

SEDIMENTI SILICEI E SELCI

I sedimenti silicei attuali sono costituiti prevalentemente da silice biogenica (diatomee, radiolari, spugne). Sedimenti silicei possono essere anche di origine inorganica, prodotti dal vulcanismo sottomarino o direttamente per precipitazione inorganica della silice derivata da magmi sottomarini e dall'attività idrotermale. L'attività vulcanica sottomarina può favorire una grande diffusione di plancton siliceo favorendo quindi l'accumulo post mortem.

I sedimenti silicei prevalgono sotto il CCD, ma anche a diatomee si trovano anche in acque dolci e depositi lacustri.

Le rocce silicee sono:

- leggerissime, porose, friabili, bianche/giallognole costituite da diatomee e radiolari

ES: farina fossile o diatomite (ambiente lacustre); tripoli (ambiente marino; diatomiti laminate associate a radiolari, pesci marini, foraminiferi, alternate a sedimenti calcarei)

- compatte, dure, di vario colore → SELCI (CHERT): roccia monomineralica (SiO_2) costituita da microquarzo e calcedonio (il colore viene dato dalla presenza di impurità come ferro, sostanza organica ecc). Nomi comuni: radiolarite, spongolite, diaspro, porcellanite.....

PS: radiolari (zooplancton marino; Cambiano-recente), diatomee (fitoplancton marino e non marino; Triassico- recente), spugne silicee (marine e non; Cambiano – recente) hanno una composizione costituita da silice opalina (una varietà di silice amorfa e isotropa contenente fino al 10% di acqua) metastabile.

Le **selci** possono essere

nodulari → origine diagenetica (di sostituzione): dissoluzione di gusci silicei e riprecipitazione di SiO_2 sotto forma di opale CT prima nei vuoti e poi grani e matrice carbonatici vengono sostituiti. Il precursore carbonatico conserva la sua struttura originale.

stratiformi → origine biogenica: accumulo di organismi silicei

esistono poi le rocce silicee miste, generalmente associate ai calcari → **calcari selciferi**

diagenesi della silice per seppellimento (concetto di maturazione della selce)

OPALE A	OPALE C – T (cristobalite-tridimite)	QUARZO MICROCRISTALLINO
OPALE BIOGENICO AMORFO	METASTABILE	e CALCEDONIO

MATURAZIONE DELLA SELCE →

E' un processo molto lento.

LE EVAPORITI

Depositi salini che si formano per precipitazione diretta da soluzioni concentrate dette SALAMOIE (eng: BRINE). Sono sedimenti chimici.

Ambiente: marino e continentale (in quest'ultimo caso è bacino endoreico cioè un bacino idrografico senza emissari)

Importanti geologicamente: GESSO ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)
ANIDRITE (CaSO_4)
SALGEMMA (NaCl)

Organismi rari (per lo più cianobatteri) o assenti (ambiente tossico)

Gesso: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ - solfato di calcio idrato che precipita direttamente dall'acqua marina.

Anidrite CaSO_4 - solfato di calcio anidro (gesso anidro) che deriva dalla disidratazione del gesso. Il passaggio gesso-anidrite avviene con una riduzione di volume pari al 38% ed aumento di porosità. Il passaggio è reversibile (gesso->anidrite->gesso).

Salgemma NaCl - cristalli cubici tipicamente salati. In natura si incontra più raramente di gesso o anidrite perché il punto di saturazione e precipitazione di salgemma richiede elevati gradi di isolamento del bacino di sedimentazione. Precipita direttamente dall'acqua marina dopo il gesso.

Le evaporiti sono di grande importanza economica e sono utilizzati in molti campi. Ad es. costituiscono spesso la copertura impermeabile delle rocce serbatoio carbonatiche. Alcuni minerali evaporitici (ad es i solfati) sono utilizzati come fertilizzanti.

Sono utili anche negli studi paleoclimatici (rappresentano zone aride di bassa latitudine).

Dal punto di vista meccanico, la presenza di orizzonti evaporitici favorisce lo scollamento degli strati (superfici di sovrascorrimento e di scivolamento).

Esperimento di Usiglio (1849)

sequenza dei minerali evaporitici che si depositano per evaporazione di acqua marina.

Da un litro di acqua marina con salinità del 38.4 per mille a 12.5°C si depositano in sequenza:

0.11gr di **carbonato di calcio** (CaCO_3) quando il volume è ridotto a 1/2

1.74gr di **gesso** quando il volume è ridotto a 1/5

29.64gr di **salgemma** e 2.47gr di MgSO_4 quando il volume è ridotto a 1/10

3.31gr di **MgCl₂**, 0.55gr di **NaBr** e 0.53gr di **KCl** quando il volume è ridotto a 1/20.

I minerali che si formano per ultimi (cloruri e bromuri) ritornano più facilmente in soluzione per cui non sono presenti nelle successioni stratigrafiche.

Considerando i risultati dell'esperimento di Usiglio, per far depositare un metro di sali dobbiamo far evaporare 64.6 metri di acqua marina. Per un metro di gesso, un chilometro di acqua marina. Quindi, per avere notevoli spessori di evaporiti (e.g., sali messiniani nel tardo Miocene), dobbiamo avere evaporazione e continuo apporto di nuova acqua marina, associata a subsidenza del bacino di sedimentazione delle evaporiti calibrata alla velocità di sedimentazione delle evaporiti.

Tuttavia c'è una forte differenza fra i volumi dei minerali evaporitici trovati nei depositi salini marini e quelli previsti seguendo l'esperimento di Usiglio (fig).

Nella figura le abbondanze relative dei vari sali precipitati per evaporazione di acqua marina in laboratorio (A) ed osservate nei sedimenti fossili (B,C)

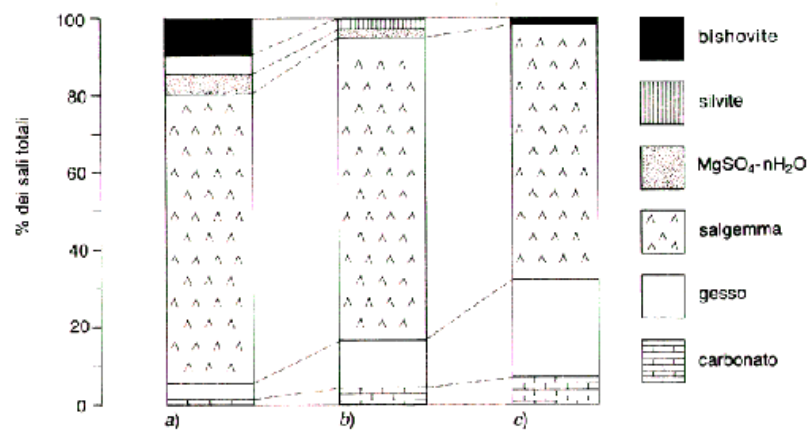
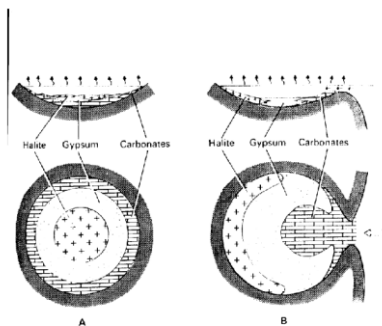


Fig. 6.5 - Abbondanza relativa dei principali sali. (a) precipitati in condizioni sperimentali per evaporazione di acqua marina normale; (b) presenti nella successione permiana dello Zechstein; (c) presenti mediamente nei depositi evaporitici. Si noti l'eccesso di carbonati e solfati nelle successioni fossili. (Borchert e Muir, 1964; Schmalk, 1969.)

Il fatto è, ad oggi, imputato all'apporto di acqua marina in un bacino chiuso o in una laguna, associato ad una evaporazione non completa.

TIPI di EVAPORITI

Evaporiti singenetico-deposizionali (evaporiti primarie)



Nucleazione di sali all'interfaccia acqua-aria e poi decantazione sul fondo del bacino. Sono subacquee, stratificate con grande estensione laterale e spessore regolare.

Costituite principalmente da salgemma e gesso cristallino fine laminato. Sono spesso associate a livelli calcitici ricchi in materia organica. Si formano in bacini perenni, lagune o laghi perenni, specchi d'acqua effimeri.

Evaporiti di diagenesi precoce

Si formano sotto l'interfaccia deposizionale per evaporazione delle soluzioni interstiziali in ambiente arido. Precipitano quindi in un sedimento ospite; la loro crescita può preservare o obliterare le strutture precedenti. Costituite principalmente da gesso (in condizioni più umide da sub a sopratidali), anidrite (in condizioni più secche, generalmente con crescita di noduli - strutture chicken wire - che spingono lateralmente il sedimento ospite). Il salgemma è raro, solo in croste. Queste evaporiti, spesso associate a dolomie, sono tipiche di ambienti di sabkha.

Sabkha: piane sopratidali in clima arido, come ad esempio lungo la costa sudoccidentale del Golfo Persico. In una sabkha, la precipitazione può avvenire su vasta scala, entro il sedimento preesistente, soprattutto nella frangia capillare che sta sopra la tavola d'acqua.

Le evaporiti diagenetiche precoci si formano anche in aree desertiche continentali (es: rosa del deserto), anche montane, in depressioni temporaneamente riempite da acque ipersaline.

Evaporiti di diagenesi tardiva

Successive alla litificazione, per stress tettonico.

Si possono formare per variazioni delle condizioni chimico-fisiche all'interno di un sedimento antico sepolto in zone sottoposte a regime di stress tettonico (faglie, pieghe). Soluzioni interstiziali impregnanti il sedimento possono dare origine a corpi evaporitici localizzati e discordanti. Le evaporiti diagenetiche di diagenesi tardiva sono corpi deformati che non indicano, quindi, direttamente l'ambiente primario di formazione. Un aspetto spettacolare delle evaporiti diagenetiche tardive è la formazione di diapiri, legati alla risalita di salgemma che, in virtù della sua bassa densità, intrude le rocce incassanti fino a volte sfondare la copertura sedimentaria e giungere alla superficie.

Evaporiti clastiche

Per frammentazione di precedenti depositi evaporitici (gessareniti)

Alcuni depositi evaporitici del passato ed attuali

Evaporiti del Permiano superiore (circa 250 ml di anni fa): bacino dello Zechstein, mare epicontinentale che occupava una buona parte dell'Europa Settentrionale (dalla Groenlandia alla Polonia Inghilterra, Mare del Nord e Germania Settentrionale). Le condizioni climatiche erano molto calde e molto secche, per cui il bacino, poco profondo, si comportava come una immensa salina. Causa: trasgressione marina, smembramento della Pangea. Nell'area sud-alpina c'è la coeva deposizione delle Fm a Bellerophon.

Evaporiti messiniane (tardo Miocene). Bacino del Mediterraneo, periodo Messiniano (circa 6 Ml di anni fa). Isolamento del Mediterraneo per "chiusura" dello Stretto di Gibilterra (più cause: abbassamento del livello medio mare causa glaciazione, sollevamento tettonico dell'area) che si riaprì circa 5.4 milioni di anni fa (deposizione della formazione gessoso-solfifera; complesso evaporitico di Cattolica).

Mar Morto: è il bacino idrografico più basso (circa 400 metri al di sotto del Imm del Mar Mediterraneo) e tra i più salati al mondo e per tale motivo è chiamato anche Mar Salato.

Miniera di Naica (Messico): cristalli di gesso selenitico alti fino 11 metri. Età supposta 26 000 anni.

Le ROCCE ORGANICHE (CENNI)

Quasi tutte le rocce sedimentarie contengono un variabile contenuto di sostanza organica di origine animale, vegetale o mista che per la maggior parte si decompone (condizioni subaeree e ambienti subacquei).

Gli ambienti naturali sono prevalentemente ossidanti (in presenza di ossigeno la più parte della sostanza organica che forma gli organismi viventi si decompone in CO_2 e acqua e quindi va persa) e la presenza della sostanza organica è limitata e si concentra nei sedimenti più fini. Quando i processi ossidanti della diagenesi precoce non distruggono queste sostanze, esse possono concentrarsi, prevalentemente nei sedimenti più fini, trasformarsi e rimanere nei sedimenti porosi o dare origine a rocce accumulate prevalentemente in situ.

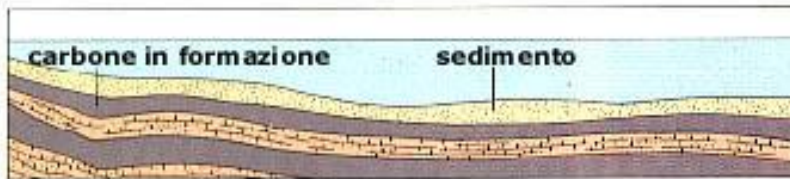
La materia organica si conserva bene negli ambienti anossici (o euxinici): laghi e bacini marini stagnanti, paludi....

Depositi organici attuali:

Humus (materia organica in fase di decomposizione o già decomposta che si trova sulla parte superficiale del suolo).

Torba: massa compatta di resti vegetali che si accumulano in aree imbibite di acqua o in generale nelle così dette zone umide. Le condizioni sono anaerobiche e quindi la sostanza organica si preserva.

Sapropel: materia organica che si deposita in ambiente subacqueo (bacini marini a diverse profondità, lagune, laghi) con limitata circolazione d'acqua (acqua stagnante o stratificata). Costituito per lo più da fitoplancton.



Depositi organici antichi:

Carboni umici
Peliti grigio-nere
Idrocarburi

CARBONI (prevalentemente di origine vegetale: accumulo in situ di piante legnose)

Il carbone nasce attraverso una progressiva eliminazione dai resti vegetali di H e O e conseguente arricchimento indiretto di Carbonio

Serie dei carboni umici (maturazione):

TORBA,
LIGNITI,
LITANTRACI,
ANTRACITI,
GRAFITE (Carbonio puro)

La distinzione è fatta in base al contenuto di C, al potere calorifico (combustione completa di 1 kg) ed all'età in:

torbe	C 50-60 %	5.000 cal	recenti
carbonizzazione allo stadio iniziale di piante erbacee; spesso in ambienti lacustri quaternari con resti di vertebrati. Interesse per studio di paleoclimi (pollini fossili)			
ligniti	C 50-80%	5.000-6.000 cal	cenozoiche
ricche di resti legnosi			
litantraci	C 70-90%	7.000-8.000 cal	meso-paleozoiche
tipiche del Carbonifero: climi tropicali con sviluppo di foreste ad alberi a squame, felci e prime conifere			
antraciti	C 95%	8.000-9.000 cal	paleozoiche
metamorfismo → grafite			

PELITI GRIGIE E NERE

Fanghi neri-nerastri, grigi originatisi per deposito di organismi planctonici, materiali argillosi e avanzi di animali superiori in acque stagnanti o poco mosse (sapropel)

Ambiente di formazione: laghi, lagune, mari chiusi, oceani (condizioni pelagiche). Oggi: Coorong lagune, Mar Nero, Lago Balkas

Caratteristiche: sostanza organica >3%
spesso laminati minutamente (fissilità)
scarsa o assente la fauna

SAPROPELITI: sostanza organica >10%
BLACK SHALE: sostanza organica 3-10%

Entrambe sono potenziali rocce madri di idrocarburi.

PS:

eventi oceanici anossici (EOA): la documentazione geologica mostra che gli eventi anossici oceanici si sono verificati molte volte nel passato, a volte coincidendo con alcune estinzioni di massa cui potrebbero avervi contribuito. Molti geologi ritengono che gli eventi anossici oceanici siano fortemente legati al rallentamento della circolazione oceanica, al riscaldamento climatico e agli elevati livelli di gas serra.

Ad esempio sono stati identificati 3 eventi anossici globali in diversi momenti del Cretacico. Quello più noto è l'evento Bonarelli: livello bituminoso Cenomaniano-Turoniano (circa 93 Ml di anni fa). Presente dalla Lombardia all'Appennino Centrale (Umbria e Marche). Evento paleo-oceanografico di stratificazione delle acque con stagnazione sul fondale marino. Cause dibattute, ma probabilmente collegate a fattori climatici.

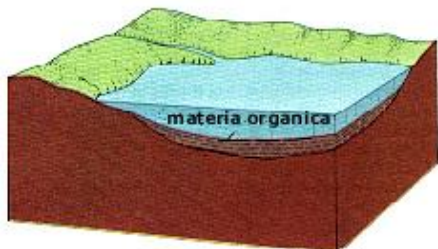
PS: diversi livelli di sapropel sono presenti anche nel Mediterraneo orientale. Si tratta di più eventi anossici Pleistocenici. L'ultimo EOA è avvenuto circa 9.5-5.5 mila anni fa.

IDROCARBURI (di origine animale e vegetale, con intervento di microorganismi – batteri anaerobi)

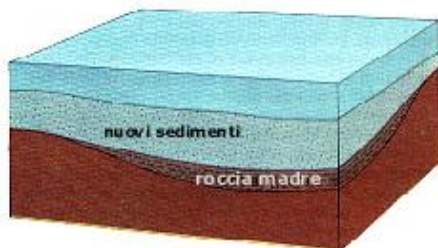
COMPOSTI CHIMICI FORMATI ESCLUSIVAMENTE DA CARBONIO E IDROGENO

In base alle proporzioni fra i due componenti ed alla struttura molecolare che formano, si dividono in: PARAFFINE, NAFTENI, AROMATICI, RESINE E ASFALTENI

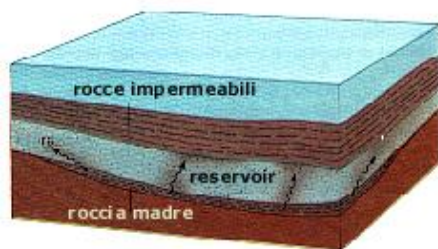
Il petrolio è una miscela di questi idrocarburi



ROCCIA MADRE: deposito di materia organica in acque poco profonde, tranquille, non ossigenate, riducenti. E' una roccia che contiene concentrazioni di carbonio organico tali da poter produrre successivamente del petrolio in quantità apprezzabili (0.5% rocce detritiche; 0.3% rocce carbonatiche)



MIGRAZIONE: risalita vs l'alto degli idrocarburi



ROCCIA SERBATOIO (magazzino, reservoirs): accumulo di idrocarburi, assieme ad acque salate, per migrazione da rocce madri fino ad incontrare una trappola: stratigrafica (roccia porosa-serbatoio coperta da rocce impermeabili) o tettonica (piega anticlinale).

TRAPPOLA: struttura (morfologica, strutturale, stratigrafica etc) che consente la preservazione degli idrocarburi

Una buona quantità e qualità della materia organica rappresenta il primo requisito della **roccia madre**. Una apprezzabile porosità deve essere la principale dote di una **roccia serbatoio**. Perché ci sia un giacimento deve esserci una **trappola**

I **micrororganismi** attuano le prime modificazioni della materia organica (spoglie vegetali e animali): primi agenti della **naftogenesi**. Profondità: superficie fino circa 2000 metri; temperature non superiori a 70°-100° C; formazione di kerogene, materiale organico che si trova nelle rocce madri e che rappresenta una tappa evolutiva intermedia tra sostanza organica originale e gli idrocarburi che seguono.

Aumentando la profondità di seppellimento – circa fino a 3000 metri – e la temperatura –circa fino a 150°C, si entra nella cosiddetta “**finestra dell'olio**” e il kerogene inizia a liberare idrocarburi che, essendo più leggeri del fluido circostante che si trova in rocce e sedimenti, inizia la sua migrazione (**migrazione primaria**) verso l'alto entrando in tutti gli interstizi e cavità che trova.

Una volta liberati, gli idrocarburi devono essere immagazzinati in **serbatoi** (comunque pori della roccia)