s obsahem síry nad 0.5 %

# KLASIFIKACE ROPY

API GRAVITY NUMBER (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)

JAK LEHKÁ ČI TĚŽKÁ JE ROPA VŮČI VODĚ

čím vyšší API, tím lehčí ropa (až plyn)

$$\text{API} = \left( \frac{141.5}{\rho} \right) - 131.5$$

$\rho$  = hustota ropy při 15.56 °C

LEHKÁ

ROPA

> 31.1

STŘEDNÍ

22.3 -31.1

ROPA

TĚŽKÁ

< 22.3

ROPA

API > 10 - ropa plave  
API < 10 - ropa klesne ke dnu

# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM

NĚKOLIK FÁZÍ VÝVOJE  
ORGANICKÉ HMOTY  
NEZBYTNÝCH KE VZNIKU ROPY

ZDROJ

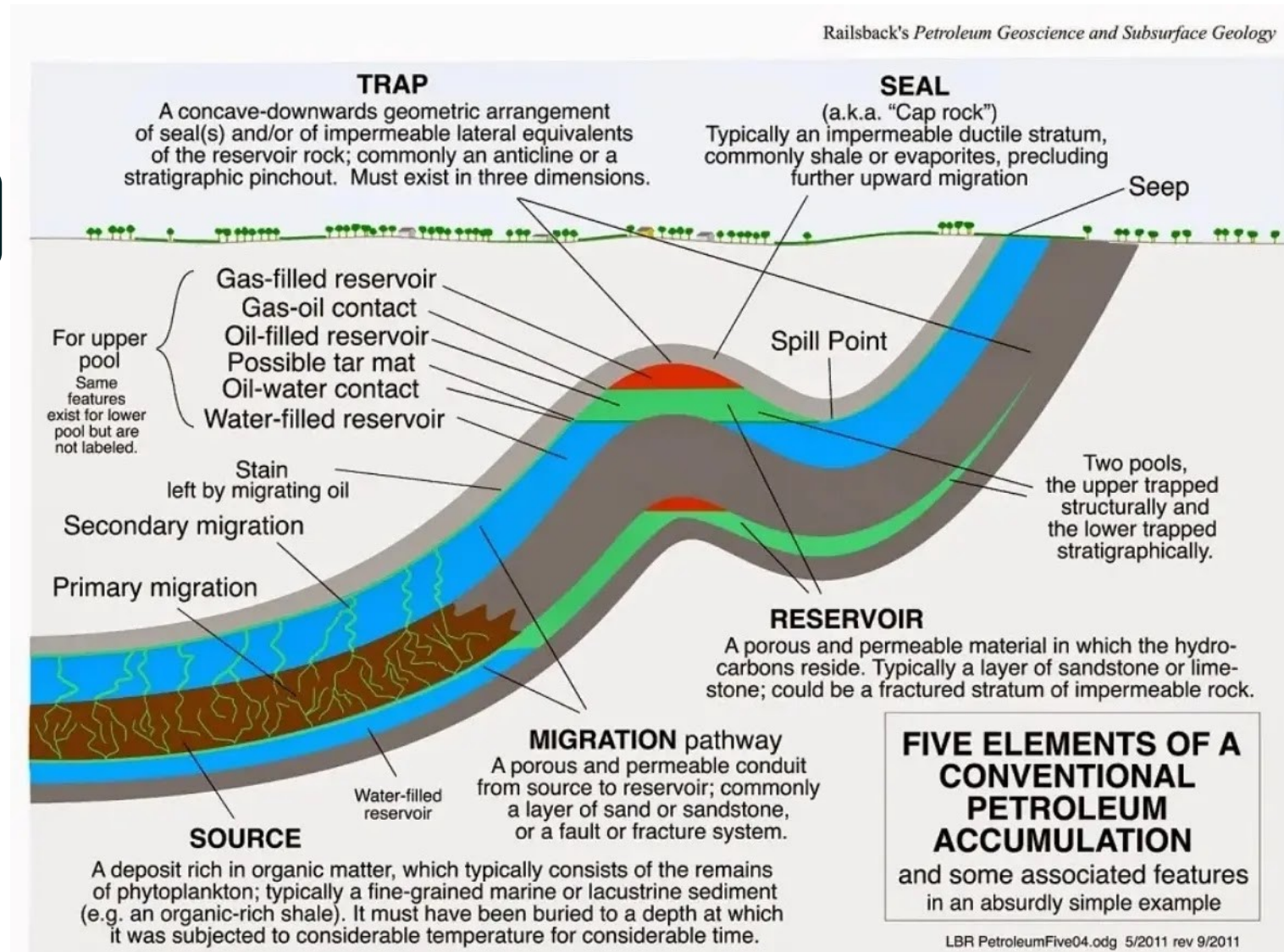
MIGRACE

PAST

KOLEKTO

R

TĚSNĚNÍ



# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – ZDROJOVÁ HORNINA

HORNINA S VYSOKÝM PODÍLEM ORGANICKÉ SLOŽKY → > 0.6 %  
(ALEURITY, PELITY)

organická hmota je v podobě kerogenu/bitumenu

**ROPNÉ  
OKNO**

místo, kde se z kerogenu  
stává ropa, nebo zemní  
plyn

ROPA → cca **65-125 C** (2-5  
km)

PLYN → cca **125-175 C** (3-  
6.5 km)

**CRUDE  
OIL**

**TOC + teplota + kerogen/bitumen + čas**



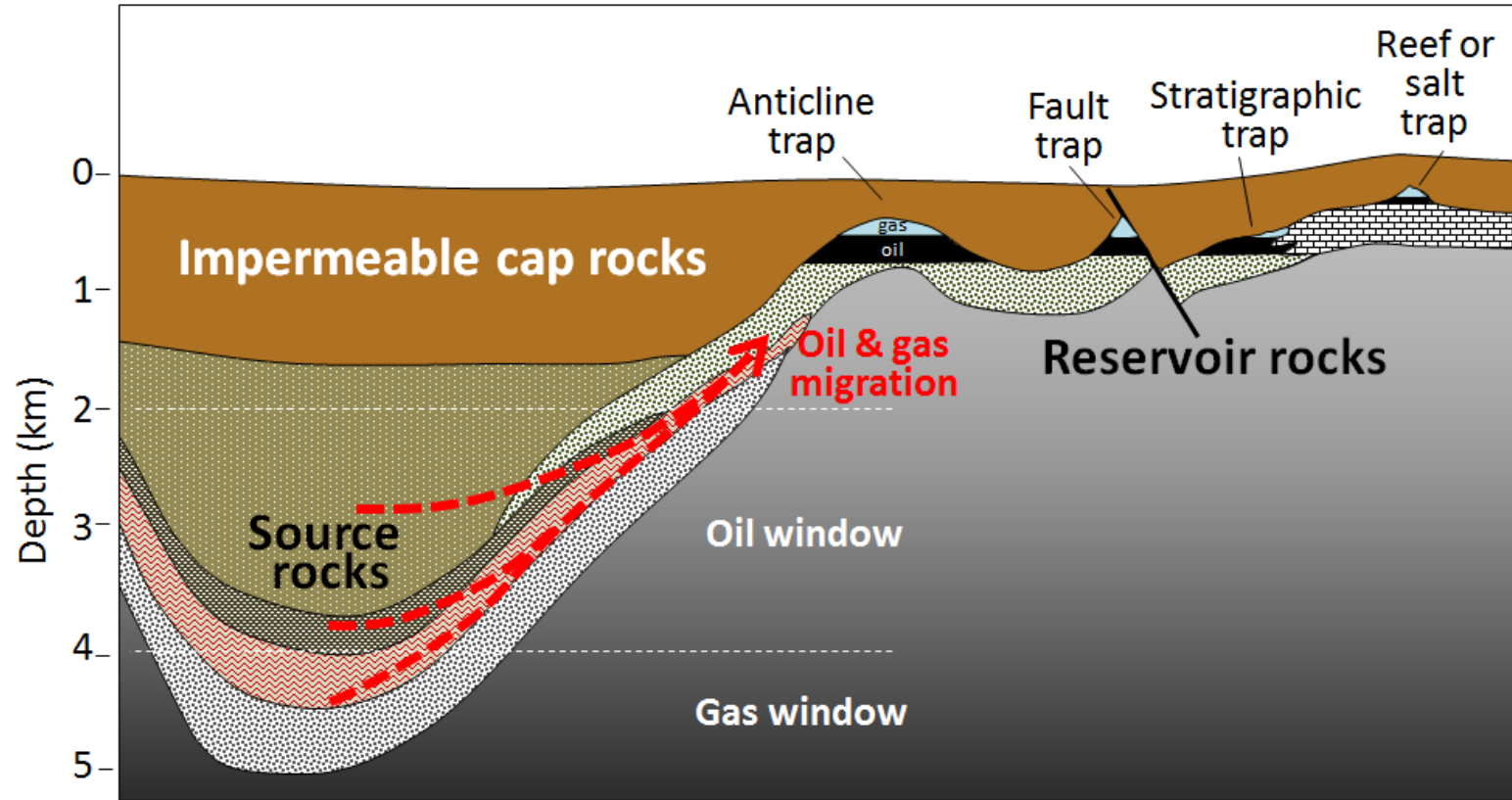
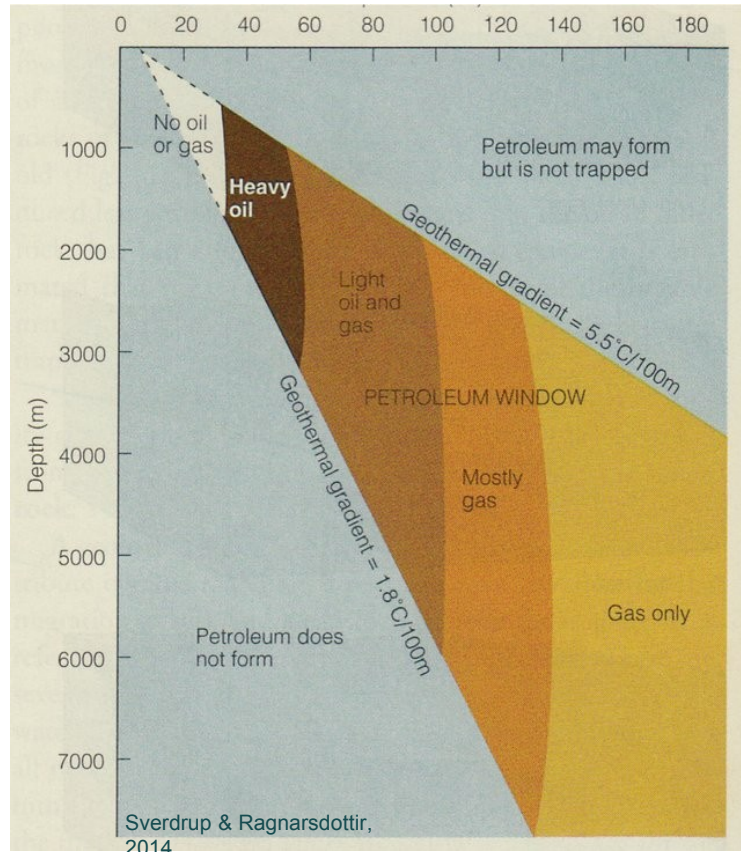
nejdůležitější faktory pro vznik ropy



čím déle, tím stačí nižší teplota

rychlost tvorby ropy závisí na teplotě → víc ropy = vyšší  
teplota

# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – ZDROJOVÁ HORNINA



ložiska ropy jsou výš než  
ložiska plynu → teplota

## STÁŘÍ

devon, karbon, jura, křída,

## GENEZE ROPY

**TERMOGENNÍ**

rozpad organické hmoty vlivem tepla  
(95 %)

**BIOGENNÍ**

vzniklé uhlovodíky mohou degradovat –



# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – MIGRACE

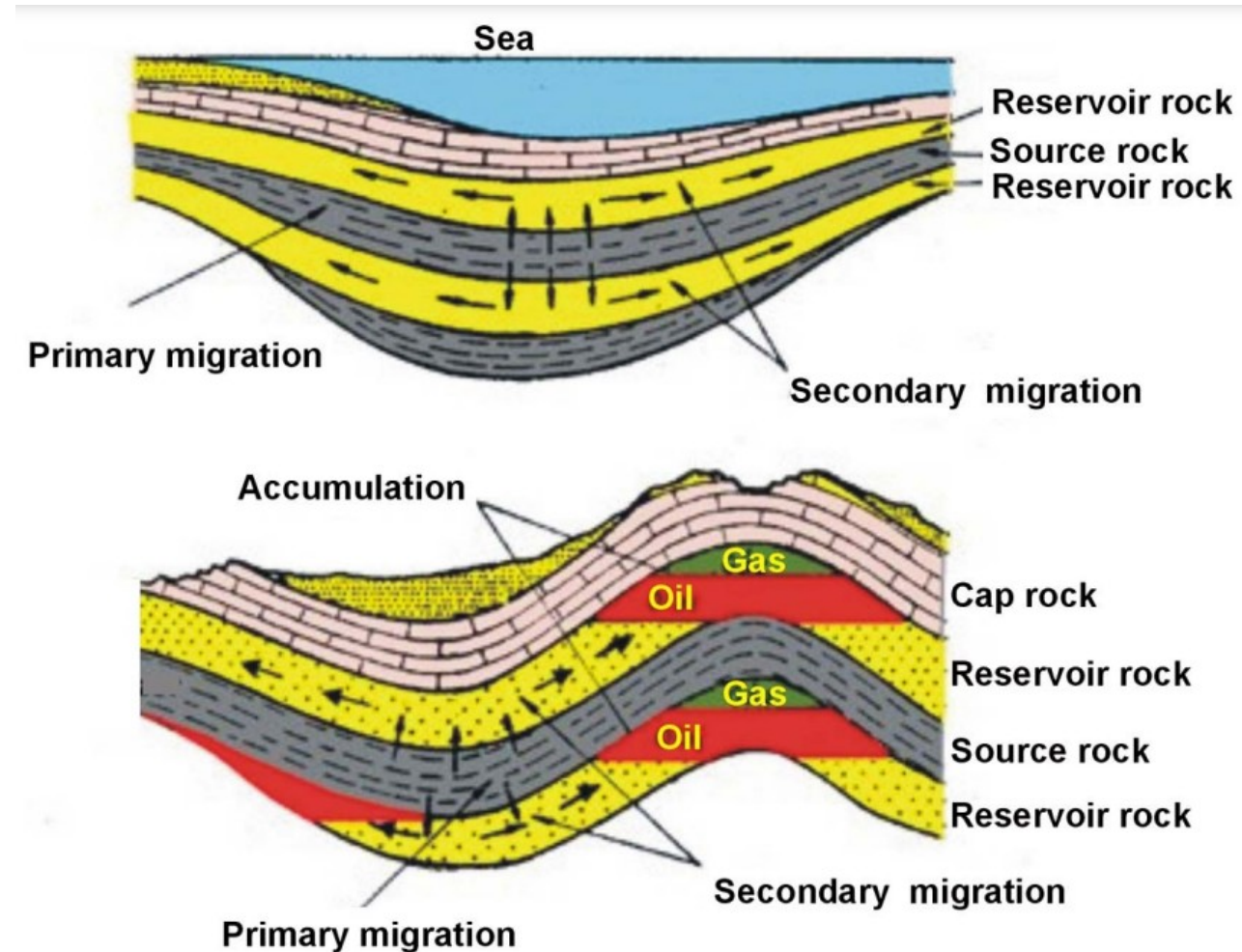
## PRIMÁRNÍ

→ uvolnění ropy z matečné horniny

**SEKUNDÁRNÍ** → transfer ropy permeabilními horninami, puklinami a plochami zlomu

## TERCIÁRNÍ

→ porušení těsnění již existující akumulace

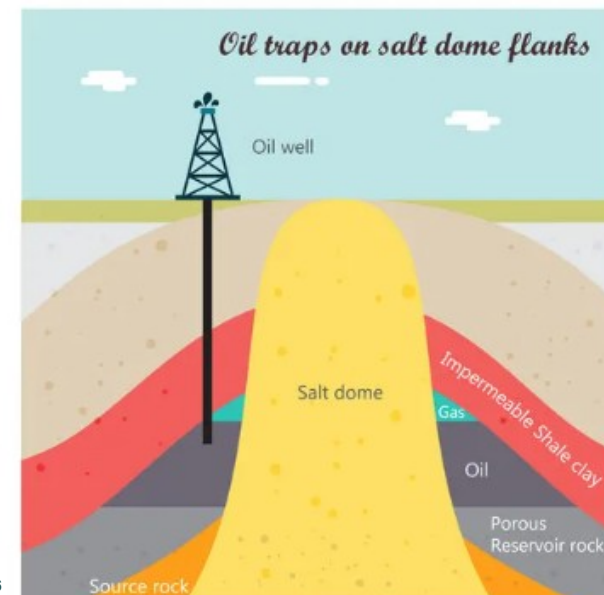
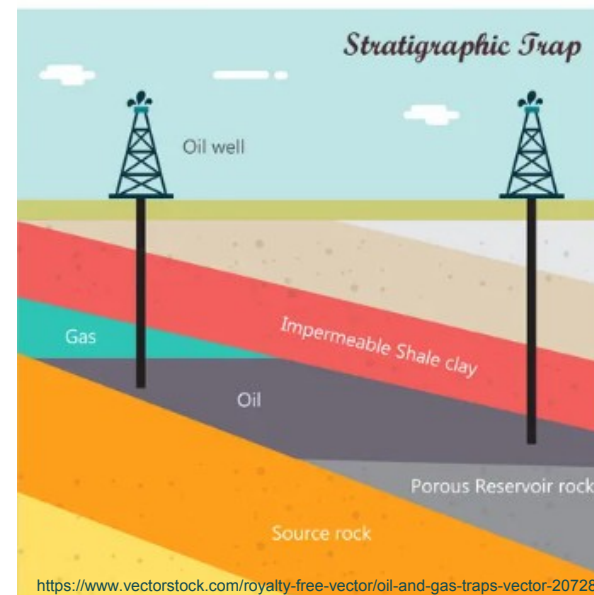
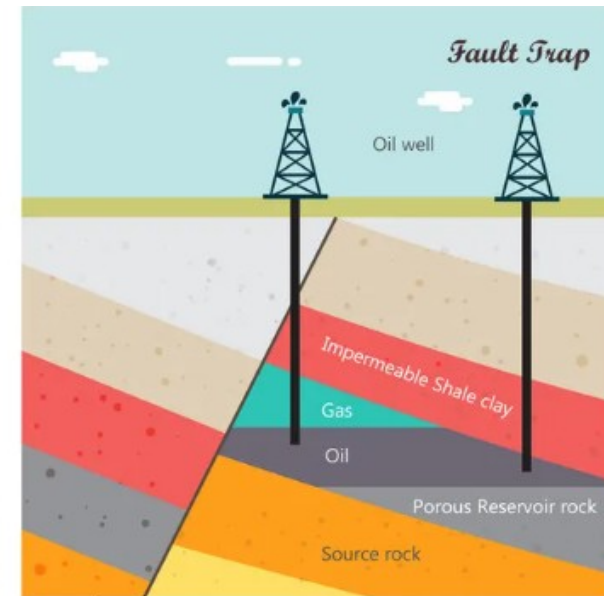
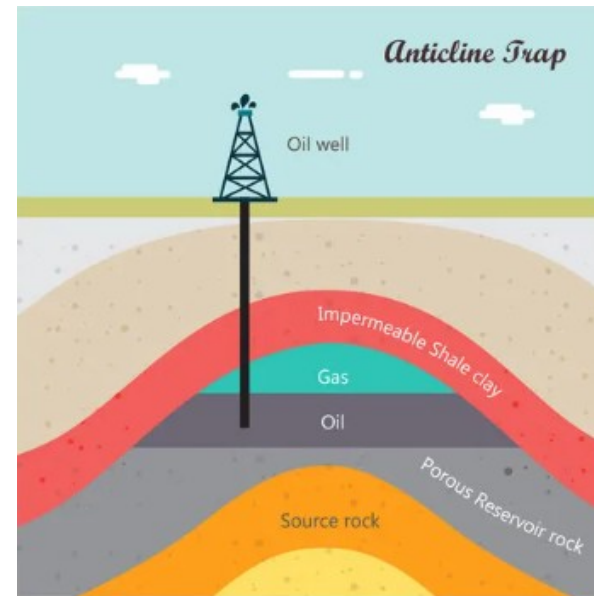


# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – PAST

## ZACHYCENÍ UHLOVODÍKŮ

**STRUKTURNÍ** → působení tektonických procesů (antiklinála, zlom, vrása + zlom, solné pně)

**STRATIGRAFICKÁ** → vznik při sedimentaci (útesy, vyklínění písčité vrstvy, vyslínění)



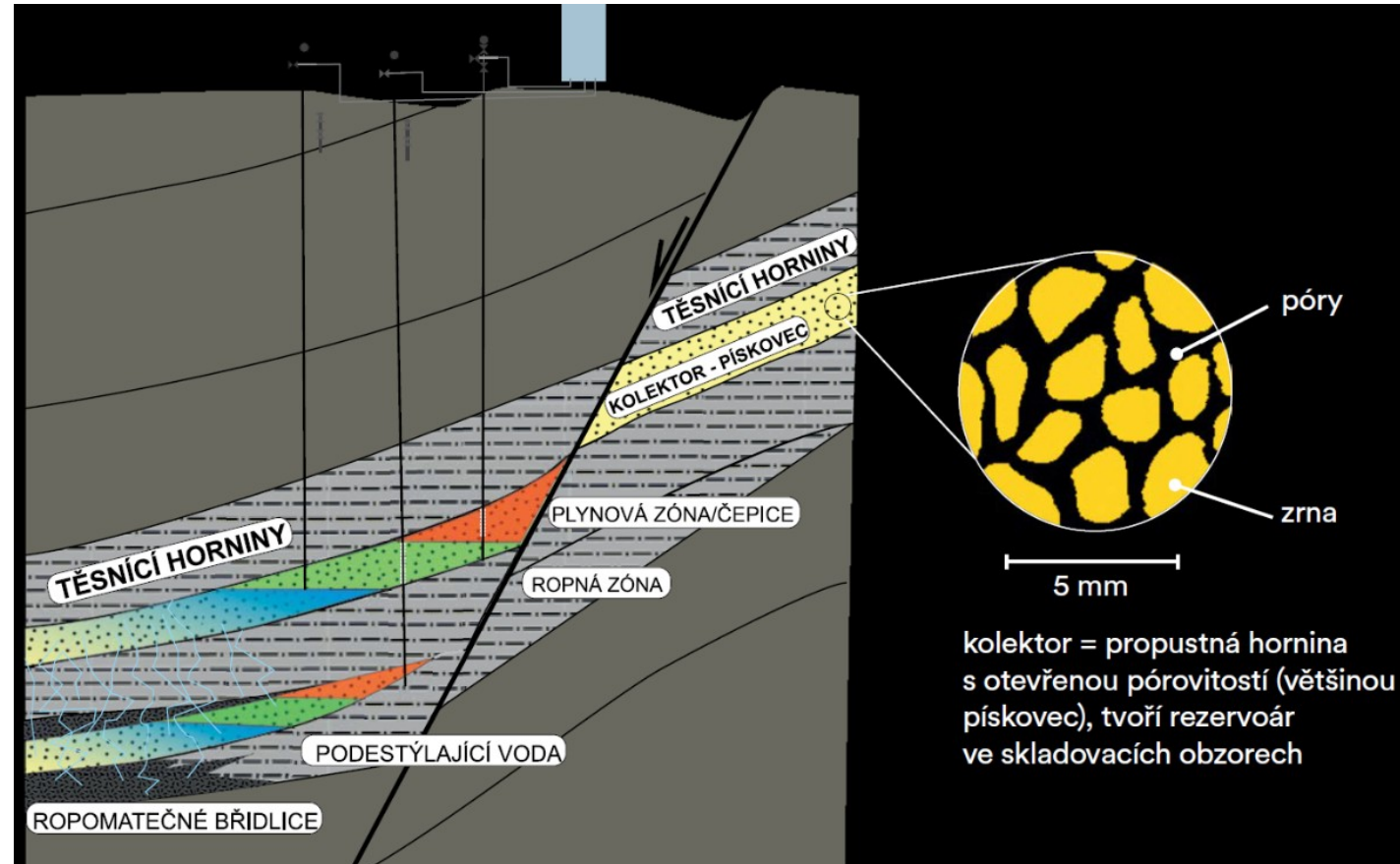
# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – KOLEKTOR

**POROZITA** → objem pórů ku objemu horniny

- **primární** – pískovce, slepence
- **sekundární** (puklinová) – vápence, dolomity

**PERMEABILITA** → propustnost horniny

- horizontální je vyšší než vertikální



# UHLOVODÍKOVÝ SYSTÉM – TĚSNĚNÍ

**HORNINY SE ŠPATNOU PROPUSTNOSTÍ**  
(břidlice, masivní vápence, dobře cementovaná klastika,  
krystalinikum)

laterální vertikální

velikost pórů

plasticita

mocnost vrstvy

mocnost sloupce

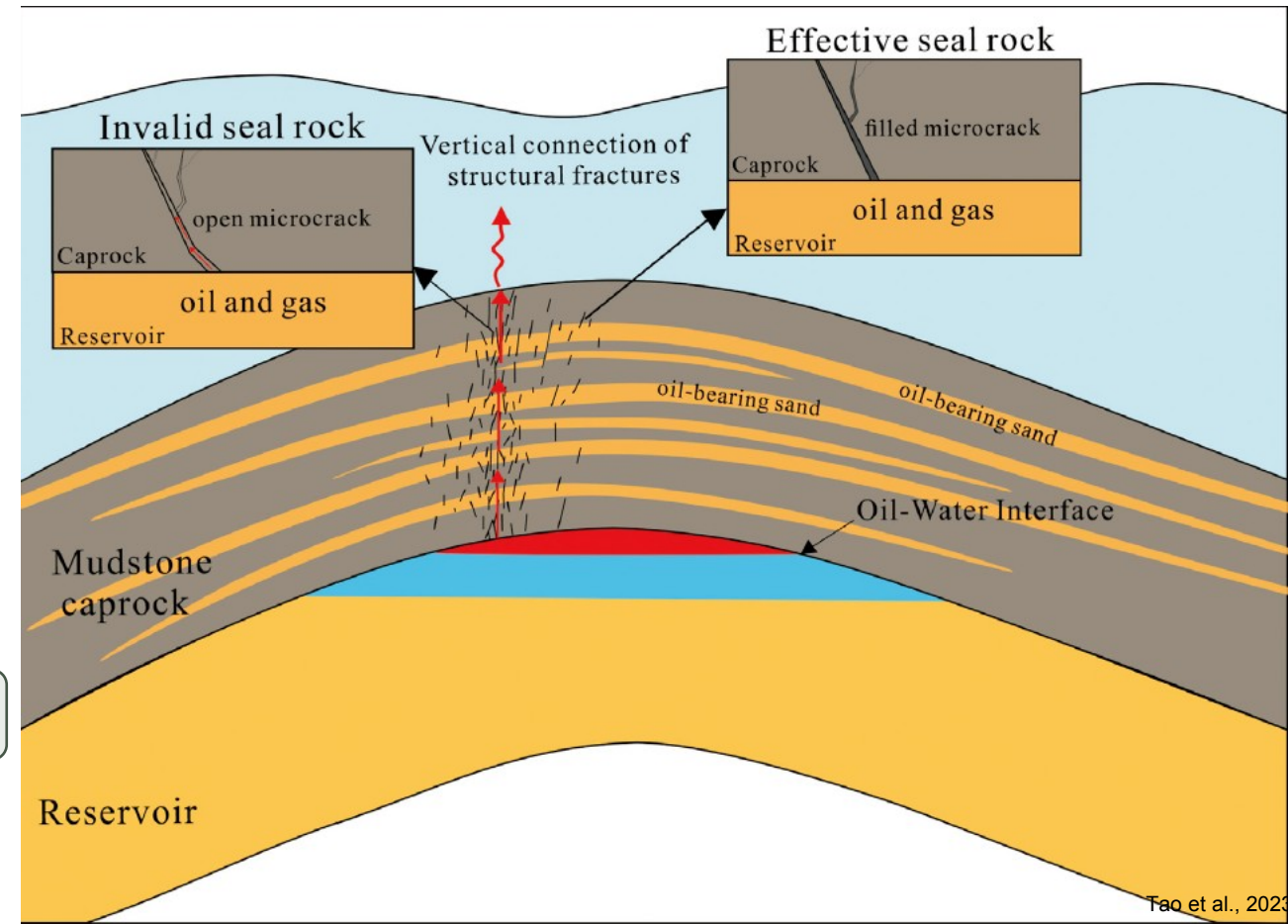
uhlovodíků

hustota uhlovodíků

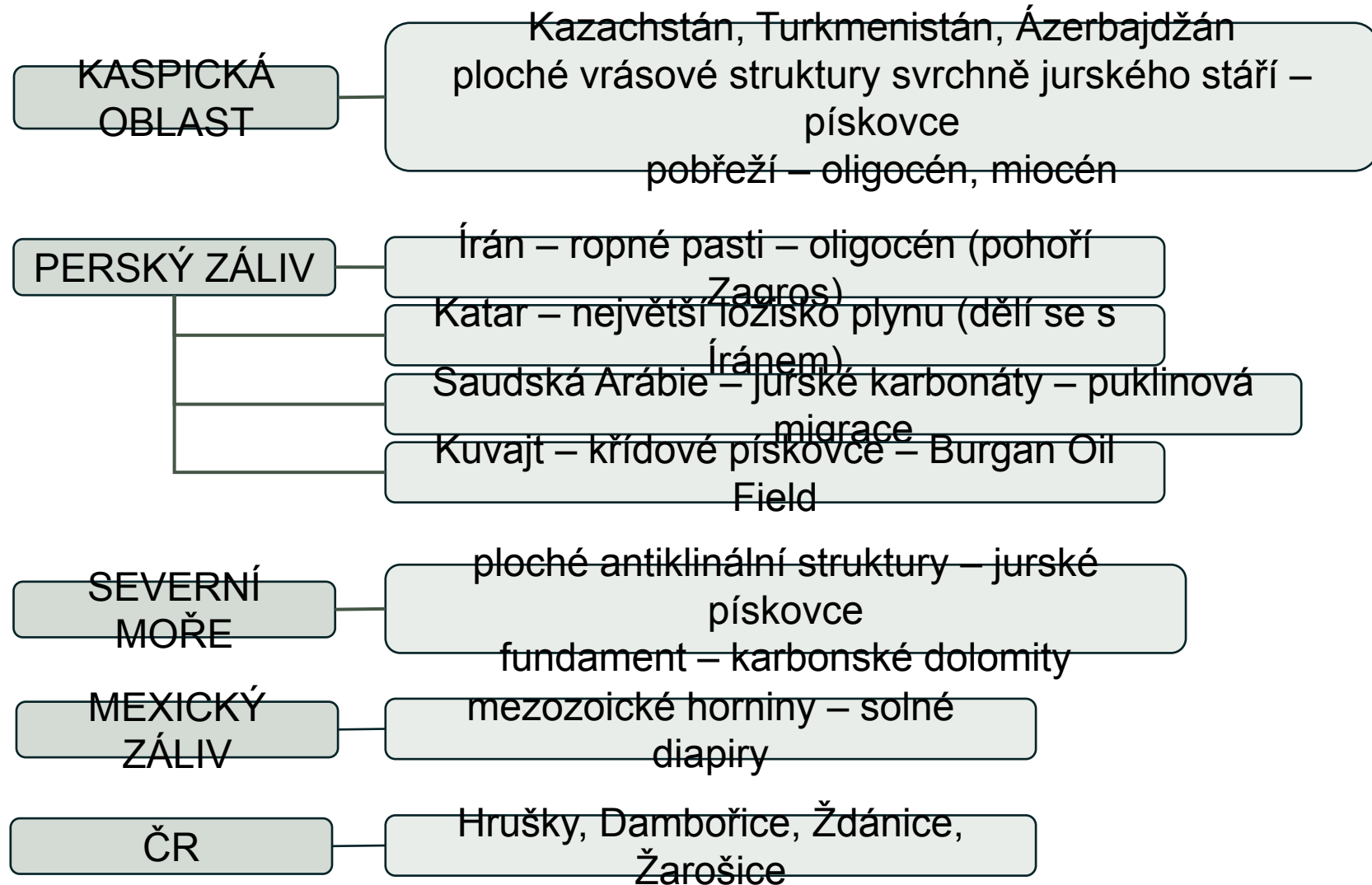
hloubka ložiskové

struktury

plyn potřebuje mnohem menší póry, aby  
neunikl



# ROPA - LOŽISKA



# HYDRÁTY (KLATRÁTY) METANU

PŘÍRODNÍ PEVNÉ SLOUČENINY, KDE JE METAN VÁZANÝ VE FORMĚ KLATRÁTU (V DUTINÁCH KRYSTALICKÉ MŘÍŽKY) LEDU

Vznik pravděpodobně bakteriálním rozkladem nekromasy v nedokonale oxidačních podmínkách nad podmínkami ropného okna či termálním rozkladem organické hmoty (ropy).

**PODMÍNKY:** vysoký tlak, nízké teploty, plyn, voda

1 m<sup>3</sup> hydrátu obsahuje cca 168 m<sup>3</sup> metanu

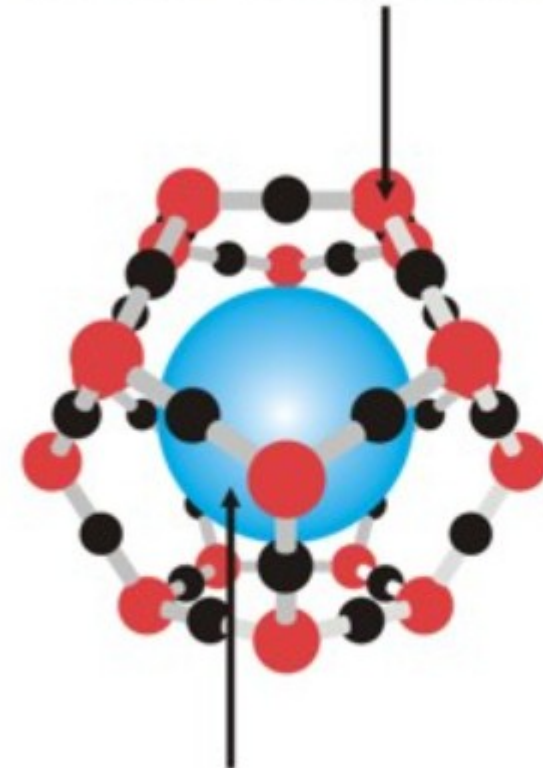
hloubky 100-800 m

**POTENCIÁLNÍ LOŽISKA :**

Blake Ridge (Atlantik), Mexický záliv, Kaspické moře, Aljaška, Sibiř

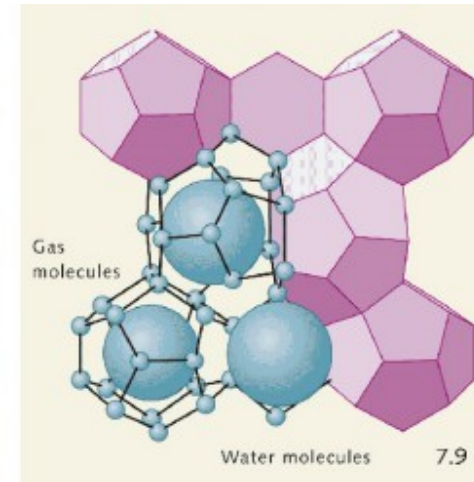
Hydráty metanu se zatím netěží – neekonomické, technologie, legislativa.

Water molecule 'cage'



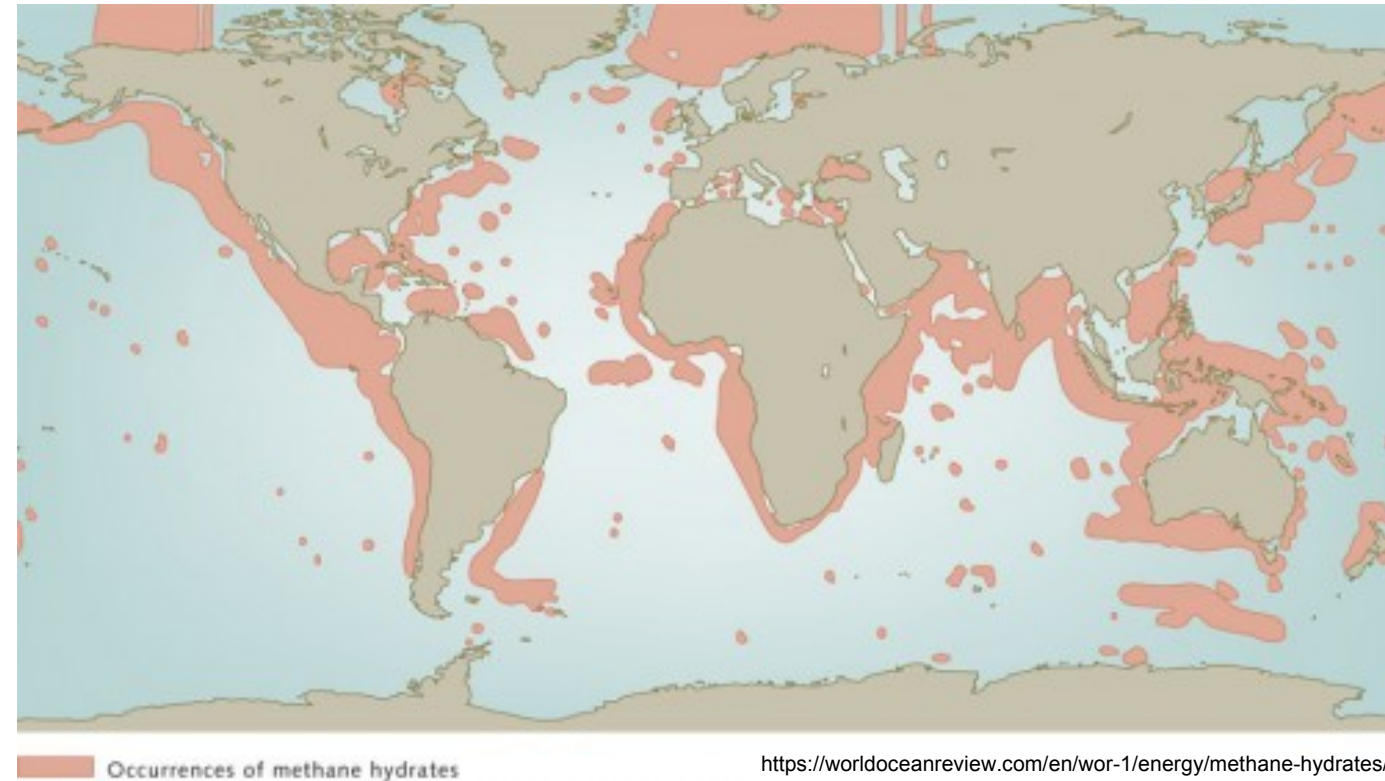
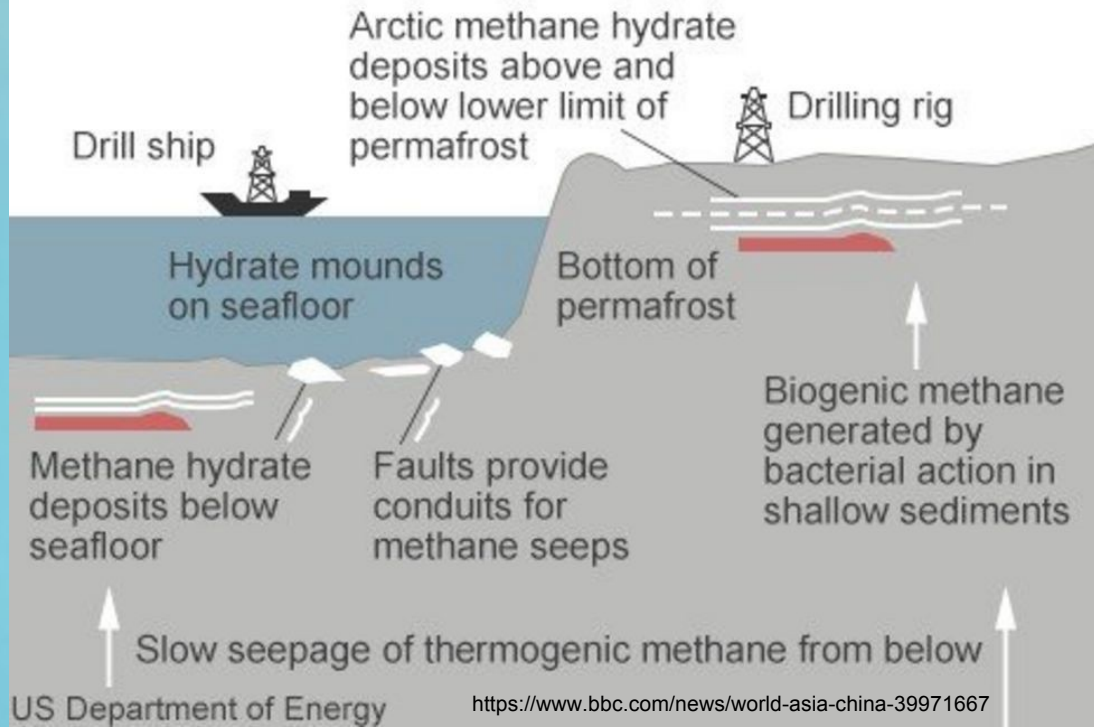
Gas molecule (e.g. methane)

# HYDRÁTY (KLATRÁTY) METANU

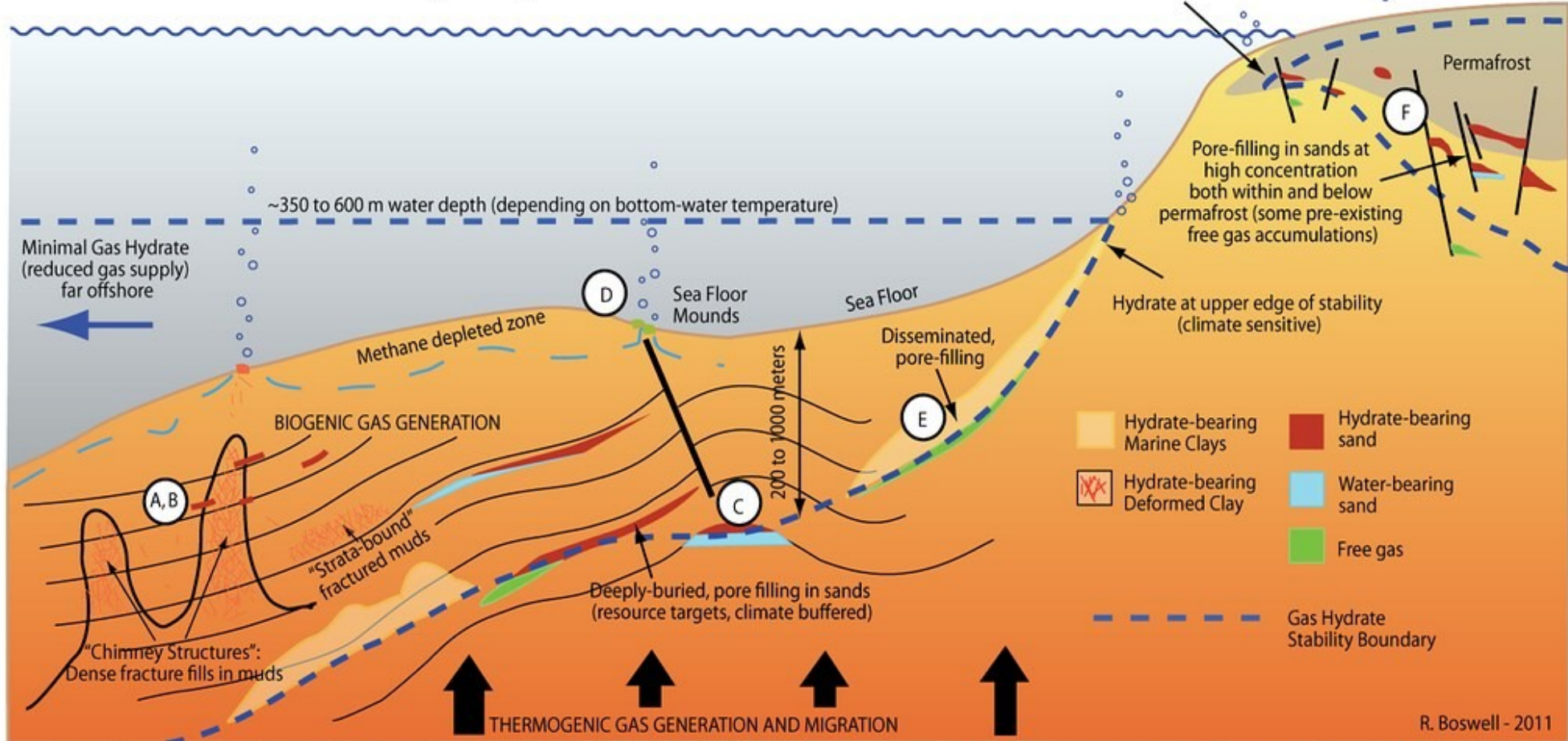


<https://worldoceanreview.com/en/wor-1/energy/methane-hydrates/>

## How methane hydrates are formed



# General schematic showing typical modes of gas hydrate occurrence relative to the geologic environment



A B C D E F

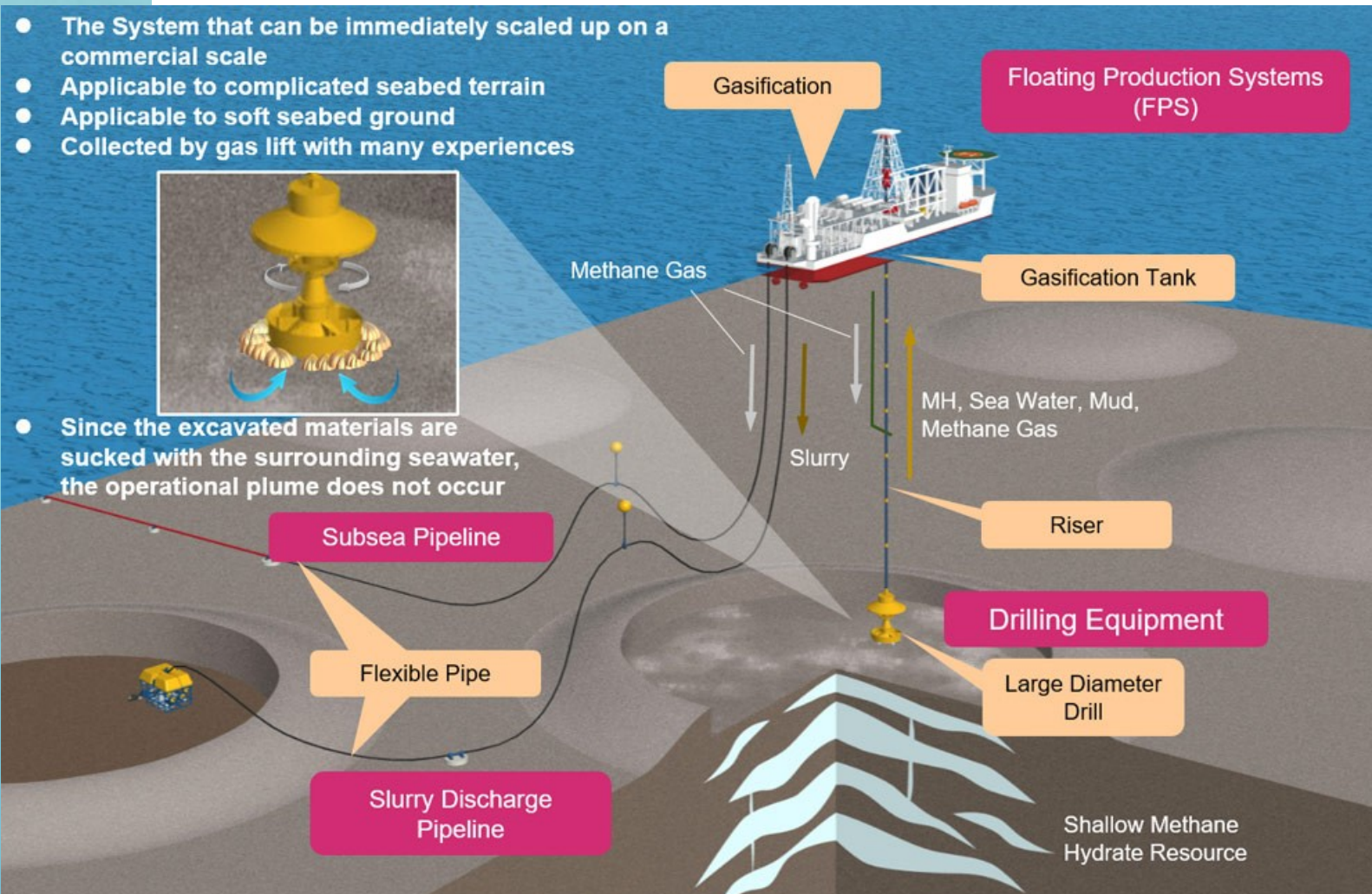


# HYDRÁTY (KLATRÁTY) METANU

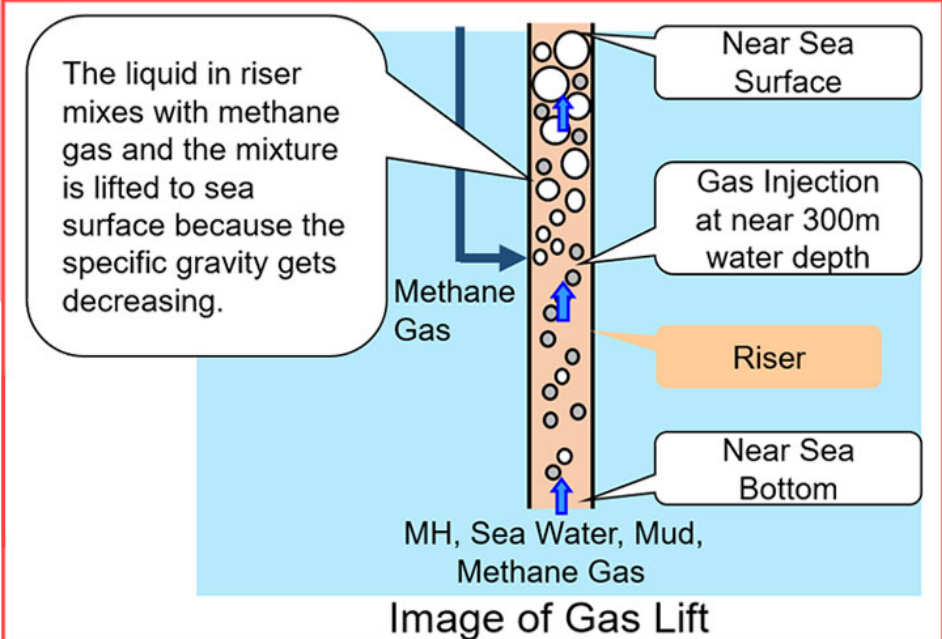
- The System that can be immediately scaled up on a commercial scale
- Applicable to complicated seabed terrain
- Applicable to soft seabed ground
- Collected by gas lift with many experiences



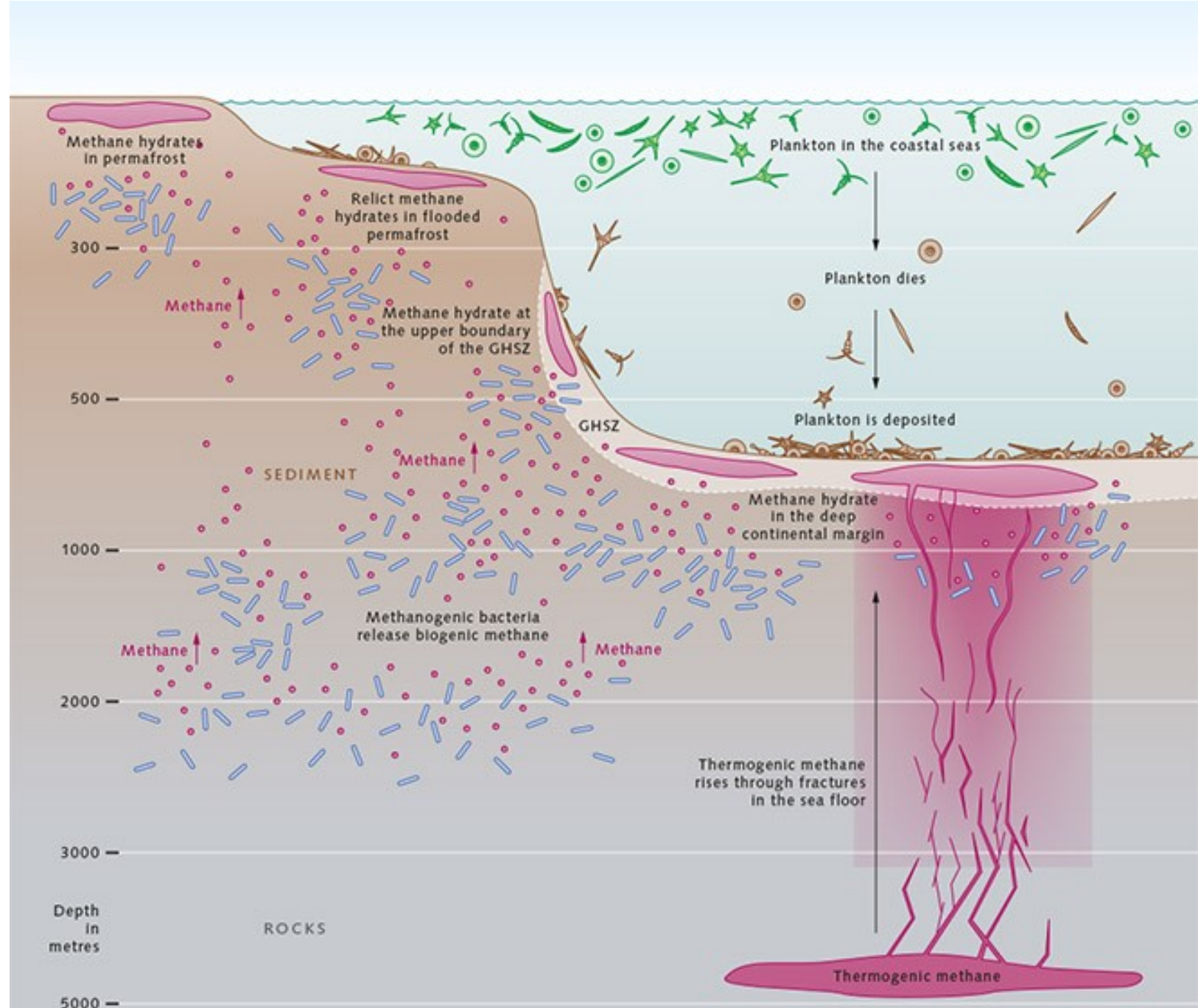
- Since the excavated materials are sucked with the surrounding seawater, the operational plume does not occur



## Riser



# HYDRÁTY (KLATRÁTY) METANU - VZNIK



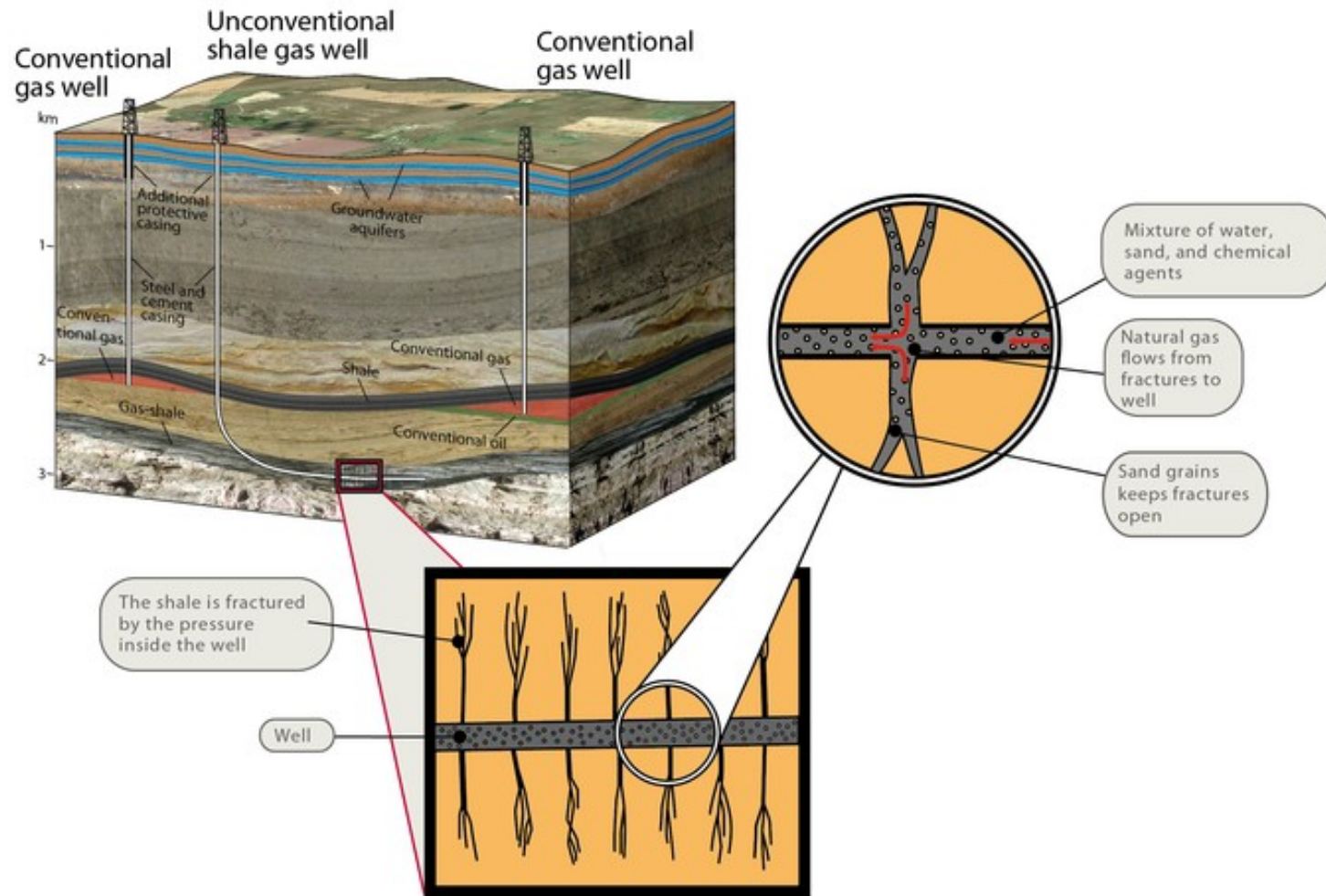
# BŘIDLICOVÝ PLYN

Klasický zemní plyn uložený ve vrstvách nepropustných jílovitých břidlic.

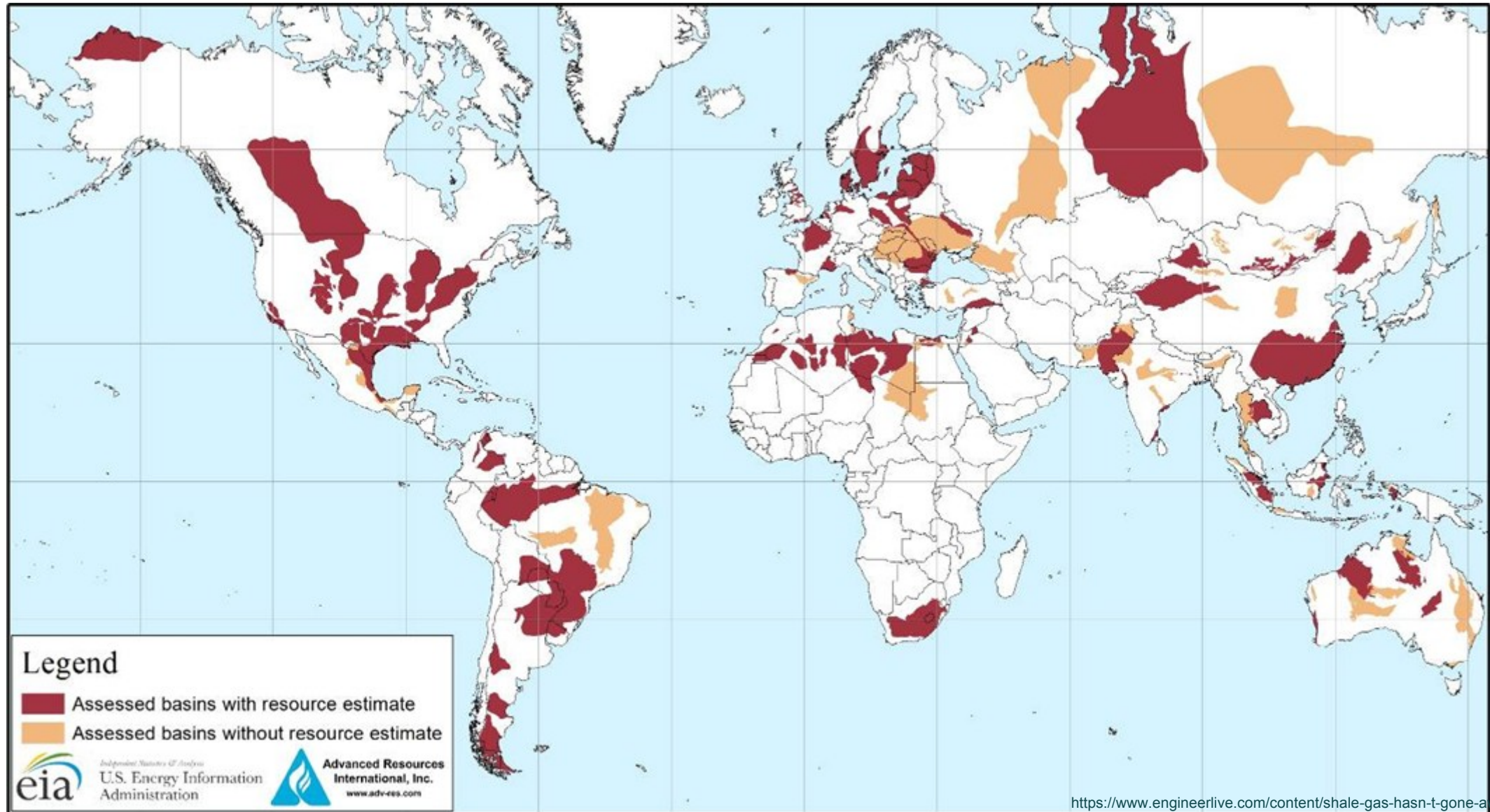
Pro jeho extrakci je nutné frakování, jak vertikálních, tak horizontálních poloh.

Mnoho rizik těžby – možnost vyvolání zemětřesení, kontaminace podzemních vod a ovzduší, vysoká spotřeba vody během frakování.

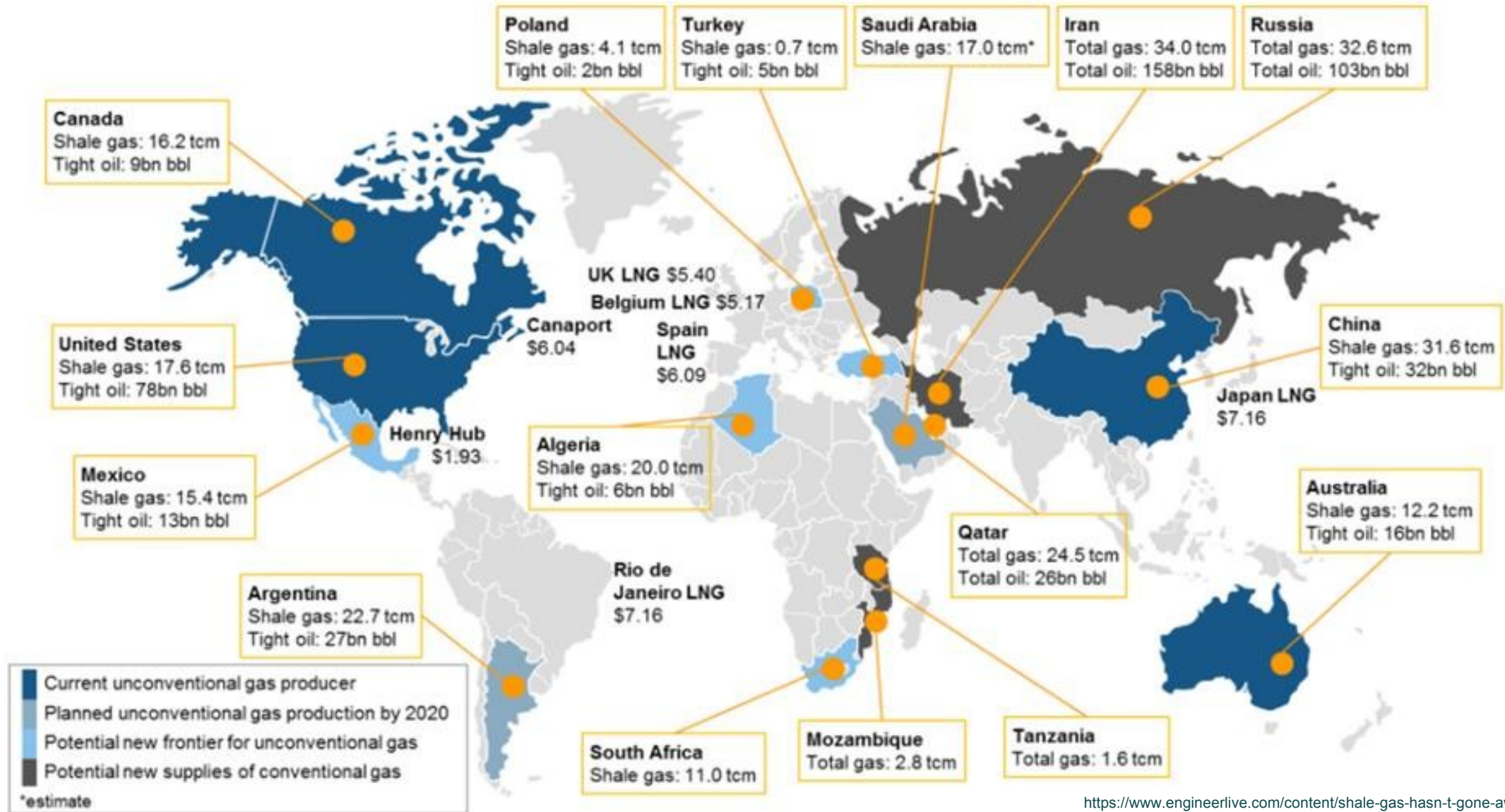
**LOŽISKA**  
USA i Evropa



# BŘIDLICOVÝ PLYN

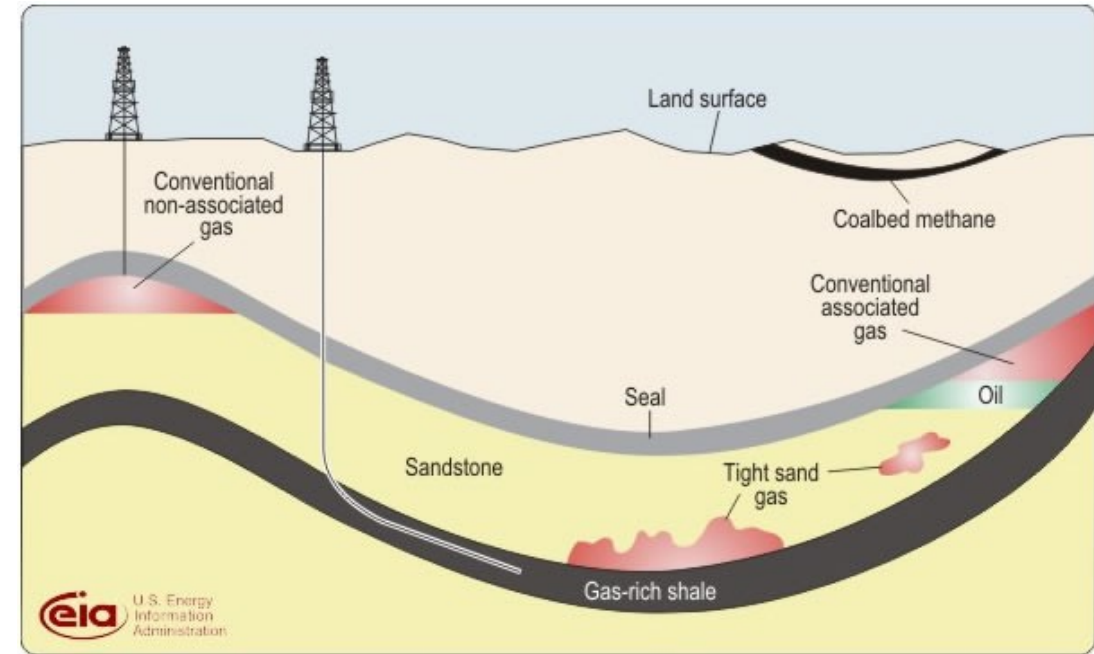
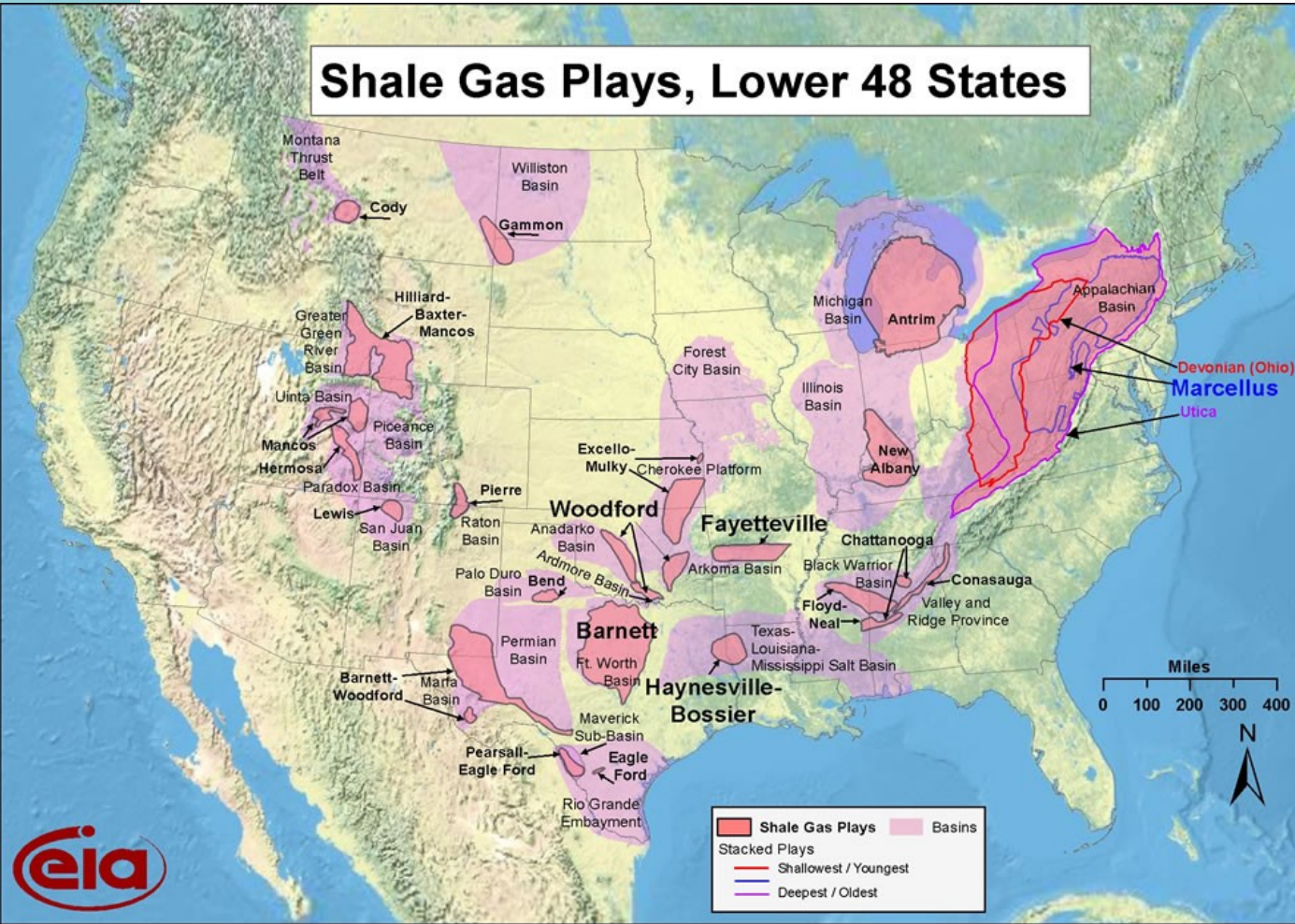


# BŘIDLICOVÝ PLYN



# BŘIDLICOVÝ PLYN

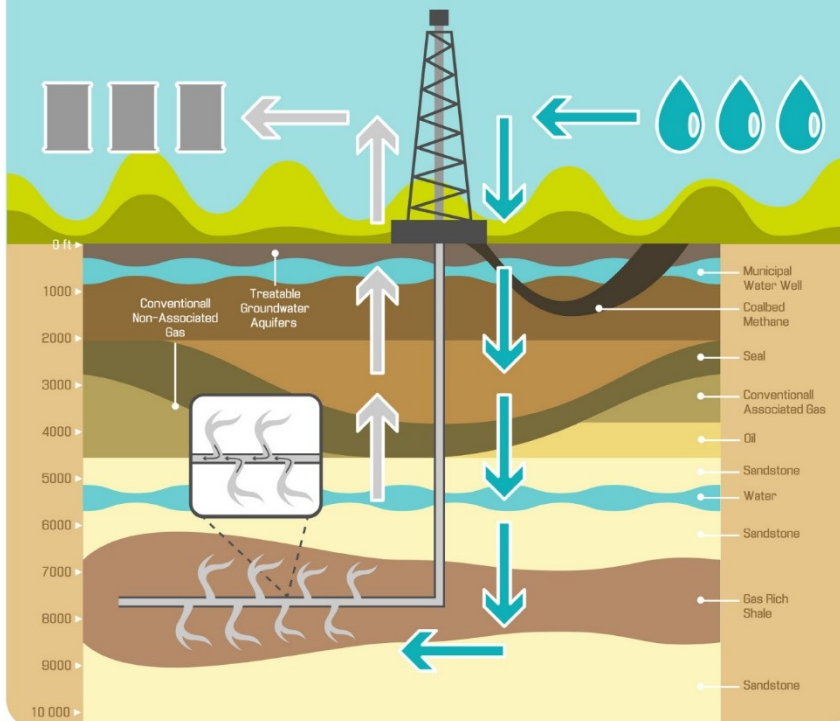
## Shale Gas Plays, Lower 48 States



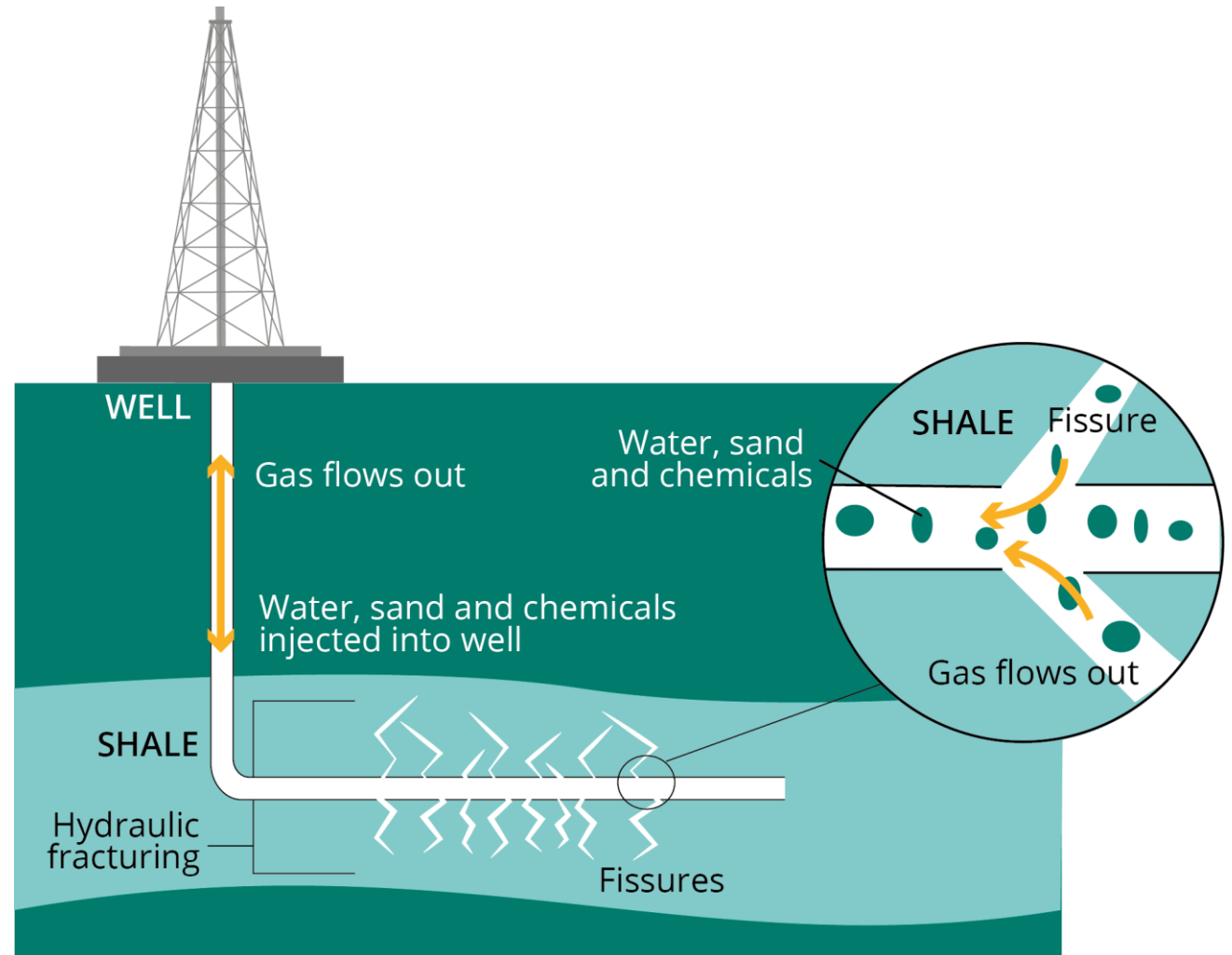
# BŘIDLICOVÝ PLYN - FRAKOVÁNÍ

## 'Fracking' - shale gas extraction in five easy steps

1. Drill down
2. Drill sideways along the shale bed
3. Crack the rock with hydraulic pressure or explosions - also known as 'fracturing' - 'fracking'
4. Pump water at high pressure to open spaces (fractures) in the rock
5. Place plugs in the shaft and then 'drill out' these plugs



<https://middleeast-business.com/what-the-frack-is-shale-gas/>



<https://www.eea.europa.eu/media/infographics/shale-gas-extraction-through-hydraulic-fracturing/view>