



GEOLOGIJA I GEOKEMIJA UGLJIKOVODIKA (285219) (2)

doc. dr. sc. Katarina Gobo

katarina.gobo@geol.pmf.hr

Geneza nafte i migracija

2

- Kako nastaje nafta?
- Kako izgleda proces migracije?
 - Primarna migracija
 - Sekundarna migracija
 - Tercijarna migracija
- Poroznost (šupljikavost)
- Propusnost (permeabilnost)
- Ugljikovodici u Hrvatskoj

Kako nastaje nafta?

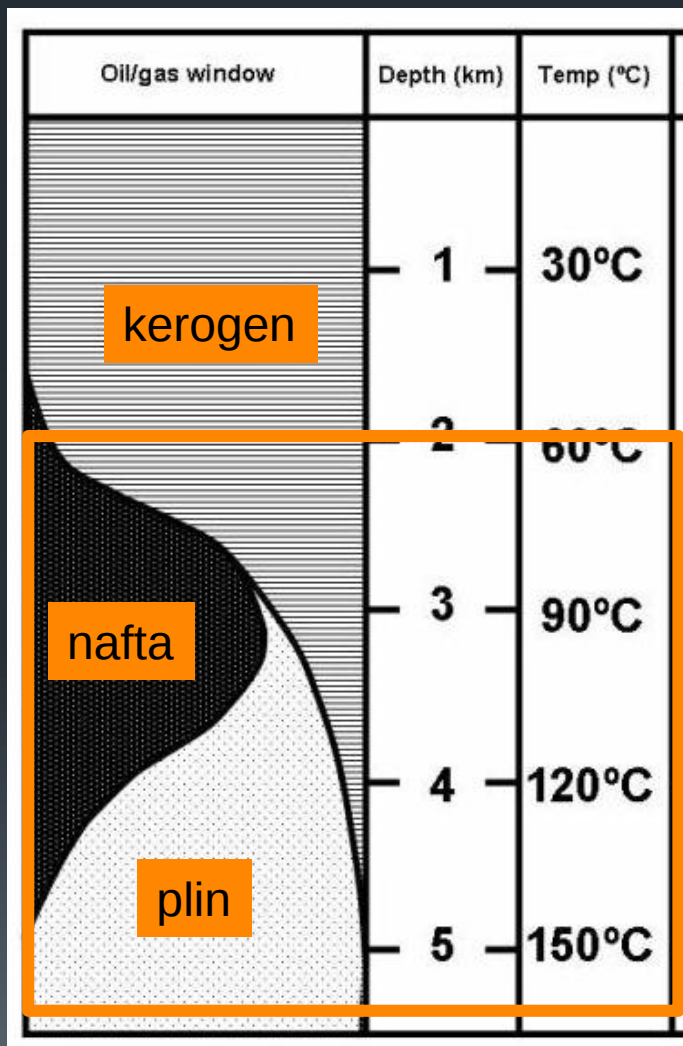
3

- Nakon uginuća, plankton tone (planktonska „kiša”), a na dnu se stvara organska „kaša”.
- Postoje li na dnu živi organizmi, oni će se hraniti „organskim ostacima”.
- Ako je malo otopljenog kisika ili ga nema, nema organizama koji bi preživjeli, pa se organska „kaša” akumulira.
- Kad sitnozrnasti sediment (većinom glina) sadrži više od 5 % organske tvari, s vremenom može stvoriti stijenu poznatu kao **šejl**.



«Kuhanje» nafte

4



Kako se šejl zatrpava, grije se.

Organska tvar se mijenja porastom temperature u **KEROGEN**, krutu modifikaciju ugljikovodika.

Pri temperaturi od ~ 90 °C, mijenja se u tekuću modifikaciju, koju zovemo **NAFTA**.

Pri temperaturi od 150 °C, mijenja se u **PLIN**.

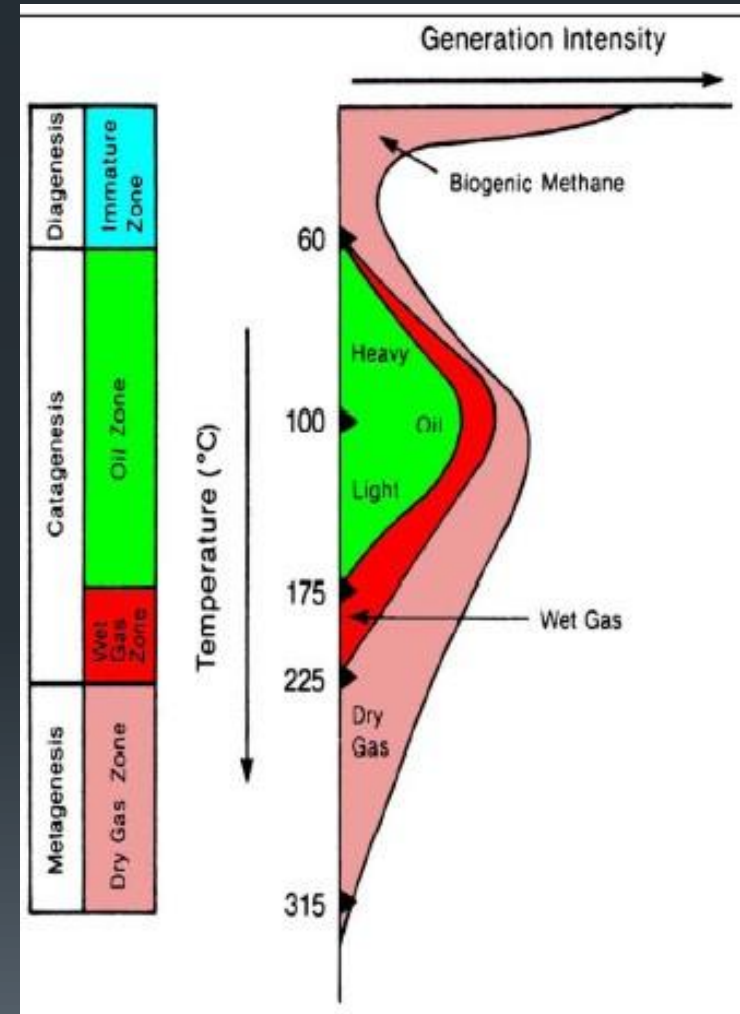
Stijena u kojoj su na ovaj način nastali nafta i plin je **MATIČNA STIJENA**.

NAFTNI PROZOR → dubinsko-temperaturni interval (60-160 °C) u kojem matična stijena generira najveći dio naftnih ugljikovodika.

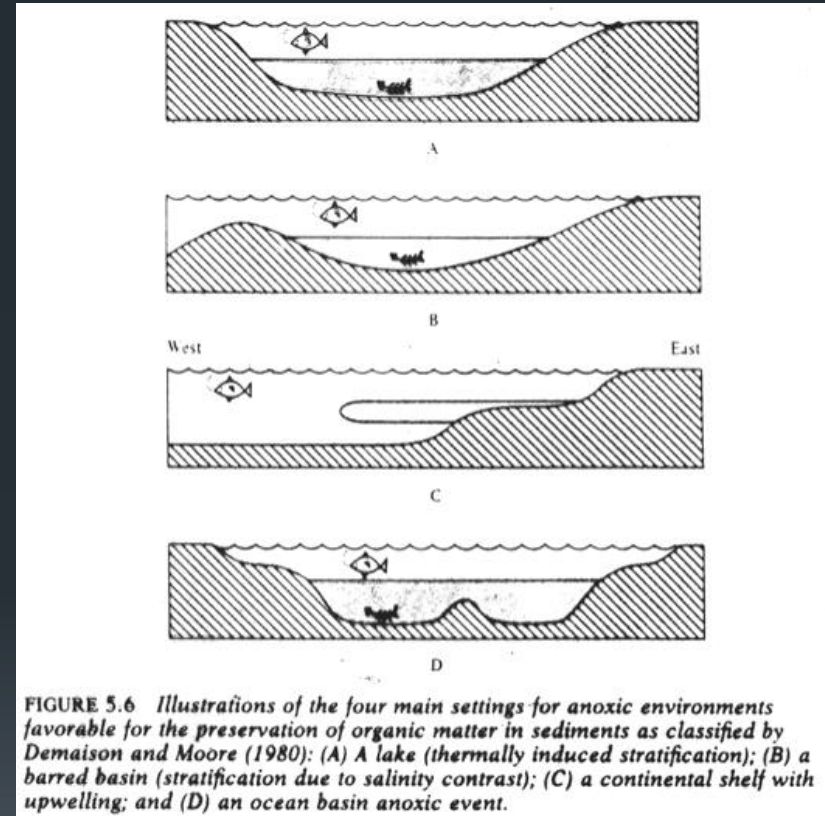
Podrijetlo ugljikovodika

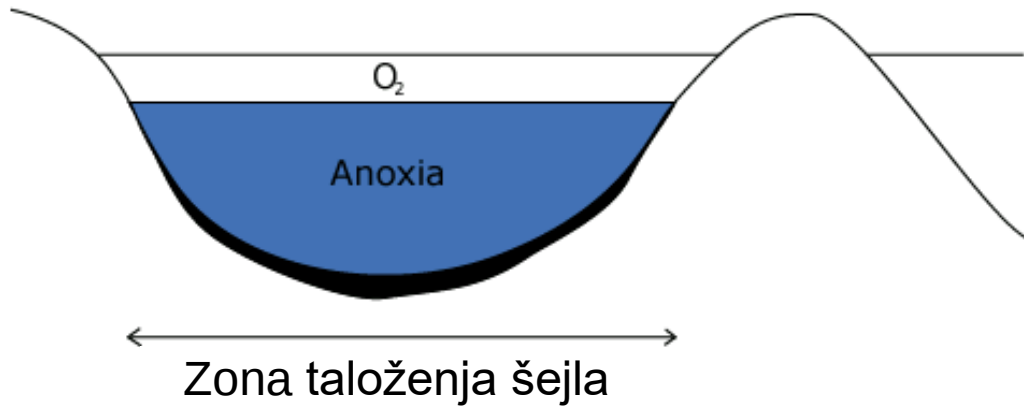
5

- Različita razmatranja u okvirima i organskih i anorganskih postavki!
- Do danas prikupljeni dokazi idu u prilog organskom podrijetlu ugljikovodika, iako se još uvijek vode rasprave jesu li ugljikovodici biljnog ili životinjskog podrijetla.
- Organski materijal najbolje se očuva u sitnozrnastim sedimentima istaloženim u anoksičnim uvjetima.
- Procesi pretvorbe organske tvari:
 - **dijageneza** – pri niskim temperaturama → kerogen
 - **katageneza** – na dubini zalijeganja od 2000 do 3000 m → bitumen, nafta, plin
 - **metageneza** – na velikim dubinama i pri visokim temperaturama → plin



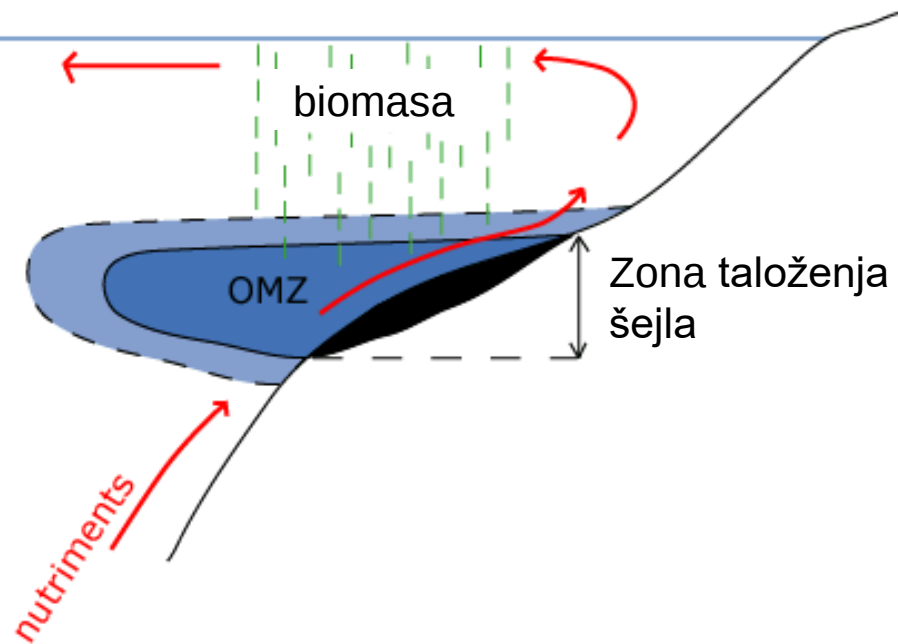
- Većina svjetskih zaliha ugljikovodika nastala je iz matičnih stijena koje su taložene u anoksičnim uvjetima.
- Gdje nalazimo takve uvjete?
 1. Ustajali bazeni s izraženom stratifikacijom vodenog stupca i slabom do cirkulacijom
 - jezera u kojima hladna i gušća voda, osiromašena kisikom ostaje pri dnu; topla klima!
 2. Okoliši s ograničenim strujanjem
 3. Slojevi vode s vrlo malo kisika
 - postoje u svim oceanima, obično ispod fotične zone koja je bogata kisikom i iznad zone koja je relativno bogatija kisikom zbog smanjene potrebe za kisikom





Model očuvanja organske tvari
(Demaison & Moore, 1980;
Shimkus & Trimonis, 1974)

Npr. Crno more

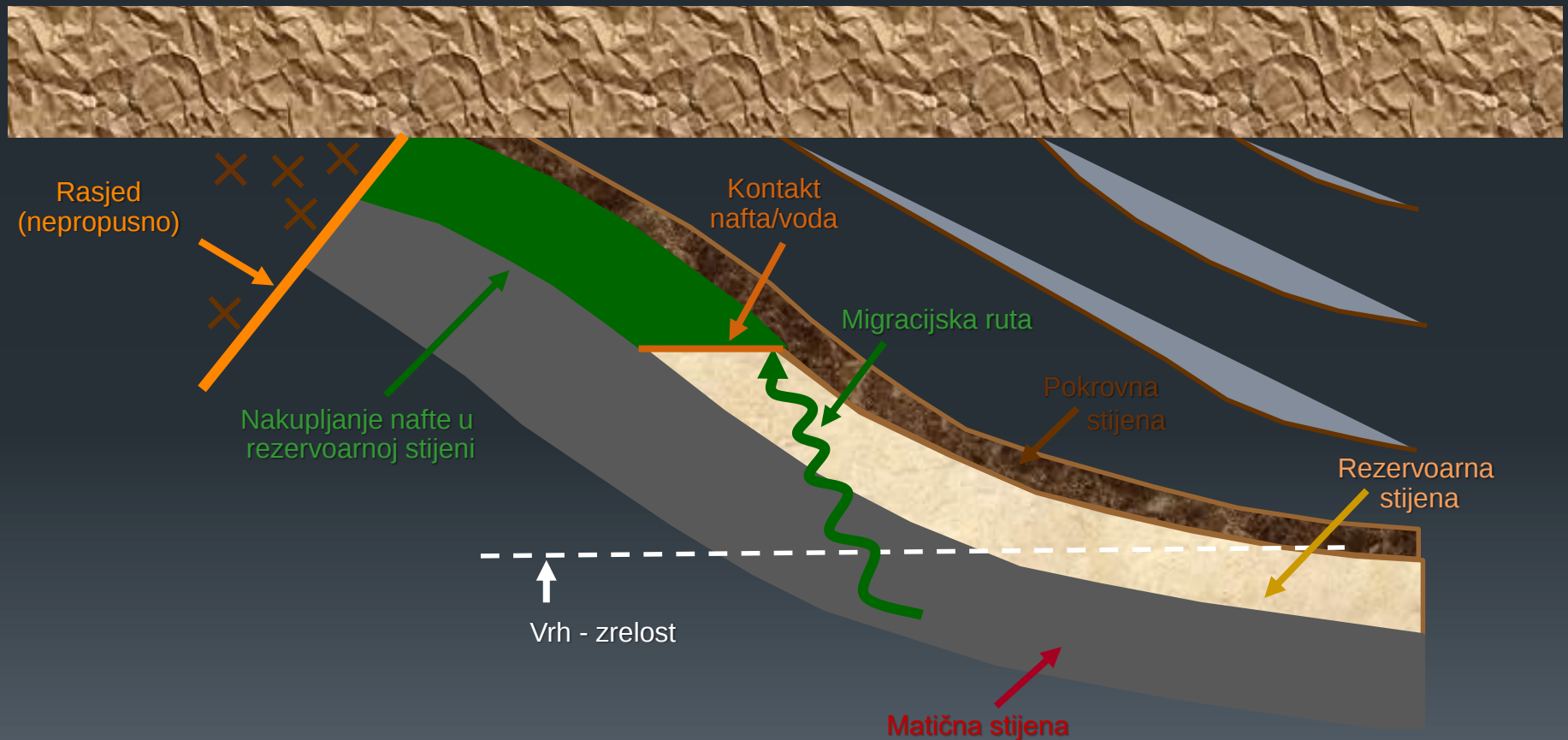


Model produktivnosti
(Kuhnt & Wiedmann, 1995; Caron
et al., 1999)

Npr. zone *upwellinga*

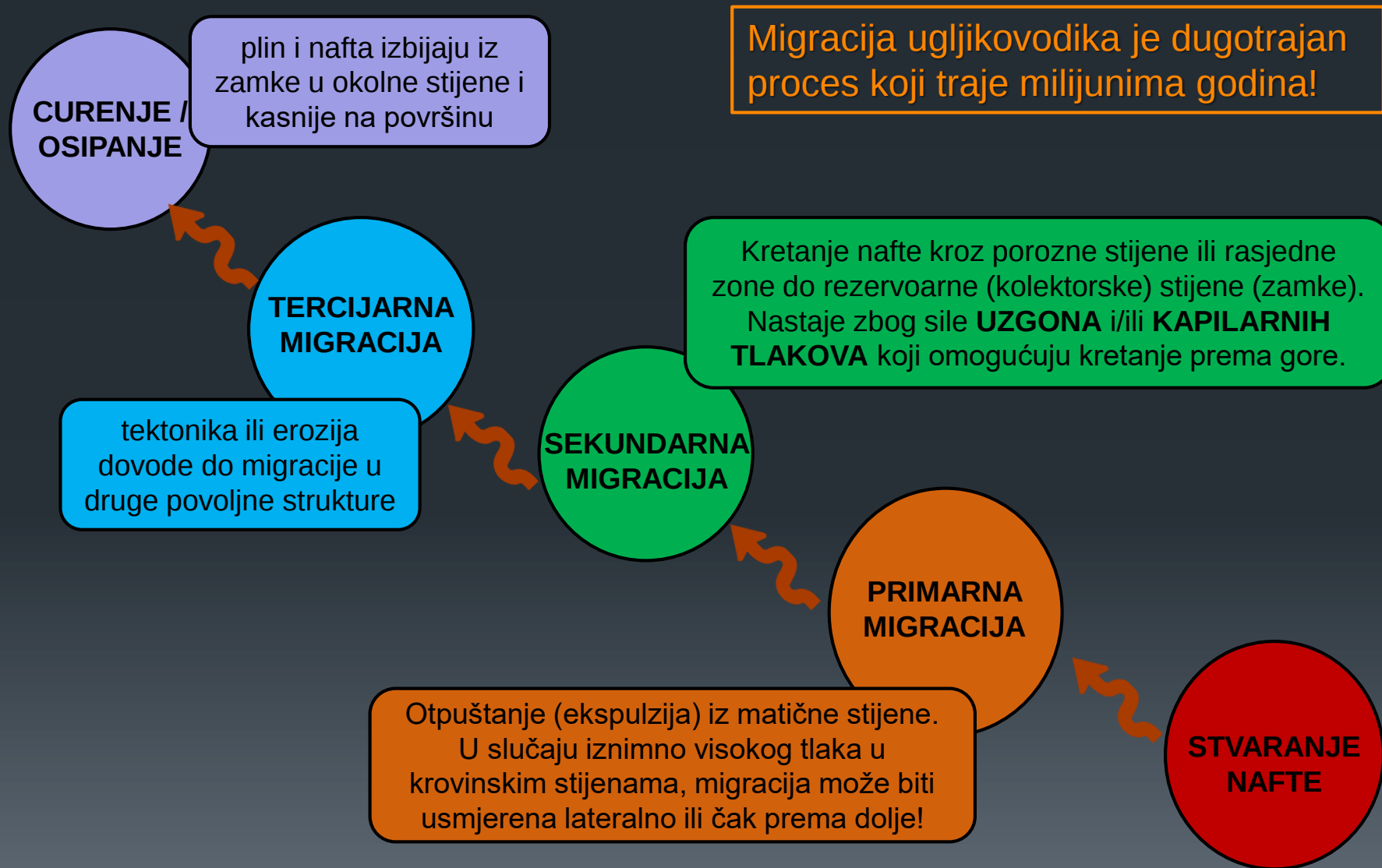
Stvaranje, migracija i nakupljanje ugljikovodika

8



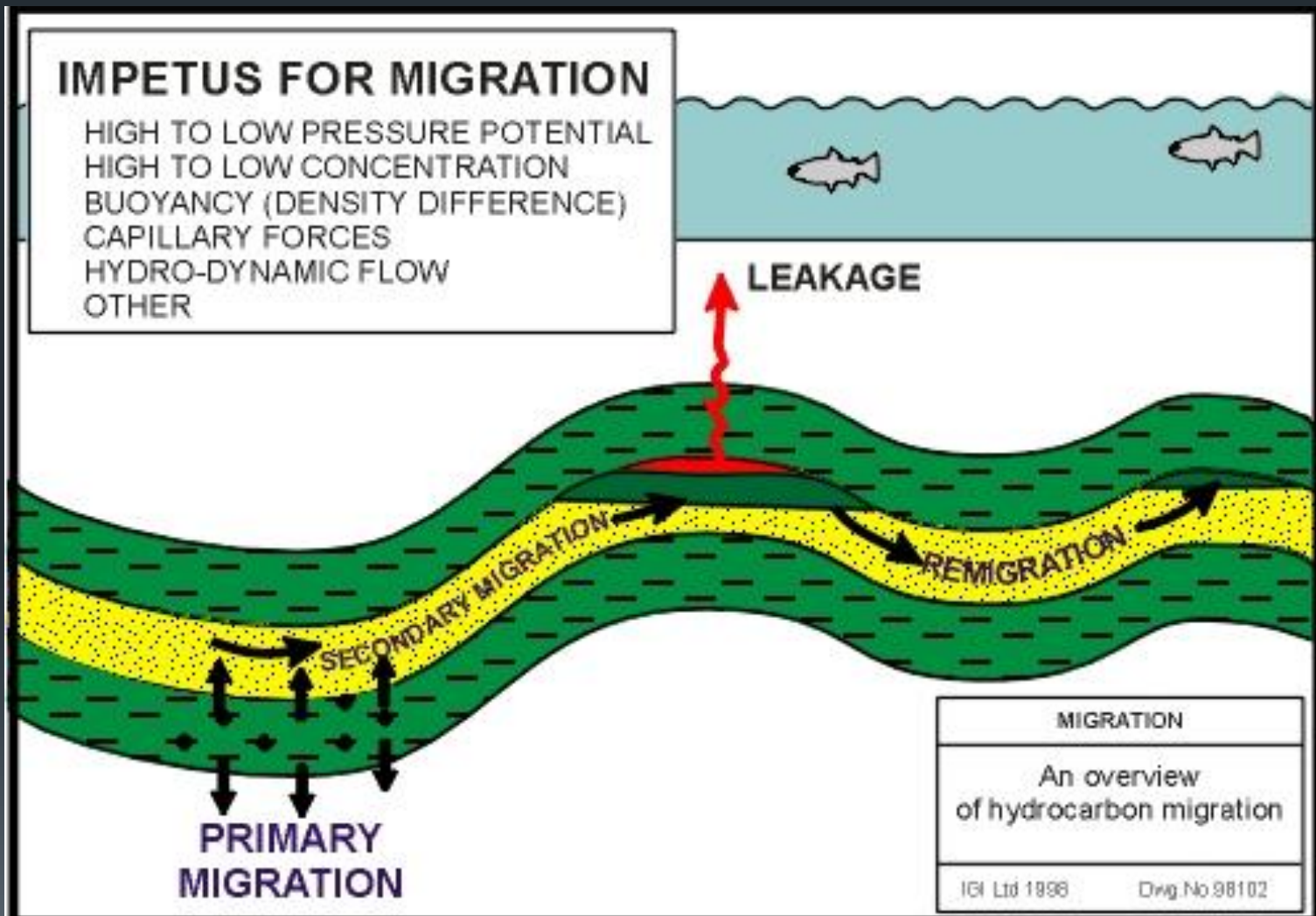
Proces migracije

9



Proces migracije

10



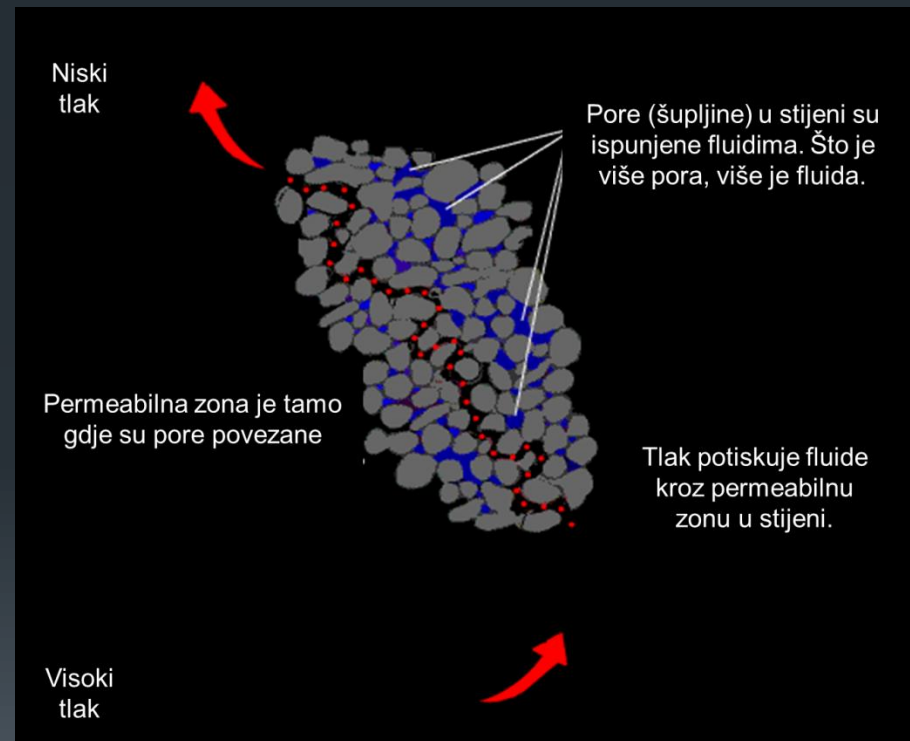
Primarna migracija

- U matičnim se stijenama stvaraju ili tekući ugljikovodici ili njihovi prekursori (organske kiseline, koloidni agregati).
- Stvaranjem ugljikovodika tijekom zatrpavanja povećava se tlak u pornim vodama **MATIČNE STIJENE**.
- Nastali ugljikovodici, plin i preostala OT, imaju veći volumen nego OT. Rezultat je **veći TLAK** u stijeni → posljedično raste porni tlak!
- 1 % OT zauzima 2,5 % volumena stijene u kojoj se nakuplja. Pretvorimo li OT u naftu, ona će zauzeti dodatnih 0,25 % volumena stijene.
- Dužina koju prevaljuju ugljikovodici tijekom primarne migracije je mala → između 10 cm i 100 m!

Kako ugljikovodici „izlaze” iz matične stijene?

12

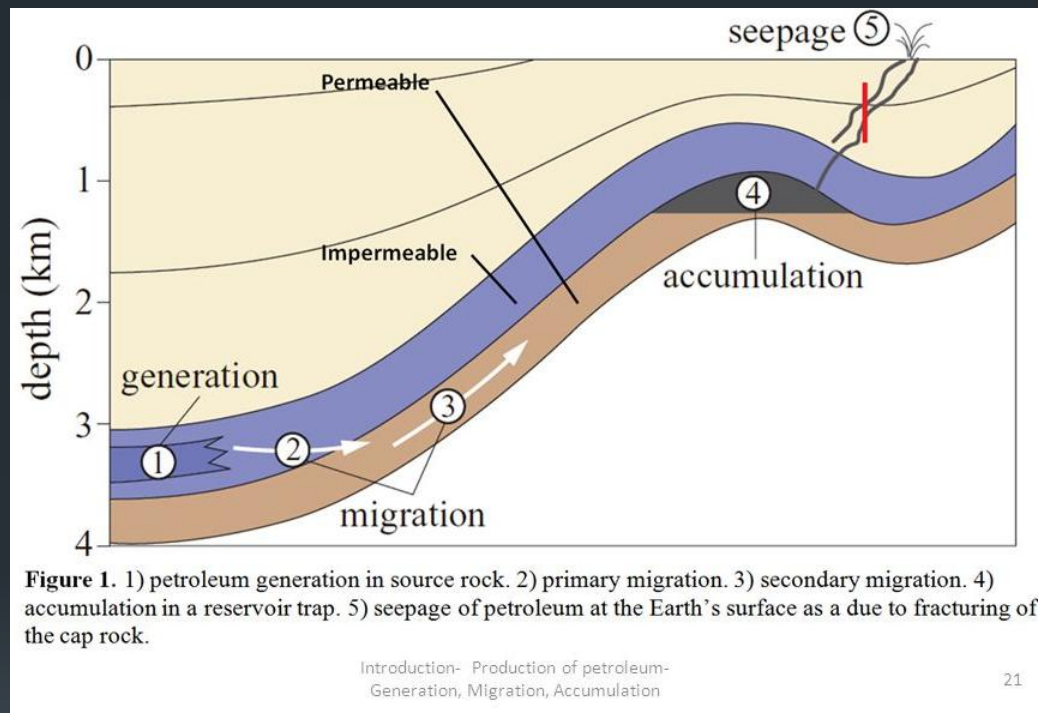
- Mogući mehanizmi:
- **Difuzija**
- razlika u koncentraciji fluida između matične i okolnih stijena potiče primarnu migraciju ugljikovodika (difuziju)
- spor, ireverzibilan proces
- problem: molekule veće od butana su prevelike da se kreću difuzijom
- **Kritična saturacija i mikropukotine**
- porni prostor puni se ugljikovodicima do razine kritične saturacije (oko 20 %), kada zbog povećanog tlaka višak ugljikovodika biva oslobođen iz matične stijene
- **Migracija ugljikovodika u otopini**
- npr. topivost metana raste s porastom temperature i tlaka
- Moguća za male molekule ugljikovodika, ali se njome ne može objasniti migracija nafte



Sekundarna migracija

13

- Migracija ugljikovodika kroz porozne i propusne stijene do rezervoarne stijene.
- Rezultat je **uzgona** (potiska), hidrodinamičkog toka i kapilarnog tlaka.
- Ugljikovodici se nakupljaju u vršnom dijelu ležišta.
- Većina slojeva ima nepravilnu površinu; kapljice se nakupljaju na lokalnim nepravilnostima.
- Kad je 20-30 % pornog prostora ispunjeno, nakupljanje će se pomaknuti zbog sile potiska (uzgona) uzduž ili u rezervoaru.

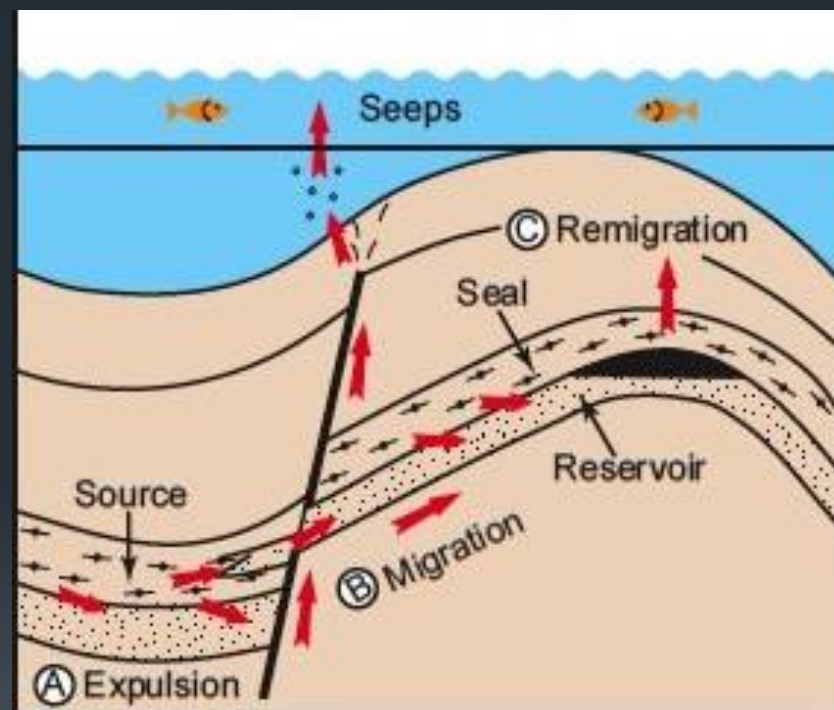


<https://slideplayer.com/slide/3869036/13/images/21/Summary+Introduction-+Production+of+petroleum-+Generation%2C+Migration%2C+Accumulation.jpg>

Sekundarna migracija

14

- Ugljikovodici „traže” najpropusniji dio stijene → kapilarne sile ih usmjeravaju prvo prema krupnozrnastijim naslagama, a kasnije prema sitnozrnastijim naslagama.
- Zapreke u slojevima uzrokuju nepravilan raspored ugljikovodika u stijenama.
 - U karbonatnim stijenama akumulacije su nepravilne zbog cementom ispunjenih pora.
 - U velikim pješčanim tijelima, tanko uslojeni šejlovi su nepropusne barijere
- Rasjedi koji prolaze akumulacijom razbijaju (segmentiraju) ležište ugljikovodika.
- Erozijom ili izdizanjem akumulacije bliže površini lakši ugljikovodici mogu izaći iz ležišta.
- Pucanjem krovinskih naslaga ugljikovodici migriraju vertikalno u pliće dijelove.

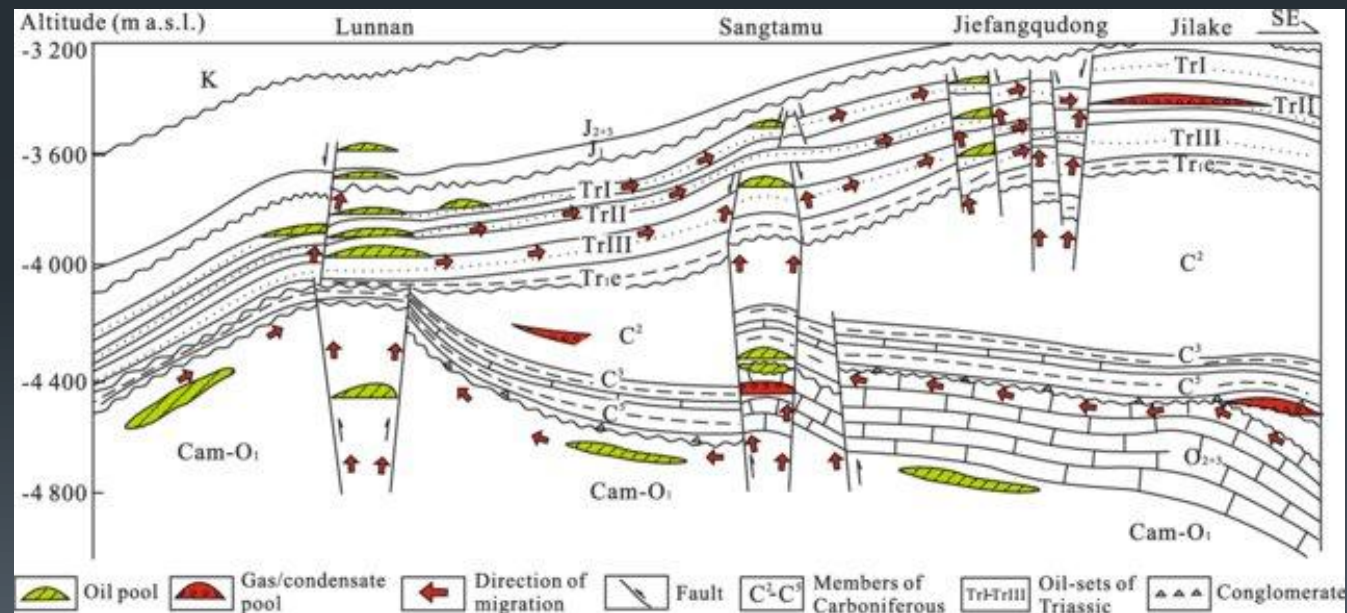


<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ47S13m3zVW-CASjW-sqPA9P5yat4KDxHNgg&usqp=CAU>

Putevi migracije

15

1. Rasjedni migracijski sistem – vertikalna migracija uslijed riftovanja bazena
2. Bočni migracijski sistem – platforme
3. Disperzijski migracijski sistem
4. Diskordancije
5. Pješčenjačka tijela



Zhao & Al-Aasm (2012):

https://www.researchgate.net/publication/252216758_New_Insights_into_Petroleum_Migration-Accumulation_Dynamic_Systems_and_Their_Division_within_Petroleum_Systems

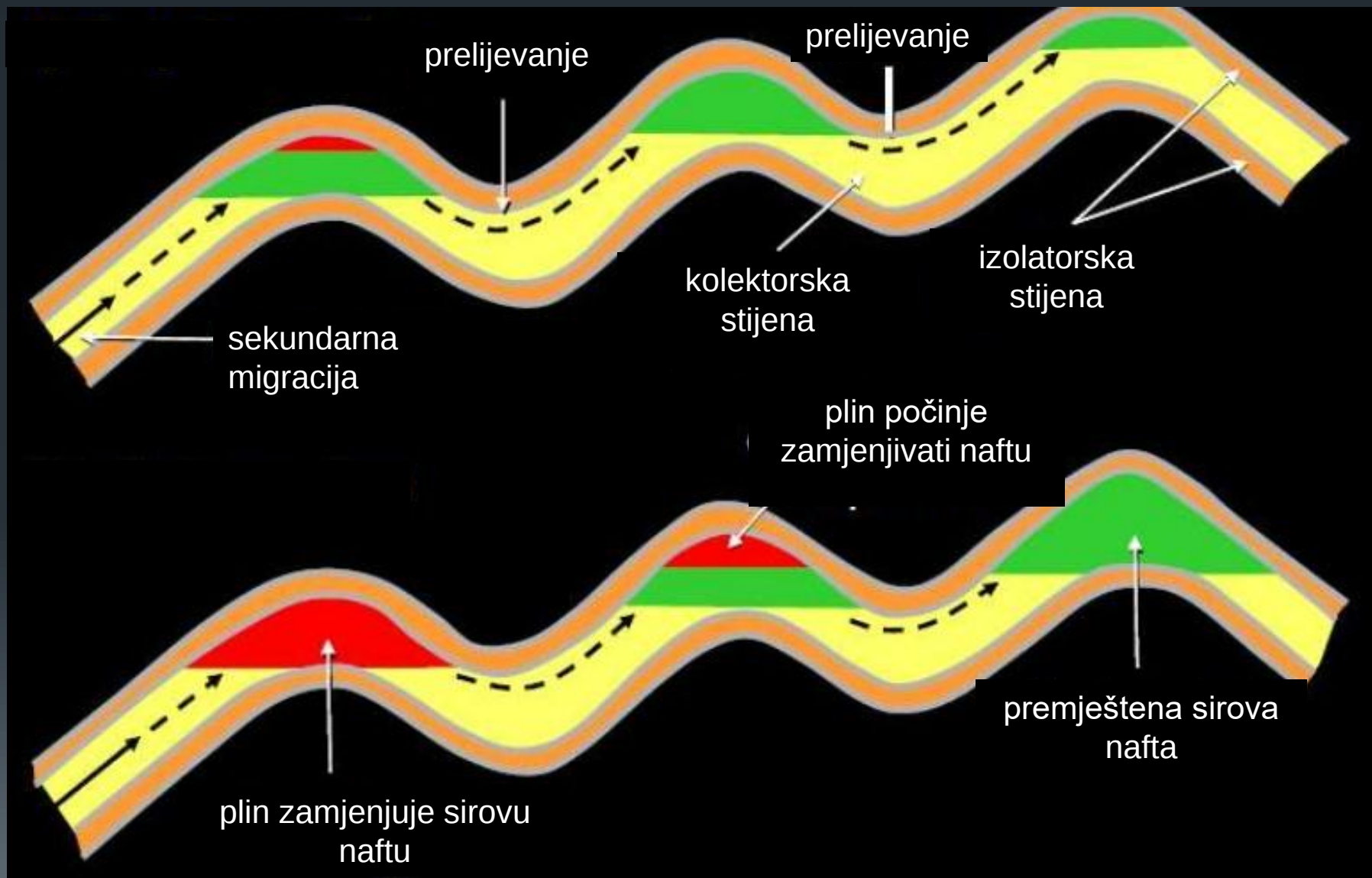
Sekundarna migracija (3:16)

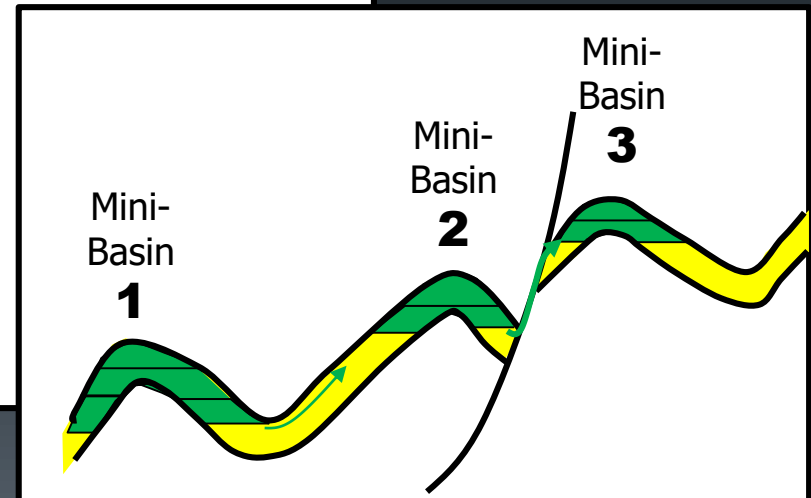
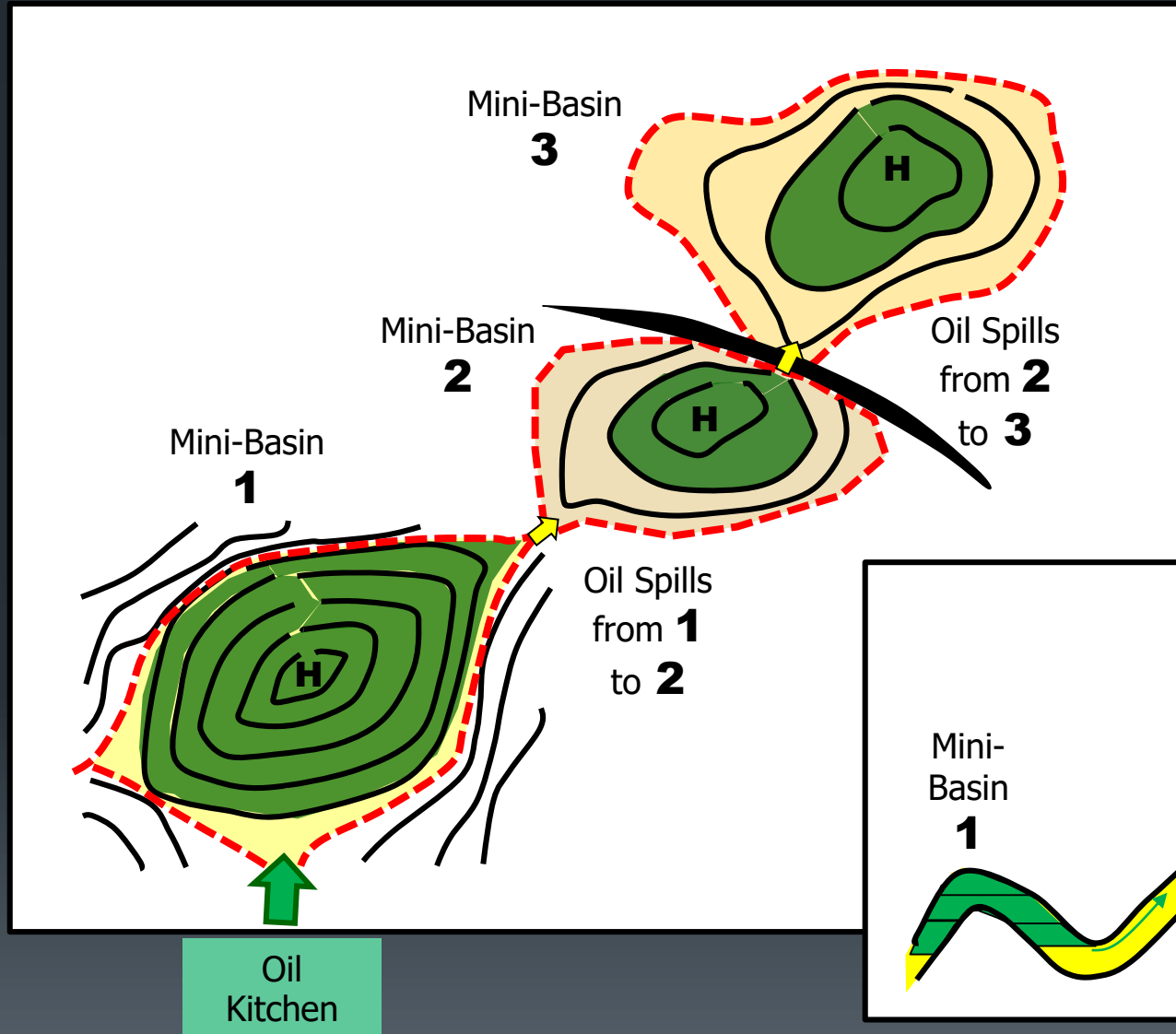
16



Tercijarna migracija

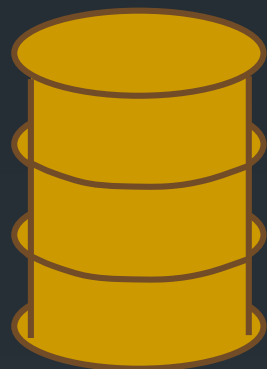
17



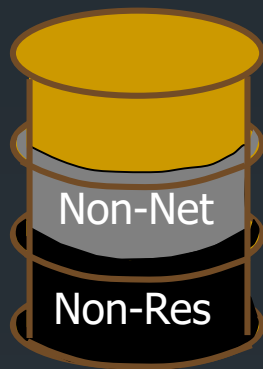


Koliki je volumen ugljikovodika u ležištu / zamci?

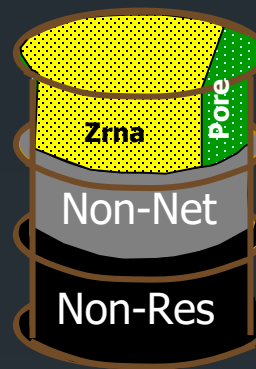
19



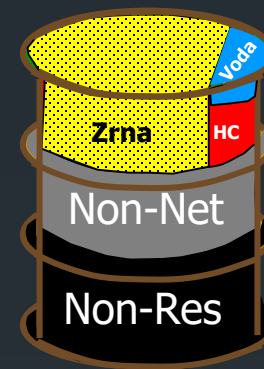
**Ukupni volumen
zamke**



**Volumen
rezervoarne
stijene**



**Volumen
pora**



**Volumen
ugljikovodika**

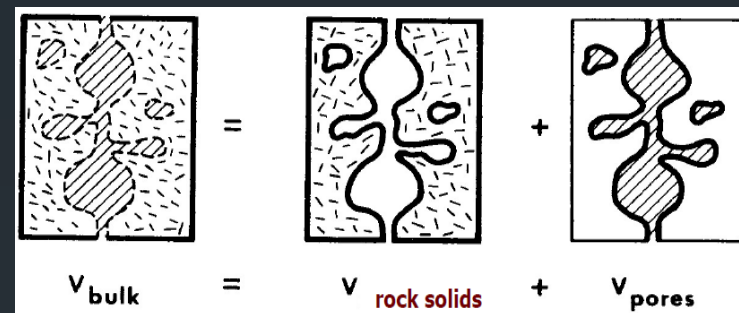
Dio ugljikovodika uvijek ostaje „zarobljen” u ležištu → ne može se iscrpiti 100 %!

Faktori koji utječu na migraciju ²⁰

1. litološki sastav i kompakcija sedimenta

- **POROZNOST** (šupljikavost) stijene

$$\phi (\%) = V \text{ pora u stijeni} / V \text{ uzorka} \times 100$$



2. kemijski sastav fluida u porama

- ugljikovodici i njihovi prekursori otopljeni u pornoj vodi, iz otopine se oslobađaju zbog promjene saliniteta i kemijskih osobina porne vode
- neki minerali u porama sadrže vodu, a s porastom temperature i tlaka tijekom zatrpavanja voda se oslobađa iz minerala dajući dodatni impuls za migraciju

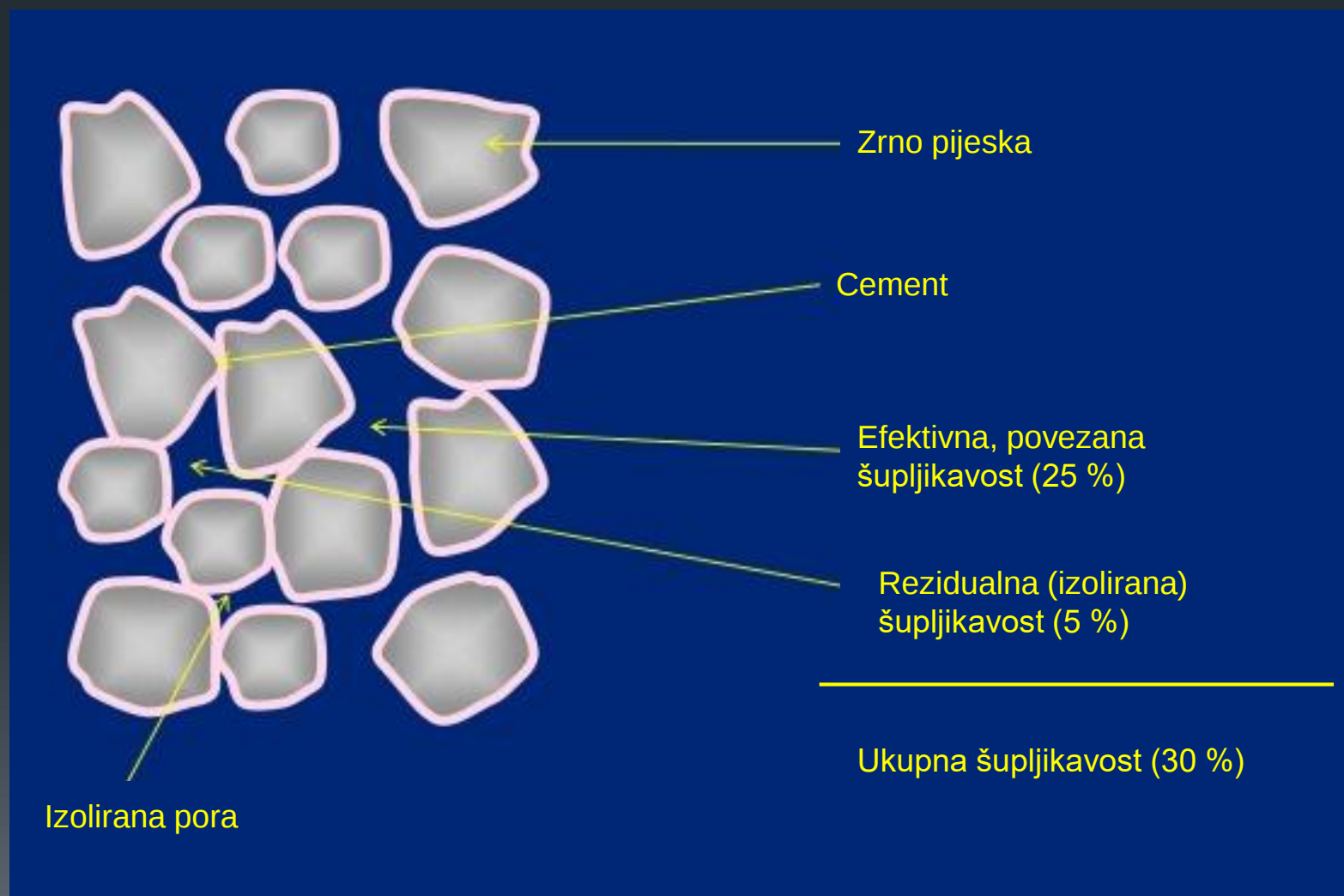
3. hidrodinamika pornih fluida

- Ugljikovodici se koncentriraju u središtima pora, dok se porna voda zadržava uz površine minerala, čime se stvaraju mikro-sile za pokretanje migracije

4. tlak i temperatura

Poroznost (šupljikavost)

21



Poroznost ovisi o:

22

a) Obliku i veličini čestica i načinu na koji su one raspoređene u stijeni

b) Veličini i broju pora

- U matičnoj stijeni na dubini od nekih 900 m pore su promjera 100 Å, na dubini od 3600 m 25 Å (tek neznatno veće od molekule bitumena)
- MAKROPORE (> 50 nm)
- MEZOPORE (2-50 nm)
- MIKROPORE (0,8-2 nm)
- ULTRAMIKROPORE

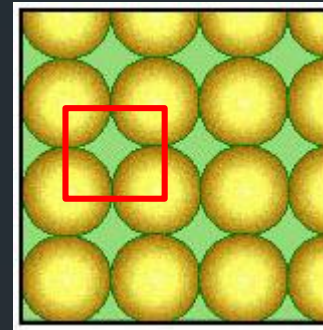
→ Što to znači za modele migracije?

c) Sortiranosti

d) Dubini zalijeganja, kompaktaciji i cementaciji

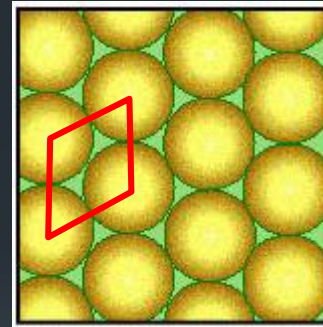
e) Otapanju

f) Frakturiranju stijene



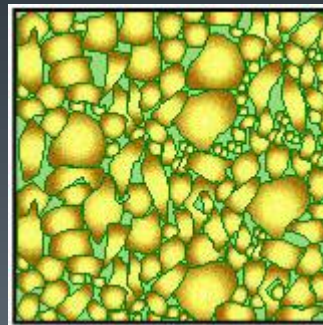
Kubično pakiranje dobro sortiranih sferičnih zrna

$$\Phi = 47 \%$$



Romboedarsko pakiranje dobro sortiranih sferičnih zrna

$$\Phi = 26 \%$$



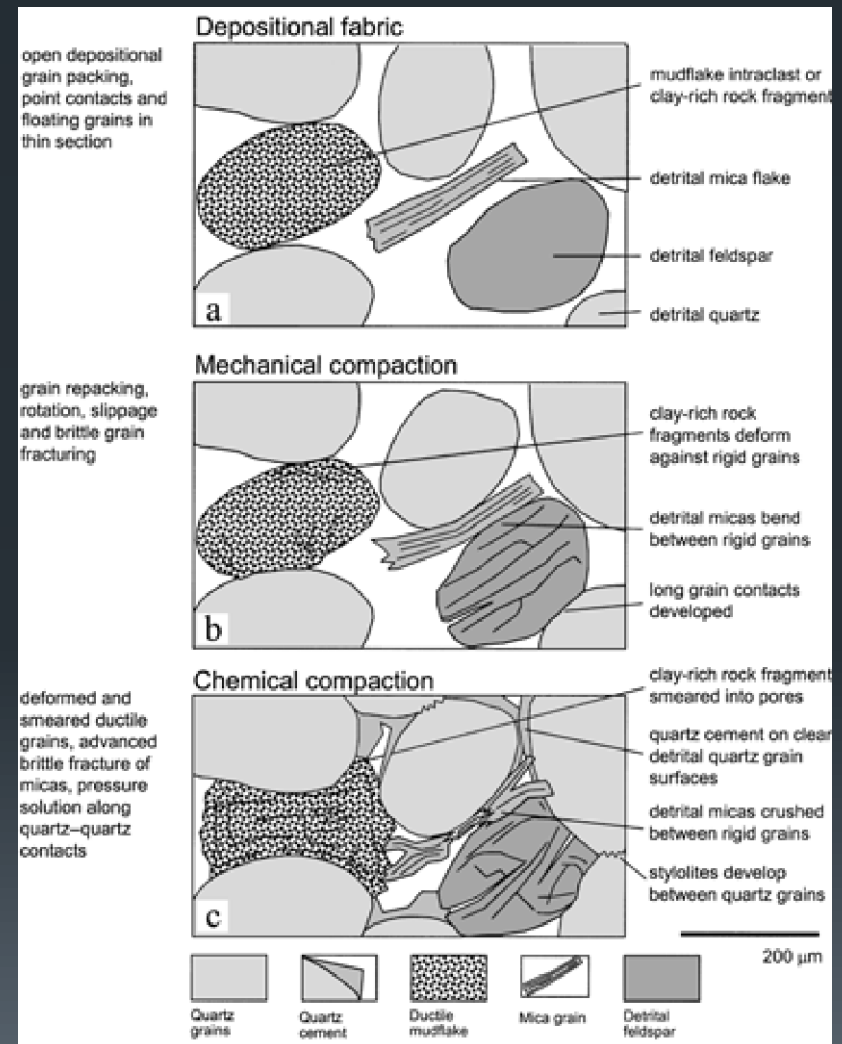
Nejednoliko pakiranje loše sortiranih zrna nepravilnog oblika

$$\Phi = 5-25 \%$$

Šupljikavost u pješčenjacima

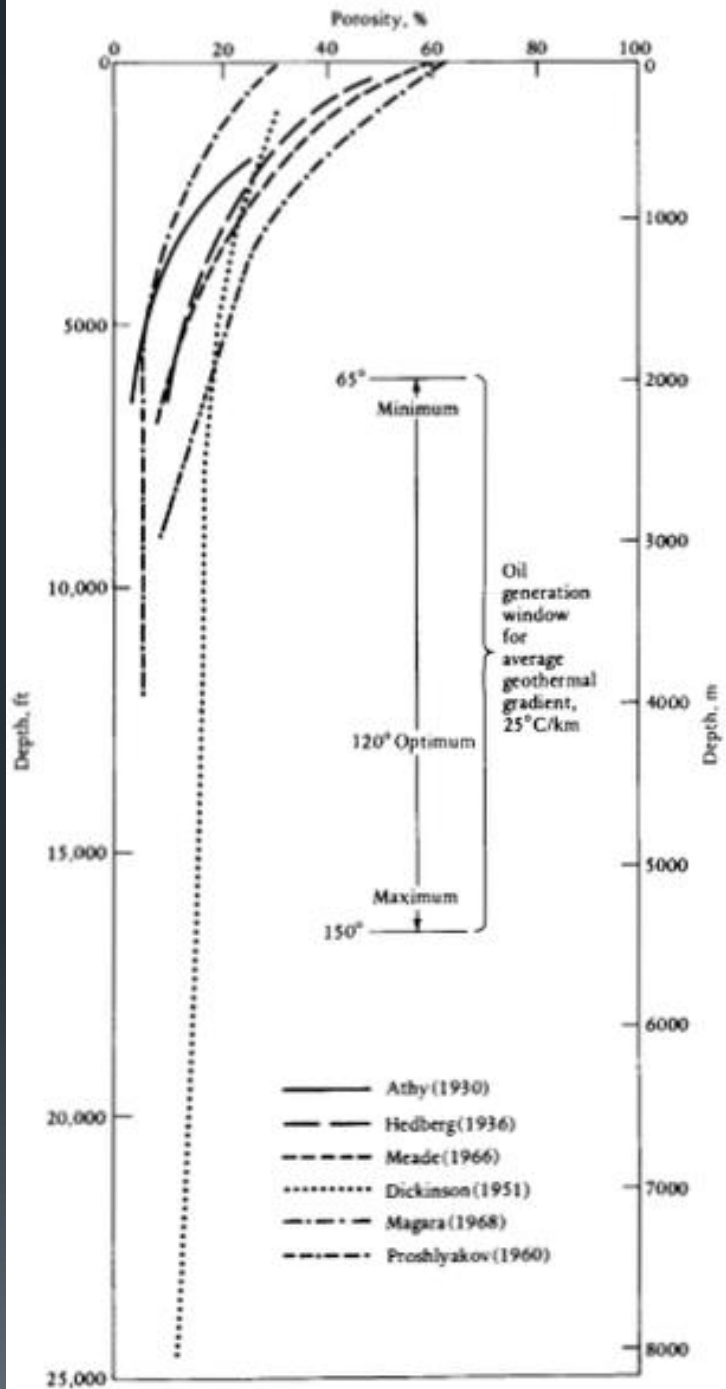
23

- Prevladava **međuzrnska (intergranularna)** šupljikavost.
- Do 40 % kod rahlih pijesaka s dobro sortiranim i zaobljenim zrnima (neposredno nakon taloženja).
- Porastom dubine zalijeganja dolazi do kompakcije, otapanja, izlučivanja autigenih minerala, nastanka cementa → smanjenje šupljikavosti.
- Poroznost (i propusnost) pješčenjaka ovise o veličini zrna, **sortiranosti i načinu slaganja** → djelomično predvidive vrijednosti, za razliku od karbonata!

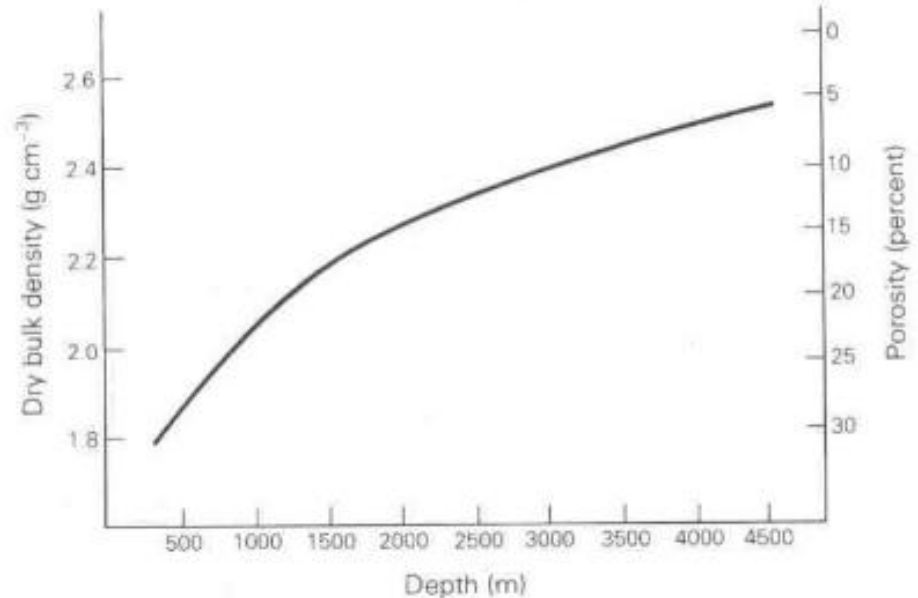


Na koji način dubina i kompakcija utječu na poroznost?

24



Source: North, F.K. (1985) *Petroleum Geology*, Allen & Unwin



Average clay-rock density and porosity values as compiled by Dickey (1975)

Šupljikavost u karbonatnim stijenama

- Karbonatne stijene odlikuje više tipova šupljikavosti u usporedbi s pješčenjacima.
- Šupljine nastaju uslijed otapanja, izluživanja, rekristalizacije, erozije, trošenja, pucanja.
- Velike varijacije u tipovima pora i kontinuitetu poroznosti.



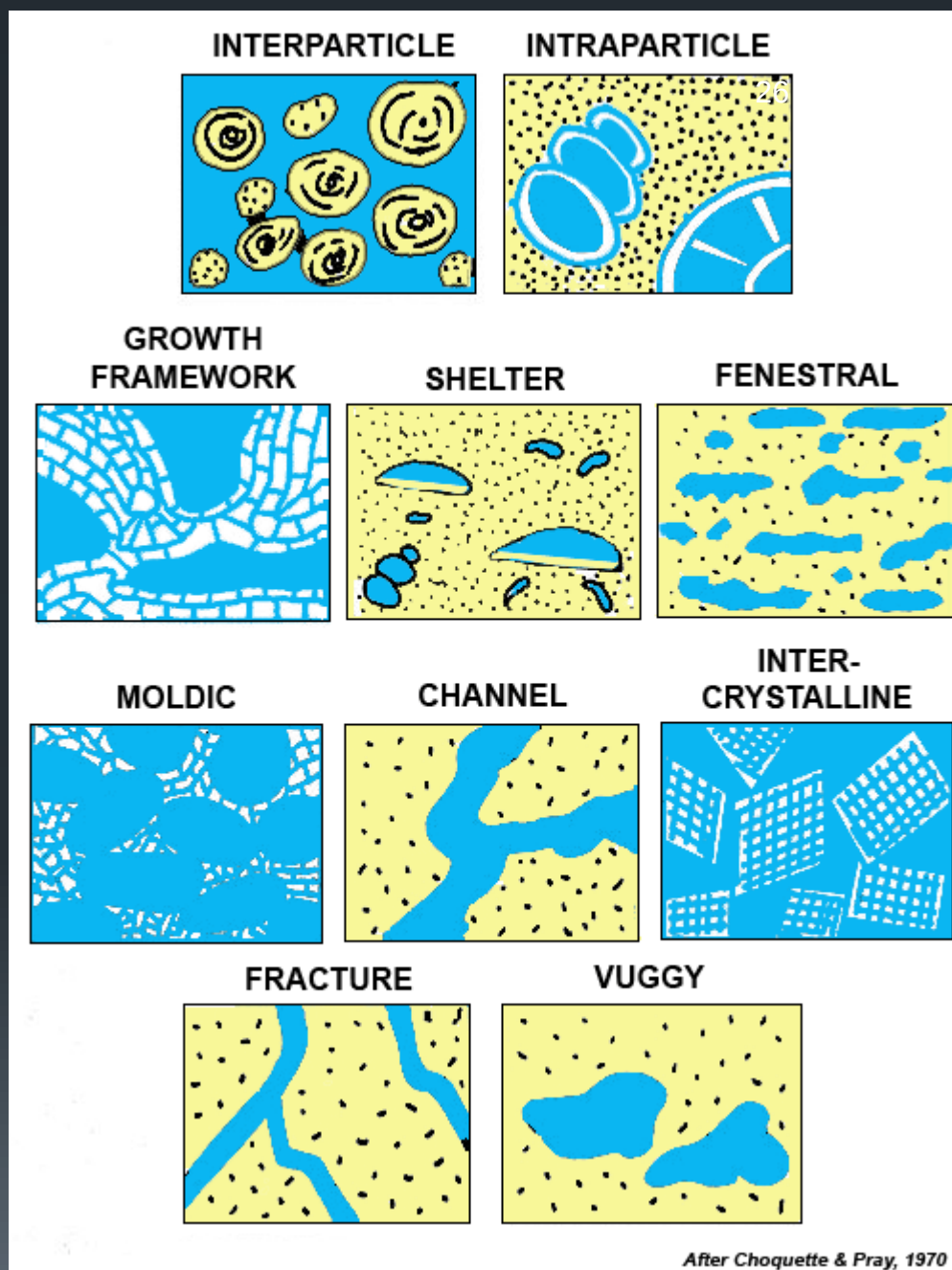
Poroznost u karbonatima može biti:

■ PRIMARNA

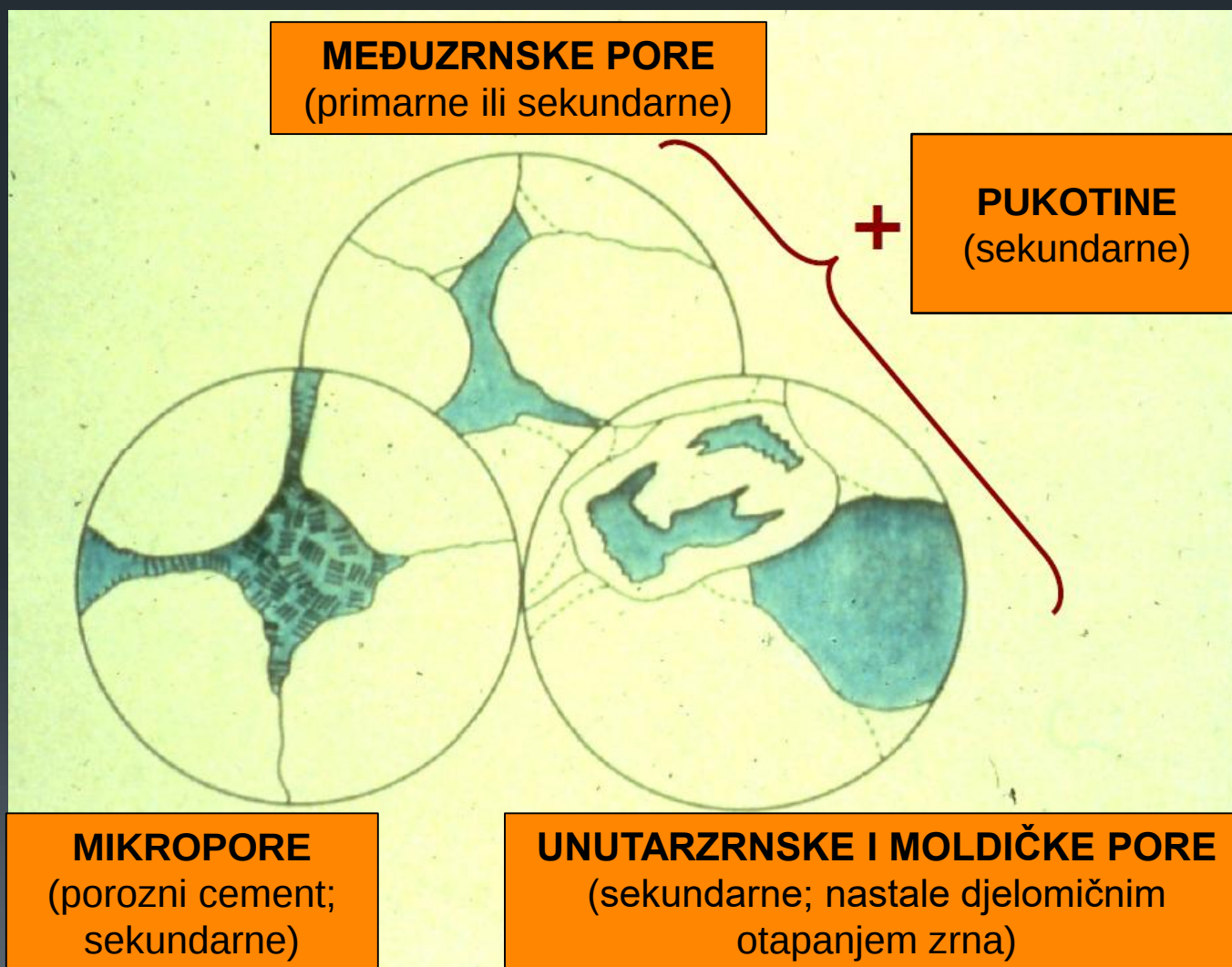
- Sinsedimentacijska, „urođena”
- poroznost biogene skeletne rešetke – grebeni
- unutar skeletna – rudisti, koralji
- međuskeletna
- unutarzrnska poroznost – klijetke skeleta
- međuzrnska poroznost – kao kod pješčnjaka
- fenestralna – nepravilne šupljine
- sklonišna ili kišobranska – ispod konveksno okrenutih ljuštura

■ SEKUNDARNA

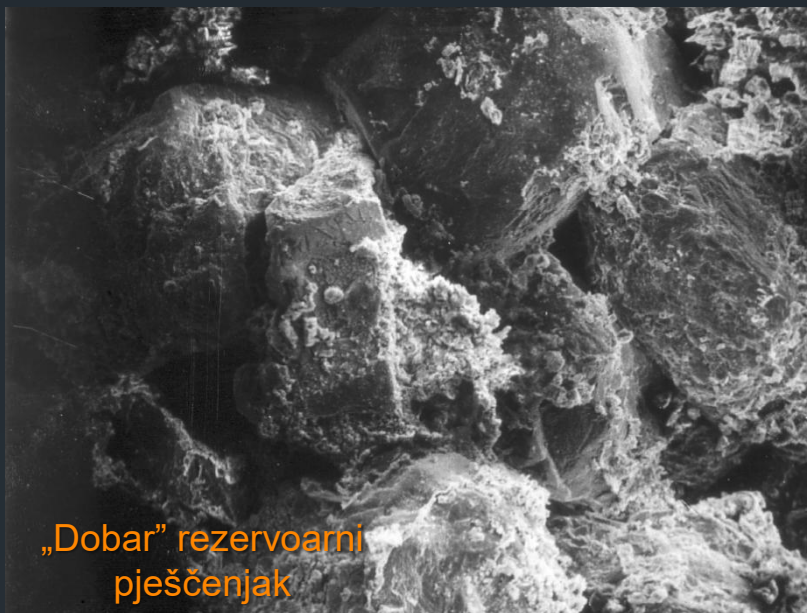
- nastala nakon taloženja (stečena, postsedimentacijska)
- interkristalna – između kristala, npr. kasnodijagenetski dolomiti
- moldička ili kalupna – otapanje ooida, fosila
- šupljinska (*vug*, *vuggy*) – selektivno, nepravilno otapanje stijena
- kanalna
- špiljska
- prslinska
- bioturbacijska



Tipovi pora

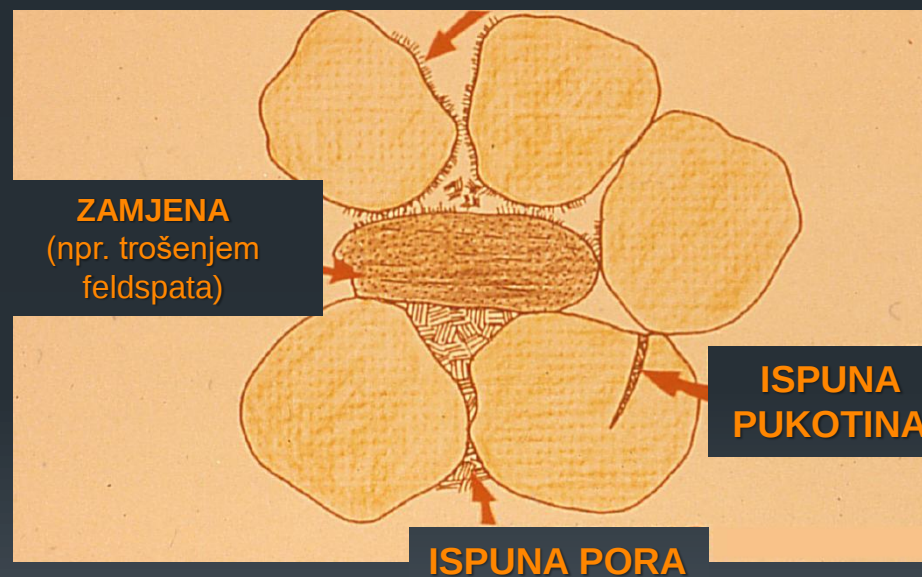


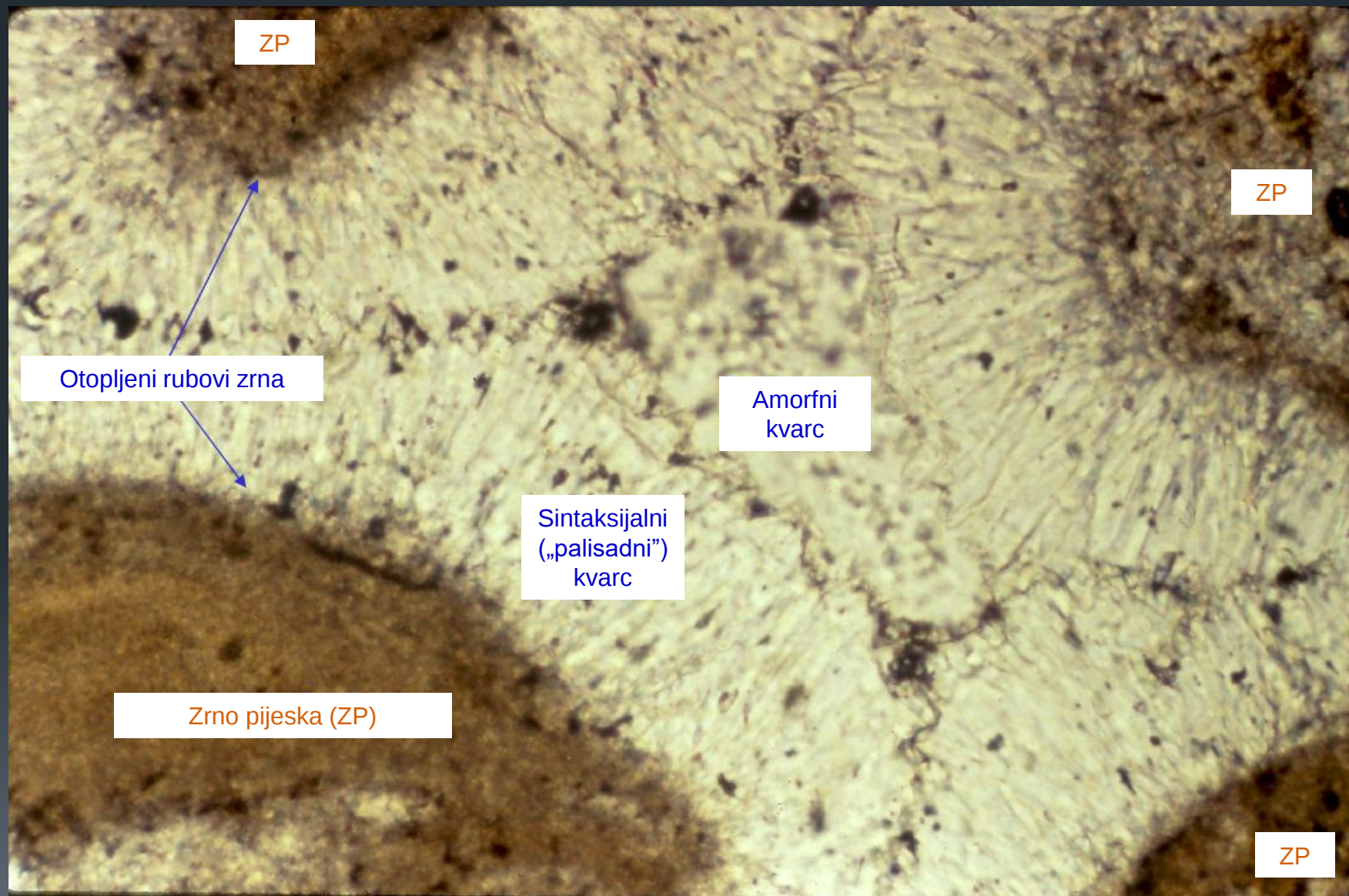
1 mm

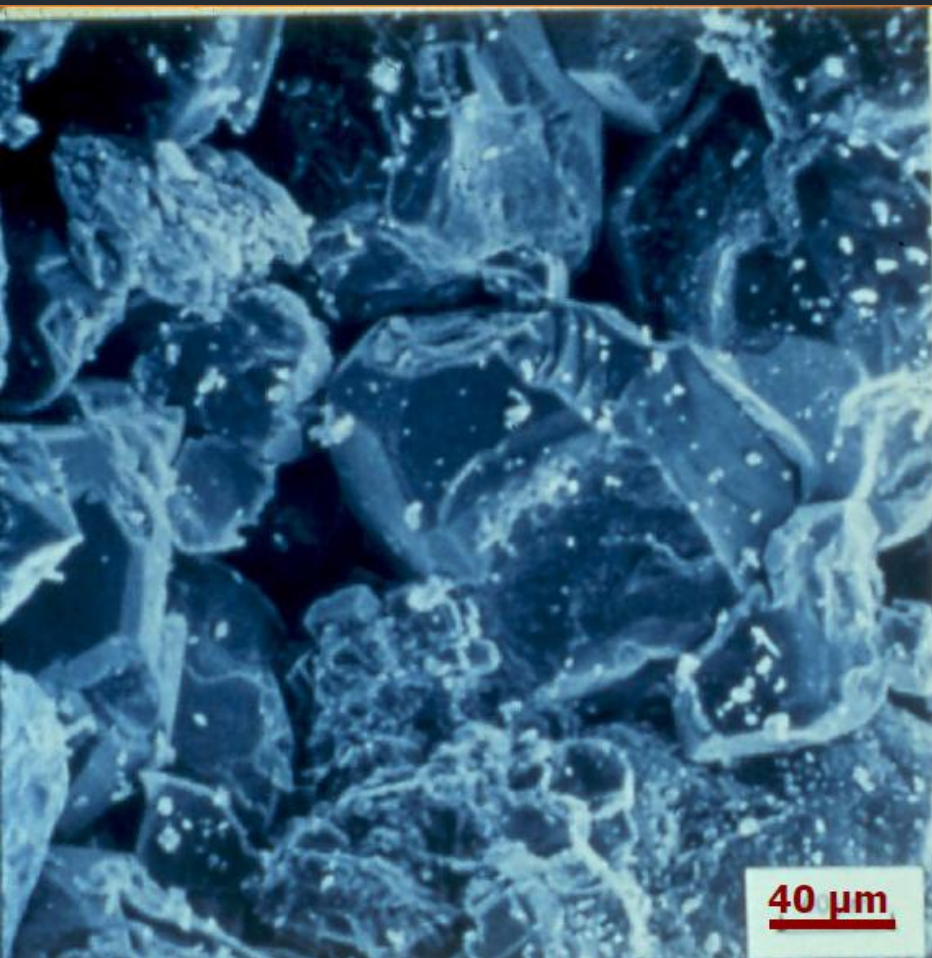
1 μm 

Zašto nalazimo glinu u pješčenjacima?

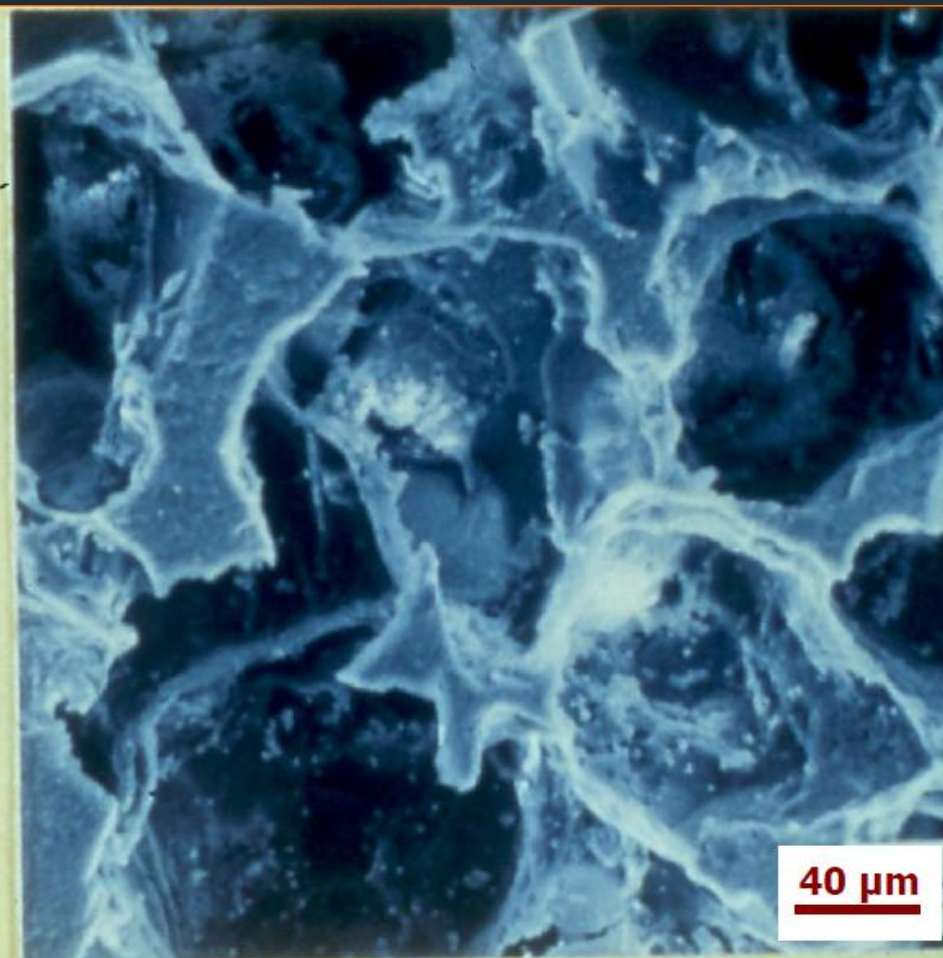
OBLAGANJE PORA







Visoka poroznost, malo cementa



„Inverzija” poroznosti: zrna su se otopila (moldička poroznost), a ono što su prije bile pore sad je kruti pseudo-okvir

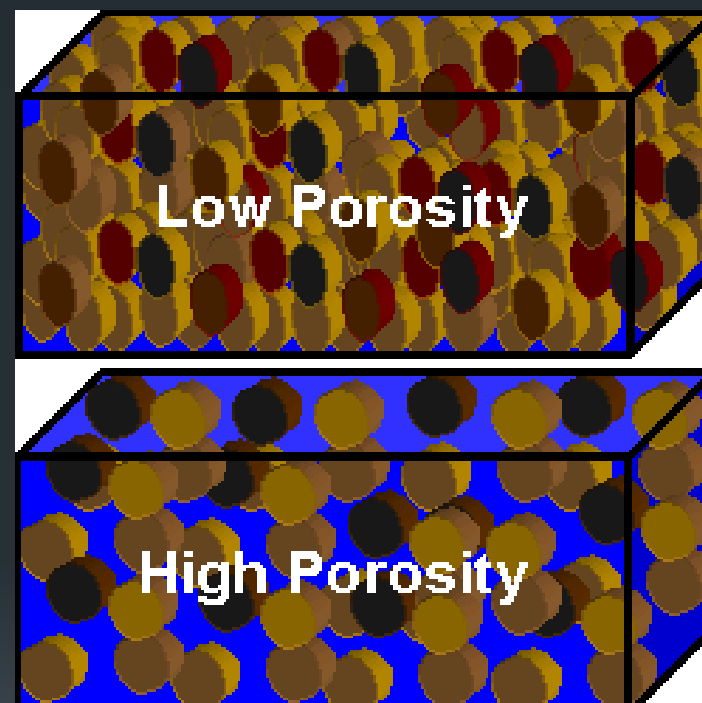
Što je dobra poroznost (u rezervoarnim stijenama)?

31

- 0 – 5 % - zanemariva
- 5 – 10 % - slaba
- 10 – 15 % - zadovoljavajuća
- 15 – 20 % - dobra
- > 20 % - vrlo dobra

Praktična primjena:

- u pješčenjacima najmanja vrijednost 8 %
- u vapnencima 5 %



GEOMETRIJA PORA:
oblik pora
veličina pora i njihov raspored

utječu na

Količinu i brzinu
proizvodnje ugljikovodika

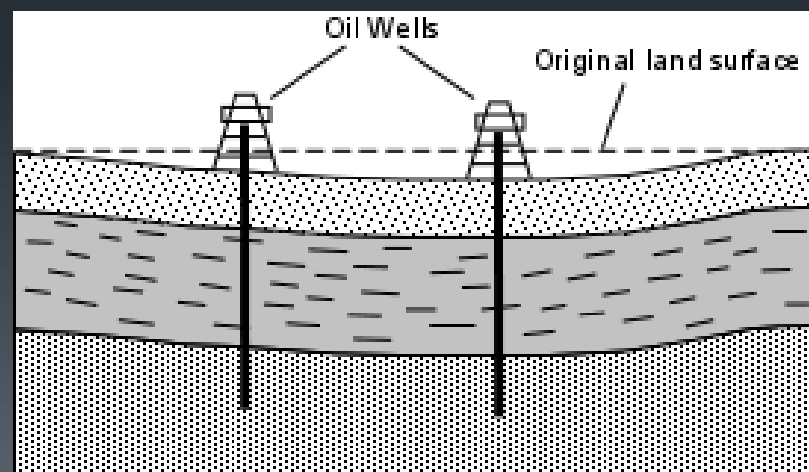
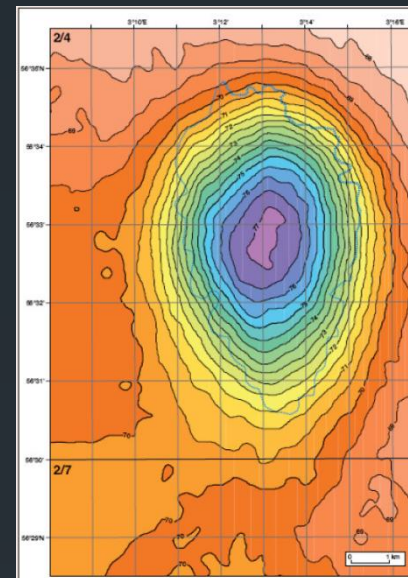
Što se događa s porama prilikom crpljenja ugljikovodika?

32

Proizvodnja / crpljenje ugljikovodika uzrokuje smanjenje tlaka fluida u porama, što utječe na pojačan međuzrnski pritisak, što dovodi do smanjenja pora (kompakcije).

Kao posljedica kompakcije pora, može doći do slijeganja, kao što je npr. slučaj s područjem:

- oko naftnog polja Ekofisk u Sjevernom moru, gdje je došlo do slijeganja morskog dna za 8 m od početka proizvodnje 1975. godine
- oko polja Wilmington u blizini Los Angelesa



Nije sve u poroznosti; za geologiju ugljikovodika bitno je da je stijena propusna (permeabilna), tj. da su pore povezane

PROPUSNOST ili PERMEABILNOST

omogućuje kretanje fluida u
porem prostoru

Darcy-ev zakon:

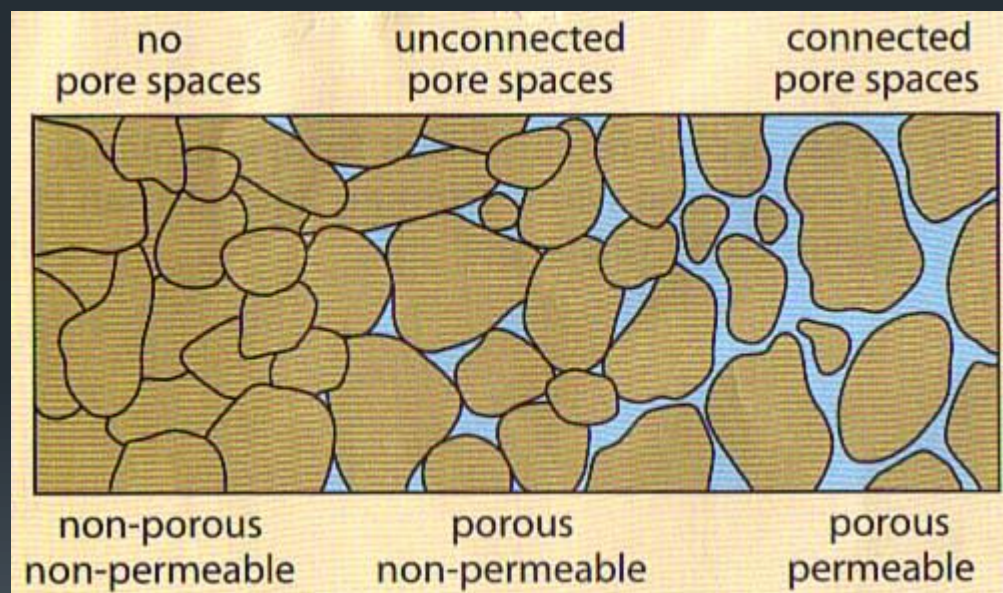
$$Q = \frac{kA}{\mu}$$

Q = protok (volumen u jedinici vremena)

k = permeabilnost

A = površina

μ = viskozitet fluida



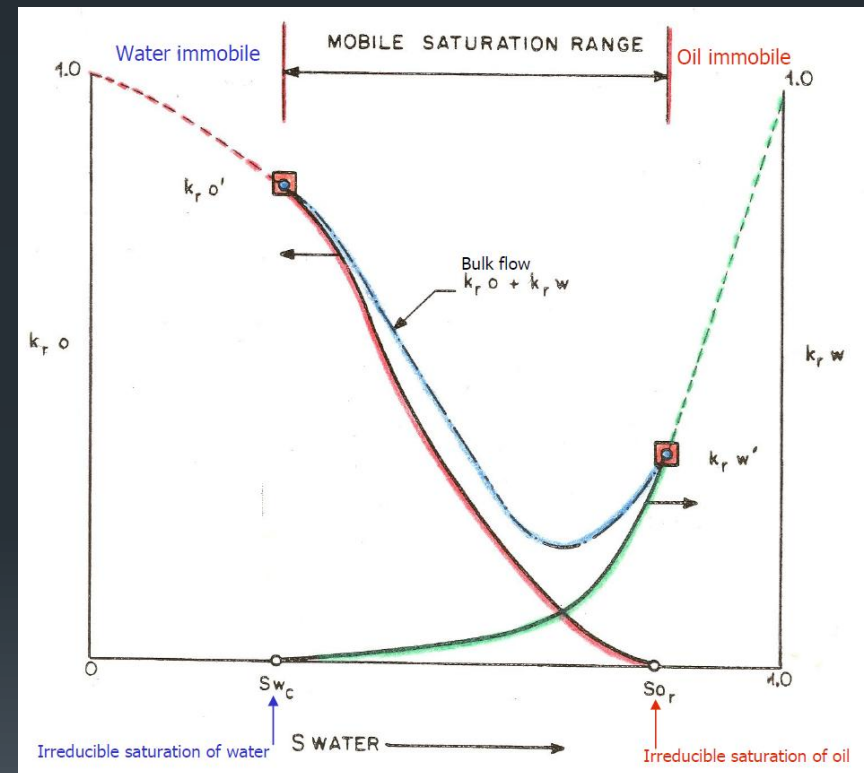
Rezervoarne stijene: 100 do
10 000 milidarsija (mD)

Propusnost može biti primarna i
sekundarna, analogno poroznosti.

Apsolutna, efektivna i relativna propusnost

34

- **Apsolutna propusnost** → mjera propusnosti homogenog fluida kroz stijenu (npr. u slučaju jednog fluida u stijeni, tj. 100 % zasićenja jednim fluidom)
- **Efektivna (fazna) propusnost** → permeabilnost stijene za određeni fluid u višefaznoj sredini (npr. kad se u stijeni nalaze dva ili više fluida)
 - smanjenjem zasićenja jedne faze smanjuje se i njena propusnost (što je veće zasićenje vodom, to je manja propusnost za naftu)
- **Relativna propusnost** stavlja u odnos efektivnu i apsolutnu propusnost za određeni fluid → varira od 0 kod malih zasićenja do 1,0 kod 100 % zasićenja jednim fluidom.



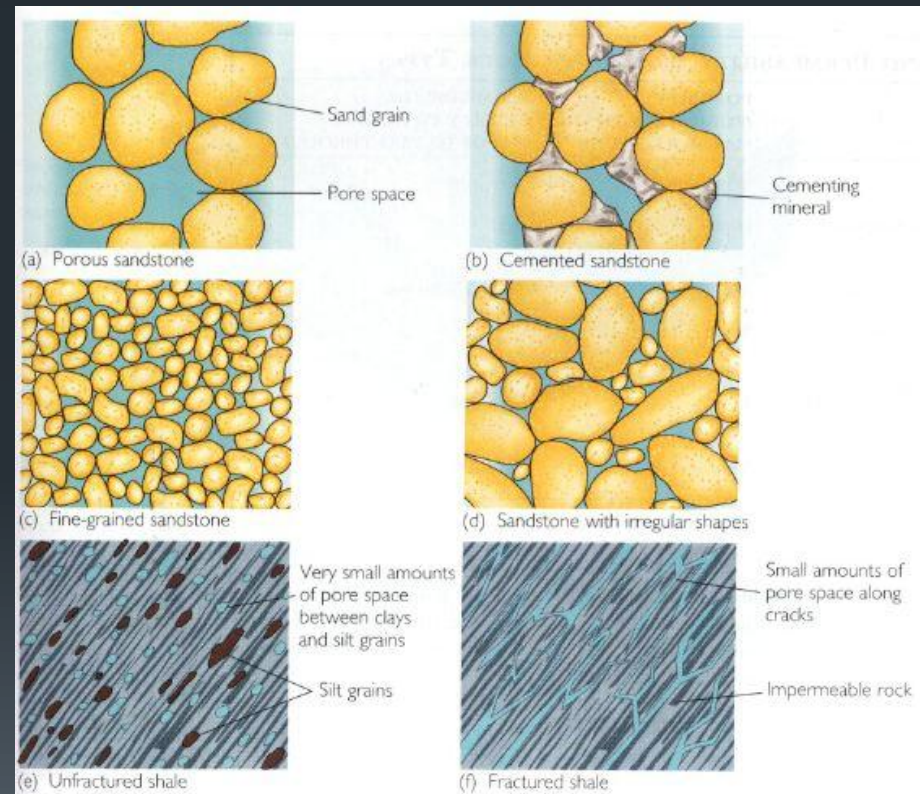
Preuzeto iz Nemec (2011) Principles of petroleum reservoir engineering. Short Course No. 1

Koji geološki čimbenici najviše utječu na propusnost?

35

1. Oblik, veličina i slaganje zrna

Manja zrna	→	Manja permeabilnost
Bolja sortiranost	→	Veća permeabilnost
Bolja zaobljenost zrna	→	Veća permeabilnost

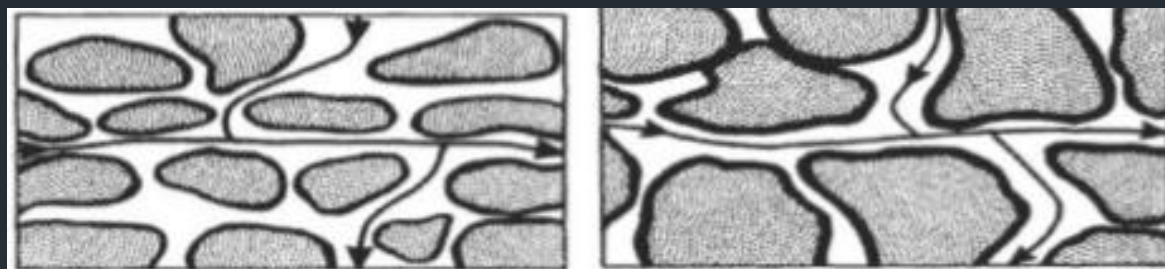


2. Intenzitet cementacije

3. Procesi pucanja i otapanja



Horizontalna i vertikalna permeabilnost mogu se znatno razlikovati ako se stijena sastoji od velikih i plosnatih zrna međusobno orijentiranih paralelno s najdužom osi, listićavih minerala i ako je stijena izrazito laminirana.



Pravila migracije nafte i plina:

- Pri > 10 mD nafta migrira bez „vanjske pomoći”
- Pri > 1 mD plin migrira bez „vanjske pomoći”
- Kad je permeabilnost između 1 i 10 mD stijena treba „pomoć” za migraciju/crpljenje nafte

Poroznosc i propusznosc (1:52)

37

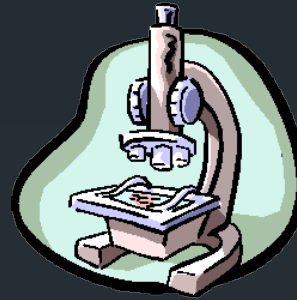


Kako mjerimo porozitet/šupljikavost?

38

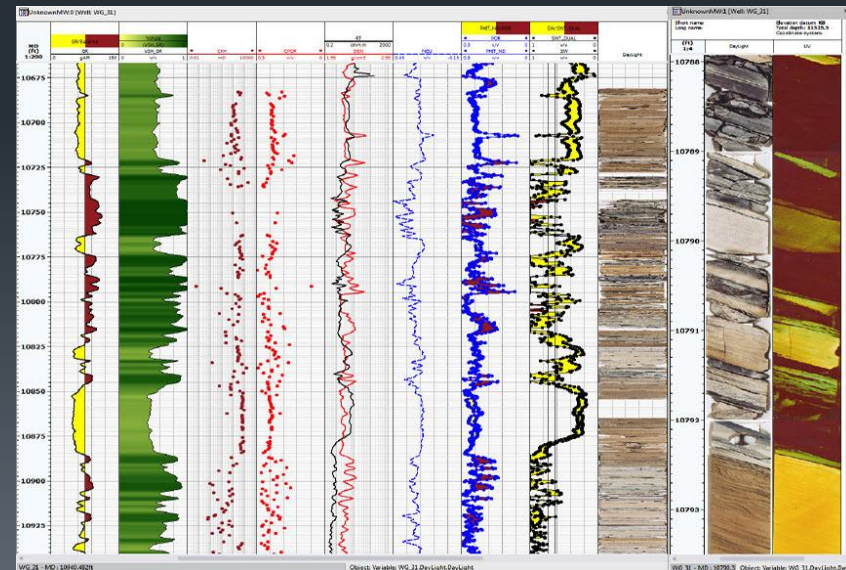
Izravne metode:

- Analiza jezgara
- Analiza nabrusaka
- Metoda „istiskivanja” fluida
 - $\text{Porozitet (\%)} = V_{\text{vode}} + V_{\text{nafte}} + V_{\text{plina}}$
- Metoda „uranjanja”
 - u ispitivani uzorak se utiskuje fluid
 - $\text{Porozitet (\%)} = V_{\text{utisnutog fluida}}$



Neizravne metode:

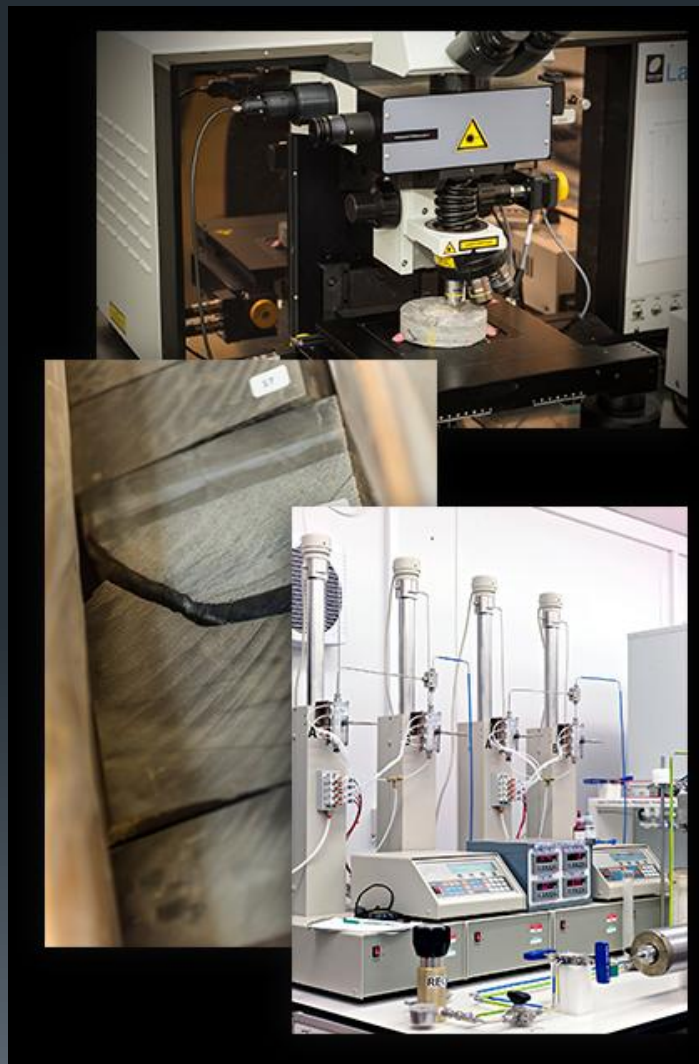
- Bušotinska karotaža
 - Konvencionalna elektrokarotaža
 - Karotaža mikrouređajima
 - Radioaktivna karotaža
 - Zvučna karotaža



Analiza jezgrovanog materijala³⁹

Analiza nabrusaka

Mjerenje
volumena pora



Mjerenje
volumena zrna
Boyle-ovom
metodom

Mjerenje
volumena uzorka
(Arhimedov
zakon)

Laboratorijske metode određivanja šupljikavosti⁴⁰

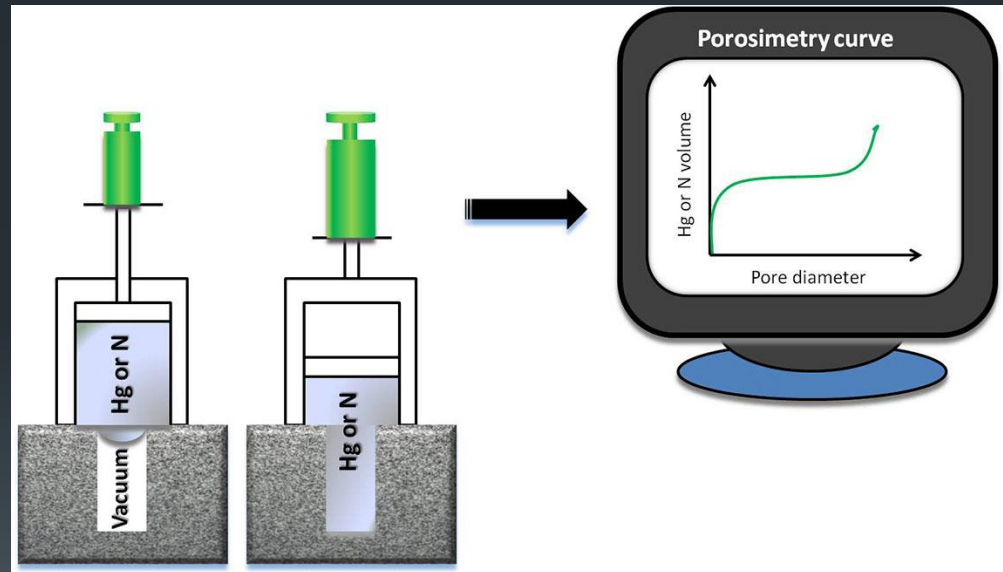
Dvije skupine uzoraka:

- svježí uzorci zasićeni fluidima
→ mjeri se ukupna količina prisutnih fluida, što je mjera poroznosti
- očišćeni uzorci iz kojih su ekstrahirani fluidi
→ mjere se temeljne vrijednosti:
 1. ukupni obujam uzorka stijene
 - mjeri se obujmom istisnute kapljevine u posudi, koji se određuje:
 - volumetrijski → **PIKNOMETAR**
 - gravimetrijski → mjerenjem težine uzorka prije i nakon uranjanja uzorka u kapljevinu
 2. obujam šupljinskog prostora
 3. obujam mineralnog dijela stijene ili obujam zrna

Laboratorijske metode određivanja šupljikavosti⁴¹

Mjerenje obujma pornog prostora vrši se:

- Ekstrahiranjem kapljevine
 - pomoću **POROZIMETRA** → mjeri se obujam zraka koji se izvuče iz šupljina stvaranjem vakuuma
- Zasićenjem pora
 - npr. kod karbonata, koji se uranjaju u tetraklorugljik

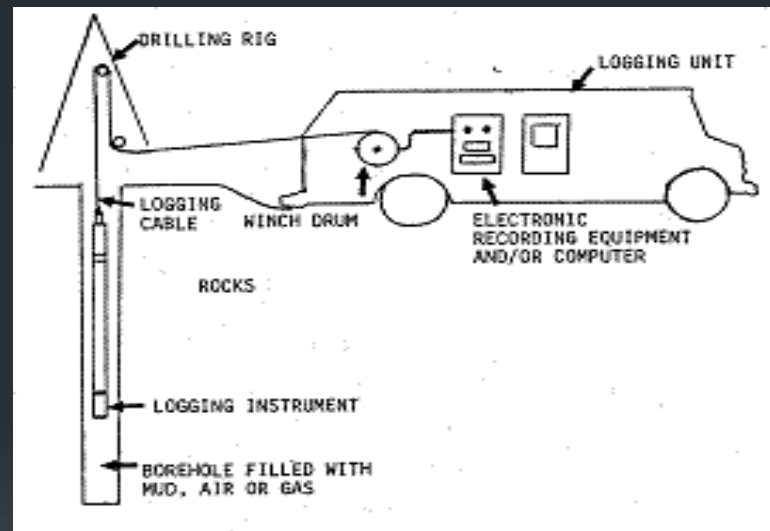


Određivanje šupljikavosti geofizičkim mjerenjima (karotažom)

42

Karotažom se određuju fizičke karakteristike stijena i fluida:

- sastav stijena
- granice slojeva
- kompaktiranost
- razlomljenost
- gustoća
- vodljivost
- otpornost

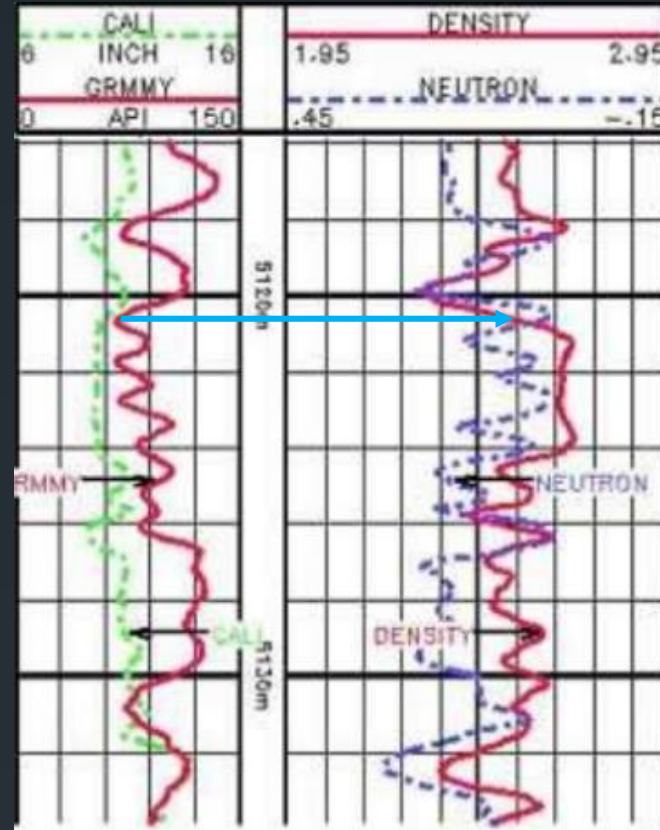


Sonde se povlače kroz istražnu bušotinu, a promjene se registriraju na instrumentima na površini.

Određivanje šupljikavosti geofizičkim mjeranjima (karotažom)

- Šupljikavost se određuje pomoću:
 - zvučne karotaže
 - karotaže gustoće
 - neutronske karotaže
- Niti jedna od ovih metoda ne mjeri šupljikavost izravno!
- Kombinacijom tih metoda dobivaju se podaci na osnovu kojih se može dobro interpretirati litološki sastav i prilično dobro procijeniti šupljikavost (porozitet).

- Karotažna mjerenja mogu dati prilično dobre informacije o porozitetu na poljima koja su već u proizvodnji jer već postoje informacije o litološkom sastavu naslaga, fluidima u ležištu i sl.
- Karotaža gustoće posebno je primjenjiva → potrebno je kalibrirati vrijednosti iz krivulje ovisno o litološkom sastavu i prisutnim fluidima.



44

$$\rho_{log} = 2,55$$

$$\Phi = (\Phi_{mat} - 2,55) / (\Phi_{mat} - 1)$$

$$\Phi_p = 6 \%$$

$$\Phi_v = 9 \%$$

$$\Phi_d = 17 \%$$

$$\phi = \frac{\rho_{mat} - \rho_{log}}{\rho_{mat} - \rho_f}$$

ρ_{log} = the density from the Log
 ρ_{mat} = the density of the rock matrix
 ρ_f = the density of the fluids
 ϕ = the porosity of the rock.

Pješčenjak

2,65 g/cm³

Vapnenac

2,71 g/cm³

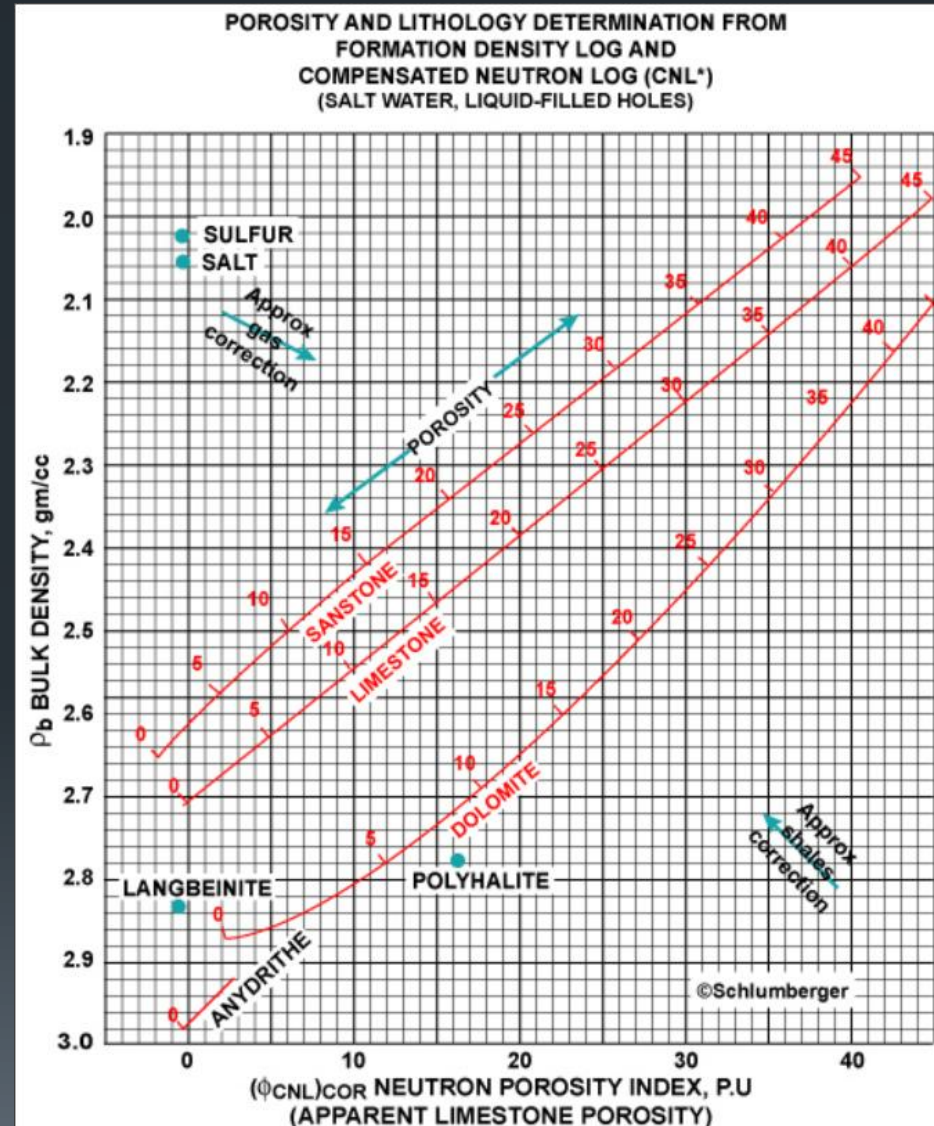
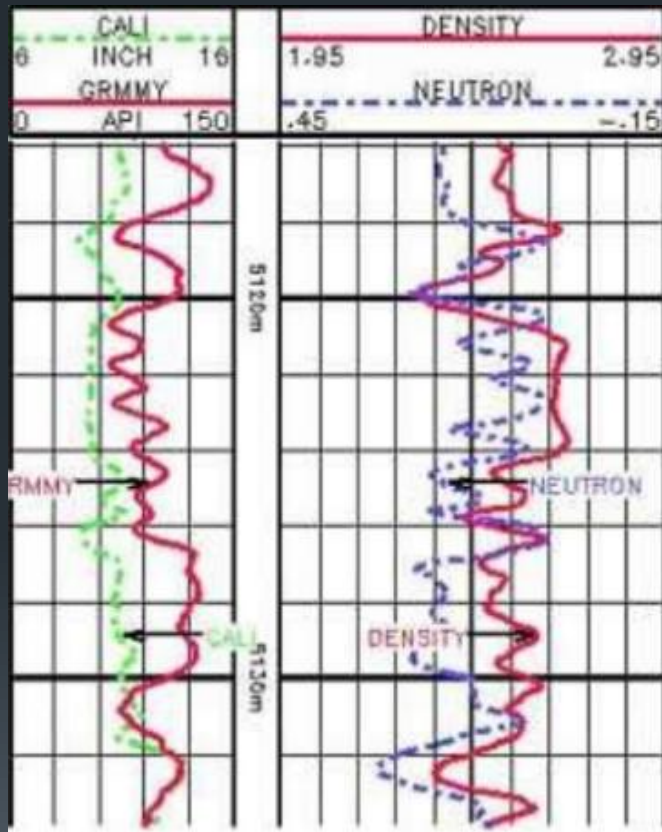
Dolomit

2,87 g/cm³

Gustoća fluida se odnosi na volumnu gustoću filtrata isplake u ispranoj vodi i iznosi 1,0 g/cm³ za slatku vodu i 1,1 g/cm³ za slanu vodu.

Šupljikavost vapnenaca može se izravno iščitati iz krivulje neutronske karotaže, dok se za druge litologije vrijednosti trebaju kalibrirati koristeći druge (križne) dijagrame.

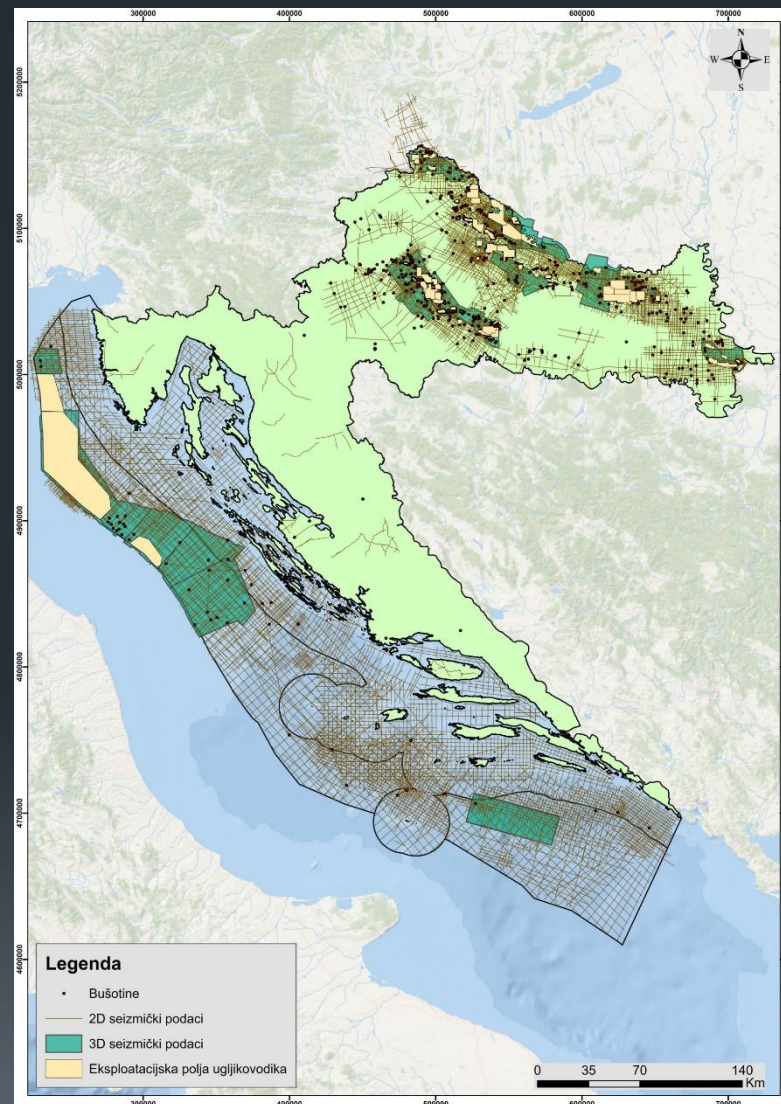
45



Ugljikovodici u Hrvatskoj

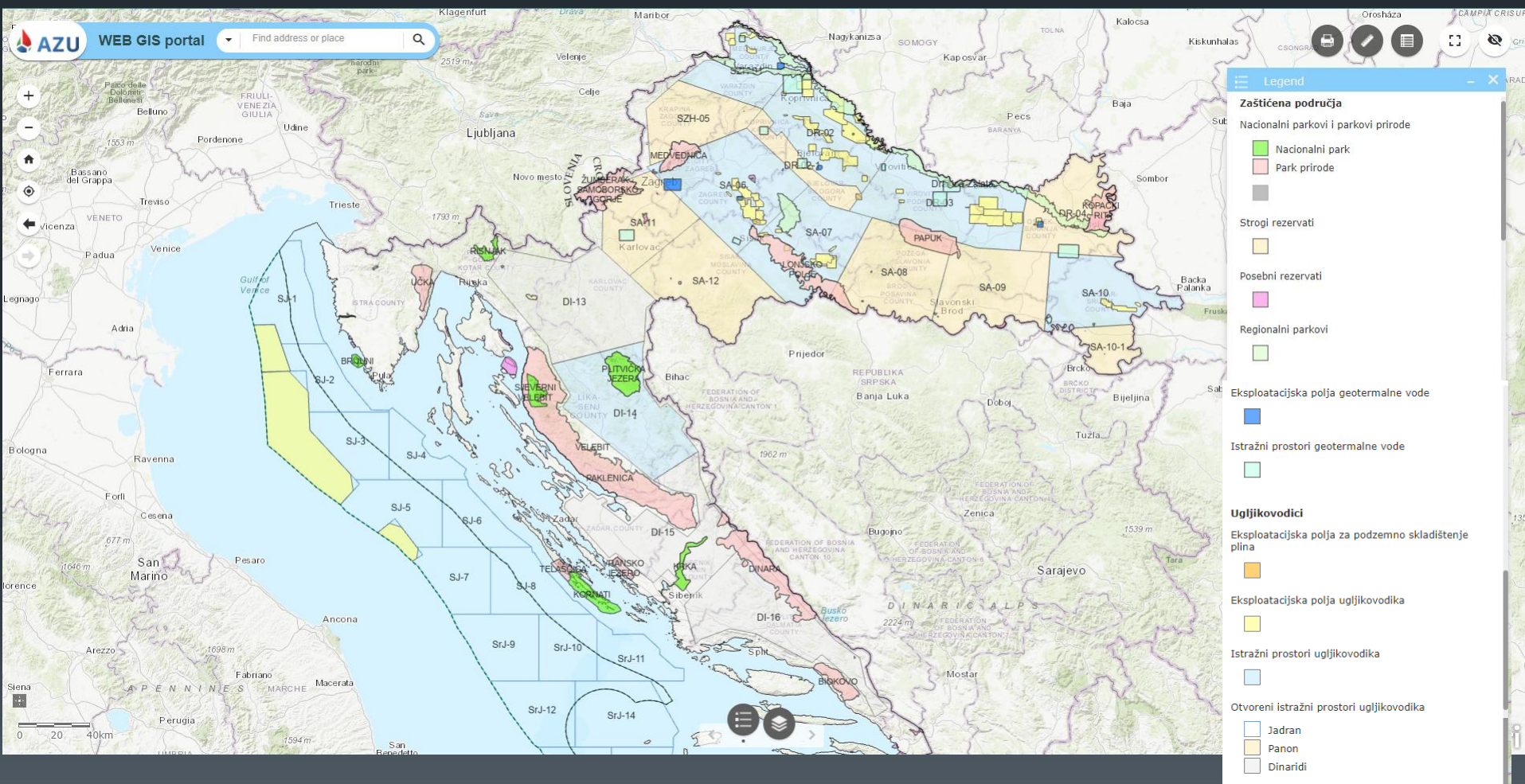
46

- 1917. prvo plinsko polje
- 1941. prvo naftno polje
- 1999. započela proizvodnja plina na hrvatskom dijelu Jadranskog mora



Ugljikovodici u Hrvatskoj

47



<https://gis.azu.hr/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6b2324ed725a4a2e9d1a5a665d23262a>

Naftnogeološki potencijal Jadrana

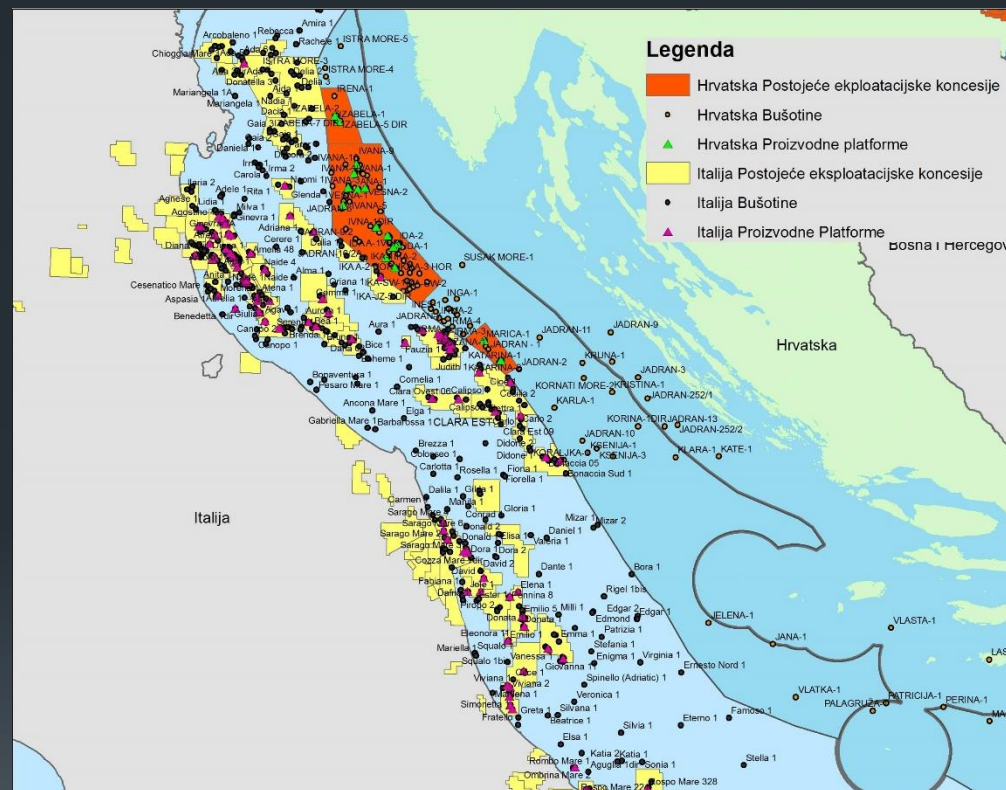
48

Hrvatska:

- 22 nalazišta plina
- 19 plinskih proizvodnih platformi i jedna kompresorska na koje je spojeno 51 proizvodna bušotina unutar tri eksploatacijska polja
- Godišnja proizvodnja: oko 1,2 milijarde m³ plina
- Procijenjene rezerve: 1,3 trilijuna kubičnih stopa
- Bez komercijalnih otkrića nafte, iako je nafta otkrivena u bušotinama Vlasta-1 i Jadran 13/1

Italija:

- 130 nalazišta, od čega je u fazi proizvodnje 45 polja
- 107 platformi na koje je spojeno oko 600 bušotina
- Godišnja proizvodnja: oko 5 milijardi m³ plina
- Procijenjene rezerve: 23 trilijuna kubičnih stopa
- 24 otkrića nafte (procijenjene rezerve 550 milijuna barela), 7 polja u fazi proizvodnje (7 platformi s 39 bušotina)



<https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-potencijal/>

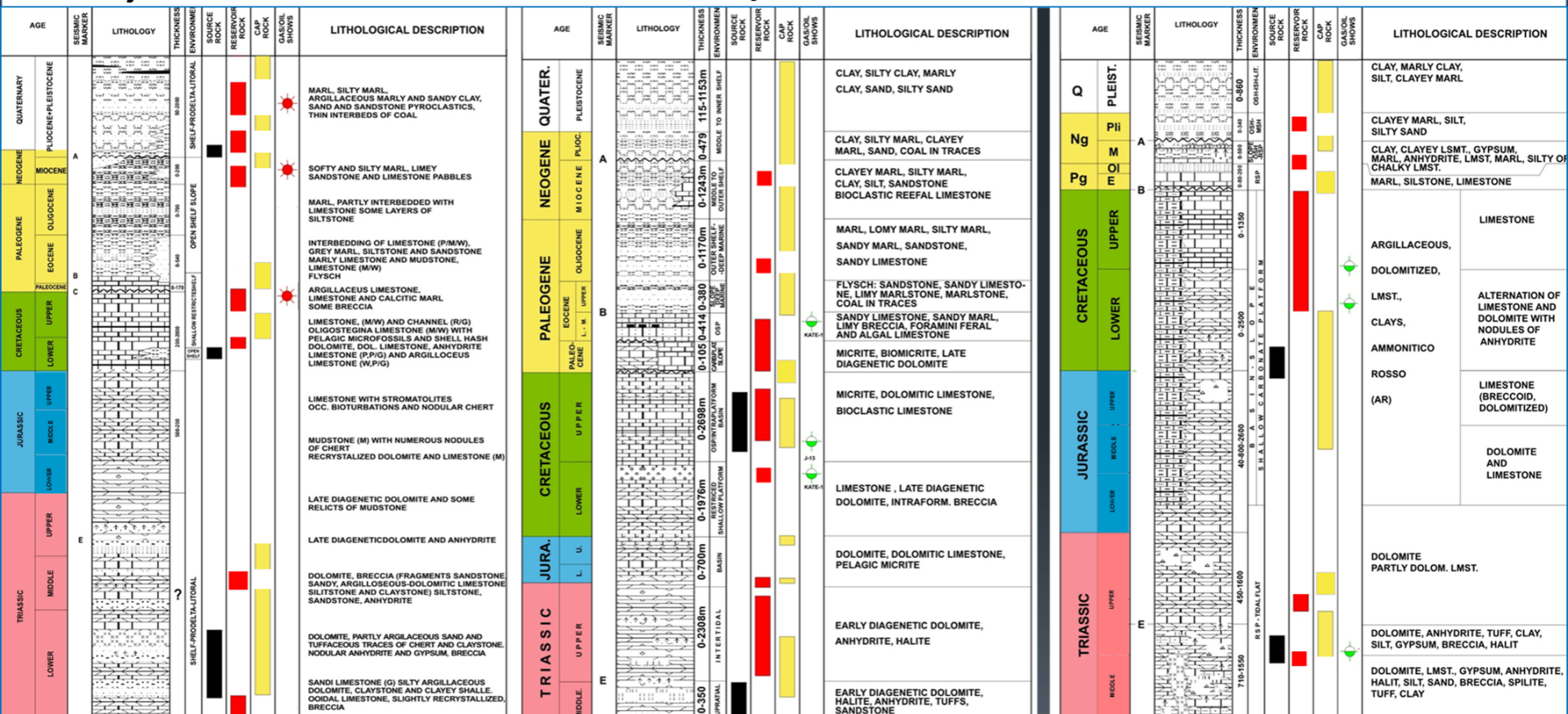
Matične, kolektorske i pokrovne stijene na području Jadrana

49

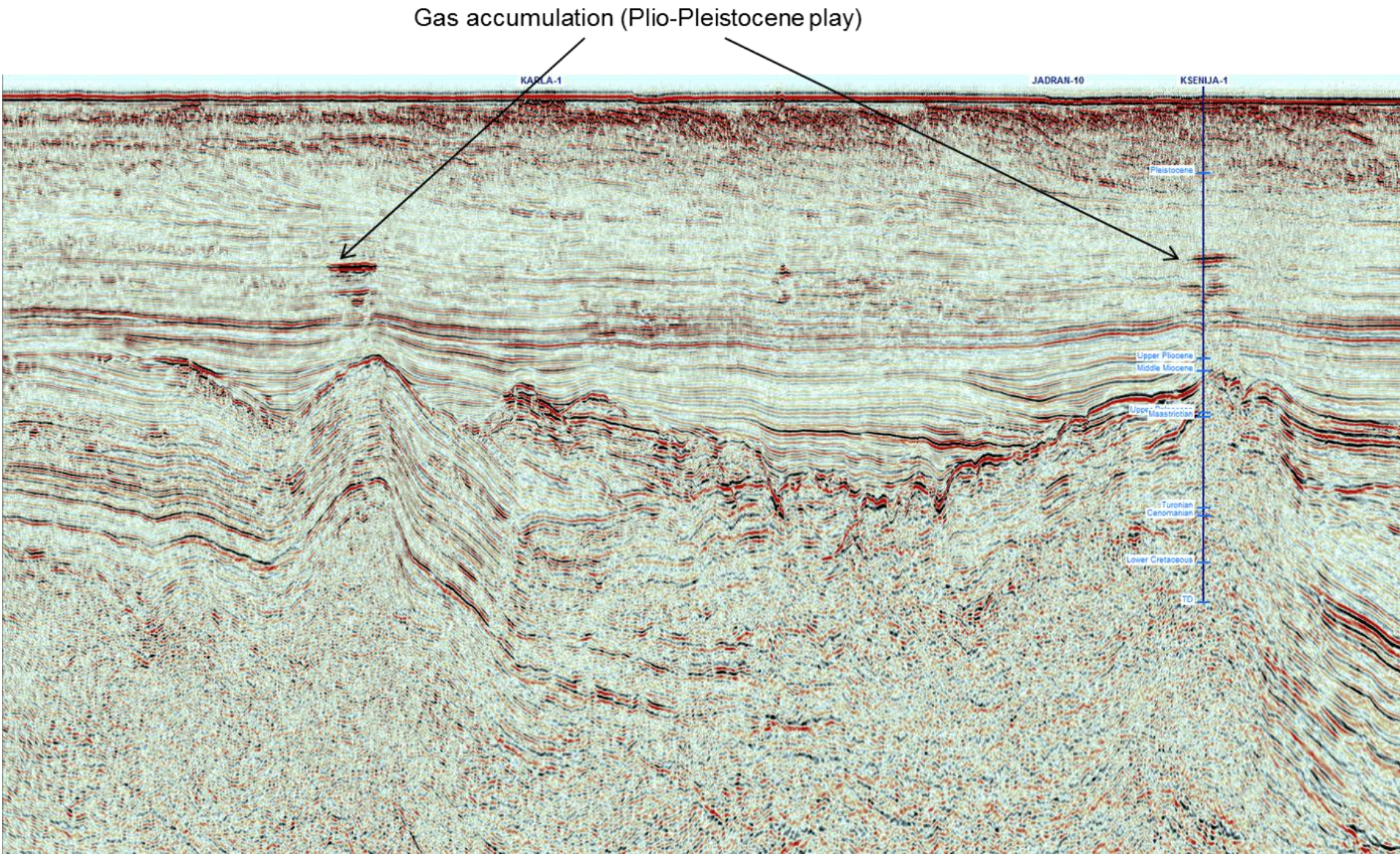
Sjeverni Jadran

Srednji Jadran

Južni Jadran

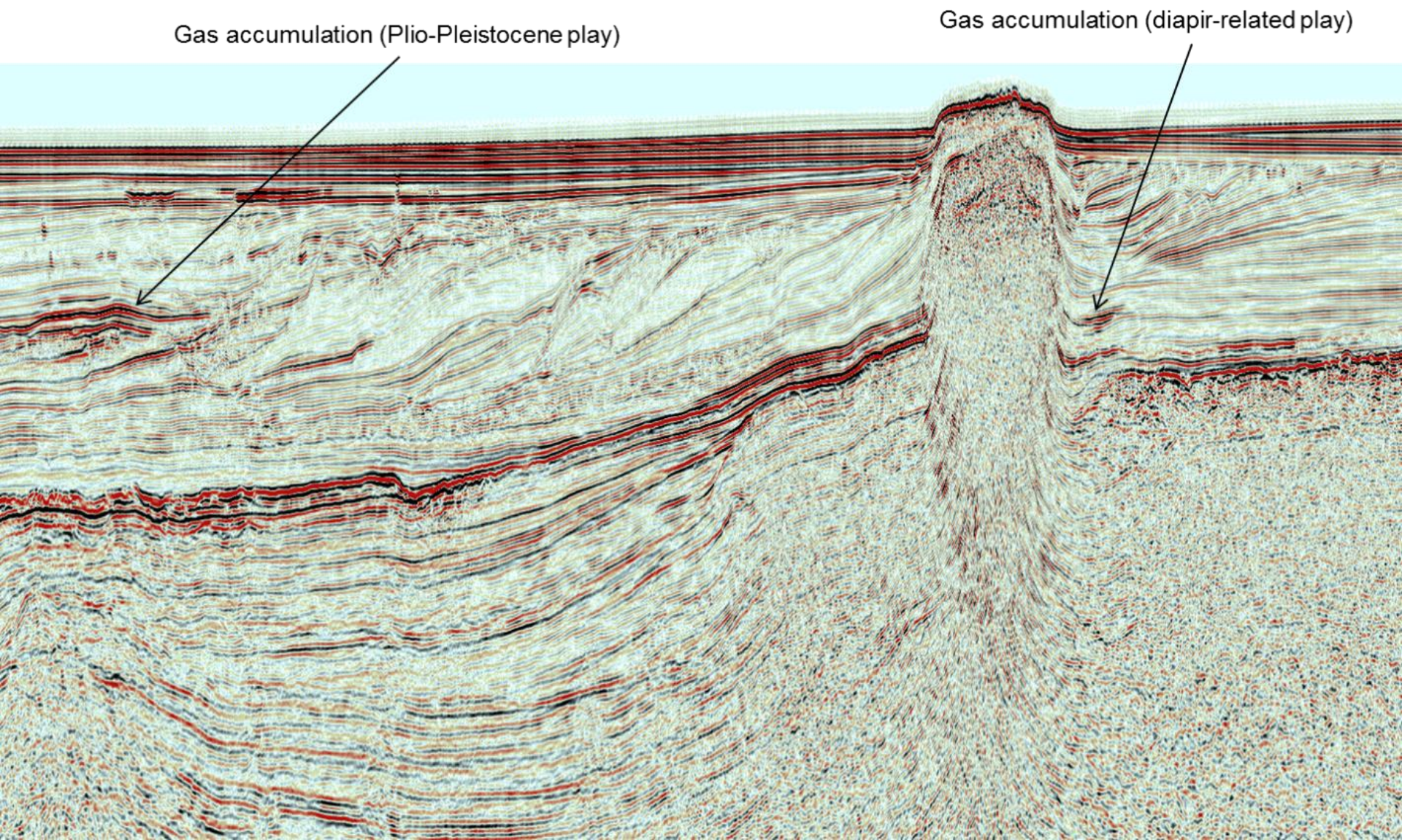


Primjer 2D seizmičkih podataka sjevernog Jadrana koji pokazuju potencijalne nakupine plina i nikad razvijeno otkriće Ksenija – 1 (<https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-potencijal/>)

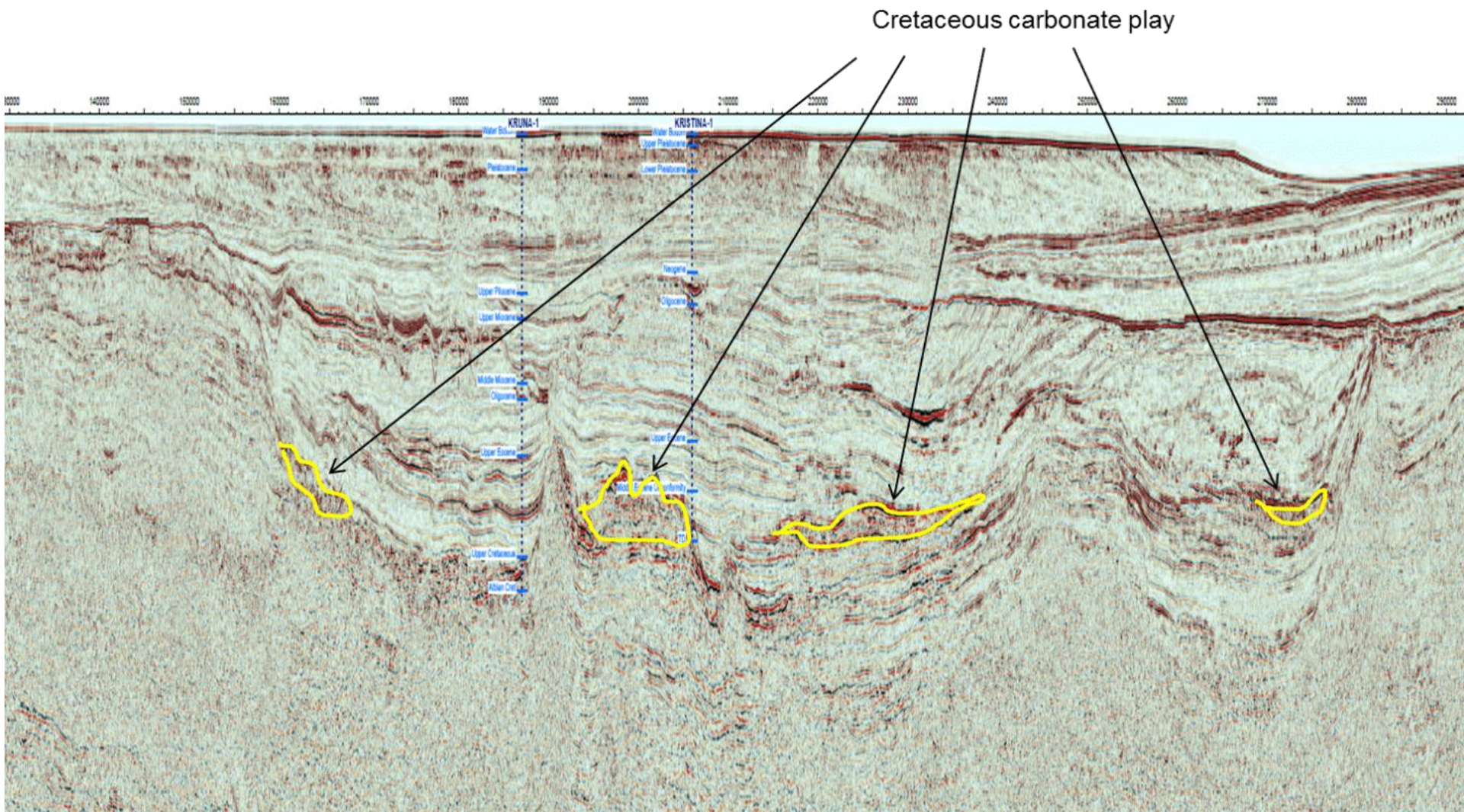


Primjer 2D seizmičkih podataka južnog Jadrana koji pokazuje potencijalne nakupine plina

(<https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-potencijal/>)



Primjer seizmičkog 2D snimanja južnog Jadrana koji pokazuje brojne potencijalne nakupine nafte na nekoliko lokacija (<https://www.azu.hr/istra%C5%BEivanje-i-eksploatacija/geolo%C5%A1ki-potencijal/>)



- Nekomercijalne količine ugljikovodika otkrivene na otoku Braču i na području Ravnih kotara
- Panonski bazen → nekoliko nalazišta rezervoara i pokrovnih stijena

Matične stijene:

- distalni (dubokovodni) dio deltnih sekvencija
- neogenske gline i lapori taloženi u lagunskim okolišima
- donjomiocenski siltiti i muljnjiaci
- gornjotrijaski crni šejlovi i lapori
- Dinaridi → karbonatne i karbonatno-evaporitne sekvencije

Glavni proizvodni rezervoari:

- trijaski vapnenci i dolomiti (porozitet do 38 %)
- kredni karbonati
- oligocenski i neogenski pijesci (ukoliko strukturno/stratigrafski dobro smješteni)
- frakturirane metamorfne i magmatske stijene temeljnog gorja
- Dinaridi → dolomiti srednje jure, gornjojurski grebenski vapnenci, kredni vapnenci

Pokrovne stijene:

- intraformacijski muljnjiaci prodelte i deltne zaravni
- neogenski sedimenti → pokrov za sve starije rezervoare u Panonskom bazenu
- Dinaridi → sabkha facijesi alb-cenomanske starosti

Matične, rezervoarske i pokrovne stijene u kopnenoj Hrvatskoj

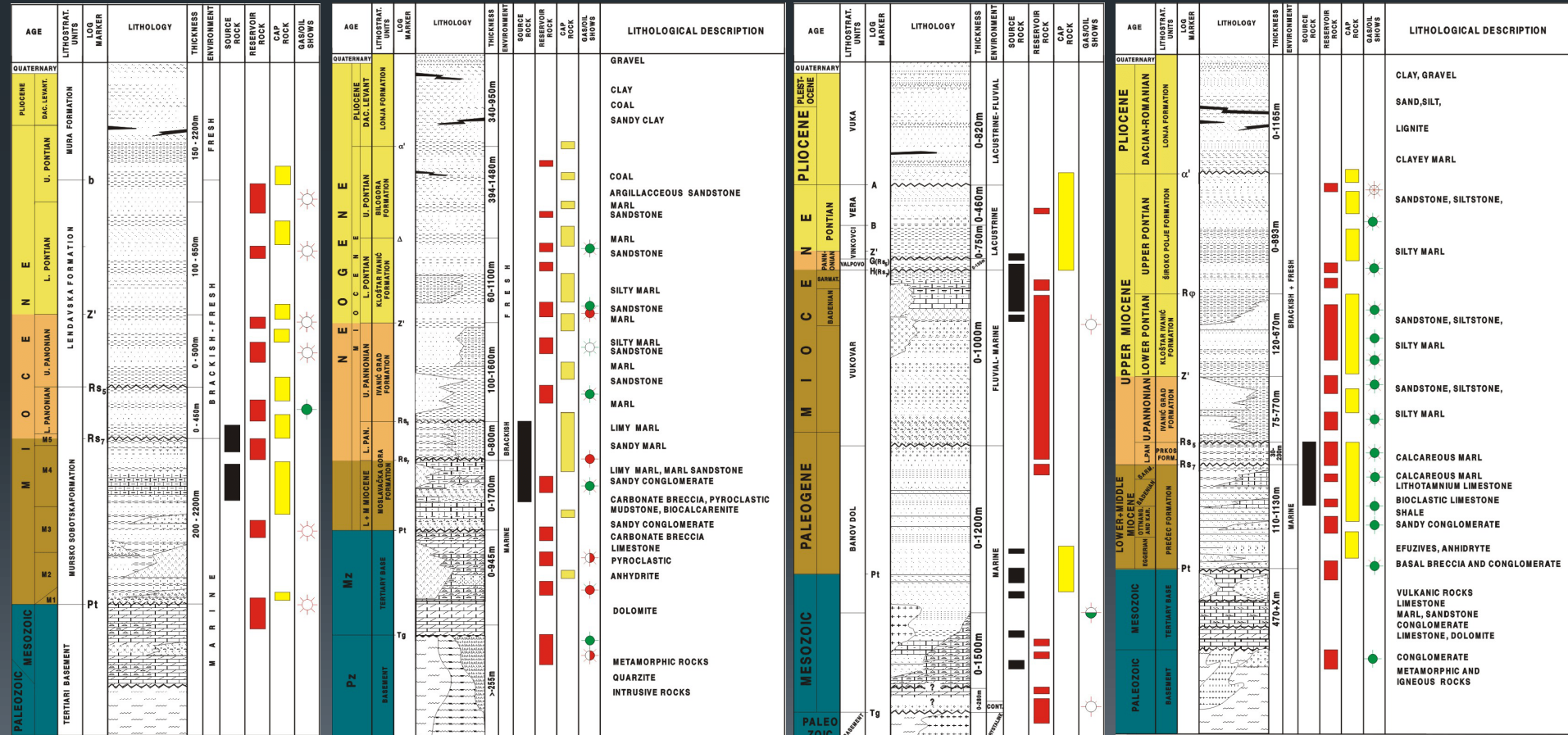


Murska depresija

SZ Dravska depresija

Istočna Dravska depresija

Savska depresija





Vježba

a)

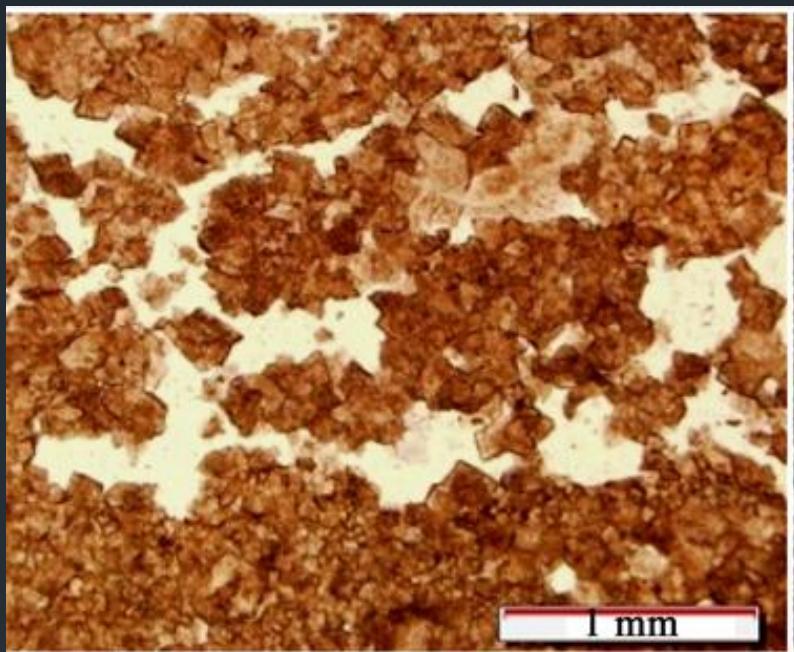
Zona	Ukupna gustoća (RHOB, g/cm ³)	Porozitet (%)	Komentar
A	2,54	6,6	
B	2,54	6,6	
C	2,52	7,8	
D	2,16	29,7	
E	2,37	16,9	
F	2,56	5,4	
G	2,70	-3	Nemoguće, mora biti druga litologija!

56

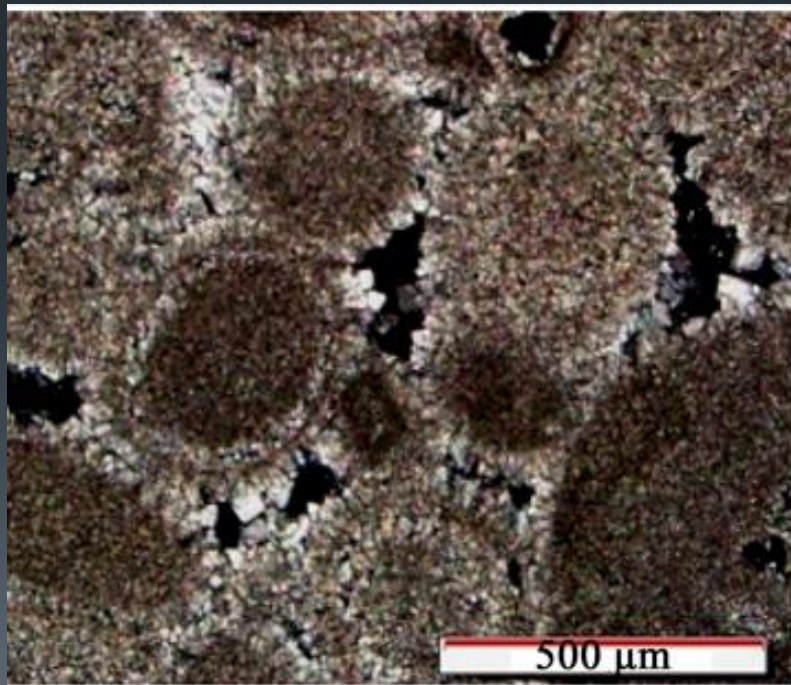
b) $\Phi_m = (0,1 \times 2,82 + 0,9 \times 2,65 - 2,16) / (0,1 \times 2,82 + 0,9 \times 2,65 - 1) = 30,4\%$

$\Phi_p = (0,05 \times 4,99 + 0,95 \times 2,65 - 2,16) / (0,05 \times 4,99 + 0,95 \times 2,65 - 1) = 34,3\%$

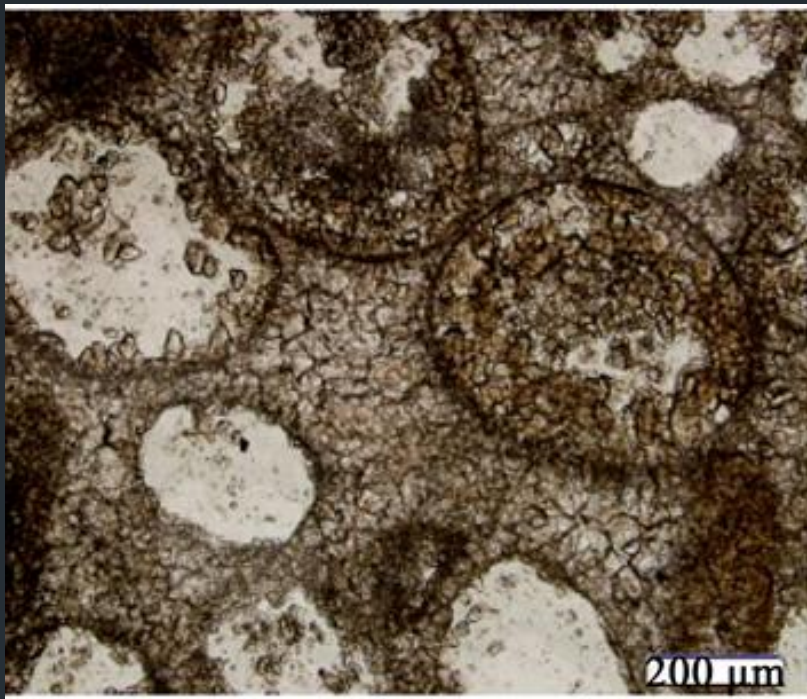
Potrebno je poznavati mineraloški sastav ispitivanih stijena jer i male primjese drugih minerala utječu na poroznost.



Interkristalinična poroznost
Pore djelomično povezane



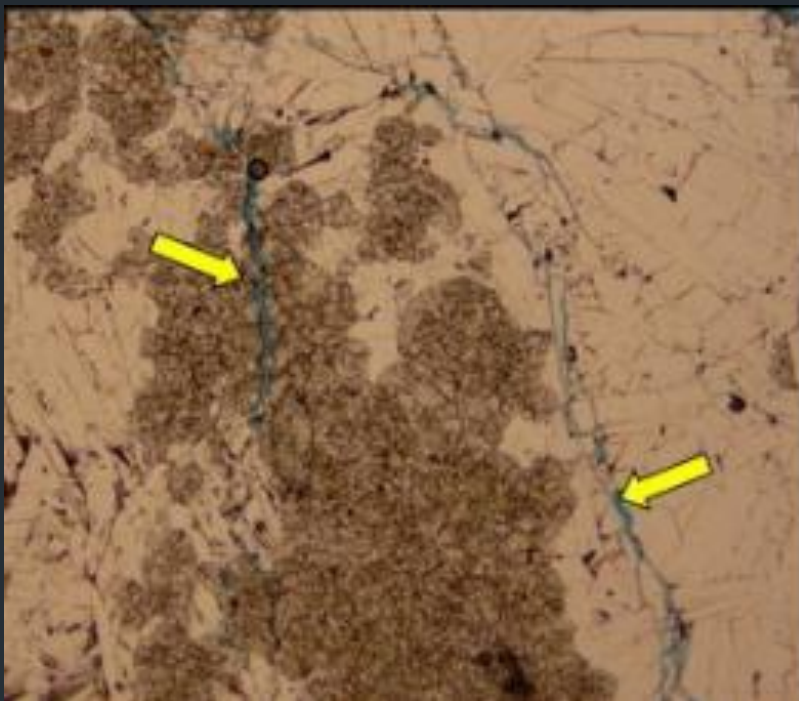
Međuzrnska poroznost
Izolirane pore → slaba propusnost



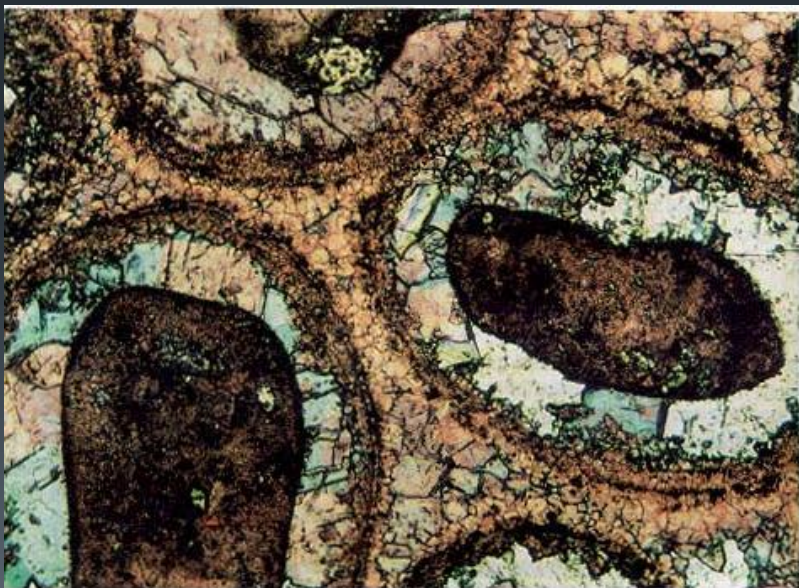
Moldička poroznost nastala
otapanjem ooida
Izolirane pore → slaba propusnost



Međuzrnska poroznost
Povezane pore → dobra propusnost



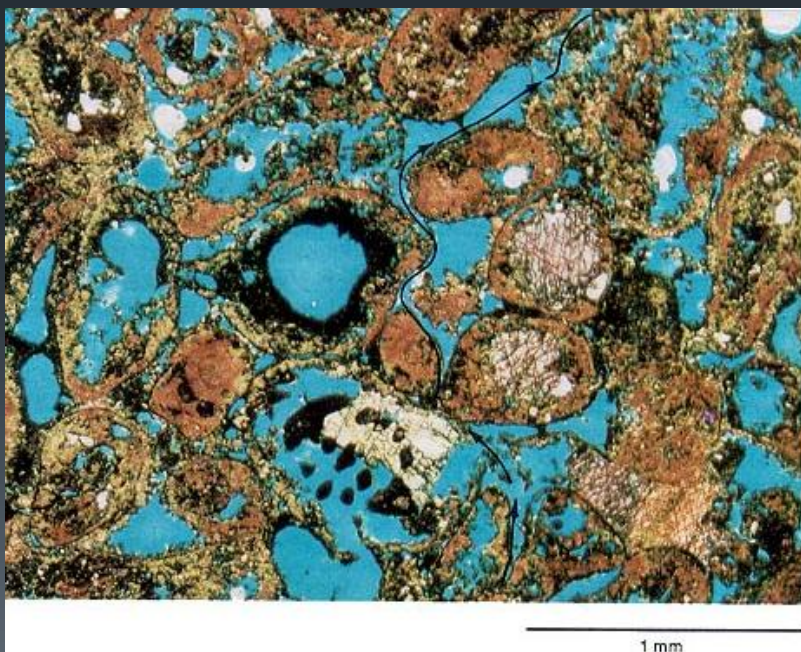
Pukotinska poroznost
Slaba propusnost



Međuzrnski prostor je ispunjen
cementom → nema poroznosti ni
propusnosti



Međuzrnska poroznost
Pore većim dijelom povezane →
relativno dobra propusnost



Kombinacija međuzrnske i
intrazrnske poroznosti
Pore relativno dobro povezane →
relativno dobra propusnost



Površina matične stijene = 192 km²

Volumen stvorenih ugljikovodika = 1200 MBO

	Zamka A	Zamka B	Zamka C
Ukupni volumen zamke	1,89	1,28	1,28
Volumen rezervoara	0,95	0,64	0,64
Volumen pora	0,19	0,13	0,13
Volumen ugljikovodika (km ³)	0,17	0,12	0,12
Volumen ugljikovodika (MBO)	1078	731	731

	Zamka A	Zamka B	Zamka C
D _{S-J}	<u>8</u> km	<u>8</u> km	<u>6</u> km
D _{I-Z}	<u>9</u> km	<u>6</u> km	<u>8</u> km
D _{prosjeak}	<u>8,5</u> km	<u>7</u> km	<u>7</u> km
R _{prosjeak}	<u>4,25</u> km	<u>3,5</u> km	<u>3,5</u> km
H _{vrh}	0,5 km	0,4 km	0,35 km
H _{dno}	0,4 km	0,3 km	0,25 km

