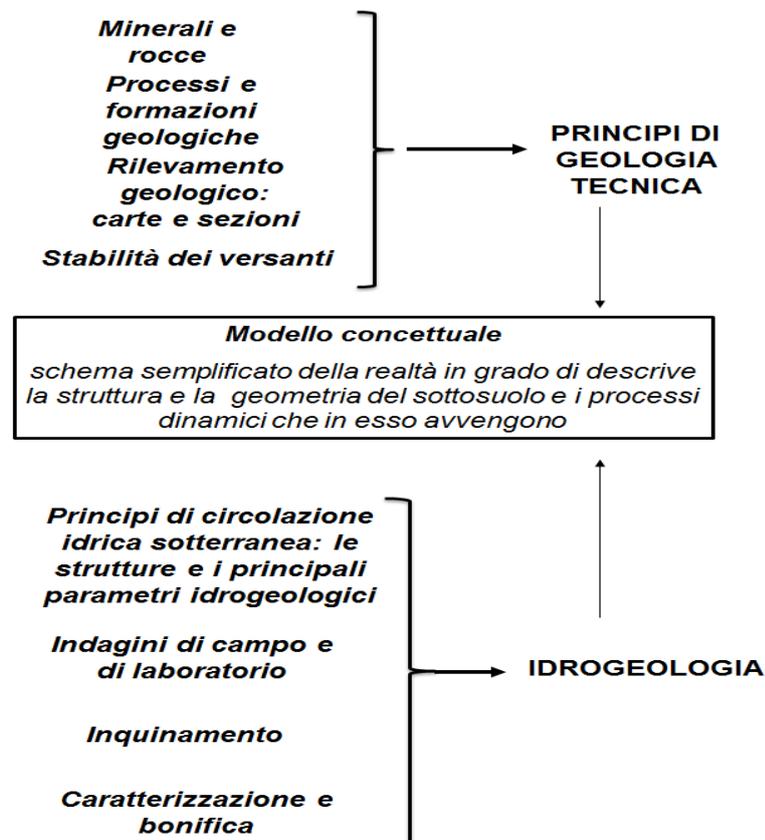


APPUNTI DI GEOLOGIA APPLICATA

A Cura di V. Francani e C. Rampolla

OBIETTIVI

- Fornire conoscenze geologiche di base
- Metodologie attraverso le quali è possibile ricostruire l'andamento dei corpi idrici e le loro proprietà fisiche
- Studio della dinamica dei versanti
- Studio degli aspetti geologici della stabilità dei versanti
- Fornire conoscenze di base utili alla comprensione della circolazione idrica sotterranea
- Come analizzare gli acquiferi con particolare attenzione allo studio di aree contaminate
- Orientamenti per la gestione delle risorse idriche sotterranee



PROCESSI GEOLOGICI

A) FENOMENI SUPERFICIALI

I processi geologici che interessano i terreni (sia le terre sciolte come ghiaie e sabbie, sia le rocce) si svolgono nel tempo con velocità anche molto diverse per lo stesso tipo di fenomeno; ad esempio l'erosione della coltre di terre sciolte che ricopre i versanti comporta l'asportazione annua di terreno per ettaro in una misura che può variare da pochi grammi, fino a decine di tonnellate, in dipendenza della velocità delle acque che vengono a contatto con il suolo.

Tuttavia il cambiamento della forma dei versanti, sia in pianura che lungo i rilievi montuosi e collinari, avviene in modo continuo, tanto da modificare nell'arco di poche decine di anni molti aspetti che condizionano in modo radicale la stabilità dei terreni e delle costruzioni, o influiscono sull'efficacia e la funzionalità delle opere di ingegneria realizzate.

Appare pertanto utile tenere presente la dinamica dei processi geologici nella progettazione e nella gestione delle opere. I principali processi geologici sono i seguenti:

Alterazione dei terreni conseguenti all'asportazione delle particelle da parte delle acque di origine meteorica (piogge, nevi) e ai processi chimico fisici (dissoluzione, cambiamento di volume imposto dalle oscillazioni termiche, allargamento delle discontinuità delle rocce ad opera del ghiaccio) che in continuazione agiscono sui terreni. La dissoluzione è prodotta dalle acque cariche di anidride carbonica, capaci di incidere sui carbonati presenti nel suolo e nelle rocce, ponendoli in soluzione. Anche i silicati, che costituiscono una buona parte delle rocce, possono subire dissoluzione. Queste sostanze vengono poi trasportate a valle dalle acque e successivamente sedimentate. In conseguenza di questo fenomeno, i terreni sono indeboliti e frammentati.

Trasporto dei frammenti generati dai processi di alterazione. Se vengono coinvolti in questo movimenti volumi molto grandi di terreni, sia ha un fenomeno di visibile riduzione della copertura di erbe e piante, e addirittura la formazione di cavità nel terreno, che pone allo scoperto il suolo e la roccia sottostante. Questo processo si chiama "erosione accelerata" ed è sintomo di gravi squilibri nel versante, che può anche collassare (frammenti). Il moto dei detriti può naturalmente avvenire anche senza l'aiuto dell'acqua (ad esempio caduta di blocchi da una parete rocciosa).

Sedimentazione : i materiali oggetto di questi fenomeni vengono rideposti ai piedi dei versanti, dove la velocità delle acque si riduce fino al punto da non consentirne ulteriori movimenti almeno per qualche tempo. L'accumulo di sedimenti può avvenire su spessori che variano da pochi mm a centinaia di metri. Ad esempio il detrito che si accumula cadendo ai piedi di un versante ha in genere pochi metri di spessore, mentre in un lago si possono trovare anche decine di metri di sedimenti limoso-argillosi, nella Pianura Padana, formata dall'accumulo dei detriti trasportati dai fiumi (alluvioni), lo spessore di questi depositi è di oltre duecento metri, e sul fondo del mare si possono riscontrare anche centinaia di metri di spessore di sedimenti.

Litificazione: i sedimenti vengono permeati dalle acque, cariche di sali che depositano negli interstizi del sedimento, cementandoli. Al termine di questo processo, i depositi che prima erano costituiti da frammenti separati, risultano tra loro cementati, essendo passati da terre sciolte a rocce.

B) B) FENOMENI PROFONDI (ENDOGENI)

La dinamica profonda ha due componenti:

1. Genesi e risalita dei magmi
2. Movimento delle placche continentali

I due fenomeni sono strettamente connessi, e necessitano di un approfondimento che consenta una loro almeno sommaria comprensione, il quale deriva dalla schematica ricostruzione della costituzione della Terra e della distribuzione delle proprietà fisico-chimiche in profondità.

Queste azioni comportano conseguenze sulle eruzioni vulcaniche, i terremoti, la formazione di corpi rocciosi e la dinamica dei versanti; la loro conoscenza è basilare per comprendere la struttura geologica delle formazioni rocciose affioranti in superficie.

Capitolo 1

Lo studio della struttura geologica ai fini applicativi, si compie innanzi tutto tramite una serie di prospezioni che comportano l'individuazione dei corpi geologici che costituiscono il sottosuolo, la definizione delle loro caratteristiche fisico-chimiche e delle conseguenze che ne possono derivare per il progetto in atto. Questa attività si compone di una successione obbligatoria di fasi, che sono le seguenti:

1. riconoscimento delle rocce e delle terre
2. loro cartografia (rilevamento geologico)
3. identificazione delle zone in cui le caratteristiche fisico-chimiche peculiari della roccia e le condizioni al contorno (pendenza, presenza di acqua sotterranea o superficiale, agenti atmosferici, carichi imposti ecc.) indeboliscono la resistenza, o in cui vi sono motivi di particolare interesse (es. presenza di riserve idriche)
4. Ricostruzione, tramite perforazioni, sondaggi, prove indirette (geofisica), della forma e dell'andamento in profondità dei corpi geologici rilevati in superficie e delle zone di debolezza o di interesse. Questa ricostruzione viene rappresentata con sezioni geologiche.

1.1 RICONOSCIMENTO DI ROCCE E TERRE

I **terreni** si dividono in **terre sciolte e rocce**, a seconda che i componenti del terreno siano tra loro connessi strettamente tramite un legante che impedisca il loro reciproco movimento.

Le **terre sciolte** sono comunemente suddivise in base alla dimensione dei componenti, detta granulometria (esempio ghiaie, sabbie, limi), e in base alla loro origine (es. glaciali, cioè deposte da un ghiacciaio), mentre le **rocce** ricevono il loro nome dall'associazione di minerali o di frammenti di altre rocce che le costituisce e della loro modalità di formazione.



I caratteri fisici più importanti sono quelli che caratterizzano la resistenza del materiale. Se esso è compatto viene definito **roccia**. Se invece è formato da elementi non cementati fra loro, viene detto **terra**, o **roccia sciolta**



Disp: pag.41 e seguenti(rocce sedimentarie)

Le falde di detrito ai piedi delle pareti dolomitiche ad esempio, sono costituiti da roccia sciolta



I detriti sciolti derivano dalla decomposizione della roccia per effetto degli agenti fisico-chimici atmosferici (**alterazione**).



I detriti si accumulano lungo i versanti (**detriti di falda**)



Questi fenomeni assumono aspetto disastroso nel caso delle **frane**, in particolare quando formano dighe naturali che sbarrano i fiumi

Le terre presentano un comportamento tale da portarle a resistere ai fenomeni erosivi e dinamici molto meno delle rocce; ogni tipo di terra e di roccia ha inoltre un comportamento differente alle sollecitazioni degli agenti naturali e antropici rispetto alle altre terre e rocce.

E' quindi molto utile il riconoscimento delle terre e delle rocce, perché da qualche frammento di questi corpi geologici possiamo, spesso senza prove di laboratorio, prevedere almeno a grandi linee come si comporteranno i terreni dai quali sono stati prelevati i campioni nelle condizioni alle quali saranno assoggettati.

1) Rilevamento geologico : riconoscimento rocce e cartografia dei corpi geologici e delle zone di interesse

2) Prospezioni geognostiche : identificazione dell'andamento nel sottosuolo dei corpi geologici e delle zone di interesse

3) sezioni

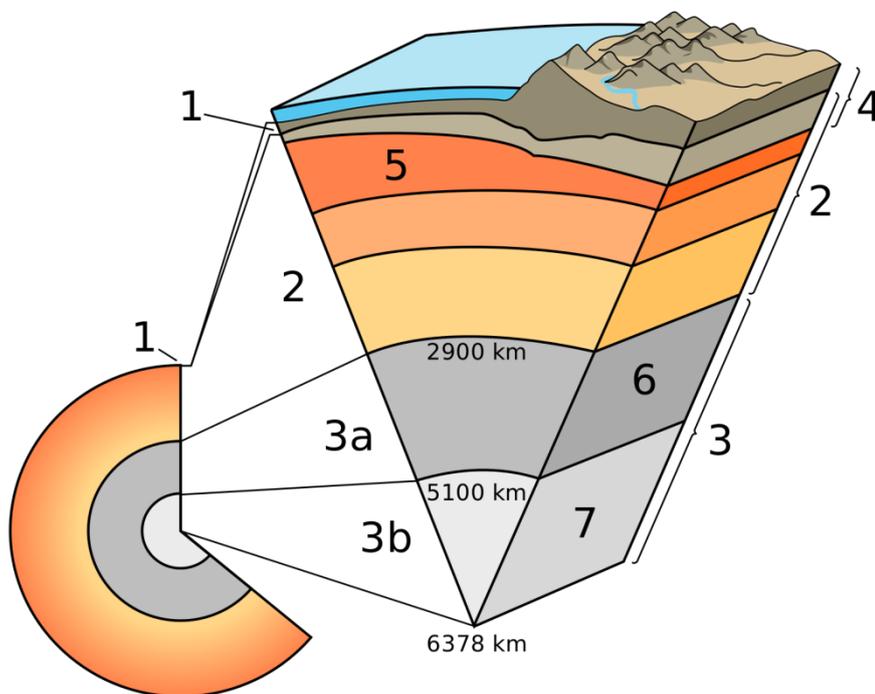
1.1.1 ORIGINE DELLE ROCCE E LORO CLASSIFICAZIONE

La Terra presenta una dinamica interna molto rilevante, visibile nei movimenti verticali del suolo che mostrano una crescita lungo l'arco alpino e appenninico anche molto vistosa (oltre 3 mm/anno) e un abbassamento dei terreni nella zona del Delta padano sorprendente (oltre 4 mm/anno).

La Terra è formata da una serie di involucri concentrici, separati da discontinuità che formano superfici non regolari.

Distinguiamo dalla superficie:

1. la LITOSFERA, suddivisa in CROSTA e MANTELLO SUPERIORE, spessa da 60 a 150 Km
2. l'ASTENOSFERA, almeno in parte semiplastica
3. il MANTELLO INFERIORE, solido
4. il NUCLEO ESTERNO, fluido
5. il NUCLEO INTERNO (NiFe) solido



Tale dinamica consegue all'assetto della LITOSFERA, suddivisa in zolle continentali e oceaniche.

Le zolle oceaniche sono formate da materiale pesante e denso, ricco di composti di ferro e manganese, derivanti da un magma chiamato per tale composizione "basico" il quale perviene alla superficie da zone di debolezza della CROSTA per la compressione esercitata dalla LITOSFERA sull'ASTENOSFERA, che si trova in uno stato semiplastico che ne consente la risalita da oltre 100 Km di profondità, attraversando il MANTELLO SUPERIORE. La *pressione* varia con la profondità aumentando di circa 1000 atmosfere (o, più correttamente, di un kilobar) ogni 3,5 km.

Con la pressione, aumenta anche la temperatura, che arriva alla base della crosta a 500 – 700 gradi. Mediamente l'incremento di temperatura è di un grado ogni 30 m di profondità.

La crosta ha spessore ridotto, poco più di 6 Km, nelle aree oceaniche, e circa 60 nelle aree continentali, che sono invece formate da rocce in cui prevalgono composti dell'acido silicico (silicati), denominate quindi *acide*.

Si sottolinea solamente che il materiale costituente la CROSTA è meno denso e quindi meno dà luogo a onde sismiche più lente, del materiale costituente il MANTELLO SUPERIORE.

1.1.1.1 ROCCE MAGMATICHE

La formazione delle rocce avviene attraverso una serie di processi che prendono l'avvio dalla risalita del magma attraverso il MANTELLO SUPERIORE e la CROSTA.

Questi processi sono :

1. risalita di magmi: le rocce magmatiche che derivano dalle colate laviche formate dai materiali arrivati in superficie, si chiamano **rocce vulcaniche o effusive**; quelle che rimangono nei camini vulcanici e nei serbatoi magmatici e vi si consolidano in tempi lunghi danno luogo alle **rocce intrusive**).
2. Ad esempio, le colate basiche deposte sul fondo oceanico, sono rocce effusive chiamate *basalti*; le rocce basiche derivanti dal consolidamento del magma ad alta pressione nei serbatoi magmatici sono dette *peridotiti*, quelle che rimangono a consolidarsi nei camini vulcanici sono chiamate *gabbri*. Queste rocce si differenziano non tanto per la composizione, quanto per gli aspetti tessiturali (assetto dei minerali e degli altri componenti) e per quelli strutturali (orientamento generale delle discontinuità visibile a livello macroscopico, quale disposizione nello spazio delle zone con minerali diversi, dei vuoti della roccia, dei minerali).
3. Il movimento delle zolle continentali trascina le rocce basaltiche sotto il continente, a sempre maggiori profondità, provocandone la rifusione, essendo la temperatura molto elevata alle grandi profondità (oltre i 10 Km). Dal momento che il bordo continentale finisce per fratturarsi, nelle discontinuità si insinua il prodotto della rifusione, che si mescola alla parte inferiore del bordo continentale a sua volta in via di fusione. Questa miscela dà luogo a rocce basiche, intermedie o acide a seconda della predominanza della frazione basica o acida nel prodotto di rifusione. Abbiamo quindi tutta la serie di rocce intrusive ed effusive (acide graniti (INTRUSIVI) e rioliti (VULCANICHE o EFFUSIVE); intermedie granodioriti (I) e daciti (V), intermedie più basiche dioriti (I) e andesiti (V); basiche gabbri (I) e basalti (V).
4. Si possono avere anche rocce intrusive alcaline (per la maggiore abbondanza di sodio) : sieniti (I) e trachiti (V).

1.1.1.2 ROCCE METAMORFICHE

1. A causa del movimento delle zolle continentali, che deformano i terreni sottostanti con una spinta tangenziale, e con un aumento delle temperature, queste rocce (che per le alte temperature si trovano in uno stato semisolido) subiscono trasformazioni nella composizione, e si suddividono lungo superfici ondulate tra loro quasi parallele. Il fenomeno è detto METAMORFISMO REGIONALE. La suddivisione è più spinta in prossimità della superficie, perché a maggiori profondità la pressione è distribuita più omogeneamente.
2. Abbiamo quindi rocce metamorfiche molto scistose (*lavagne, ardesie, filladi*) in vicinanza della superficie; rocce mediamente scistose (*micascisti, serpentiniti, cloritoscisti*) a profondità intermedia; rocce poco scistose (*gneiss, eclogiti, anfiboliti, prasiniti*) a maggiore profondità.

3. Dove si manifestano intrusioni di magma che risale verso la superficie, la roccia adiacente al condotto che ospita il magma subisce un riscaldamento e una trasformazione nella composizione e nella struttura. Abbiamo la formazione di rocce **metamorfiche per contatto**, fra le quali le più diffuse sono i **marmi**, che provengono dal metamorfismo di rocce sedimentarie ricche di carbonati (calcarei). Queste non sono rocce scistose.

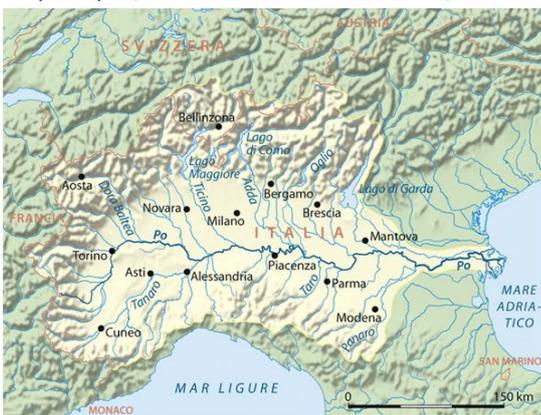
1.1.1.3 ROCCE SEDIMENTARIE

Se i depositi provenienti dai fenomeni di alterazione e trasporto esaminati in precedenza avvengono in ambiente continentale, indichiamo questi corpi geologici come DEPOSITI CONTINENTALI, che si distinguono in :

- depositi detritici (*fasce* e *coni* di detrito a seconda della forma che assumono) derivanti dalla semplice caduta di materiale dalle pareti rocciose
- depositi alluvionali (*alluvioni*): sono i sedimenti dei corsi d'acqua



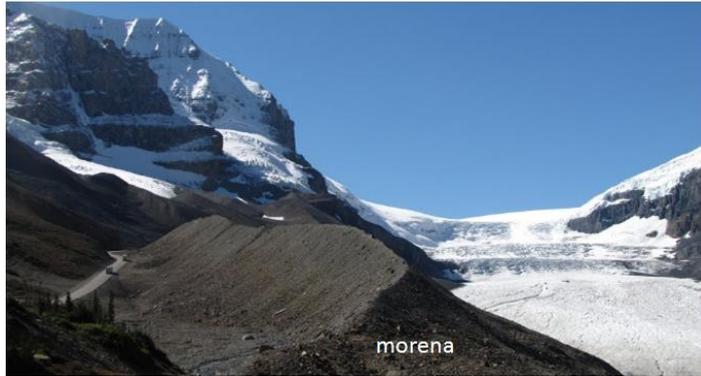
I detriti arrivano ai corsi d'acqua, dove si depositano riempiendo gli alvei (**depositi alluvionali, alluvioni**). Alla confluenza con le valli principali, si formano **conoidi alluvionali**, dalla forma a ventaglio



Dalla sovrapposizione delle conoidi dei corsi d'acqua, si formano le **pianure alluvionali**. Allo sbocco del fiume principale in mare troviamo **depositi deltizi**.

Il materiale trasportato dai corsi d'acqua in mare forma depositi che con il tempo si consolidano e diventano **rocce sedimentarie marine**. Le correnti trasportano una parte di questi sedimenti e li depongono lungo le coste.

- depositi glaciali: sono i depositi lasciati dai ghiacciai, che formano allineamenti collinari detti *morene*.



I detriti trasportati dai ghiacci (morene) rimangono a rivestire i versanti montani.

Nelle pianure si possono trovare depositi glaciali molto antichi, che risalgono al tempo delle glaciazioni, e sono quindi più antichi di 10.000 anni rispetto a quelli attuali.

- d) Sedimenti lacustri: si tratta in generale di sabbie fini, limi e argille, spesso con *torbe*, materiali carboniosi derivanti dalla fossilizzazione dei resti vegetali.
- e) Depositi eolici: sabbie (*dune*) derivanti dal trasporto operato dal vento



Esempi di depositi di sabbie portati dal vento (depositi eolici) sono le dune

- f) Depositi eluviali (*eluvio*): sono i suoli provenienti dall'alterazione fisico-chimica della roccia
- g) Colluvio: sedimenti trasportati al piede dei versanti dalle acque che scorrono non incanalate.
- h) Depositi chimici: l'evaporazione delle acque dà luogo a sedimenti carbonatici (*travertini*), o salini (*salgemma* dei laghi salati). Fenomeni analoghi avvengono nei mari e negli oceani.

I depositi continentali ricoprono, dando luogo a contatti irregolari e non prevedibili senza scavi o prospezioni geologiche in sito, la roccia del *substrato*. Le *terre sciolte* che li costituiscono si classificano a seconda del diametro dei materiali che li compongono; distinguiamo quindi principalmente:

- a) ghiaie (diametro fra 6 cm e 2 mm)
- b) sabbie (diametro superiore a 62,5 micron)
- c) limi (diametro superiore a 2 micron)
- d) argille (diametri inferiore a 2 micron).

La litificazione di queste terre sciolte dà luogo alle seguenti rocce:

- a) dalle ghiaie derivano i *conglomerati*
- b) dalle sabbie le *arenarie*
- c) dai limi le *siltiti*
- d) dalle argille le *argilliti*

Caratteristica delle deposizioni continentali è la struttura piuttosto disordinata: si passa da una *pseudostratificazione* dei depositi alluvionali e colluviali, alla totale assenza di stratificazione i

quelli glaciali. Ogni sedimento presenta tuttavia delle strutture caratteristiche, che verranno esaminate nelle lezioni successive; la loro importanza risiede nel fatto che esse creano superfici di debolezza lungo le quali possono avvenire movimenti.

Queste rocce che si formano anche in ambiente marino. Il cemento che ne consente la litificazione è carbonato di calcio (cemento calcareo), o la silice, o l'argilla. Il cemento permette di distinguere la resistenza, alta nel caso del cemento siliceo, media per il cemento calcareo e scarsa nel caso del cemento argilloso .

Nei mari e negli oceani, si formano rocce derivanti dalla commistione di un precipitato d'origine chimica (carbonatico, siliceo, argilloso) e di granuli d'origine detritica, comprendente anche frammenti di scheletri di organismi marini, alghe, coralli ecc.

Caratteristica fondamentale delle rocce sedimentarie è la presenza di una stratificazione. La roccia cioè si presenta suddivisa in *strati* , che sono corpi geologici di spessore piccolo (qualche decimetro) e di grande estensione (anche chilometri quadrati) tra loro paralleli. Raramente gli strati sono disposti su piani orizzontali, che rappresenta la loro disposizione nello spazio (*giacitura*) originaria, in quanto i movimenti della litosfera dopo la loro deposizione li hanno inclinati e piegati, spesso fino a fratturarli.

Le principali rocce sedimentarie, oltre alle argilliti e alle selci, derivanti dalla deposizione di argille e silice rispettivamente, sono:

1. rocce carbonatate : *calcari, dolomie, arenarie calcaree*
2. rocce miste con componente calcarea e argillosa : *marne e arenarie argillose*
3. rocce evaporitiche : *gessi, salgemma.*

Alcune rocce derivano dalla sedimentazione dei depositi vulcanici eiettati nel corso delle fasi esplosive (*tufi*); a queste rocce è assegnata la denominazione di piroclastiti.