Geomorphology Course (Geo213)

For second year Geology student

Credit hours

Credit: 2credit (lecture 1h/w +lab 2h/w

Perquisite: (Geo 101)

Course syllabus:

1. The scope of geomorphology
2. Some fundamental concepts and principle
3. Arid (Aeolian-Desert) land scape
4. The fluvial geomorphologic sycle
5. Krasting and krast topography
6. Infelunse of geologic structure upon topography
7. Applied Geomorphology

Refrences

Rice,R.j.,1988 Fundemental of geomorphology

Goudi ,A.G.2004 Encycolopedia og geomorphology

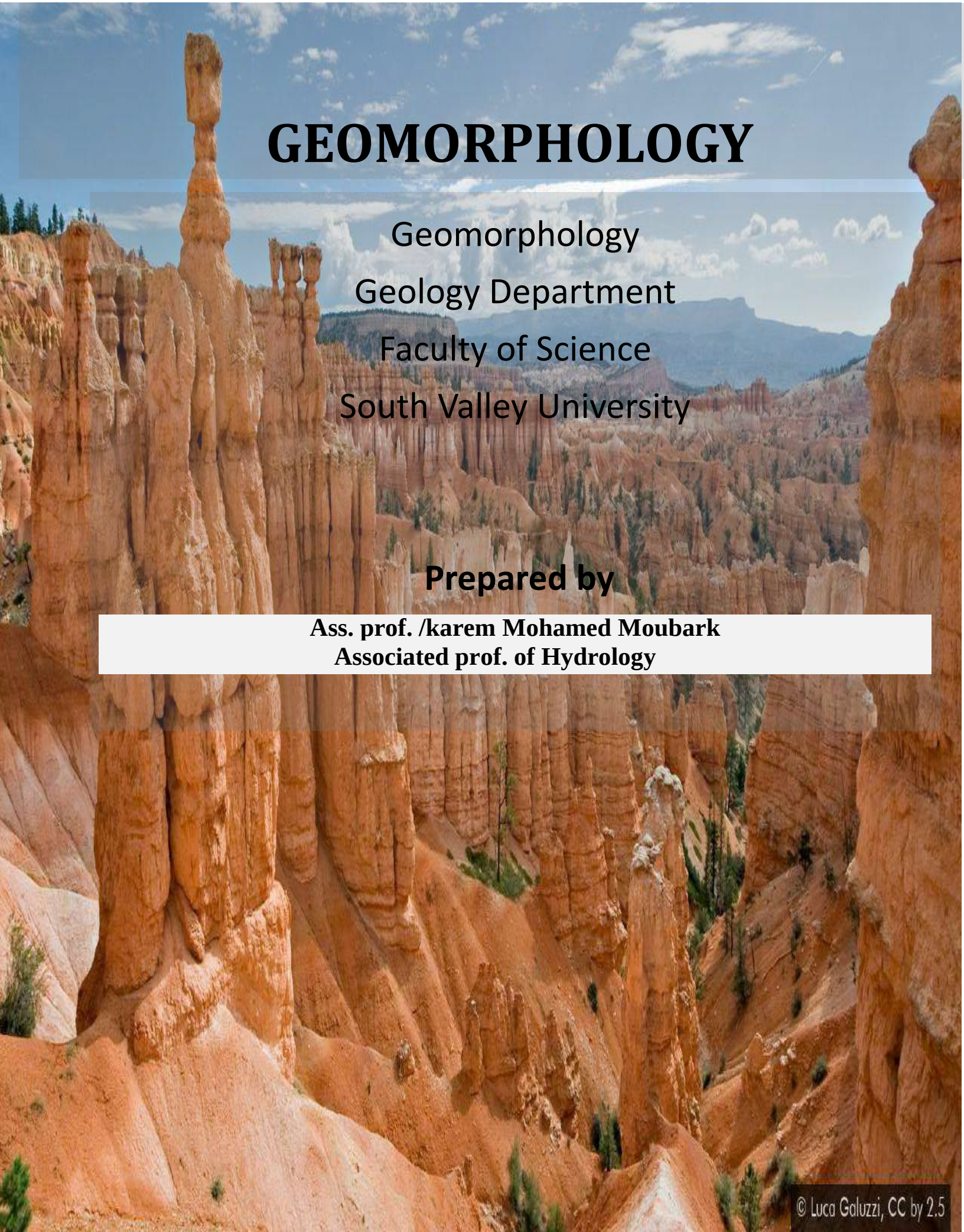
Lecturer

Ass. prof. /karem Mohamed moubark

Associated prof. of Hydrology

Geology department-Faculty of science

South Valley University



GEOMORPHOLOGY

Geomorphology

Geology Department

Faculty of Science

South Valley University

Prepared by

Ass. prof. /karem Mohamed Moubark
Associated prof. of Hydrology

© Luca Galuzzi, CC by 2.5

Introduction

We see various types of landforms on the Earth's surface which includes mountains, hills, plateaus, plains, deserts, river valleys, river deltas, flood plains, cliffs, volcanoes etc (Fig 1). Landforms are natural physical features of the Earth's surface. Landforms are the most visible features of the Earth and occur everywhere.

They range in size from molehills to mountains to major tectonic plates, and their 'lifespans' range from days to millions of years.

Fig (1): Various types of landforms on the Earth's surface

What is Geomorphology?

- The word Geomorphology derived from three Greek words: *geo*: "earth"; *morph*: "form"; and *logos*: "study"; **is the study of landforms and the processes that create them.**
- Geomorphology is the science that studies the origin and development of landforms (such as hills, valleys, sand dunes, caves), and how those landforms combine to form landscapes.
- ***Geomorphology*** is the ***discipline***, which studies these ***landforms***.
- It is concerned with the ***description*** and the ***explanation*** of ***surface configuration*** of the ***Earth***, the ***processes*** responsible for their ***formation***, and their ***spatial*** and ***temporal distribution***.
- In the words of William D.Thornbury (1985), ***geomorphology*** is the ***study of landforms***, including their ***classification, description, nature, origin, development,*** and ***relationships*** to ***underling structures,*** as well as the ***history of geologic changes*** as recorded by these surface features.

What is the focus/scope of geomorphology?

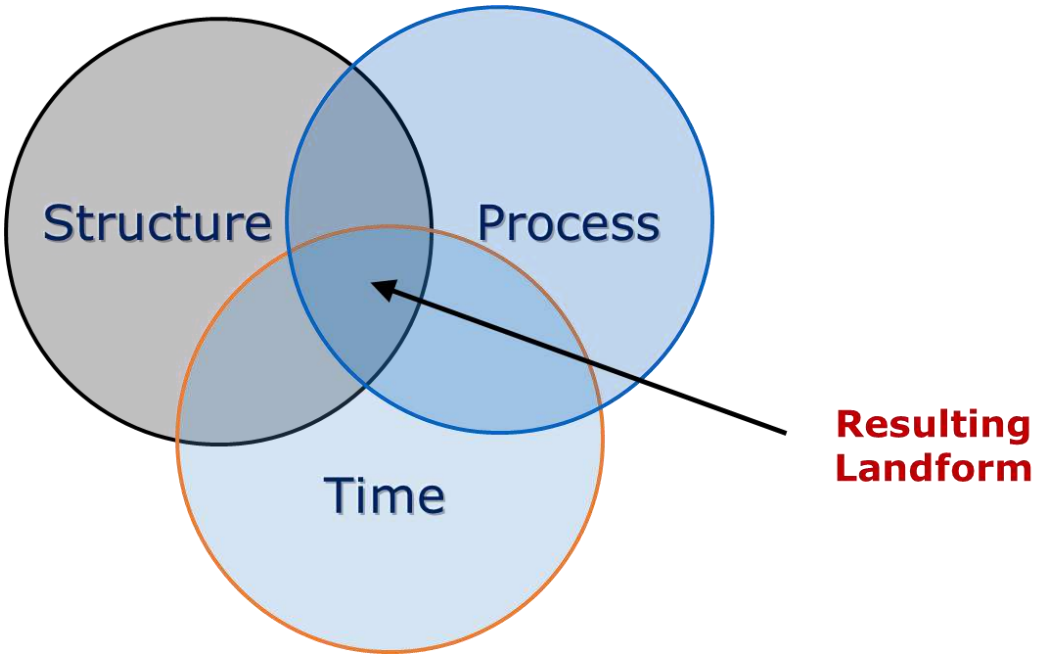
- ***Traditionally***, ***geomorphology*** has been concerned with the ***features*** associated with ***terrestrial environments.***
- ***Recently***, however, it includes the study of ***all features*** associated with both ***terrestrial*** and ***aquatic environments***.
- Geomorphology is ***interdisciplinary*** in the sense that it may be approached for different reasons and for different applications
- In the past, it used to ***focus on*** the ***classification*** and ***description*** of ***landforms***. While this is very important, however, it is also necessary to know ***what processes***, ***which shape*** these landforms.

Geomorphology is an important topic in the field of physical geography, geology, geodesy, engineering geology, archaeology and geotechnical engineering

Factors responsible for Landform Formation

William Morris Davis introduced idea that landforms can be explained by one or usually a combination of the following : (Fig2)

- **Structure:** rock mass (or unconsolidated material mass).
- **Process:** constructive or destructive process (es) acting now or previously on structure.
- **Time (stage):** landforms evolve through stages from continued actions of geomorphic process (es).



Agent, Process & products

1- Agents of Geomorphic Processes

An agent is a mobile medium (like running water, moving ice masses, wind, waves and currents etc.) which removes, transports and deposits earth materials. For example River -Humid Geomorphic Environment, Wind - Arid Environment , Glacier/ice - Polar Environments and Wave - Coastal Environment

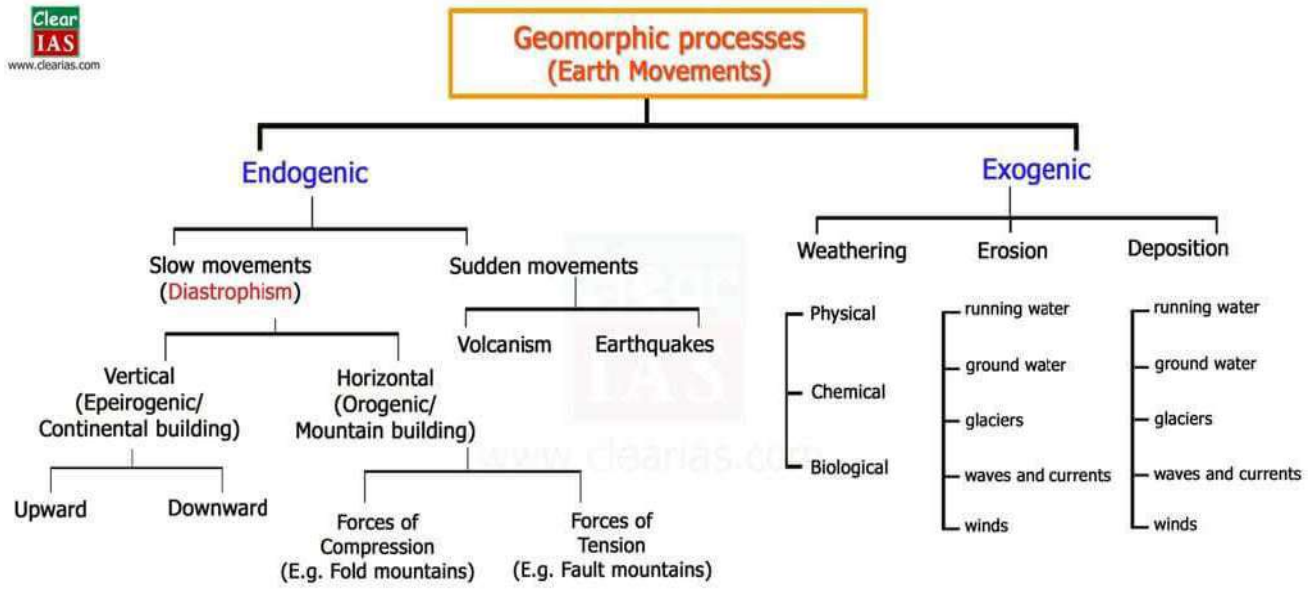
2- Geomorphic processes:

A process is a force applied on earth materials affecting on them for example Erosion. Transportation and Deposition

Endogenic processes and Exogenic processes

A- Endogenic processes: which produced from forces within earth crust (ex. Diastrophism and Volcanisms).

B-: which produced by external forces such as erosion, weathering and mass wasting



Constructive and Destructive Processes

- **Constructive processes** build landforms through tectonic and depositional processes.
  - **Tectonic processes** include movements at plate boundaries, earthquakes, orogeny, deformation, and volcanic activity.
  - **Deposition** is the accumulation or accretion of weathered and eroded materials.
- **Destructive processes** break down landforms through weathering, erosion, and mass wasting.
  - Weathering is the disintegration of rocks by mechanical, chemical, and biological agents.
  - Erosion is the removal and transportation of weathered material by water, wind, ice, or gravity.
  - Mass wasting is the rapid down-slope movement of materials by gravity.

2- Geomorphic products

Geomorphic products is the resulting landforms after applying geomorphologic processes such as Erosional landform features, Transportation and Depositional landform features

- Other Agents and Processes that Affect Landform Development
  - **Climate**: temperature, precipitation, water cycle, atmospheric conditions
  - **Time**: fast and slow rates of change
  - **People:** influences on natural resources and earth surface processes

Concepts in Geomorphology

Concept 1: (uniformitarianism): Presence is the key to the past.

The same physical processes and laws that today, operated throughout geologic time, although not necessarily always with the same intensity as now.

Concepts 2: Geologic structure is a dominant control factor in the evolution of landforms and is reflected in them.

Geologic structure in geomorphology means: various r ways by which the rock differs from other at earth crust including:

Rock attitudes, presence or absence of joints, bedding planes, faults, folds, rock massiveness, the physical hardness of the constituent minerals, the susceptibility of mineral constituents to chemical alteration, the permeabiliy and impermeability of rocks and various other ways by which the rock differs from other at earth crust.

Concept 3:

Geomorphic processes leave their distinctive imprint upon landforms, and each geomorphic process develops its own characteristic assemblage of landforms.

Geomorphic process means physical and chemical ways by which the earth crust undergoes modification.

Geomorphic processes include:

A- Endogenic processes: which produced from forces within earth crust (ex. Diastrophism and Volcanisms).

B- Exogenic processes: which produced by external forces such as erosion, weathering and mass wasting

Concept 4:

As the different erosional agencies (force) act upon the earth surface, there is a sequence of landforms having distinctive characteristics at successive stages of their development. The stages include youth, maturity and old age.

Concept 5:

Most of geomorphic features we meet in present time were made in quaternary age (Pleistocene).
"Proper interpretation of present day landscapes is impossible without a full appreciation of the main fold influences of the geologic and climatic changes during the Pleistocene" .Most of the world topography is the recognition that the geologic and climatic changes during the Pleistocene have the far reaching effects upon present day topography

Concept 6:

Complexity of geomorphic evolution is more common than simplicity.

Simple landscapes are the product of a single dominant geomorphic process.

Compound landscapes are the product of two or more geomorphic process.

Monocyclic landscapes are those that bear the imprint of only one cycle of erosion. It is restricted to such newly created land surfaces as a recently uplifted portion of the ocean floor, surface volcanic cone or areas buried beneath a cover of Pleistocene glacial materials.

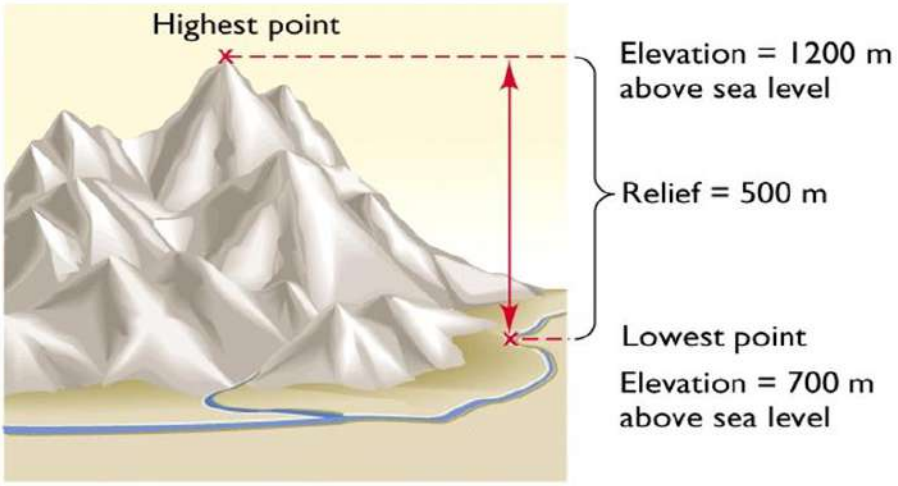
Multicyclic landscapes have been produced during more than one erosion cycle.

Exhumed or resurrected landscapes are those that were formed during some past period of geologic time, buried beneath a cover and then at recent time, exposed to the surface by weathering.

Rare to find an landscape that influenced by single geomorphic process. More multicyclic is more common than monocyclic landscapes. Older topography also seen on the new landscapes is called exhumed or resurrected landscapes also seen.

Some important items in Geomorphic

- **Elevation:** height above sea level
- **Slope:** spatial gradients in elevation
- **Relief:** the contrast between minimum and maximum elevation in a region

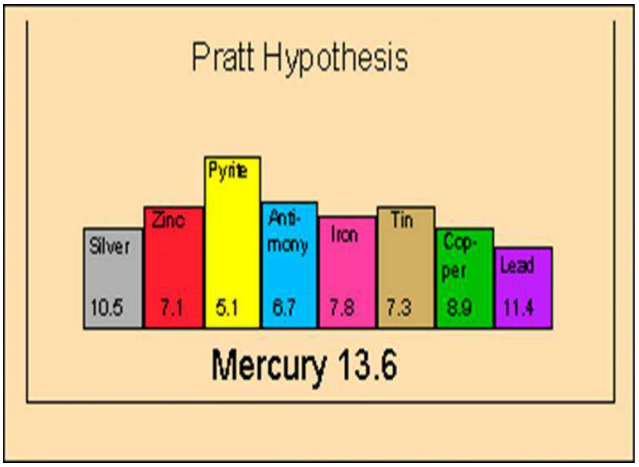


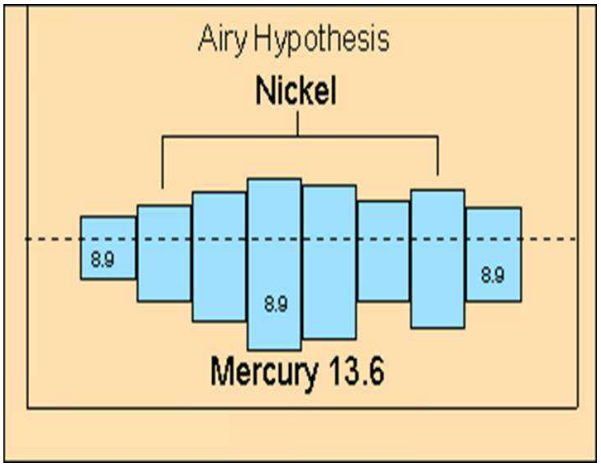
- Important: a *mountain* is a feature of relief, not elevation (a high area of low relief is a *plateau*)
  - Slope controls the local stability of hillsides and sediment transport
  - Relief controls the regional erosion rate and sediment yield
  - Elevation directly affects erosion and weathering only through temperature

Isostasy

1. the state in which pressures from every side are equal.
2. Geology . the equilibrium of the earth's crust, a condition in which the forces tending to elevate balance those tending to depress.

- Variation in topography can be compensated through two end-member mechanisms: differences in the *thickness* of layers or differences in the *density* of layers.
  - Isostatic compensation through *density* differences is *Pratt* isostasy (in the pure form each layer is of constant thickness).
  - Isostatic compensation through differences in the *thickness* of layers (where the layer densities are horizontally constant) is *Airy* isostasy.
  -

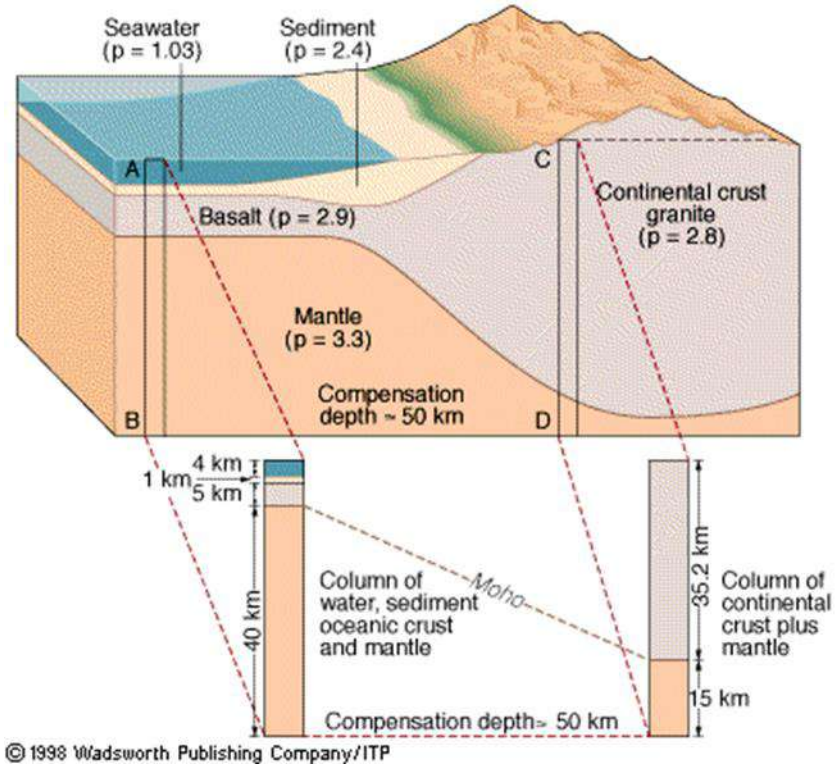




The dominant mechanism of isostatic compensation.

- In reality, both mechanisms operate together: neither the thickness nor the density of the crust is constant.

However, since the density contrast between crust and mantle is larger than most internal density differences within either crust or mantle, the dominant mechanism of isostatic compensation is variations in crustal thickness, i.e. Airy isostasy



Igneous landforms

1- EXTRUSIVE VOLCANIC LANDFORMS

Volcanic landforms are controlled by the geological processes that form them and act on the after they have formed. Thus, a given volcanic landform will be characteristic of the types of material it is made of, which in turn depends on the prior eruptive behavior of the volcano. Although later processes can modify the original landform, we should be able to find clues in the modified form that lead us to conclusions about the original formation process. Here we discuss the major volcanic landforms and how they are formed, and in some cases, later modified.

Types of lava:

- Basaltic (Basic) Lava: formed from magma low in silica, fluid magma, prevents sudden explosiveness
- Andesitic/Rhyolitic (Acidic): formed from magma rich in silica, very viscous, violent explosive

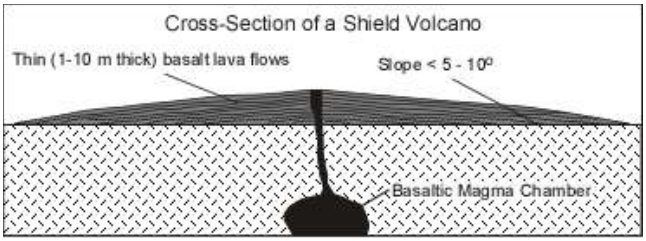
The main types of extrusive volcanic landforms are volcanoes, caldera, lava plateau and lava dome

1- Volcanoes

There are three main type of volcanoes including Shield Volcanoes, Stratovolcanoes (also called Composite Volcanoes) and Cinder Cones (also called Tephra Cones)

:

Shield Volcanoes



1- A shield volcano is Characterized by gentle upper slopes (about 5°) and somewhat steeper lower slopes (about 10°).

2- Shield volcanoes are composed almost entirely of relatively thin lava flows built up over a central vent.

3- Most shields were formed by low viscosity basaltic magma that flows easily down slope away form the summit vent.

4- The low viscosity of the magma allows the lava to travel down slope on a gentle slope, but as it cools and its viscosity increases, its thickness builds up on the lower slopes giving a somewhat steeper lower slope.

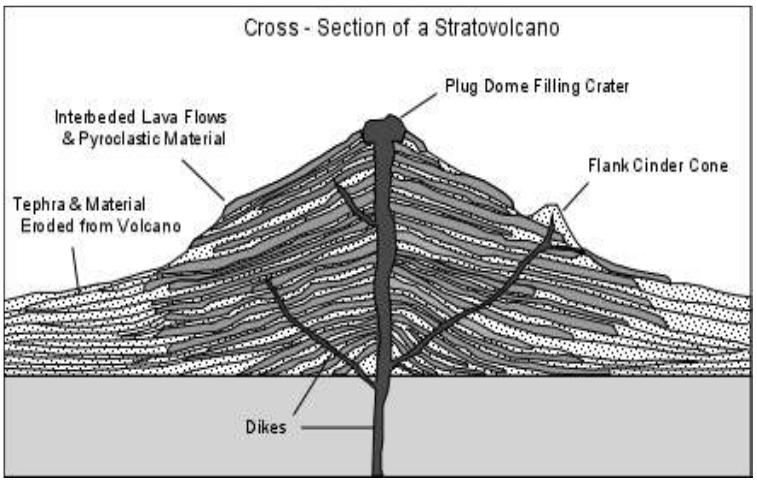
5- Most shield volcanoes have a roughly circular or oval shape in map view.

6-Very little pyroclastic material is found within a shield volcano, except near the eruptive vents, where small amounts of pyroclastic material accumulate as a result of fire fountaining events.

7- Shield volcanoes thus form by relatively non-explosive eruptions of low viscosity basaltic magma.

Stratovolcanoes (also called **Composite Volcanoes**)

1. Have steeper slopes than shield volcanoes, with slopes of 6 to 10° low on the flanks to 30o near the top.



2. The steep slope near the summit is due partly to thick, short viscous lava flows that do not travel far down slope from the vent.

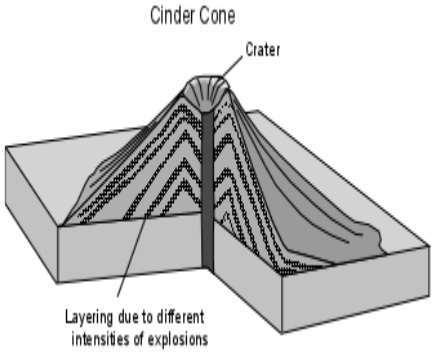
3. The gentler slopes near the base are due to accumulations of material eroded from the volcano and to the accumulation of pyroclastic material.

4. Stratovolcanoes show inter-layering of lava flows and pyroclastic material, which is why they are sometimes called composite volcanoes. Pyroclastic material can make up over 50% of the volume of a stratovolcano.

5. Lavas and pyroclastics are usually andesitic to rhyolitic in composition.

6. Due to the higher viscosity of magmas erupted from these volcanoes, they are usuallymore explosive than shield volcanoes.

Cinder Cones (also called **Tephra Cones**)

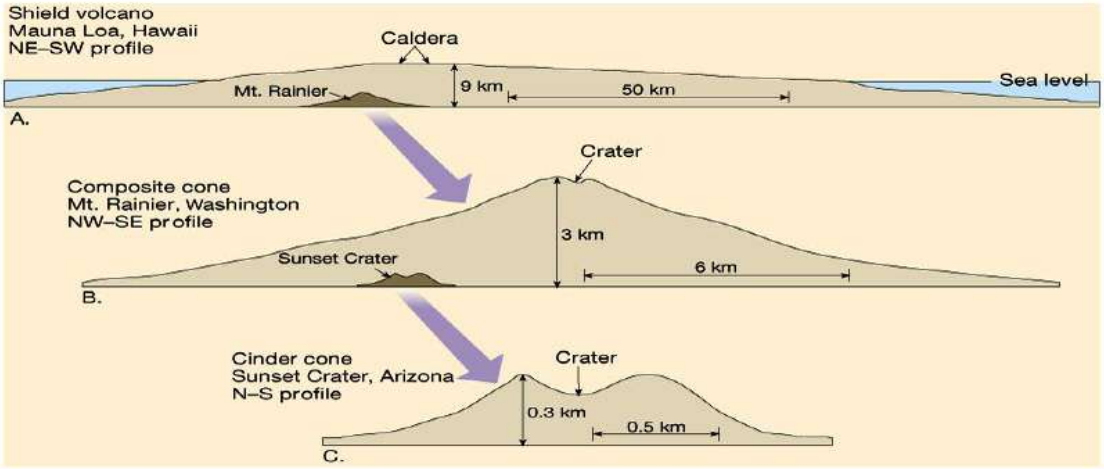


1. Cinder cones are small volume cones consisting predominantly of tephra that result from strombolian eruptions. They usually consist of basaltic to andesitic material.
2. They are actually fall deposits that are built surrounding the eruptive vent.
3. Slopes of the cones are controlled by the angle of repose (angle of stable slope for loose unconsolidated material) and are usually between about 25 and 35o.
4. Cinder cones often occur in groups, where tens to hundreds of cones are found in one area
5.

comparison of the three main types of volcanoes

Three Main Types of Volcanoes*					
The three main types of volcanoes differ in shape, size, and make-up; the differences partly result from the different types of eruptions.					
Volcano Type	**Volcano Shape**	**Volcano Size**	**Volcano Materials**	**Eruption Type**	**Utah Example**
Cinder Cone	Steep conical hill with straight sides	Small less than 300m high	cinders	Explosive	Diamond Cinder Cone, Washington County
Shield Volcano	Very gentle slopes; convex upward (shaped like a warrior's shield)	Large over 10s of kms across	fluid lava flows (basalt)	Quiet	Cedar Hill, Box Elder County

Stratovolcano	Gentle lower slopes, but steep upper slopes; concave upward	Large 1-10 km in diameter	numerous layers of lava and pyroclastics	Explosive	Mount Belknap, Tushar Mountains, Paiute County

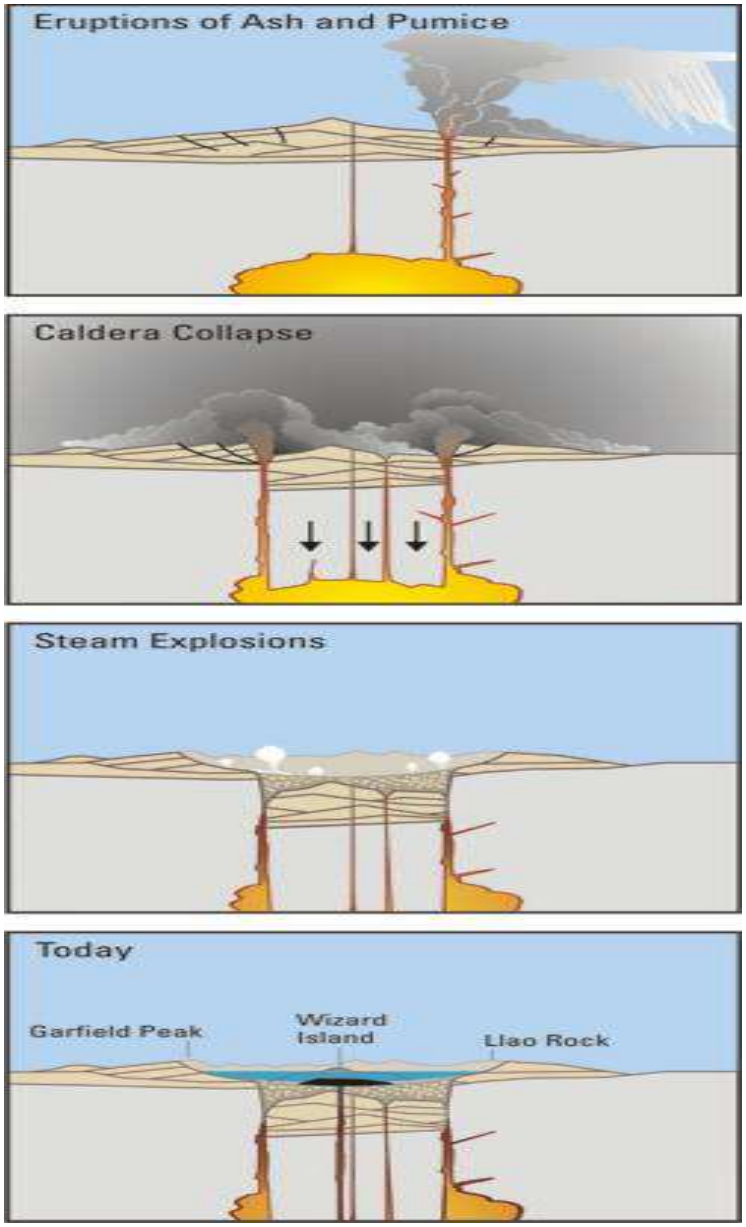


2- Caldera

Caldera is a cauldron-like volcanic feature usually formed by the collapse of land following a volcanic eruption. They are sometimes confused with volcanic craters. The word comes from Spanish caldera, and this from Latin caldaria, meaning "cooking pot". In some texts the English term cauldron is also used

Calderas - occur when gas builds up and huge explosion removes cone summit = a hole, may become flooded by the sea from lake within it

- Calderas are bowl-shaped collapse depressions formed by volcanic processes.
- Calderas most likely result from one of three collapse type events:
  - 1. Collapse of the summit following an explosive eruption of silica-rich pumice and ash pyroclastics
  - 2. Collapse of the summit following the subterranean or fissure drainage of the magma chamber
  - 3. Collapse of a large area following the discharge of silica-rich pumice and ash along ring fractures that may or may not have been previously active volcanoes

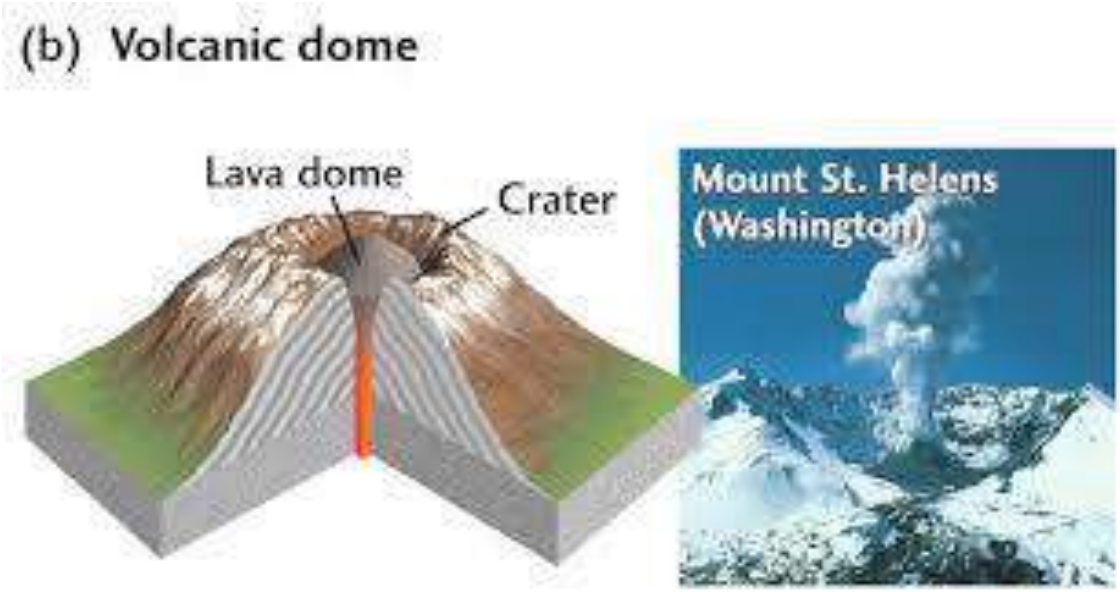


3-Lava Plateaux - formed from fissure eruptions, lava flows are basaltic in nature so flow for miles

4- Lava domes are rounded, steep-sided mounds built by very viscous magma that is resistant to flow and builds up forming a dome.

The magma does not move far from the vent before cooling and it crystallizes in very rough, angular basaltic rocks.

A single lava dome may be formed by multiple lava flows that accumulate over time



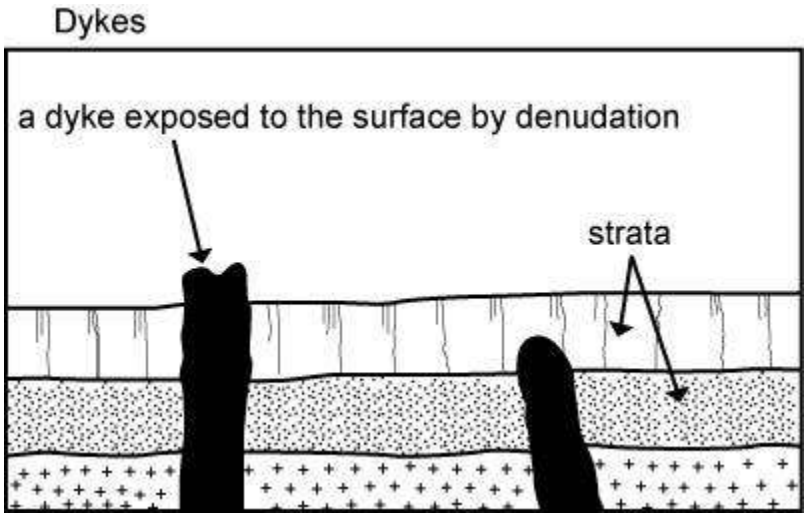
2- INTRUSIVE VOLCANIC LANDFORMS

These are formed when magma solidifies underground. Magma forms in many different shapes and sizes, the most common are: -

*1. **Batholiths**: A batholith is an exposed area of (mostly) continuous plutonic rock that covers an area larger than 100 square kilometers Areas smaller than 100 square kilometers are called stocks However, the majority of batholiths visible at the surface (via outcroppings) have areas far greater than 100 square kilometers. These areas are exposed to the surface through the process of erosion accelerated by continental uplift acting over many tens of millions to hundreds of millions of years. This process has removed several tens of square kilometers of overlying rock in many areas, exposing the once deeply buried batholiths.*

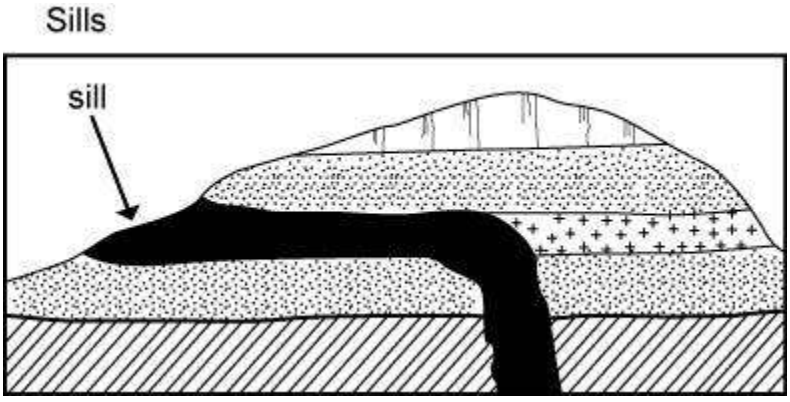
2. **Dykes**: formed when magma solidifies into vertical cracks, cutting across rock layers. When affected by erosion dykes may stand as a ridge.

A dyke (also spelled dike) is a tabular body usually of igneous rock discordant to, and intrusive into, the bedding, schistosity, or other primary structure of its host rock Depending on the attitude of the host rocks, the dyke may be vertical, horizontal, or inclined, but most are vertical or steeply inclined, and were so intruded.



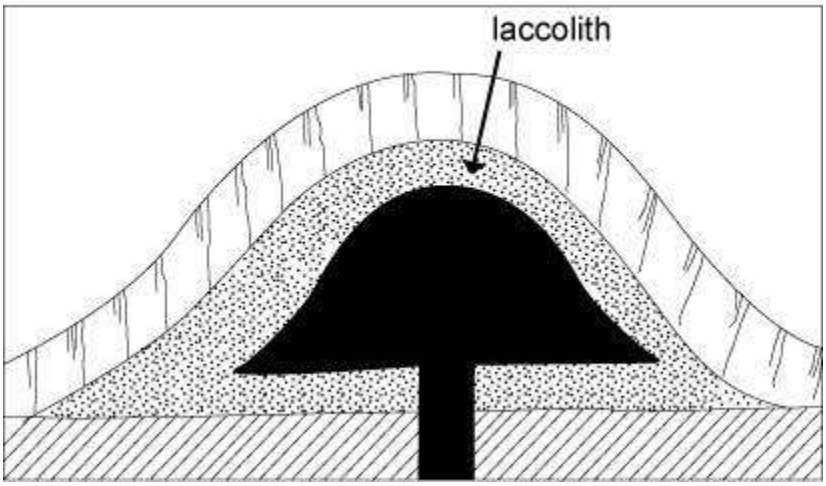
3. **Sills**: formed when lava solidifies in between rock layers, after prolonged erosion, Sills may be exposed as escarpments and while they occur across a river valley they cause waterfalls and rapids.

In geology, a sill is a tabular sheet intrusion that has intruded between older layers of sedimentary rock, beds of volcanic lava or tuff, or along the direction of foliation in metamorphic rock. A sill is a concordant intrusive sheet, meaning that a sill does not cut across preexisting rock beds. Stacking of sills builds a sill complex



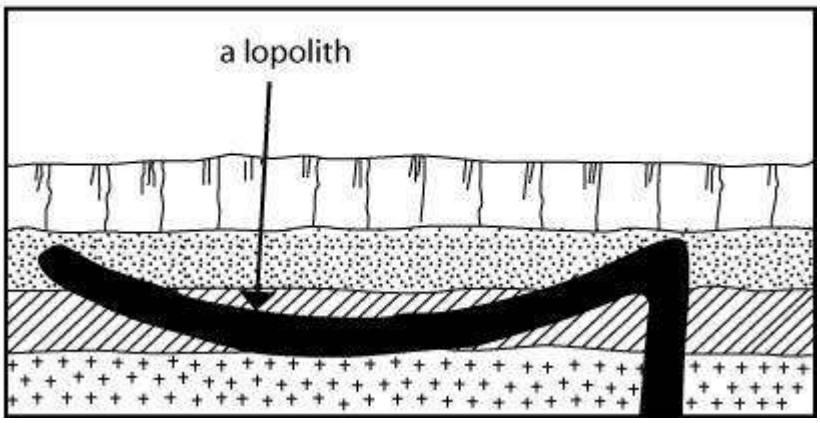
4. **Laccolith**: this is magma which solidifies in a shape similar to a mushroom. After prolonged erosion, it may form upland.

Laccolith



5. **Lappolith**: This is a lenticular shaped magma, after erosion. It can be exposed as a shallow basin. Examples are the Bushveld igneous complex of South Africa

a lopolith



3 -Minor Volcanic Forms

☐ **Solfatara** - small volcanic areas without cones, produced by gases escaping the surface

☐ **Geysers** - occur when water, heated explodes onto the surface

☐ **Hot springs/Boiling mud** - sometimes water heated below does not explode

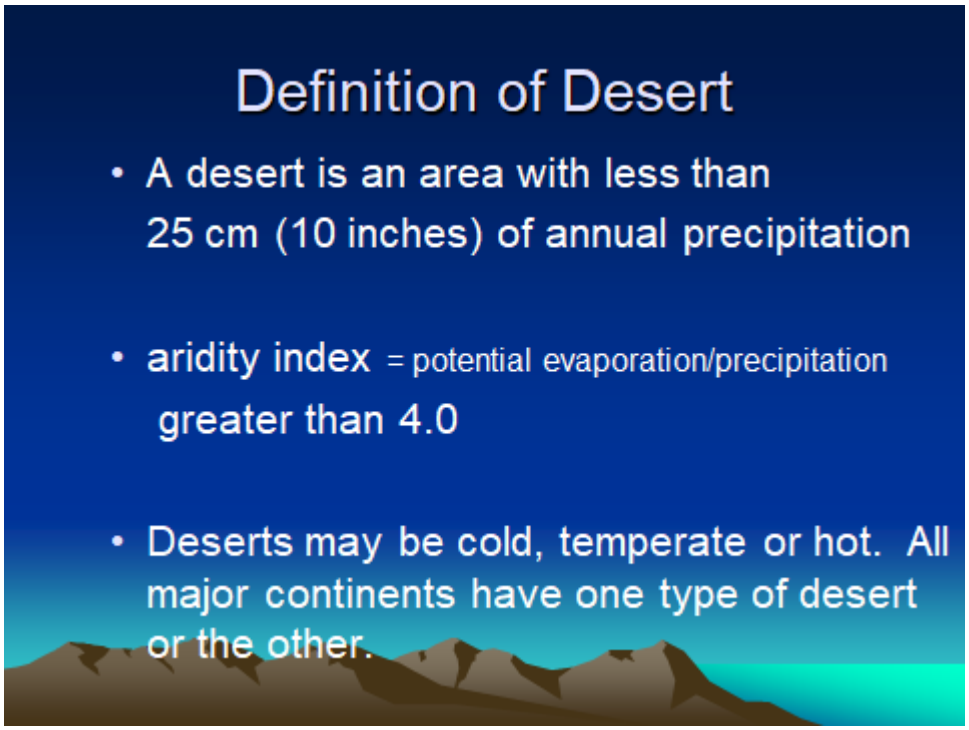
☐ **Fumaroles –**

A fumarole (or fumerole) is a vent in the surface of the Earth or other rocky planet from which hot volcanic gases and vapors are emitted, without any accompanying liquids or solids. It consider.,an opening in or near a volcano, through which hot sulfurous gases emerge and super-heated water, turning to steam as pressure drops when it emerges from the ground

Desert Geomorphology

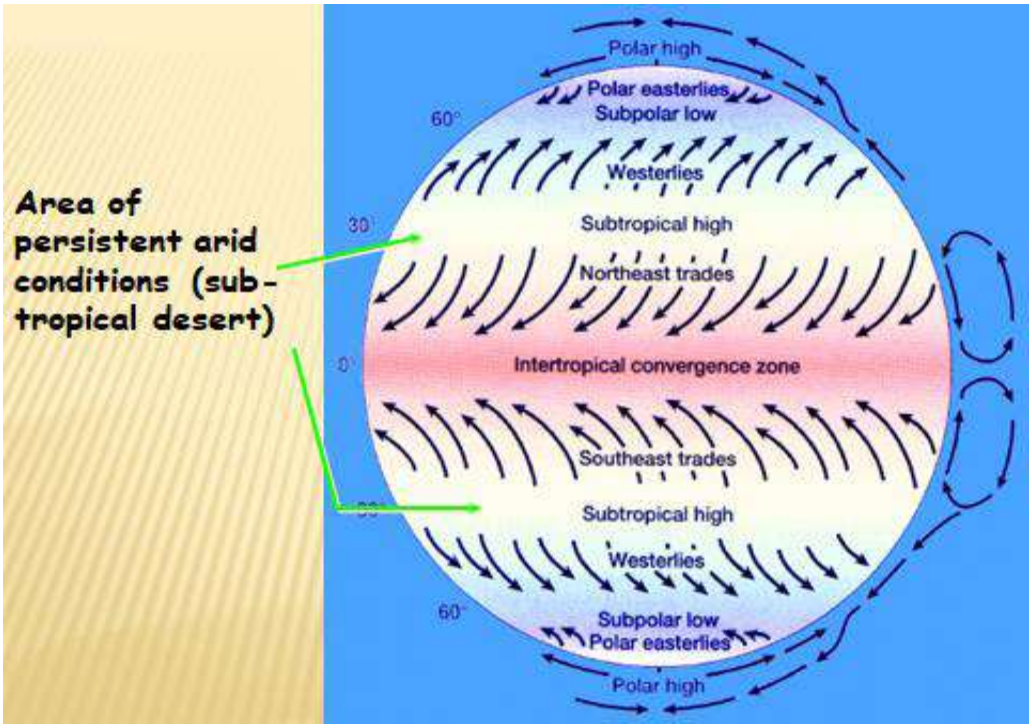
Deserts and Wind

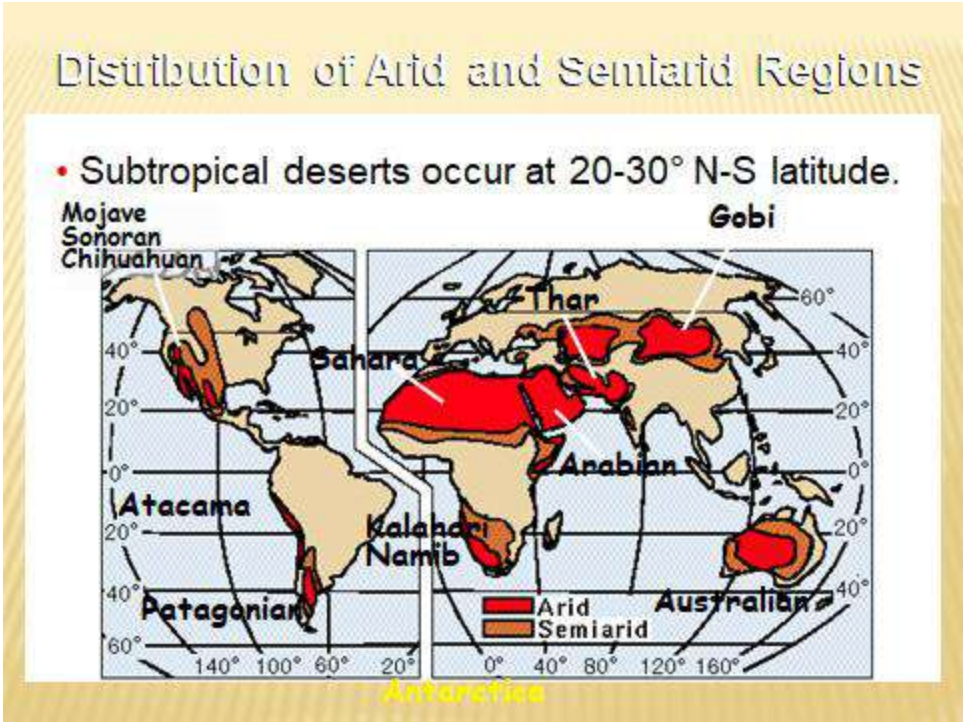
1. Deserts form in land areas with low precipitation (typically less than 25 cm of rain per year).
2. Wind: The movement of air on the Earth's surface stems from the uneven distribution of solar heat. Hot air rises over the equator, drops out moisture, and descends as cool, dry air over latitudes 30 N and 30 S. Deserts are found at these latitudes.



SEMIARID, ARID AND DESERTS

- Semiarid lands, also called steppes, typically receives 250 to 500 millimeters (10 to 20 inches) of rain per year
- Arid lands receive less than 250 millimeters (10 inches) of rain per year
- Deserts are formally defined as regions that rarely receive precipitation, typically less than 100 millimeters (4 inches) per year





Mechanism of Desert/Arid Erosion

1. **Weathering**

- Most potent factor in reducing rocks to sand in arid regions.
- Even though the amount of rain that falls in a desert is small, but manages to penetrate into rocks & sets up chemical reactions in various minerals it contains.
- Intense heating during the day & rapid cooling during the night by radiations, set up stresses in already weakened rocks, hence they eventually crack.
- When water gets into cracks of a rock, it freezes at night as the temperature drops below the freezing point & expands by 10 % of its volume.
- Successive freezing will prise of fragments of rocks which get accumulated as screes.
- As heat penetrates rock, its outer surface gets heated & expands, leaving its inner surface comparatively cool.

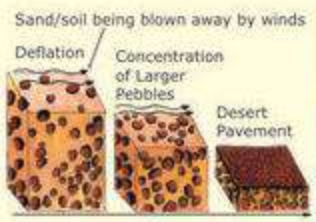
- Hence, outer surface prise itself from the inner surface & peels off in successive thin layers, known as exfoliation.

2. Action of Wind

- Efficient in arid regions as little vegetation or moisture to bind the loose surface materials.
- It is carried out in the following ways:
- **Deflation**
- Involves lifting & blowing away of loose materials from the ground
- Blowing capacity depending largely on the size of the material lifted from the surface
- Finer dust & sands may be removed miles away from their place of origin & may get deposited even outside the desert margins.
- Deflation results in the lowering of the land surface to form large depressions called Deflation hollows.
- **Abrasion التاكل**
- Sandblasting نحت الرمال of rock surfaces by the wind when they hurl قذف- القى sand particles against them
- This results in rock surfaces being scratched, polished & worn awayوتنقله بعيدا
- Abrasion is most effective near the base of the rocks, where the amount of material the wind is able to carry is greatest.
- This explains why telegraphic poles in the deserts are protected by covering of metal for a foot or two above the ground.
- **Attrition البرى**
- When wind-borne particles roll against one another in the collision, they wear each other away
- Hence their sizes are greatly reduced & grains are rounded

Types of Wind Erosion

Erosion by wind is most efficient in the deserts due to the aridity. With very little moisture and sparse vegetation there is nothing to bind the surface material together hence the wind erosion takes place virtually unhindered.



1 Deflation
Lifting and blowing away of loose materials from the ground causing lowering of land surface and depressions

2 Abrasion
Scratching, polishing and wearing away of rock when sand particles are hurled against the rocks in the desert.

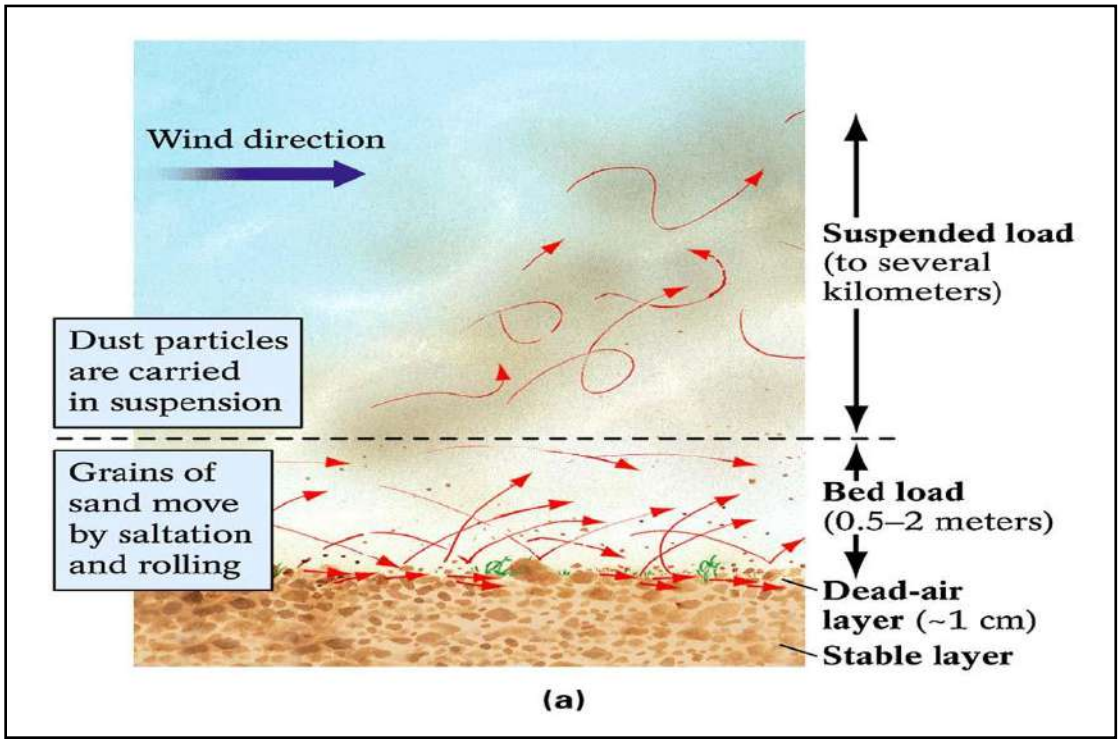
3 Attrition
Wearing and rounding of wind borne particles when they collide against each other constantly.

Publisher: VIDYA CHITR PRAKASHAN, 1 Ansari Road, Darya Ganj, New Delhi 110 002

Wind-Created Features

Wind is a strong sculpting agent. It carves away rocks and sediments and deposits sediments elsewhere.

1. Bed load: The sand grains (> 0.25 mm) and other particles that wind (or water) carries on or just above the ground.
2. Suspended load: The fine particles (< 0.25 mm) that wind keeps aloft.
3. Saltation: The "jumping" of sand grains due to strong wind. Wind blowing perpendicular to a surface decreases the pressure on that surface. When the inertia of a sand grain is overcome, it begins to roll. When it hits other grains, they bounce into the air, where they are carried forward until gravity pulls them back down.



4. Deflation: A process by which wind carries fine particles away and leaves a compact surface of larger pebbles.

Types of desert

- **Hamada/Rocky Desert**
- Consist of large stretches of bare rocks, swept clear of sand & dust by wind.
- Exposed rocks are thoroughly smoothened, polished & highly sterile
- **Reg/Stony Desert**
- Composed of extensive sheets of angular pebbles & gravels which the wind is not able to blow off.
- Stony deserts are more accessible than sandy deserts & large herds of camels kept there.
- **Erg/Sandy Desert**
- Also known as the sea of sand
- Winds deposit vast stretches of undulating sand dunes in the direction of winds
- **Badlands**
- Consists of gully & ravines formed on hill slopes & rock surfaces by the extent of water action
- Not fit for agriculture & survival
- Finally leads to the abandonment of the entire region by its inhabitant
- **Mountain Deserts**
- Deserts which are found on the highlands such as on plateaus & mountain ranges, where erosion has dissected the desert highland into rough chaotic peaks & uneven ranges.
- Their steep slopes consist of Wadis (dry valleys) with sharp & irregular edges carved due to the action of frost.

Desert Landforms I

Generally confined within the parallels of 15° to 30° north and south of the equator these deserts cover about a fifth of the land surface.

They are arid (dry) regions. Insufficient rainfall, very high temperatures, rapid rate of evaporation are the main causes of aridity.

Types of Deserts

Erosion by wind (*eolian processes*) and water, transportation of the eroded material and its deposition has created five types of deserts.

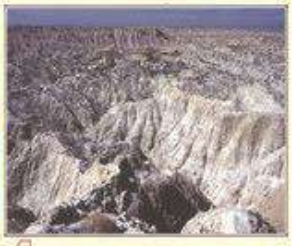
Very high temperatures during the day and sub-zero temperatures in the night build up stresses in the rocks. This causes them to crumble due to frost action, exfoliation, etc.

The rock fragments, also known as regoliths, become the tools of wind erosion.

1 Hamada or Rocky Desert
Bare rocks, land swept clean of sand and dust due to strong winds.

2 Reg or Stony Desert
Characterized by extensive sheets of angular pebbles and gravel.

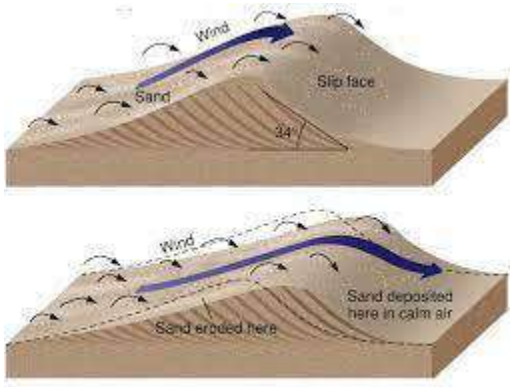
3 Erg or Sandy Desert
Vast stretches of sand dunes in the heart of the desert



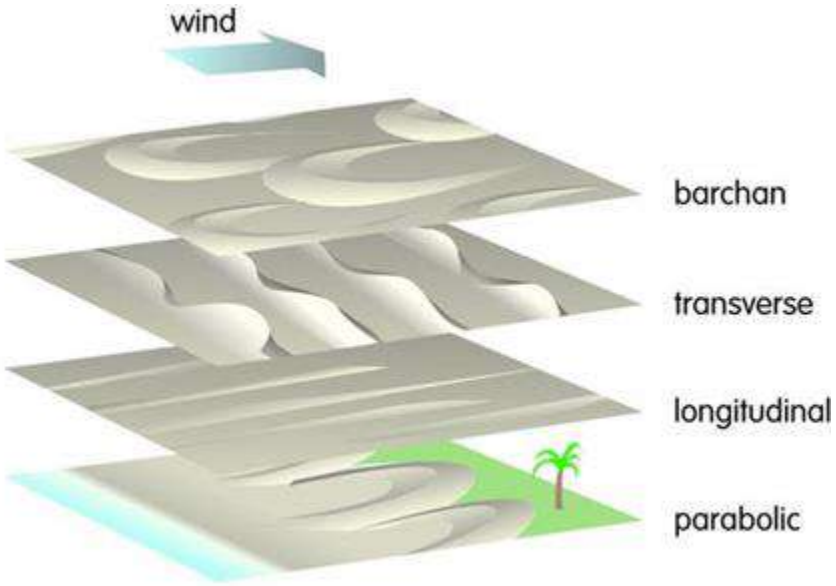
4 Badlands
Land badly eroded into gullies and ravines by occasional rain storms.

5 Mountain Desert
Found on plateaus and mountain ranges. Steep slopes, sharp and irregular peaks.

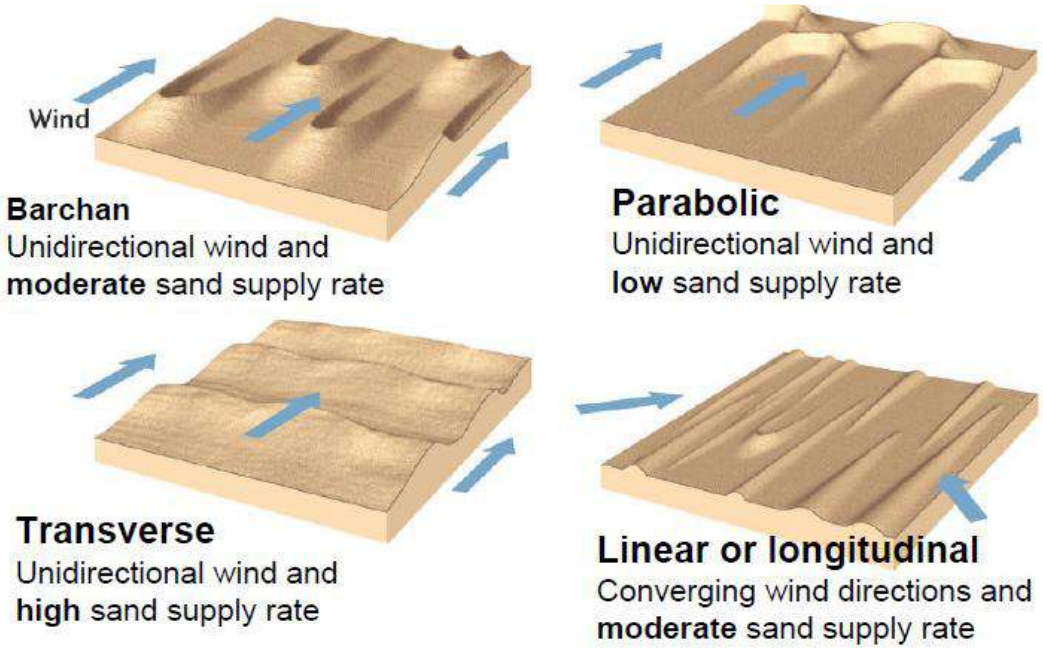
Dunes: Sand mounds or ridges that the wind creates. Dunes have a steep side called a slip face. Types of dunes include:



1. Barchan dune: A solitary dune shaped like a horseshoe, with its tips pointing away from the wind. Barchan dunes form on flat surfaces where sand supply is low.
2. Transverse dune: A long ridge of sand oriented perpendicular to the direction of the wind. Transverse dunes form where wind is steady and sand is plentiful.
3. Longitudinal dune: A dune that forms parallel to wind direction, in places where sand supply is limited.
4. Parabolic dune: A dune shaped like a barchan dune but with its tips pointing into the wind. Parabolic dunes form on beaches with abundant sand and are partly covered by vegetation.

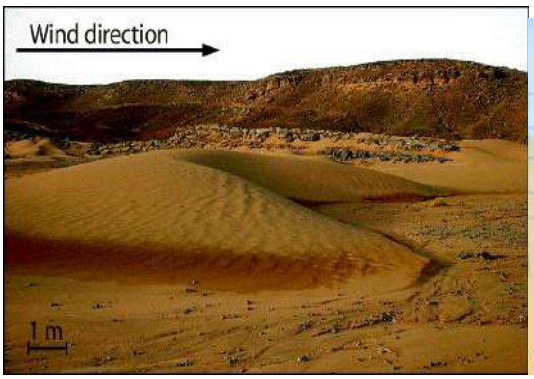


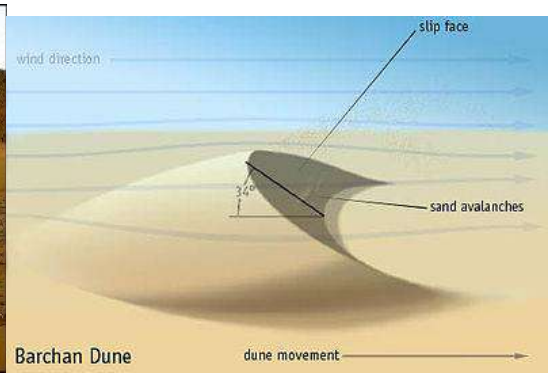
Desert dunes classification is based upon shape and include barchan dunes, parabolic dunes, transverse dunes, linear (longitudinal) dunes, seif dunes, star dunes



Barchan dunes

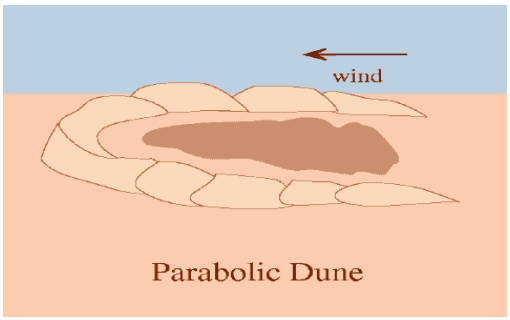
Crescent-shaped sand dunes .Barchans face the wind, appearing convex and are produced by wind action predominately from one direction. They are highly common, characteristic in sandy deserts all over the world and are arc-shaped, markedly asymmetrical in cross section, with a gentle slope facing toward the wind sand ridge, comprising well-sorted sand. This type of dune possesses two "horns" that face downwind, with the steeper slope known as the slip face, facing away from the wind, downwind, at the angle of repose of sand, approximately 30–35 degrees for medium-fine dry sand





Parabolic Dune

Parabolic or **blowout dunes** are caused by breaching of partially stabilized ridges. With the arms anchored at the ridge, the center of the dune migrates downwind. As a result, the arms point upwind rather than downwind as with barchan dunes



Longitudinal (Seif) dunes

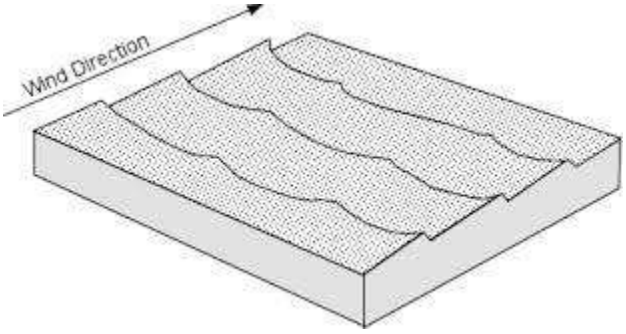
Longitudinal dunes (also called Seif dunes, after the Arabic word for "sword"), elongate parallel to the prevailing wind, possibly caused by a larger dune having its smaller sides blown away. Seif dunes are sharp-crested and are common in the Sahara. They range up to 300 m in height and 300 km in length..

Seif dunes are thought to develop from barchans if a change of the usual wind direction occurs. The new wind direction will lead to the development of a new wing and the over development of one of the original wings. If the prevailing wind

then becomes dominant for a lengthy period of time the dune will revert to its barchan form.

Transverse dune

A large, strongly asymmetrical, elongated dune lying at right angles to the prevailing wind direction. Transverse dunes have a gently sloping windward side and a steeply sloping leeward side. They generally form in areas of sparse vegetation and abundant sand. Most beach dunes are transverse dunes



Star dunes

Radially symmetrical, star dunes are pyramidal sand mounds with slipfaces on three or more arms that radiate from the high center of the mound. They tend to accumulate in areas with multidirectional wind regimes. Star dunes grow upward rather than laterally.

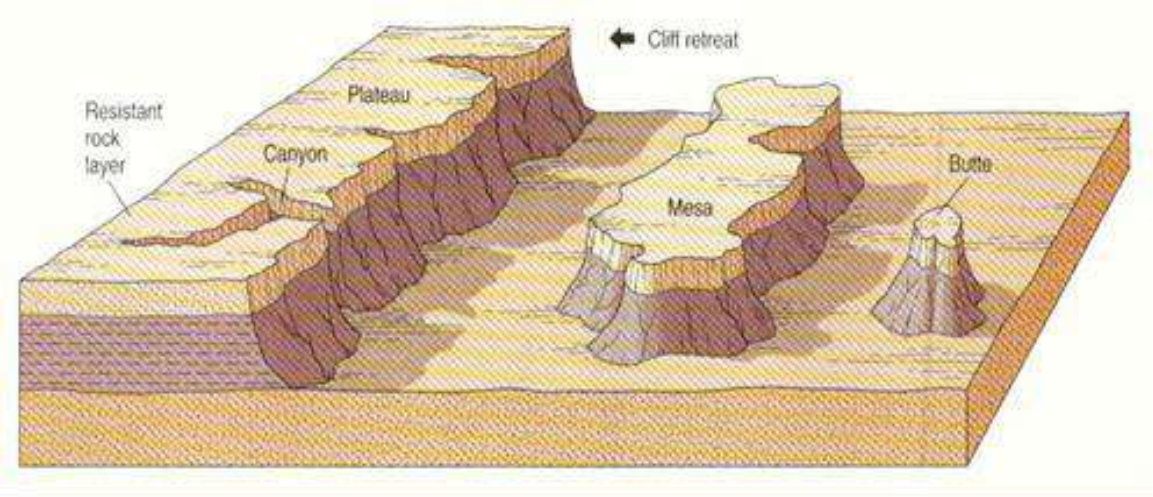
Sand sheets

Sand sheets are flat, gently undulating plots of sand surfaced by grains that may be too large for saltation. They form approximately 40 percent of aeolian depositional surfaces .Sand sheets exist where grain size is too large, or wind velocities too low, for dunes to form.

Loess

Loess is an Aeolian sediment formed by the accumulation of wind-blown silt, typically in the 20–50 micrometer size range, twenty percent or less clay and the balance equal parts sand and silt, that are loosely cemented by calcium carbonate. Loess is homogeneous, porous, friable, pale yellow or buff, slightly coherent, typically non-stratified and often calcareous. Loess grains are angular with little polishing or rounding and composed of crystals of quartz, feldspar, mica and other minerals. Loess can be described as a rich, dust-like soil

Desert erosional landforms



plateau

plateau (a high plain or tableland)is an area of highland, usually consisting of relatively flat terrain. A plateau is an elevated land. It is a flat topped table standing above the surrounding area. A plateau may have one or more sides with steep slopes.

Mesa

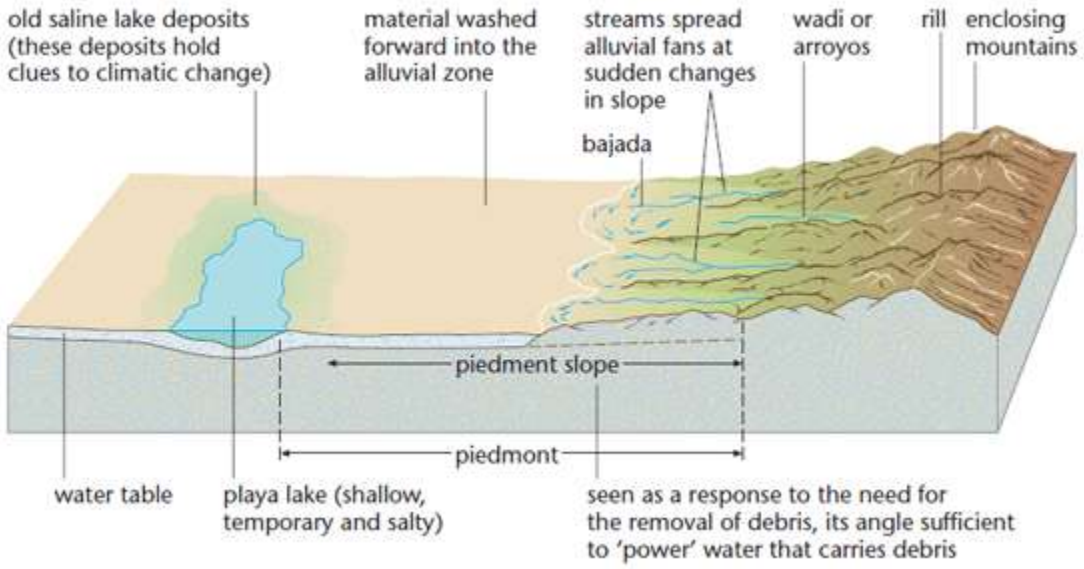
A mesa (Portuguese and Spanish for table) an elevated area of land with a flat top and sides that are usually steep cliffs. It takes its name from its characteristic table-top shape. a broad, flat-topped hill bounded by cliffs and capped with a resistant rock layer

Butte

Butte is an isolated hill with steep, often vertical sides and a small, relatively flat top; buttes are smaller than mesas, plateaus, and table landforms

In differentiating mesas and buttes, geographers use the rule of thumb that a mesa has a top that is wider than its height, while a butte has a top that is narrower than its height

Pediment and pagada



A pediment is a very gently sloping (.5°-7°) inclined bedrock surface It typically slopes down from the base of a steeper retreating desert cliff, or escarpment, but may continue to exist after the mountain has eroded away. It is caused by erosion. It develops when sheets of running water (laminar sheet flows) wash over it in intense rainfall events. It may be thinly covered with fluvial gravel that has washed over it from the foot of mountains produced by cliff retreat erosion. It is typically a concave surface gently sloping away from mountainous desert areas

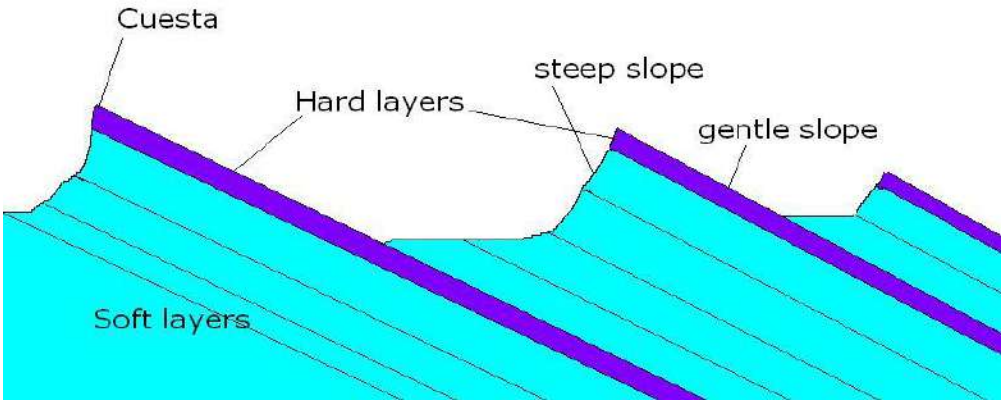
Bajadas merged groups of alluvial fans, which also may appear to gently slope from an escarpment, but are composed of material eroded from canyons, not bedrock.

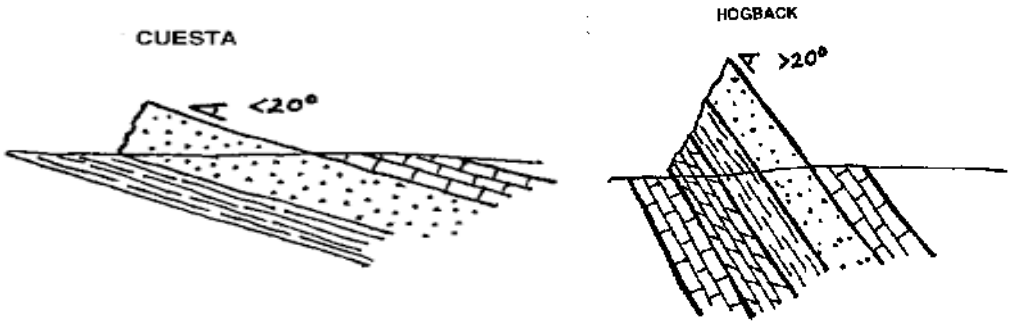
There are two features that can help differentiate between a pediment and bajada. First, pediments will likely have common exposures of bedrock sticking up through a thin veneer of sediment while bajadas will not have these exposures. Second, the major drainages of bajadas can be traced back to a few steep narrow canyons that are the source of the material deposited on the surface of the bajada. Pediments will not have these source canyons and erosion will be removing sediment from the entire surface

playa, (Spanish: shore or beach) , flat-bottom depression found in interior desert basins and adjacent to coasts within arid and semiarid regions, periodically covered by water that slowly filtrates into the ground water system or evaporates into the atmosphere, causing the deposition of salt, sand, and mud

alluvial fan

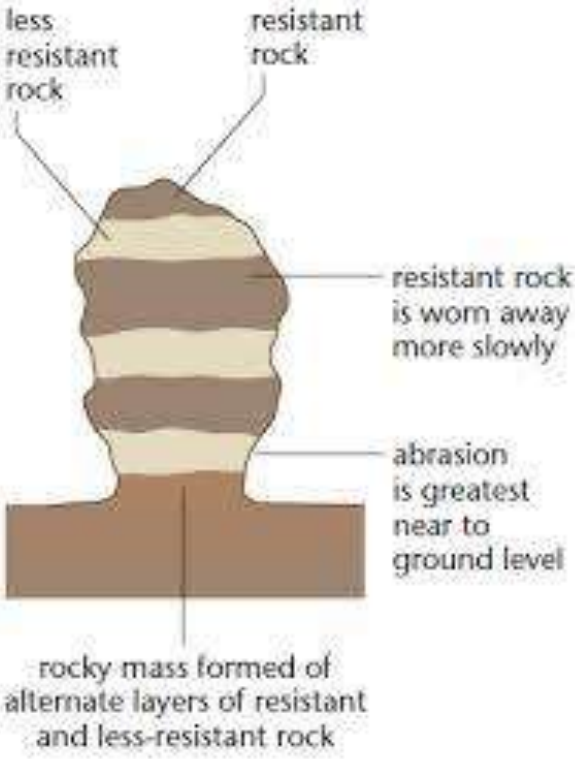
An alluvial fan is a triangle-shaped deposit of gravel, sand, and even smaller pieces of sediment, such as silt. This sediment is called alluvium. Alluvial fans are usually created as flowing water interacts with mountains, hills, or the steep walls of canyons.

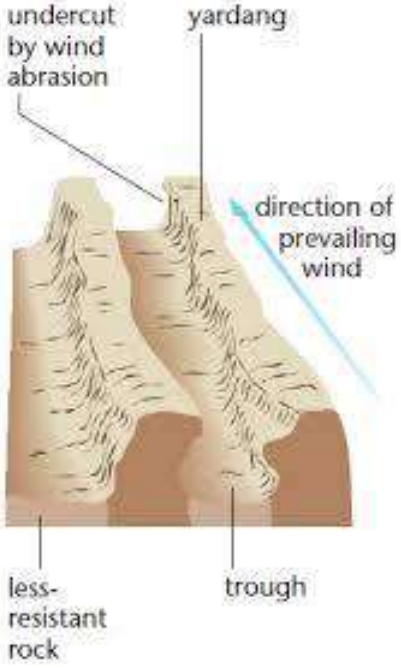




Hogback is a long narrow ridge or series of hills with a narrow crest and steep slopes of nearly equal inclination on both flanks. Typically, this term is restricted to a ridge created by the differential erosion of outcropping, steeply dipping (greater than 20°),

Cuestas are similar formations with dip slopes of less than 20 degrees; escarpment slopes of cuestas are much steeper than the dip slopes.


less resistant rock
resistant rock
resistant rock is worn away more slowly
abrasion is greatest near to ground level
rocky mass formed of alternate layers of resistant and less-resistant rock


undercut by wind abrasion
yardang
direction of prevailing wind
less-resistant rock
trough

zeugen Mushroom-shaped rock that has been eroded by the abrasive action of windblown sand. The undercutting effect is concentrated near ground level, where sand movement is greatest, and is enhanced in areas of near-horizontal strata when the lowest bed is relatively weak Streams

A yardang is a streamlined hill carved from bedrock or any consolidated or semiconsolidated material by the dual action of wind abrasion, dust and sand, and deflation. Yardangs become elongated features typically three or more times longer than wide, and when viewed from above, resemble the hull of a boat. Facing the wind is a steep, blunt face that gradually gets lower and narrower toward the lee end.[2] Yardangs are formed by wind erosion, typically of an originally flat surface formed from areas of harder and softer material. The soft material is eroded and removed by the wind, and the harder material remains. The resulting pattern of yardangs is therefore a combination of the original rock distribution, and the fluid mechanics of the air flow and resulting pattern of erosion.

Alluvial land forms

Streams are channeled flows of any amount of water. Although streams hold only a small percentage of the Earth's water at any given time, the energy of streams has done much to sculpt the landscape. Stream energy is controlled by channel size and slope.

1. Gradient: The steepness of land over which a stream flows. As a stream flows down a slope, its potential energy converts to kinetic energy. The steeper the gradient, the faster the stream flows.
2. Base level: The lowest level to which a stream can erode its channel. Oceans are considered the ultimate base level because they are the final destination of streams. More often, local base levels like lakes, dams, or stream junctions control stream flow.
3. Cross section: The area of water in a cross-sectional slice of a stream. For a flat stream, cross section is calculated by multiplying depth by width. For a semi-circular stream, it is calculated using stream radius: $(1/2)\pi r^2$.
4. Discharge: The volume of water that flows past a certain point in a stream over a measured time interval. Discharge is calculated by multiplying the cross section of the stream by the velocity of the stream.

Stream Flow and Transport

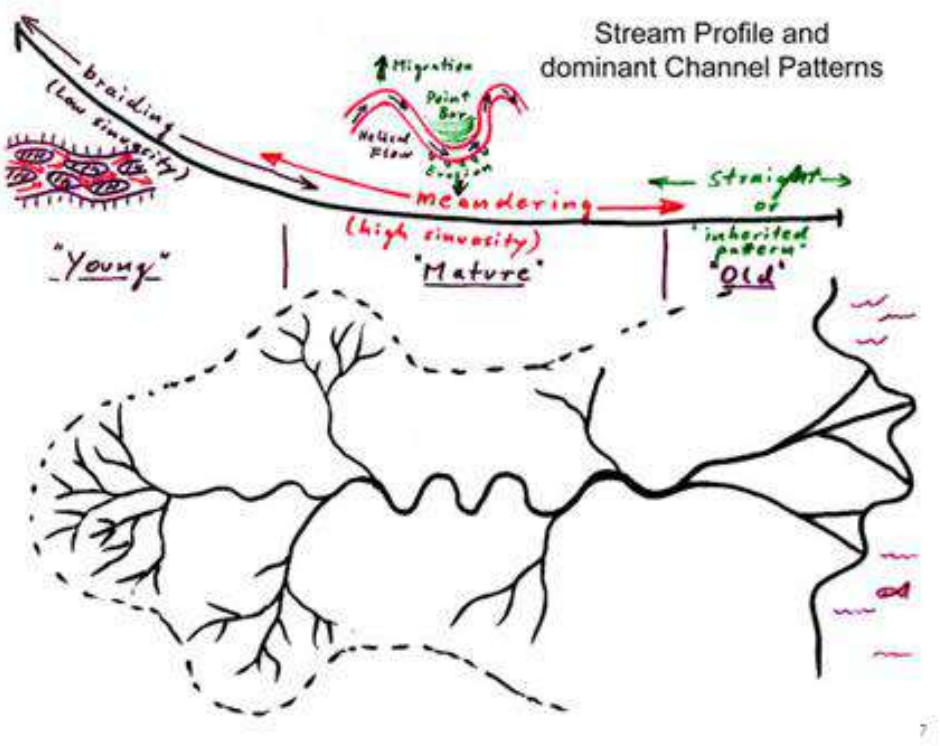
1. Water can flow within a stream in two ways:
    1. Laminar flow: In slow-moving streams, water flows in parallel paths.
    2. Turbulent flow: In fast-moving streams and in rough stream channels, water swirls around as it moves down a gradient.

2. Capacity: The amount of sediment a stream can carry past a certain point in a given time.
3. Competence: A measure of how strong a stream is, based on the biggest size of an object the stream can move.
4. Saltation: Skipping and bouncing of particles on the bottom of a stream caused by water flow pushing the particles.
5. Load: The material a stream carries. There are several types:
    1. Bed load: Heavy objects dragged along a stream bottom.
    2. Suspended load: Fine particles carried suspended in a stream's moving water.
    3. Dissolved load: Material (salt, carbonate, or other ions) dissolved in the stream water.
6. Graded stream: A stream with a slope and channel that have adjusted enough over time so that the stream has just enough energy to carry its load, but no excess energy so that it erodes its banks.

Stream Settings

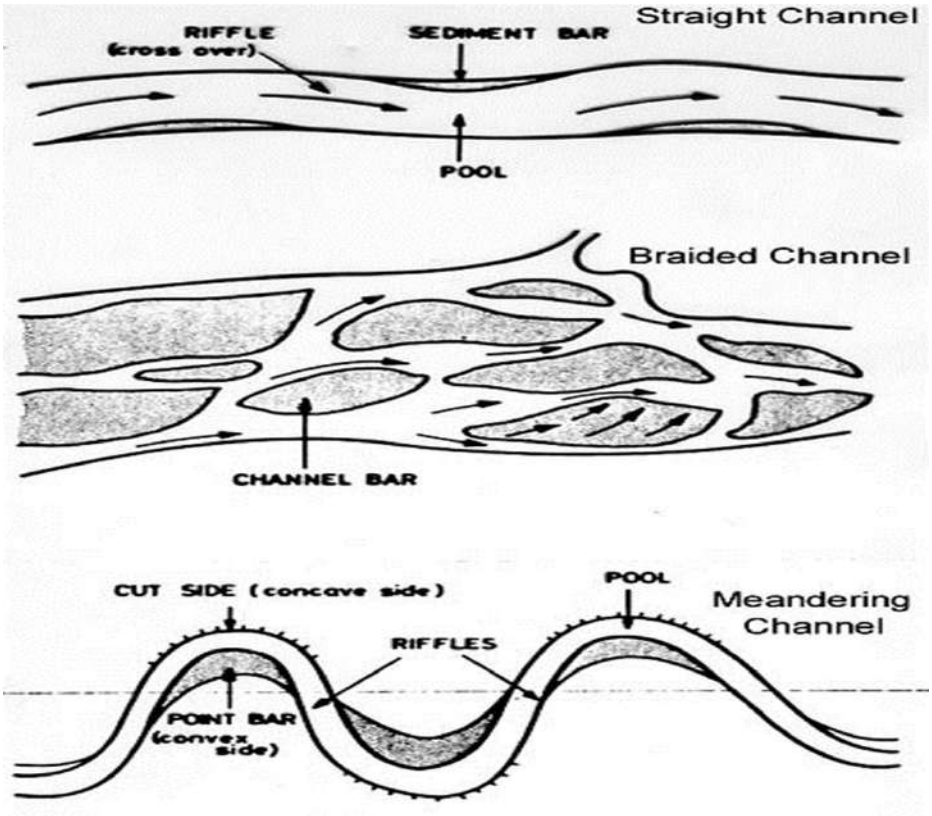
1. Alluvial fan: A gently sloping blanket of alluvium, or sediment deposited by a stream, where it exits a gully onto a flatter surface
2. Flood plain: A plain surrounding a stream. Streams periodically overflow their banks or move laterally across surrounding flood plains, leaving layers of sediments in their wake.
3. Delta: The mouth of a stream, where the stream slows due to a gentler gradient and deposits much of its sediments as it moves to base level.
4. Tributary: A small stream that flows into a larger stream.

5. Drainage system:

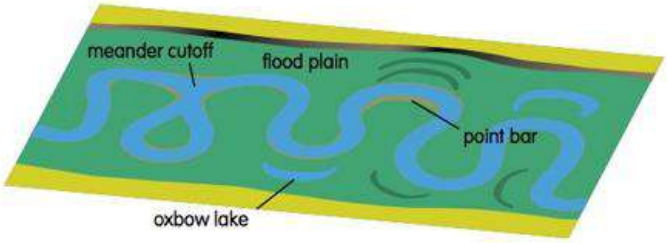


Stream Shapes and Patterns

There are several types of streams and drainage patterns, which are dictated by landforms and also shape those landforms. Whereas glaciers carve flat-bottomed, U-shaped valleys, streams carve sharp canyons, or V-shaped valleys.



1. Braided stream: A stream that divides into smaller streams. When a stream gradient decreases, its flow slows, causing the stream to branch into smaller subchannels. Braided streams are common on alluvial fans and glacial outwash plains.
2. Meandering stream: A stream that carves a path sideways and forms wide loops, called meanders, as it flows downstream. Often, when water in a stream flows over a bump, ripples are created that deflect water toward one side of the stream and carve into the side. This sideways flow creates a bend in the channel, and water flowing out of this bend then deflects toward the opposite side of the stream, carving a bend there.
    1. Point bar: Sediment deposited in the inner curves of a meandering stream. The stream moves slowest in these inner curves, so the stream drops sediment here.
    2. Oxbow lake: A lake that splits off from a meandering stream when erosion carves a straight channel that cuts off the flow into one of the stream's meanders.



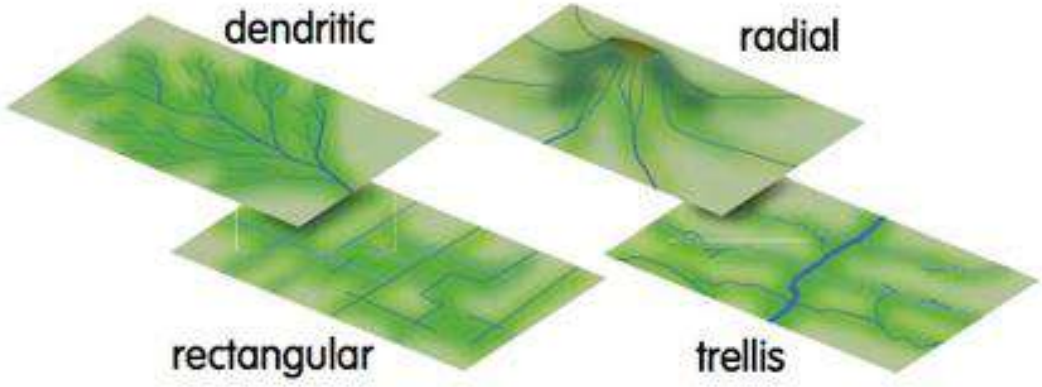
3. Streams can follow several different drainage patterns:

   1. Dendritic drainage: Several substreams branch out from a main stream in a treelike pattern.

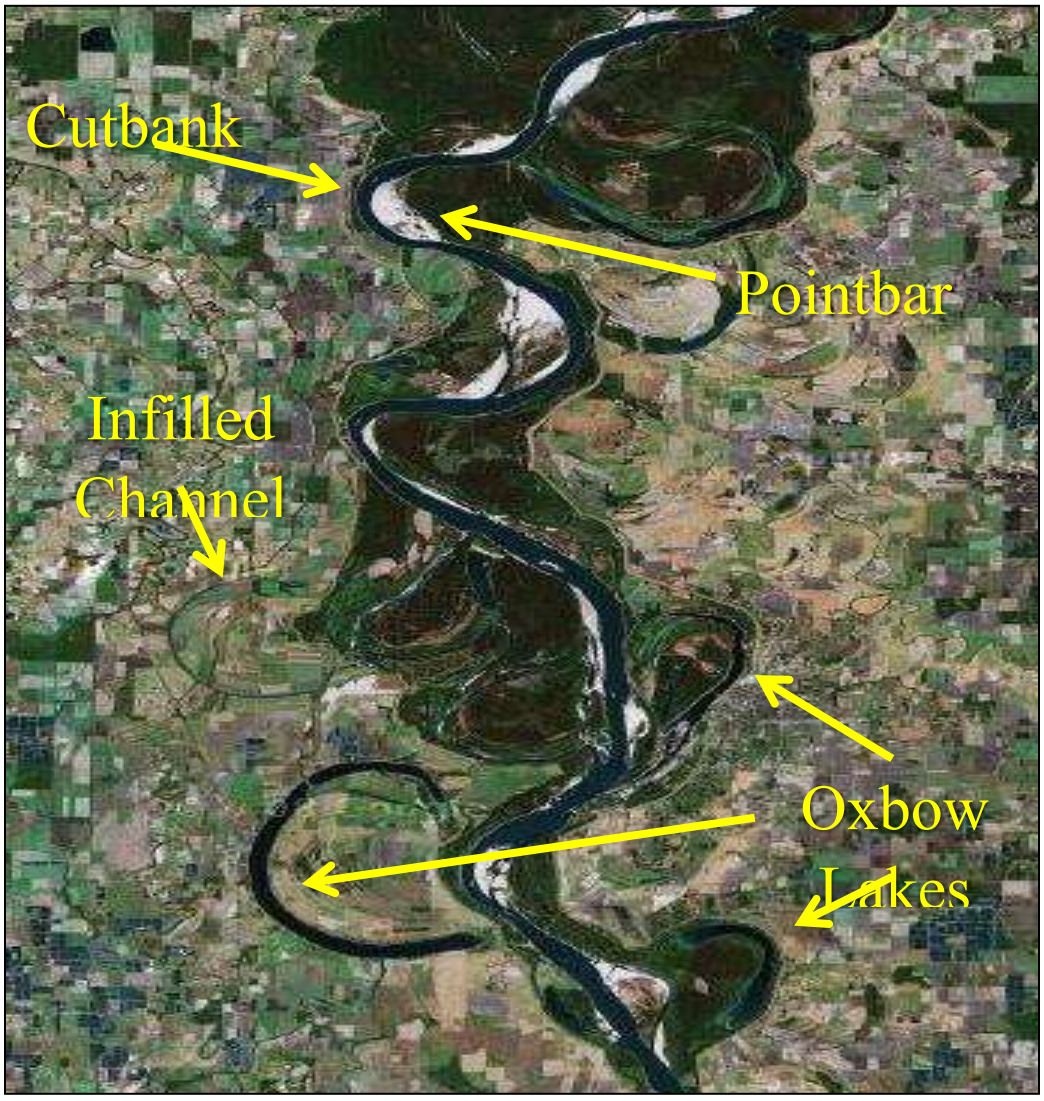
   2. Radial drainage: Streams run in all directions from a central high point.

   3. Rectangular drainage: Streams make right-angled turns, following rectangular fracture patterns in the bedrock over which they flow.

   4. Trellis drainage: Tributaries flow perpendicular to the main channel, following parallel beds of weak strata. Trellis drainage often occurs in tilted or folded rocks.



Flood plain environments are composed of a mosaic of different landform features including cutbanks, pointbars, natural levees and and oxbow lakes



- Cutbanks form along the outer convex margin of meander bends. Cutbanks , unlike most floodplain landforms are actually erosional features formed by the lateral movement of the channel across the flood plain. Flood plain sediments are eroded from the cutbank and deposited on pointbar surfaces.

- Pointbars are concave, depositional landforms that form opposite of the eroding cutbanks, and they develop in concert with the laterally migrating river channel. Pointbars are typically composed of sands, gravel, silts, and clay deposits, that form arcuate, meander-scroll ridges.

- Natural levees are depositional landforms formed from the vertical accumulation of sediments deposited during flood events. Natural levees form topographically higher surfaces adjacent to the river channel, that generally consist of stratified, well-sorted sands, silts, and clays. Natural levees deposits are thickest and coarsest close to the channel and they become progressively thinner, and finer with increasing distance from the channel.
- Oxbow lakes or infilled channels form when a meander bend is cut off from the main river and abandoned in the floodplain. Abandoned meanders can occur in various stages from flooded oxbow lakes to being completely infilled with sediment deposits.

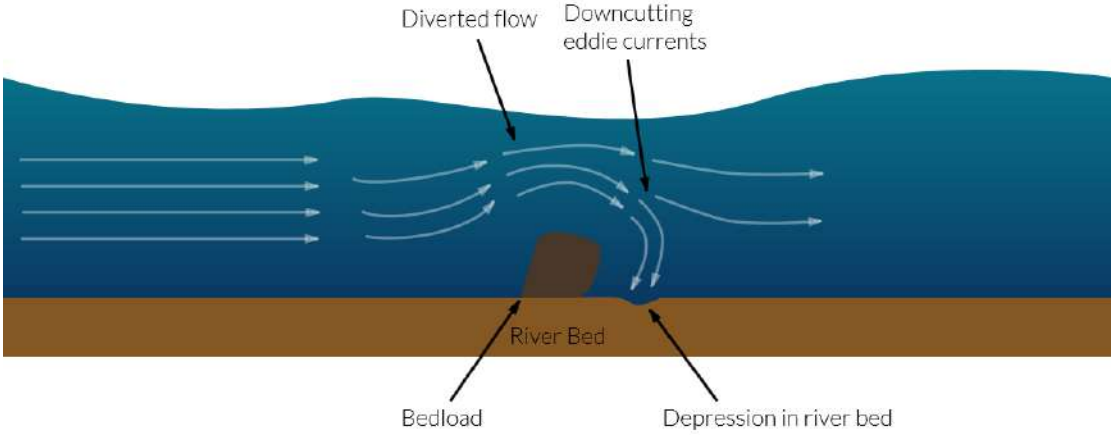
  .

Potholes الحفر الوعائية

Potholes are cylindrical holes drilled into the bed of a river that vary in depth & diameter from a few centimetres to several metres. They're found in the upper course of a river where it has enough potential energy to erode vertically and its flow is turbulent. In the upper course of a river, its load is large and mainly transported by traction along the river bed. When flowing water encounters bedload, it is forced over it and downcuts behind the bedload in swirling *eddy currents*. These currents erode the river's bed and create small depressions in it.

The creation of eddy (swirl حلزونى) currents as a result of bedload in a river.

As these depressions deepen, pebbles can become trapped in them. As a result of the eddy currents, the pebbles drill into the depressions making them more circular, wider & deeper. Pebbles will only be able to erode a river's bed though if the rock the pebble's made of is stronger than the rock the river bed is made of.



A pothole that has formed along the River Clyde.

V-Shaped Valleys

V-Shaped valleys are found in the upper course of the river and are a result of both erosion by the river and weathering. V-Shaped valleys are deep river valleys with steep sides that look like a letter V when a cross section of them is taken, hence the name. They're found in the upper course because this is where the river has the greatest gravitational potential energy and so the greatest potential to erode vertically. It does so during periods of high discharge. When the river's discharge is high, it is able to transport its large bedload by traction eroding the river's bed and valley by corrosion, deepening it. Not much lateral erosion takes place so the channel and valley remains relatively narrow.

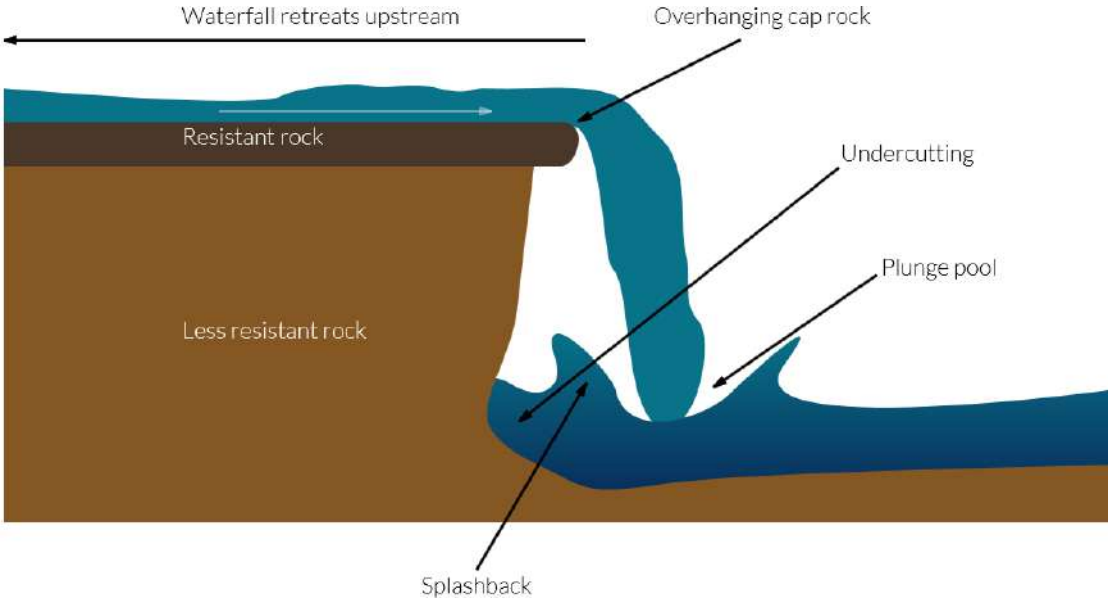
As the channel and valley deepens the sides of the valley are exposed and become susceptible to weathering. The valley's sides also undergo mass movements resulting in large volumes of material falling into the river's channel, adding to its erosive power and causing the valley sides to take up a V shape. The steepness of the valley sides and whether the valley actually looks like a V is dependent on the climate, vegetation and rock structure among things. In cold, wet climates, freeze thaw weathering is abundant and rainwater can act as a lubricant, aiding mass movements. Vegetation can impede mass movements because it will help bind the soil. If the valley is composed of hard rock the valley sides will be very steep because they won't be weathered easily.

Waterfalls (Geological) المساقط المائية

Waterfalls develop when a change of lithology (rock type) takes place along the river's course resulting in differential erosion. When the rock type of the river's channel changes from a resistant rock to a less resistant one (e.g. granite to limestone), the river

erodes the less resistant rock faster producing a sudden drop in the gradient of the river with the resistant rock being higher up than the less resistant rock. As the river flows over the resistant rock, it falls onto the less resistant rock, eroding it and creating a greater height difference between the two rock types, producing the waterfall.

When water flows over the waterfall it creates a plunge pool at its base and the splashback from the falling water undercuts the resistant rock. The unsupported rock is known as the cap rock and it eventually collapses into the plunge pool causing the waterfall to retreat upstream. Over thousands of years, the repeated collapse of the cap rock and retreat of the waterfall produces a *gorge of recession*.



Rapids

Rapids are sections of a river where the gradient of the river bed is relatively steep resulting in an increase in the river's turbulence and velocity. They form where the gradient of the river is steep and the bed is composed mainly of hard rocks.

Meanders

Meanders are bends in a river that form as a river's sinuosity increases. The sinuosity of a river is a measurement of how much a river varies from a straight line. It's a ratio between the channel length and displacement (straight line distance) between two points in the river's course:

$$\text{Sinuosity} = \text{Channel Length} / \text{Displacement}$$

A sinuosity of 1 means that the channel is perfectly straight. A sinuosity greater than 1 means that the river meanders.

Meanders develop when alternating riffles & pools form along a river channel. A riffle is a a shallow section of a channel while a pool is a deep section. These riffles and pools develop at equal points along the river channel with each pool being about 5× the length of the channel.

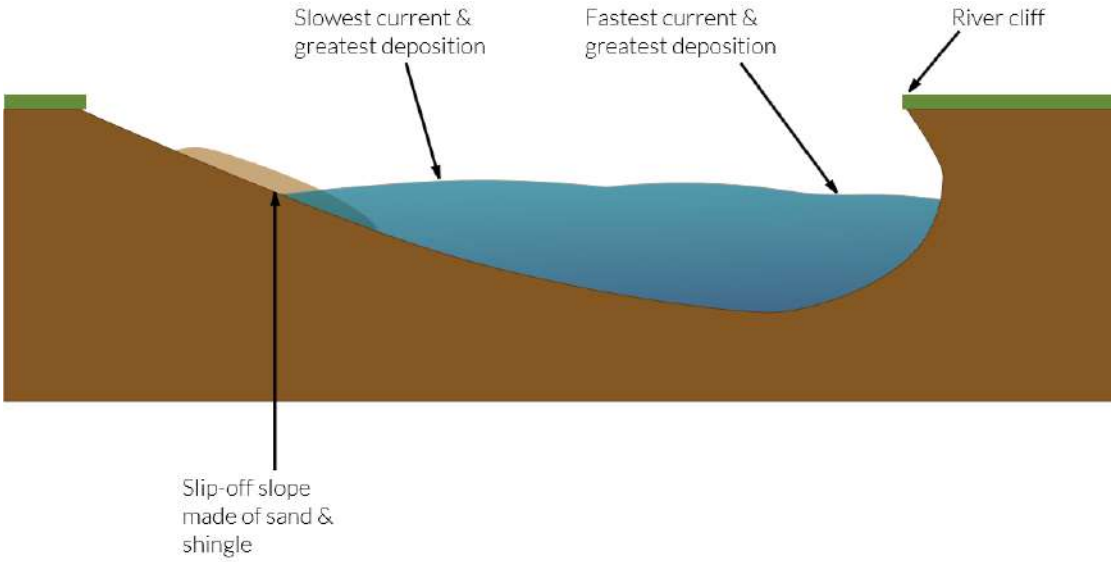
In a pool, the channel is more efficient while at a riffle, the channel is less efficient. This causes the flow of the river to become irregular and the maximum flow is concentrated on one side of the river. This increases erosion on one side of the river and increases deposition on the other causing the river's channel to appear to bend. Erosion is greatest on the outside bend and deposition is greatest on the inside bend.

The alternating riffles & pools have another affect, they increase the turbulence of the river and produce a special type of flow known as *helicoidal* flow. This is a corkscrew like movement which spirals from one side of the channel to another between pools. The helicoidal flow erodes the pools along the channel and increases deposition on the next inside bend after a pool.

Characteristics

A cross section of a meander would show that on the outside bend, the channel is very deep and concave. This is because the outside bend is where the river flows fastest and is most energetic, so lots of erosion by hydraulic action and corrasion takes place. *River cliffs* form on the outside bend as the river erodes laterally. The inside bend is shallower with a gentle *slip-off slope* made of sand or shingle that is brought across from the outside bend by the helicoidal flow of the river. The river flows much slower on the inside bend so some deposition takes place, contribution to the slip-off slope.

A cross section of a meander

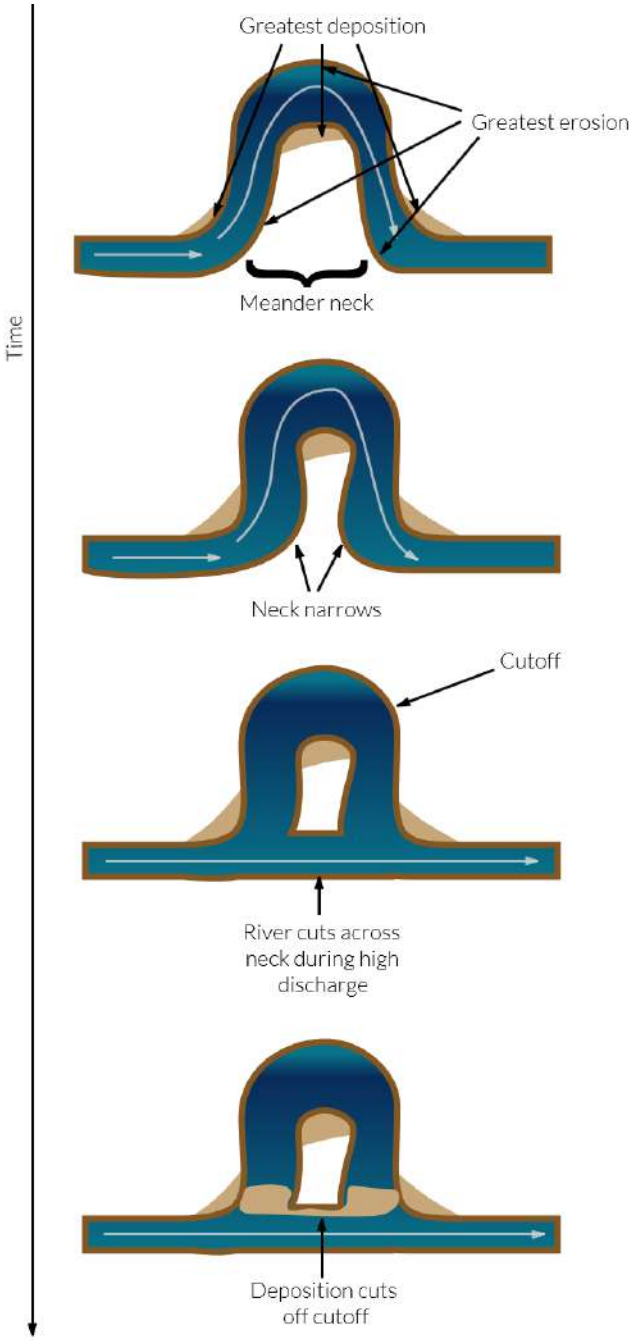


A river cliff on a meander that has had rocks placed near it to slow down erosion.

Oxbow Lakes

Oxbow lakes are an evolution of meanders that undergo extensive deposition and erosion. As strong erosion takes place on the outside bend of a meander while

deposition takes place on the inisde bend. As a result, the neck of a meander narrows. During extremely high discharge (e.g., a flood), it's more efficient for a river to flow accross the neck of a meander rather than around it. When discharge returns to normal levels, the river continues follow this new course. The meander is left connected to the channel as a *cutoff*. Deposition eventually separates the cutoff from the main channel leaving behind an *oxbow lake*. With its main source of water disconnected, the lake eventually dries up leaving behind a *meander scar*.



Braided Channels

A braided channel is a type of channel that is divided into smaller sub-channels by small, temporary islands called *eyots*. Braided channels develop in rivers with a lot of sedimentary load, a steep gradient and where the discharge of the river changes regularly. When the volume of load exceeds the river's capacity or the discharge of the river drops, the river is forced to deposit its load in the channel and islands of sediment (eyots) form.

A heavily braided section of the Tagliamento's channel in Italy.

Floodplains

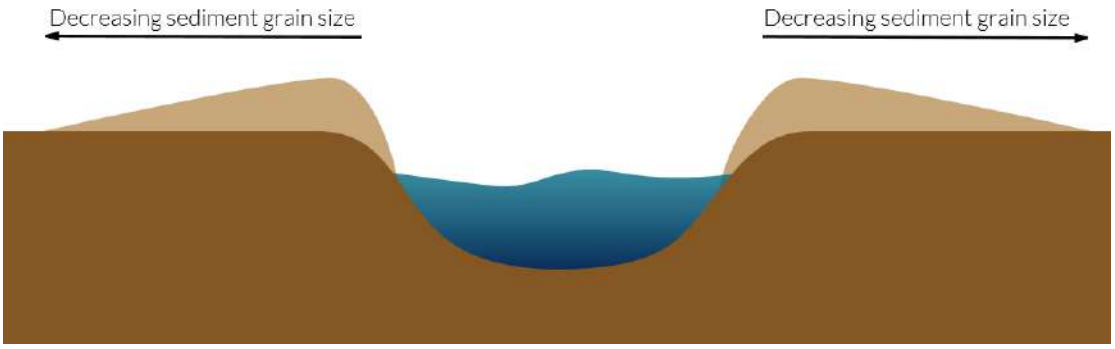
Floodplains are large, flat expanses of land that form on either side of a river. The floodplain is the area that a river floods onto when it's experiencing high discharge. When a river floods, its efficiency decreases rapidly because of an increase in friction, reducing the river's velocity and forcing it to deposit its load. The load is deposited across the floodplain as *alluvium*. The alluvium is very fertile so floodplains are often used as farmland.

The width of a floodplain is determined by the sinuosity of the river and how much meander migration takes place. If there's a lot of meander migration, the area that the river floods on will change and the floodplain will become wider.

Levees

Levees are natural embankments produced, ironically, when a river floods. When a river floods, it deposits its load over the flood plain due to a dramatic drop in the river's velocity as friction increases greatly. The largest & heaviest load is deposited first and closest to the river bank, often on the very edge, forming raised mounds. The finer material is deposited further away from the banks causing the mounds to appear to taper off. Repeated floods cause the mounds to build up and form levees.

Levees aren't permanent structures. Once the river's discharge exceeds its bankfull discharge[1], the levees can be burst by the high pressure of the water. Levees increase the height of the river's channel though, so the bankfull discharge is increased and it becomes more difficult for the river to flood.

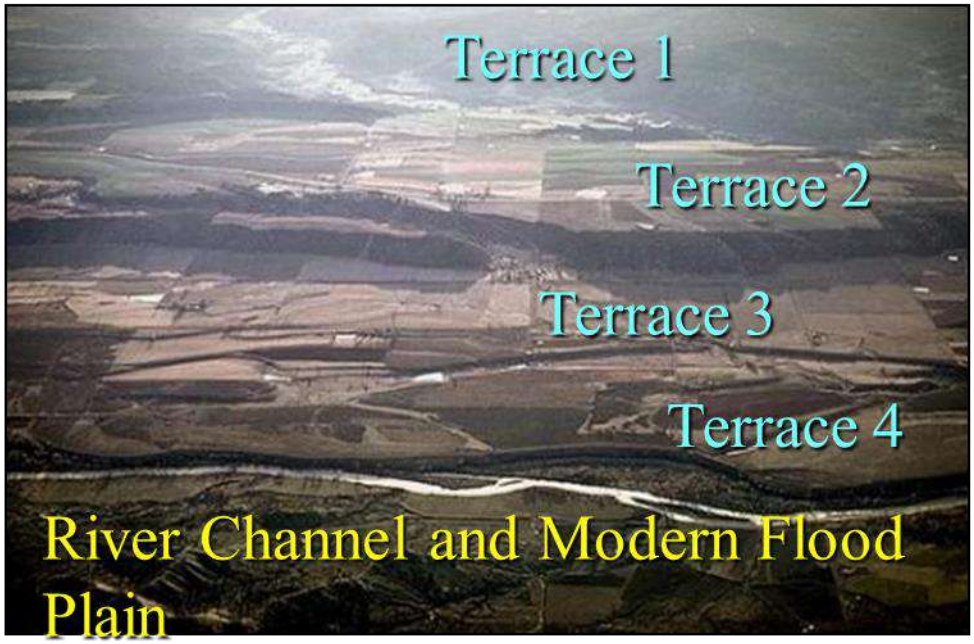


River Terraces

River terraces are older remnant flood plain surfaces that are higher in elevation than the modern flood plain. They may occur on one or both sides of the valley.

Terraces are formed when the river channel cuts down into the flood plain and laterally erodes the alluvial valley, carving a new river channel and flood plain entrenched within the older flood plain surfaces. Down cutting can occur because of hydrologic or sedimentary changes in the headwaters or valley gradient changes caused by a retreating sea-level and lowered or extended base-level. Terraces can also form from tectonics and valley uplifting.

Terraces are generally isolated from the more recent river processes and may only flood during 100 or 500 year flood events. River terraces are often archeological hot spots because they contain artifacts from historic colonies that used the river and flood plain.



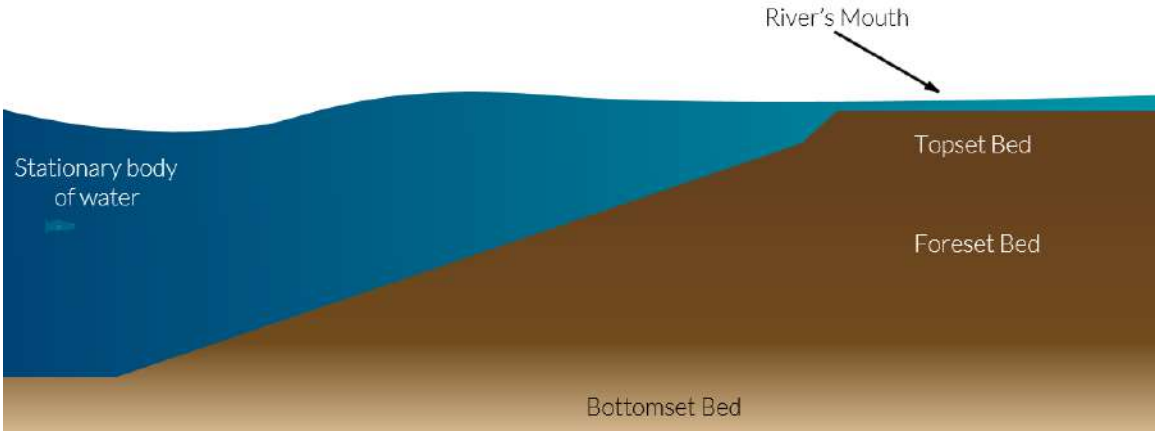
Deltas

Deltas are depositional landforms found at the mouth of a river where the river meets a body of water with a lower velocity than the river (e.g. a lake or the sea). For a delta to develop, the body of water needs to be relatively quiet with a low tidal range so that deposited sediment isn't washed away and has time to accumulate.

When a river meets a stationary body of water, its velocity falls causing any material being transported by the river to be deposited. Deltas are made up of three sediment beds that have been sorted by the size of the sediment. The bottom most bed, the *bottomset* bed, is composed primarily of clay and some other fine grained sediments. Clay is the main constituent because when clay meets salt water a process called flocculation takes place where clay & salt particles clump together (flocculate) due to an electrostatic charge developing between the particles. This makes the clay particles sink due to their increased weight producing the bottomset bed. The bottomset bed stretches a fair distance from the mouth of the river as the fine sediments can be transported a reasonable distance from the river's mouth.

The foreset bed lies on top of the bottomset bed. The foreset bed is composed of coarser sediments that are deposited due to a fall in the river's velocity and aren't transported very far into the stationary body of water that the river flows into. The foreset bed makes up the majority of the delta and is dipped towards deep water in the direction that the river is flowing in.

The topset bed is, as the name suggests, the topmost bed of the delta. It too is composed of coarse sediment but, unlike the foreset bed, the topset bed doesn't dip, it's horizontally bedded.



Deltas can take on many different shapes. The three primary shapes of delta are *cuspate*, *arcuate* and *bird's foot*.

Arcuate deltas (e.g. The Nile Delta, Egypt) are shaped like a triangle (which is where the term delta comes from, the Greek letter delta Δ) and form when a river meets a sea with alternating current directions that shape the delta so that it looks like a triangle.

Cuspate deltas (e.g. Ebro Delta, Spain) are vaguely shaped like a V with curved sides. Cuspate deltas form when a river flows into a sea with waves that hit it head on, spreading the deposited sediment out.

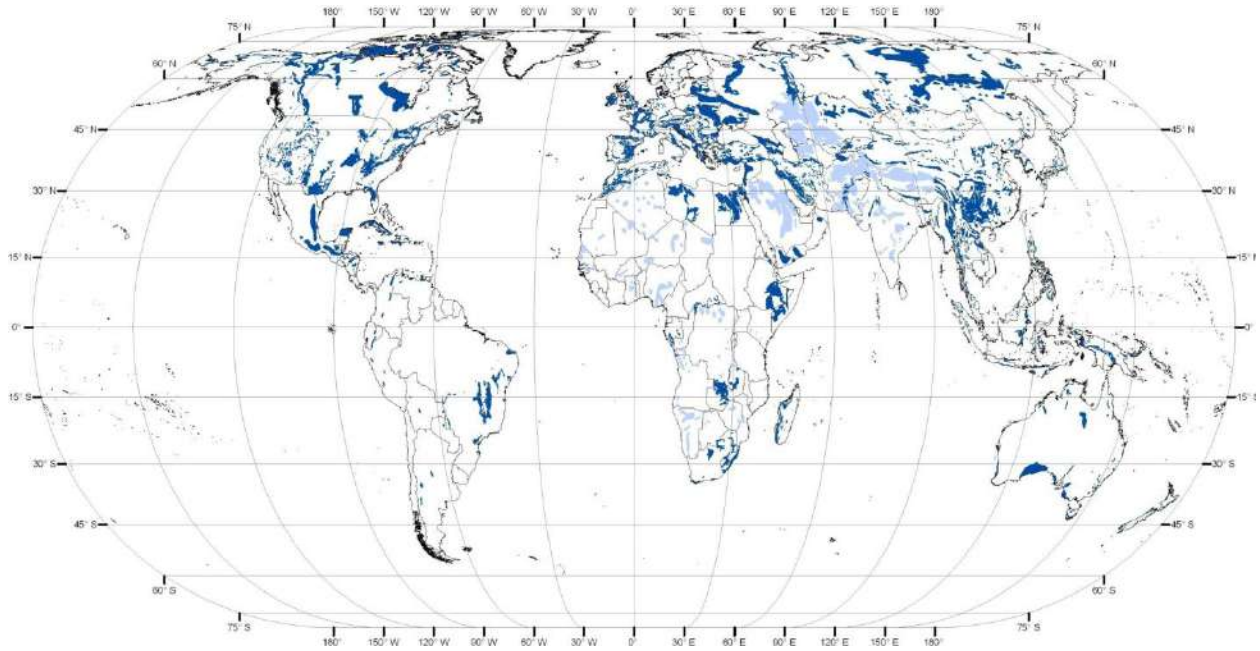
Bird's foot deltas (e.g. The Mississippi Delta) are shaped like (as the name suggests) a bird's foot. They extend reasonably far into a body of water and form when the river's current is stronger than the sea's waves. Bird's foot deltas are uncommon because there are very few areas where a sea's waves are weaker than a river's current.

Karst Processes and Landforms

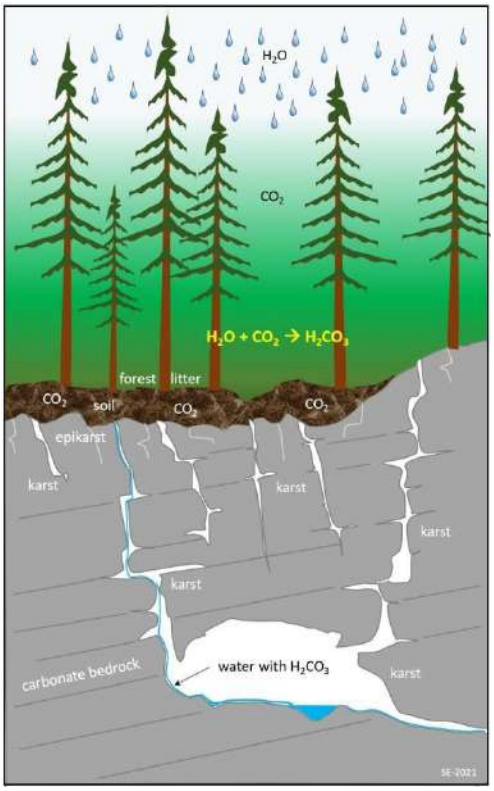
Karst landforms are produced by weathering and erosion in regions of carbonate rocks and evaporites. The processes involved are collectively described as **karstification**, and happened mainly below the ground surface.

Karst Values, Systems, and Ecosystems

Karst is important for a wide variety of reasons. On a global scale a significant portion (15-20%) of the Earth's surface is underlain by limestone (and other soluble bedrock types) that have the potential to form karst.[1] An understanding of karst processes is therefore important, particularly where humans interact with this landscape. Karst landscapes have certain features and resource values that are not present in non-karst landscapes. Karst aquifers provide the main source of water in many parts of the world, for example, 25% of US groundwater come from karst.



Karstification



Karstification is a process dominated by chemical dissolution of soluble bedrock (Figure 12.1.1). It starts as carbon dioxide from the atmosphere dissolves in rainwater falling to the surface of the Earth. The water becomes further enriched in carbon dioxide as it infiltrates the soil, and the result is slightly acidic surface water and groundwater. Slightly acidic water when in contact with limestone (or other soluble bedrock types) promotes a chemical reaction which slowly dissolves the bedrock. Existing fractures or crevices in the rock are preferentially widened forming larger cracks allowing for more water flow and dissolution. As the cracks widen, mechanical erosion takes place as loose rock fragments transported by water rub against the sides of the openings, some of which eventually form caves.

A critical requirement for the development of karst is water. Without water there would be no karst or caves! Carbon-dioxide (CO_2) is another key component as it dissolves in water forming a weak carbonic acid solution (H_2CO_3) as shown below. This carbonic acid reacts with the solid limestone (predominately $CaCO_3$) to form the ions Ca^{2+} and HCO_3.

$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$

$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$

Several other factors also play important roles in the development of karst such as: the type and nature of the soluble bedrock, the thickness and type of soil cover, and the hydraulic head or difference in elevation

from top to bottom of a karst landscape (Figure 12.1.2). Some of the prime bedrock attributes that play a role in karst development include chemical purity, fracturing, thickness, and geometrical shape. In general, the greater the percentage of calcite ($CaCO_3$) in a limestone, the greater the potential for dissolution. Fracturing in karst bedrock enhances the flow of water and provides preferential sites for conduit development. The thickness of the soluble bedrock unit as well as its geometrical configuration (e.g., tilted, folded, interbedded) can determine the three-dimensional shapes of the karst landscapes.

Solution process:

CO_2 dissolved in water reacts to form weak carbonic acid (H_2CO_3):

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

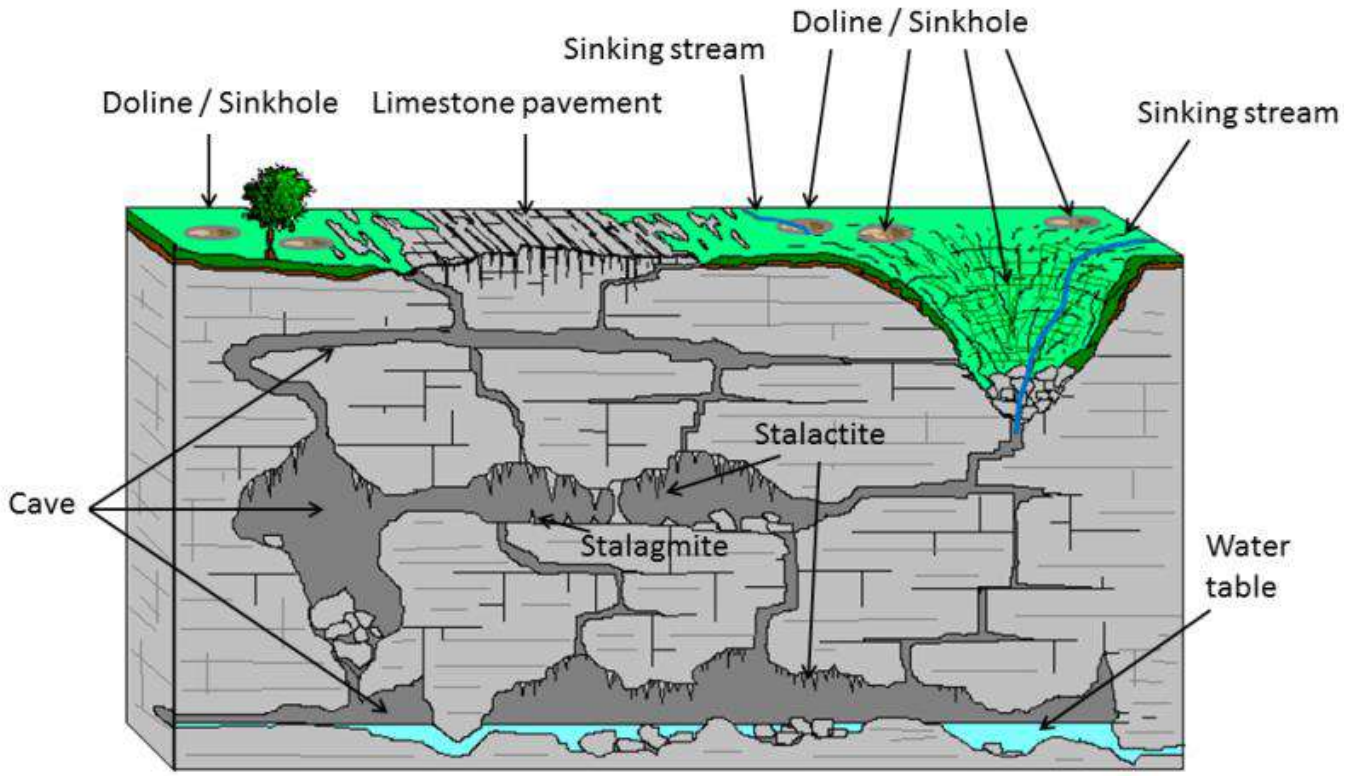
amount of CO_2 dissolved in water is function of P_{CO2} & water temperature

CO_2 increases as P_{CO2} increases & T_{water} decreases

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

Karst landforms

Karst comprises some of the most unique landscapes in the world, but it is also characterised by distinctive landforms. These characteristic landforms can be found both on the surface and below ground. Surface landforms commonly include enclosed depressions, sinkholes, sinking streams and springs.

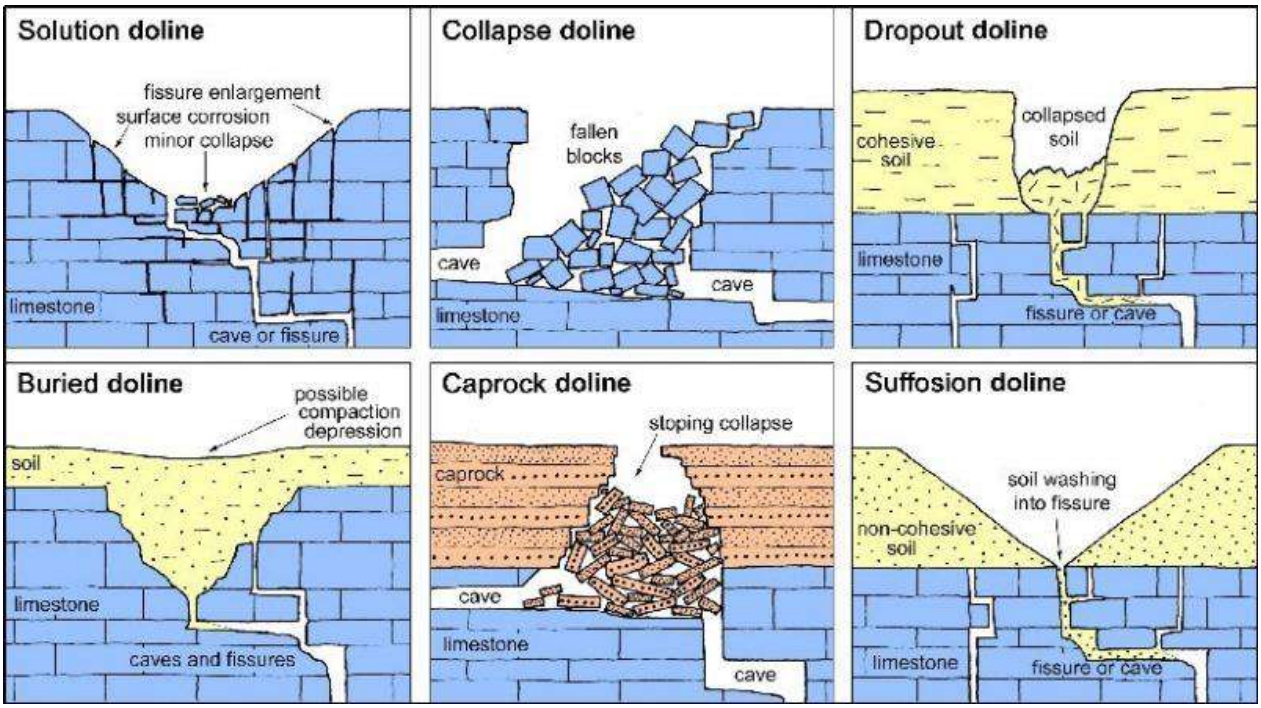


What is a doline or sinkhole?

A doline (or sinkhole as it is more commonly called in North America) is a natural enclosed depression found in karst landscapes. Dolines are the most common landform in karst areas. They are described as small to medium sized closed depressions, ranging from metres to tens of metres in both diameter and depth. Once created dolines function as funnels, allowing the direct transmission of surface water into the underlying karstic bedrock aquifer. They may occur as isolated features or in clusters causing a pock-marked land surface (Ford and Williams, 2007).

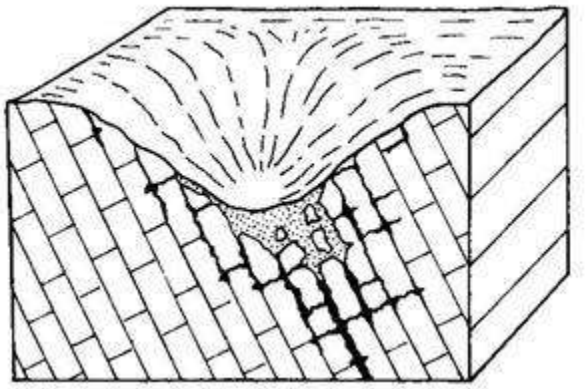
How do dolines form?

Dolines are formed by two main methods: the slow solutional removal of rock from the surface downward (solution doline), or by the collapse of overlying rock or overlying material into an underground cave or chamber (collapse doline). Most dolines are considered polygenetic in origin and are usually formed from a combination of solution and collapse; however one of these processes usually dominates their appearance, whether it is catastrophic or gradual.

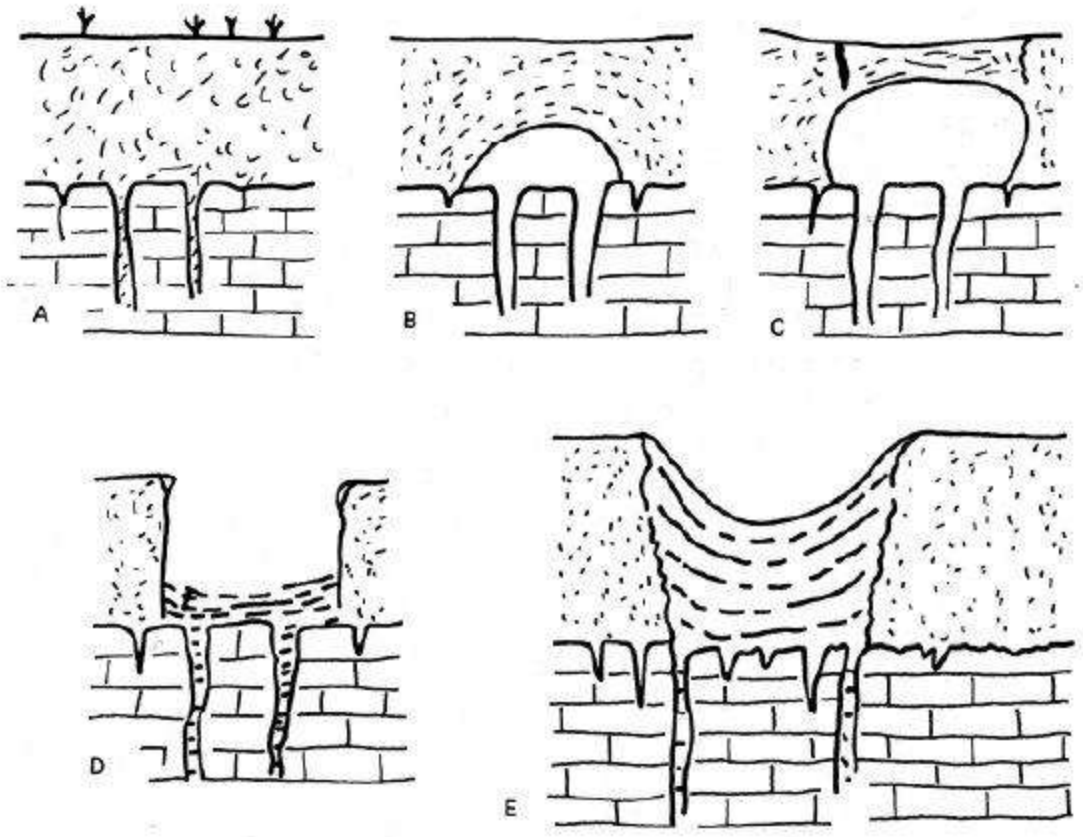


Source Waltham, A., Fell F. and Culshaw M. 2005. Sinkholes (or dolines) and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction. Springer. Berlin.

Solution dolines form in such places such as joint intersections. Surface runoff will focus at these areas of weakness, leading to the solution of the bedrock. Water and solutes will then move downwards through the bedrock openings (such as at joints and bedding planes). The result is a funnel-shaped depression on the surface. Solution dolines are considered to be formed by a gradual process of sagging or settling of the overlying deposits into the hollow left by an area of dissolving rock. Solution dolines are usually characterised by gentle slopes with no obvious rupturing of the soil or surface.

	
Solution doline formation (Jennings 1985)	Solution dolines in County Roscommon

Collapse dolines usually occur very suddenly where the bedrock or subsoil material collapse into and underlying void. *Cover collapse dolines*, sometimes known as dropout dolines are very common in Ireland. They occur in karst areas covered by unconsolidated material, such as glacial till. They form by the sudden downward movement of the overburden and usually form in areas where the overburden is somewhat cohesive. They occur in a process called 'piping', where a soil or subsoil arch, which has formed due to removal of material at the bottom of a layer of overburden, suddenly gives way (White, 1988). Although there must be a highly efficient pathway established for sediment transportation in order for the soil arch to form and grow, a large bedrock hollow is not necessary for their development. Cover collapse dolines are characterised by vertical or steep-sided collapses, with a very sharp break in slope and often have stepped sides, where soil is exposed. Over time, however, their slopes may degrade and infilling sediment may build up giving these dolines the morphology of solution dolines (Ford and Williams, 2007).



The formation of a cover collapse doline:

A) Solutional openings in the bedrock wash material downward,
B) An small arch forms in the subsoil where the material is being washed away from,
C) The void grows in size as more material is being down-washed until it reaches a critical point and starts to rupture,
D) The arch suddenly collapses as it can no longer support its own weight,
E) Overtime the vertical sides will degrade and the hole will become less deep.

doline

An **uvala** is a collection of multiple smaller individual sinkholes that coalesce into a compound sinkhole. These landforms are often shallow and irregular in their overall shape, due to the merging of smaller sinkholes.

An **uvala**

A **poljes** is an elongated basin having a flat floor and steep walls, formed the coalescence of several sinkholes

A **poljes**

2) **Karst valleys** - allogenic valleys; pocket valley; dry valleys
•**Allogenic valley** is a karst valley incised by a watercourse originating on impervious rock with a volume sufficient for it to traverse a limestone area on the surface. The valley is incised from the limestone contact and with the passage of time the river is increasingly likely to pass underground as the waters enlarge joints.

Blind valley is a deep, narrow, flat bottomed valley with an abrupt ending. Such valleys arise in karst landscapes, where a layer of permeable rock lies above an impermeable substrate. They are created by a stream flowing within the permeable rock and eroding it from within, until the rock above collapses opening up a steep narrow valley which is then further eroded by the stream running across the impermeable valley floor.

Dry valley is a valley found in no longer has a surface flow of water because the water sinks through the limestone and flows underground in caverns .

Minor solution features:

•Karren are minor forms of karst due to solution of rock on its surface. The name Karren is German,. Lapies is the same thing, the term originates from the French. In English both terms are used equally and synonymously.

Karren are formed when water runs down a rock surface with a slope, dissolving the rock while it runs. Thus karren can be found on any soluble rock like limestone, dolomite or

gypsum. Water always takes the direction of the highest gradient, which is commonly described by the term steepest slope. When solution of the surface forms a shallow furrow in this direction, water is flowing into the furrow and through it, deepening it more and more. Finally the whole rock surface is drained through karren.

Karren

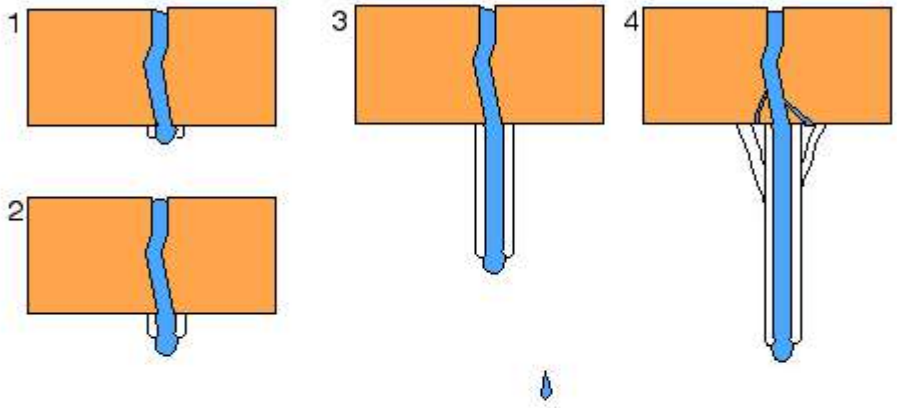
Subsurface Features/Landforms Caves form by the dissolution of limestone. Rainwater picks up carbon dioxide from the air, and more especially from the soil (where micro-organisms and the decay of organic matter generate high levels of carbon dioxide), combining to form carbonic acid. As this acidic water percolates through the limestone, it gradually enlarges the bedding planes, joints and fissures within the rock, eventually creating caves.

Cave Deposits Once cave has been formed, it may become partially or totally infilled with cave deposits. Two major types of deposit are **stalactites** and **stalagmites** (‘speleothems’). Once

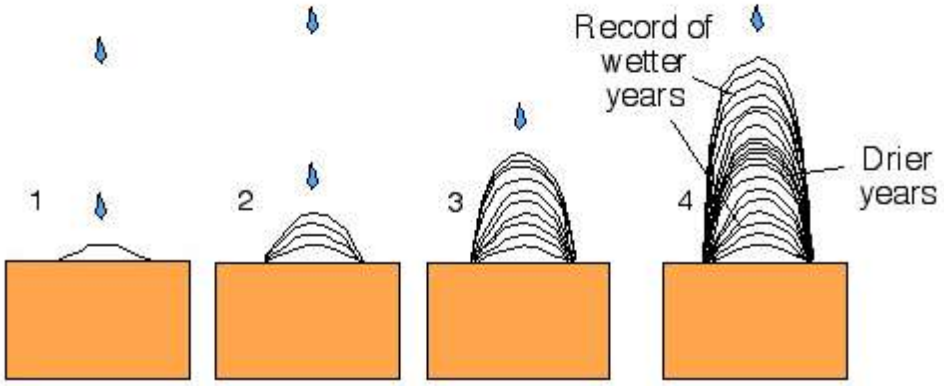
percolating water reaches the underlying cave atmosphere, which has generally lower levels of carbon dioxide, it degasses and by doing so, becomes supersaturated with calcium carbonate, which is deposited as speleothem. A variety of different types of speleothem can develop, but the majorities are composed of calcite. Near the entrances to many caves, evaporation of the drip waters can enhance stalagmite deposition, which is why many of the caves are almost choked by calcite near their entrances

STALAGMITES AND STALACTITES

Stalactites hang from roofs of caves.
They are commonly $CaCO_3$ (Calcite or aragonite)
They are usually pointed.
They often begin growth as a "soda straw".



Stalagmites grow from the floors of caves
They are usually round-topped.
They are commonly $CaCO_3$
(calcite or aragonite)



ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/318349251

الجيولوجيا الحقلية

Book · July 2017

CITATIONS
0

READS
22,588

1 author:

Mahmood Fadhil Abed
Tikrit University
30 PUBLICATIONS **36** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

remote sensing View project

Health Risk Assessment for Ground Water View project

All content following this page was uploaded by Mahmood Fadhil Abed on 11 July 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

الجيولوجيا الحقلية

تأليف

د. محمود فاضل الجميلي

1438هـ 2017م

الجيولوجيا الحقلية

تأليف

د. محمود فاضل الجميلي

1438هـ 2017م

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

أسم الكتاب: الجيولوجيا الحقلية

أسم المؤلف: الدكتور محمود فاضل الجميلي

الناشر: عالم المعرفة للطباعة والنشر

عدد الصفحات: 356

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد 2541 **لسنة** 2017

عالم المعرفة للطباعة والنشر

بغداد

قال تعالى

إهداء

إلى كل طالب علم في أي مكان

إلى كل طالب عربي يدرس الجيولوجيا

إلى زميل المهنة

أهدي إليه كتاب الجيولوجيا الحقلية

داعيا الله عز وجل

أن يكون فيه العون

والوسيلة...

المؤلف

تمهيد

بسم الله والصلاة والسلام على سيدنا محمد خاتم رسل الله والذي أرسله ربنا سبحانه وتعالى إلى خير أمة أخرجت للناس. أما بعد:

حمل العلماء العرب والمسلمون أمثال الخوارزمي والبيروني وإبن رشد وإبن سينا مشعل الحضارة لمدة تربو على الخمسمائة عام، واوروبا تغط في ظلمات العصور الوسطى. ثم قام علماء اوروبا الذين صنعوا النهضة الحديثة بالترجمة والإطلاع على علم وكتب وأفكار علماء المسلمين فوعوه وحفظوه وأبدعوا فيه حتى صارت لهم الأفضلية العلمية حتى يومنا هذا. ولذلك فإن علماء العرب والمسلمين عليهم واجب كبير ألا وهو بذل الجهد الكبير فى تحصيل العلم والإطلاع على علم وكتب العلماء الأجانب وترجمتها وتقديمها إلى القارئ العربي حتى تتبوأ بلدانهم المكانة المتميزة التي كانوا عليها.

تفتقر المكتبة الجيولوجية العربية إلى العديد من كتب الجيولوجيا المنهجية والمصدرية والتي تتناول مختلف الاختصاصات الجيولوجية وتحديدا الجيولوجيا الحقلية. ولأهمية هذا الموضوع وأرتباطه الوثيق بمعظم التخصصات الجيولوجية، فالجيولوجيا هي عمل حقلي أولا ومن ثم مختبري ومكتبي ثانيا، تم المباشرة بتأليف هذا الكتاب ليكون عونا لمن يرغب بأداء العمل الحقلي الجيولوجي لما فيه من ملاحظات وتوجيهات.

يقدم العمل في الحقل عنصرا أساسيا في معرفتنا وفهمنا لعمليات الأرض، سواء كان في فهم فترات تغير المناخ القديم المسجل في الرواسب، حل لغز بناء الجبال، او العمل حيث يتم العثور على الموارد المعدنية. بدون بيانات حقلية اولية وعينات جيولوجية عالية الجودة، ستكون أي دراسة علمية كالقياسات المتطورة للنظائر او إعادة بناء المساكن والتجمعات الحياتية القديمة في أحسن الأحوال بدون قرينة، وفي أسوأ الأحوال، لا معنى لها تماما.

يمكن أن يكون العمل الحقلي الجيولوجي تحديا وممتعا على حدا سواء. فهو يوفر فرصة للعمل في الهواء الطلق تحت مدى من الظروف وإستكشاف عالمنا الطبيعي. كما انه غالبا ما يوفر فرصة لا مثيل لها للسفر وزيارة أماكن نادرا ما يصلها السائح. إن العمل الحقلي يمكّننا من العمل كجزء من فريق حيث نستطيع أن نتعلم من بعضنا البعض. ولقد قامت العديد من الصداقات طويلة الأمد من خلال العمل الحقلي الجيولوجي.

هذا الكتاب موجّه أساسا إلى طلبة قسم علوم الأرض وإلى أساتذة القسم المعنيين بالإشراف على العمل الحقلي المنهجي. هذا الكتاب غير محدد بموقع ويتضمن أمثلة من جميع أنحاء العالم. هناك فصول تغطي جمع البيانات من الصخور النارية، المتحولة والرسوبية وكذلك فصول محددة عن جمع بيانات أحفورية وتركيبية. كما يتناول أساسيات رسم الخرائط الجيولوجية.

يفترض مؤلف الكتاب أن القارئ على دراية: بالمعادن الرئيسية المكونة للصخور، كيفية التعرف على المعادن الموجودة في العينة اليدوية، تصنيف الصخور، العمليات الجيولوجية والمصطلحات الجيولوجية الشائعة. هناك ملاحق في نهاية الكتاب تلخص المعالم الجيولوجية الرئيسية ومخططات التصنيف. إضافة إلى معجم لبعض المفردات الجيولوجية.

المؤلف

د. محمود فاضل الجميلي

المحتويات

تمهيد.....I

1. الفصل الاول.. المقدمة.....1

1.1 كتب عامة ومواد مرجعية في الجيولوجيا.....3

2.1 كتب في تقنيات الجيولوجيا الحقلية.....3

2. الفصل الثاني.. معدات الحقل والسلامة.....4

1.2 مقدمة.....4

2.2 عدسة اليد والمنظار.....6

3.2 البوصلة – مقياس الميل.....7

1.3.2 إتجاه مستوي الميل.....13

2.3.2 إتجاه معلم خطي.....19

3.3.2 التثليث : تحديد موقع بإستعمال بوصلة.....23

4.2 أنظمة تحديد المواقع العالمية ومقاييس الأرتفاع.....28

5.2 قياس المسافة والسمك.....28

1.5.2 السمك القياسي وقياس المسافات.....29

2.5.2 إستعمال شاخص يعقوب لقياس سمك الطبقات المائلة.....30

6.2 مخططات التصنيف واللون.....32

7.2 مطرقة، أزاميل ومعدات أخرى.....35

8.2 مفكرة الحقل الورقية.....36

9.2 الحاسب المحمول والمساعد الرقمي الشخصي كمفكرة.....37

10.2 تجهيزات الكتابة، الخرائط والأدبيات ذات الصلة.....38

1.10.2 تجهيزات الكتابة.....38

2.10.2 الخرائط والأدبيات ذات الصلة.....39

11.2 الراحة، السلامة الحقلية ومعدات السلامة الحقلية.....39

1.11.2 الملابس، حقيبة الظهر والمؤن الشخصية.....39

2.11.2 السلامة الحقلية.....40

3.11.2 معدات السلامة الحقلية.....43

12.2 المحافظة، الأحترام والحصول على التصريح.....44
3. الفصل الثالث.. مدخل الى الملاحظات الحقلية.....45
1.3 المقدمة: ماذا، أين وكيف؟.....45
1.1.3 تحديد أهداف العمل الحقلي.....45
2.1.3 تقرير مكان إنجاز العمل الحقلي.....46
3.1.3 تحديد موقعك.....48
2.3 مقياس الملاحظة، من أين تبدأ والقياسات الأساسية.....49
1.2.3 السياق الإقليمي.....49
2.2.3 عموم المكشف.....49
3.2.3 عينات يدوية.....52
3.3 نظرة عامة حول الصيغ الممكنة للبيانات.....54
4. الفصل الرابع.. المفكرة الحقلية.....56
1.4 مقدمة: الغرض من الملاحظات الحقلية.....56
2.4 تصميم المفكرة الحقلية.....56
1.2.4 الصفحات الاولية.....57
2.2.4 التدوينات اليومية.....57
3.2.4 نصائح عامة.....58
3.4 الرسومات الحقلية: صورة تعادل ألف كلمة.....59
1.3.4 مبادئ عامة: أهداف، مساحة وأدوات.....59
2.3.4 الرسومات التخطيطية للمكاشف.....62
3.3.4 رسم معالم بمقياس متر وسنتمتر.....66
4.3.4 خرائط أولية.....68
4.4 ملاحظات مكتوبة: تسجيل بيانات، أفكار وتفسير.....68
1.4.4 مسودة تسجيل البيانات والملاحظات.....68
2.4.4 مسودات تسجيل التفسير، المناقشة والأفكار.....69
5.4 المضاهاة مع مجاميع البيانات الأخرى والتفسيرات.....69
5. الفصل الخامس.. تسجيل المعلومات الأحفورية.....71

1.5 مقدمة: الأحافير هي جسيمات ذكية.....71
1.1.5 لماذا الأحافير مهمة؟.....71
2.1.5 جمع البيانات الأحفورية.....72
2.5 أنواع الأحافير والحفظ.....73
1.2.5 تصنيف المتحجر.....73
2.2.5 حفظ جسد المتحجر.....75
3.2.5 آثار الاحافير.....75
4.2.5 الأحافير الجزيئية.....78
3.5 توزيع الأحافير وأين يمكن العثور عليها.....78
1.3.5 هل أنتقل المتحجر عن مكان معيشته؟.....79
4.5 أستراتيجيات النمذجة.....81
1.4.5 أخذ عينات لأجل دراسات طباقية حياتية وتطورية.....82
2.4.5 نمذجة أسطح التطبق والبيئة القديمة.....85
5.5 تقدير الوفرة.....89
1.5.5 التواجد \ عدم التواجد وتقديرات الوفرة النوعية.....89
2.5.5 القياسات الكمية للوفرة.....91
3.5.5 كم عدد النماذج المطلوبة؟.....93
6.5 الخلاصة.....93
6. الفصل السادس.. تسجيل معالم الصخور الرسوبية وإنشاء سجلات صخرية بيانية....95
1.6 مقدمة.....95
2.6 وصف، تمييز وتسجيل الرواسب والتراكيب الرسوبية.....97
1.2.6 تسجيل الخصائص الصخرية الرسوبية.....97
2.2.6 تسجيل التراكيب الرسوبية.....102
3.6 السجلات الصخرية البيانية.....112
1.3.6 أصطلاحات لسجلات صخرية بيانية.....114
2.3.6 إنشاء سجل صخري بياني.....118
4.6 إعادة بناء البيئات الرسوبية ومعالمها التشخيصية.....122

5.6 إستعمال الصخور الرسوبية لتفسير تغير المناخ وتغير مستوى سطح البحر.....126
1.5.6 تغير المناخ.....130
2.5.6 التتابع الطبقي والتغير النسبي لمستوى سطح البحر.....131
7. الفصل السابع.. تسجيل معالم الصخور النارية.....135
1.7 المعدات، النصائح الاساسية والسلامة.....135
2.7 العلاقات الحقلية للصخور النارية.....136
1.2.7 العلاقات مع الصخور المحيطة.....136
2.2.7 معمارية داخلية: فواصل وعروق.....143
3.2.7 معمارية داخلية: أنسجة أخرى.....146
3.7 المعدنية والأنسجة صغيرة المقياس للصخور النارية.....154
1.3.7 النوع الصخري.....154
2.3.7 الطراز والنسيج المعدني.....155
4.7 البراكين الحديثة والنشطة.....158
1.4.7 المعدات والسلامة.....159
2.4.7 الملاحظات.....161
8. الفصل الثامن.. تسجيل المعلومات التركيبية.....162
1.8 المعدات والقياس.....162
1.1.8 القياسات التركيبية والتدوينات.....163
2.8 التراكيب الهشة: الصدوع، الفواصل والعروق.....164
1.2.8 معالم مستوية هشة – الأتجاه.....164
2.2.8 تحديد الحركة القديمة على تراكيب هشة.....170
3.8 التراكيب المطاوعة: أنطقة القص، التورق والطيات.....176
1.3.8 إتجاه معالم مستوية مطيلة.....178
2.3.8 إتجاه القص/ التمدد: تمدد التخططات.....182
3.3.8 إتجاه القص: مؤشرات حركية.....185
4.3.8 مقدار إنفعال القص.....186
5.3.8 تحليل الطية.....187

9. الفصل التاسع.. تسجيل معالم الصخور المتحولة.....193
1.9 المهارات والمعدات الأساسية للعمل الحقلي المتعلق بالصخور المتحولة.....193
1.1.9 العلاقات الحقلية والسياق.....193
2.9 الأنسجة.....195
1.2.9 التحزم.....195
2.2.9 الأنسجة الحبيبية.....197
3.2.9 أنسجة التفاعل.....198
3.9 علم المعادن.....199
1.3.9 تحديد المعادن المتحولة الشائعة.....199
2.3.9 إستعمال المجاميع المعدنية.....202
3.3.9 تصنيف الصخور المتحولة.....204
4.9 كشف لغز التحول المعدني والتشوه.....204
1.4.9 معالم ما قبل الحركة.....204
2.4.9 معالم متزامنة الحركة.....206
3.4.9 معالم ما بعد الحركة.....206
10. الفصل العاشر.. عمل خارطة جيولوجية.....210
1.10 المبادئ والأهداف.....210
2.10 التحضير والمواد.....211
1.2.10 خرائط أساسية وخرائط مساعدة أخرى.....211
2.2.10 المعدات اللازمة لرسم الخرائط.....215
3.10 الموقع.....217
1.3.10 المعدات.....217
2.3.10 إستعمال خرائط الأساس.....217
4.10 عمل خارطة حقلية.....219
1.4.10 معلومات تسجل على خرائط حقلية.....219
2.4.10 الخارطة المتطورة.....224
3.4.10 رسم مقاطع عرضية.....225

5.10 تقنيات رسم الخرائط.....227
1.5.10 رسم خارطة لمسار.....227
2.5.10 رسم خارطة لسطح تماس.....230
3.5.10 رسم خارطة لمكشف.....232
4.5.10 إستعمال أدلة أخرى.....233
6.10 الخارطة الجيولوجية.....239
1.6.10 التحبير في الخارطة الحقلية.....240
2.6.10 مقاطع عرضية.....242
3.6.10 خرائط نسخة مقبولة.....242
4.6.10 الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية.....246
11. الفصل الحادي عشر.. تسجيل البيانات العددية واستعمال الأدوات في الحقل.....248
1.11 جمع البيانات.....248
1.1.11 معايرة الجهاز والمحطات الأساسية.....251
2.1.11 شبكات المسح.....251
2.11 نقل وحماية الأجهزة.....252
3.11 المضاهاة مع مجاميع البيانات الأخرى.....252
12. الفصل الثاني عشر.. التصوير الفوتوغرافي.....253
13. الفصل الثالث عشر.. النمذجة.....257
1.13 أختيار وتسمية العينات.....258
1.1.13 عينات لغرض الشرائح الصخرية.....258
2.1.13 عينات موجهة.....258
3.1.13 عينات لغرض التحليل الجيوكيميائي.....260
4.1.13 عينات لغرض الأستخلاص المعدني.....260
5.1.13 عينات لغرض الأحافير.....260
6.1.13 نمذجة لغرض دراسات إقليمية.....261
7.1.13 مجموعة عينات عالية الدقة.....261
8.1.13 تسمية العينات وتعبئتها.....263

2.13 نصائح عملية.....264
1.2.13 رزم وتأشير المواد.....264
2.2.13 إستخراج العينات.....265
14. الفصل الرابع عشر.. ملاحظات ختامية.....266
المصادر.....269
ملحق 1: عام.....270
ملحق 5: الأحافير.....272
ملحق 6: الرسوبية.....280
ملحق 7: النارية.....297
ملحق 8: التركيبية.....300
ملحق 9: المتحولة.....306
ملحق 10: رسم الخرائط.....309
معجم بعض المفردات الجيولوجية.....313

الفصل الاول

المقدمة

1. مقدمة

تهدف الجيولوجيا الحقلية بشكل رئيسي إلى ملاحظة وجمع البيانات من الصخور و/أو الرواسب غير المتماسكة التي تزيد من فهمنا للعمليات الفيزيائية، الكيميائية والحياتية التي حدثت خلال الزمن الجيولوجي. على الرغم من التقدم الكبير في بعض الأجهزة وتفسير البيانات ودقة القياس، إلا أنه لم تتغير العديد من المبادئ الأساسية المتعلقة بالمشاهدات الحقلية المستخدمة في الجيولوجيا الحقلية منذ مئات السنين،. يتضمن العمل الحقلي عمل ملاحظات وقياسات دقيقة في الحقل (شكل 1.1) وجمع وتسجيل دقيق لموقع العينات لغرض التحليل المختبري. غالبا ما يولد جمع البيانات الحقلية أسئلة حول العمليات التي تجري على الأرض، والتي ربما لم يتم تصورها سابقا. فضلا عن ذلك، نبدأ عادة ببناء وأختبار تفسيرات وفرضيات مختلفة اعتمادا على الملاحظات الحقلية، وهذه العملية المتكررة ستساعد في تحديد جمع العينات والبيانات الأساسية.

شكل 1.1 جيولوجيون يقومون بجمع وتسجيل البيانات الحقلية

هذا الكتاب مقسم إلى 14 فصل. يغطي الفصل الثاني المعدات الحقلية الأكثر شيوعا وإستعمالا والخطوط العامة لسياقات السلامة في الحقل. يتحرى الفصل الثالث عن الأهداف العامة للعمل الحقلي وكيفية البدء. يكرس الفصل الرابع إلى إنتاج مفكرة حقلية (ورقية أو إلكترونية)، تمثل السجل الرئيسي لبيانات الحقل

الجيولوجية. معظم الكتاب يشتمل على خمس فصول تغطي المهارات الضرورية في جمع البيانات المتعلقة بعلم المتحجرات (الفصل الخامس)، علم الرسوبيات (الفصل السادس)، النارية (الفصل السابع)، التركيبية (الفصل الثامن)، والمتحولة (الفصل التاسع). يتعلق الفصل العاشر بعمل الخرائط الجيولوجية. ينتهي الكتاب بفصول قصيرة عن البيانات الجيوفيزيائية (الفصل الحادي عشر)، وبيانات التصوير الفوتوغرافي (الفصل الثاني عشر)، والنمذجة (الفصل الثالث عشر). ويتضمن الفصل الرابع عشر الملاحظات الختامية.

تقدم الجيولوجيا الحقلية أربع تحديات فكرية رئيسية. وهي:

1. تقرير أي البيانات يتم جمعها لكي يتم توجيه الأسئلة العلمية.

2. إيجاد المكاشف الأكثر ملائمة ليتم جمع العينات منها.

3. عمل سجل جيد للبيانات المستحصلة، ومن المفضل أن يكون السجل مفهوم من قبل الاخرين ويمكن أن يستعمل لسنوات بعد جمع البيانات.

4. فهم وتفسير الملاحظات الرئيسية التي تم عملها.

إن تقرير أي البيانات يتم جمعها متعلق بشكل مباشر بهدف العمل الحقلي (الفصل الثالث). بعض الأهداف العامة هي: بناء التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما (الفصل العاشر)، جمع البيانات عند أي فترة تغير مناخي (الفصل السادس)، جمع الأدلة عن أحداث الانقراض الجماعي (الفصل الخامس)، فهم النشاط البركاني (الفصل السابع)، او بناء الجبال (الفصل الثامن والتاسع)، مع إيجاد وتقييم الموارد المائية والمعدنية وفهم المخاطر الطبيعية (على سبيل المثال الانزلاقات الأرضية، الزلازل والفيضانات، الفصلين السادس والثامن). إن تحديد موقع أكثر المكاشف ملائمة هو امر مهم جدا في حال كان هدف العمل الحقلي هو عن أي شيء، عدا بناء الخرائط المفصلة حيث من الضروري هنا فحص جميع المكاشف. تعامل كل من الفصلين الثالث والعاشر مع الأنواع المختلف للمكاشف وأعطيت أمثلة محددة أكثر في الفصول 5 – 9.

في جميع فصول الكتاب وخصوصا في الفصل الرابع، تم توفير أمثلة وأفكار لإنشاء مفكرات حقلية ناجحة. في الفصول 5 – 10 إستعملت أمثلة لتوضيح كل من طريقة التفكير والطريقة التي يتم بها معالجة مشكلة معينة. تم إضافة معجم لبعض المفردات الجيولوجية في نهاية الكتاب.

1.1 كتب عامة ومواد مرجعية في الجيولوجيا

- Plummer, C.C., Carlson, D.H. and Hammersley, H. 2016. Physical Geology (15th edition), McGraw-Hill Education, 673pp.

- Tarbuck, E.J., Lutgens, F.K. and Tasa, D. 2014. Earth An Introduction to Physical Geology (11th edition), Pearson Education, Inc., 904 pp.

- Busch, R.M. 2015. Laboratory Manual in Physical Geology (10th edition), Pearson Education, Inc., 457 pp.

- Tarbuck, E.J., and Lutgens, F.K. 2015. Earth Science (14th edition), Pearson Education, Inc., 793 pp.

- Owen, C., Pirie, D. and Draper, G. 2011. Earth Lab Exploring the Earth Sciences, Cengage Learning, Inc., 474 pp.

- Allaby, M. 2008. A Dictionary of Earth Sciences, Oxford University Press, 663 pp.

- Stanley, S. 2005. Earth System History, W. H. Freeman & Co. , 567 pp.

2.1 كتب في تقنيات الجيولوجيا الحقلية

- Whitmeyer, S.J. Mogk, D.W. and Pyle, E.J. 2009. Field Geology Education: Historical Perspectives and Modern Approaches, The Geological Society of America, Inc., 368 pp.

- Freeman, T. 1999. *Procedures in Field Geology*, Blackwell Science, 93 pp.

الفصل الثاني

معدات الحقل والسلامة

1.2 مقدمة

قبل ذهابك إلى الحقل من الضروري أن يتم: (1) جمع كل المعدات الحقلية التي قد تحتاجها؛ (2) تقييم قضايا السلامة في الحقل و (3) الحصول على موافقة لزيارة المنطقة، عند الضرورة. ما سوف تحتاجه من معدات حقلية يعتمد على نوع العمل الحقلي الذي سوف تشرع فيه. تم إدراج الفقرات المطلوبة لمعظم مهام العمل الحقلي في جدول 1.2، وأدرجت المعدات المطلوبة عادة للنمذجة في جدول 2.2، وهناك أجهزة اختيارية مطلوبة لمهام أكثر تخصصية موضحة في جدول 3.2.

جدول 1.2 الأجهزة المطلوبة لمعظم العمل الحقلي الجيولوجي.

معدات حقلية أساسية
مفكرة حقلية
أقلام رصاص، ممحاة ومبراة
بعض أقلام التلوين
شريط قياس
عدسة اليد
بوصلة – مقياس ميل
مخططات مقارنة وتعريف مناسبة للعمل
خرائط تضاريسية
عدة الإسعافات الاولية وأية تجهيزات طبية شخصية قد تكون مطلوبة
حقيبة ظهر
مياه وطعام يكفي لفترة العمل الحقلي
ألبسة وأحذية مناسبة
هاتف نقال و راديو
معدات سلامة حسب الحاجة

جدول 2.2 أجهزة أخذ عينات نموذجية

معدات نمذجة
مطرقة جيولوجية
أكياس نمذجة
ورق تغليف للف العينات الحساسة
أقلام لغرض التأشير على النماذج
أزاميل ومطارق أخرى
مالج و /او مجراف للرواسب الناعمة ورواسب المقذوفات البركانية

جدول 3.2 معدات حقلية اختيارية وتخصصية

معدات أختيارية وتخصصية
أقلام مخصصة لرسم الخرائط
دراسات ذات صلة
جهاز نظام تحديد المواقع العالمي GPS
كاميرا
أجهزة جيوفيزيائية
سكين جيب
حامض هيدروكلوريك مخفف (تركيز 10%)
مسطرة ومنقلة
منظار
لوح مخدش
ستيروسكوب (مجسم) جيب
مخطط الوان جيولوجي
شاخص يعقوب
فرشاة يدوية لتنظيف المكاشف

قياس الملاحظات الجيولوجية

عندما تكون هناك حاجة إلى تنظيم أو إنشاء تسجيلات دقيقة ومضبوطة، عندها ينبغي قياس جميع الملاحظات الجيولوجية. وهذا يتم إنجازه من خلال أشرطة قياس، بوصلة – مقياس ميل، مخططات مقارنة للصخور وأجهزة جيوفيزيائية متطورة. يوفر هذا الفصل معلومات عن كيفية إتقان أنظمة المقاييس أو القياسات الجيولوجية الأساسية.

كم ينبغي أن يكون القياس دقيق، أو سواء كان التخمين كافي ، يعتمد ذلك على هدف العمل الحقلي و نوعية المكشف. على سبيل المثال، إذا كان كل ما نحتاجه هو وصف عام لجسم من الحجر الرملي، قد يكفي أن نصفه على أنه حجر رملي بطبقات ذات سمك متغير بين حوالي 10سم و 2م. ولكن، إذا كنا بحاجة إلى نمذجة الحجر الرملي أو لتحديد كم يتغير سمك الوحدات المنفردة جانبيا عندئذ سيكون من الضروري قياس سمك كل وحدة. غالبا ما يكون هناك حاجة لتسجيل السمت أو الإتجاه الأفقي azimuth (إتجاه نسبة إلى الشمال) وكذلك تسجيل قيمة الزاوية العمودية أو الميل بدلا من تسجيل الإتجاه العام فقط. وهذا بسبب الحاجة

إلى نقل معلومات مهمة عن إتجاه العمليات المختلفة (على سبيل المثال، الطي أو التيارات القديمة) وأيضا الحصول على سجل دقيق لهندسة الوحدات الصخرية لكي يتم حسابها وتسجيلها.

2.2 عدسة اليد والمنظار

عدسة اليد hand lens هي أداة أساسية ومهمة لتسجيل ملاحظات مفصلة عن جميع أنواع الصخور والمواد المتحجرة. يمتلك معظمها عدسة بتكبير × 10 والبعض منها لها تكبير × 10 و × 15 او × 20 (شكل 1.2). إذا كان نظرك ضعيف، فبالإمكان إستعمال عدسة بنوعية أفضل تكون مفيدة في أغلب الأحيان، خصوصا مع عدسة أكبر. ومن الممكن أيضا الحصول على عدسات مزودة بأضوية داخلية يمكن أن تحسن المشهد إلى حد كبير، على سبيل المثال شكل 1.2 عدسات 2 و 3.

عند إستعمال عدسة اليد، تأكد من الوقوف بثبات أو بوضعية الجلوس. أولا أفحص العينة بدقة بالعين المجردة لإيجاد مساحة غير متجوية أو مغطاة بأشنات أو طحالب، وأيضا لكي تستطيع أن ترى أين يمكن تمييز البلورات والحبيبات الواضحة المعالم. إذا كان من الضروري التأكد من أنك تنظر من خلال العدسة نحو المنطقة أو المساحة الصحيحة من العينة، ضع طرف إصبعك أو طرف إبهامك كعلامة مجاورة للمنطقة المراد فحصها والمحددة بالعين المجردة. ضع العدسة بعيدا عن عينك بحوالي 0.5 سم. ومن ثم، حرك تدريجيا إما الصخرة إذا كانت عينة يدوية، وإما أنت و العدسة إذا كانت العينة مكشف، إلى ان يتوضح مجال الرؤيا للمنطقة المطلوب فحصها (عادة 1 – 4 سم عن العدسة، شكل 2.2). ليس كل سطح الصخرة سيكون ضمن بؤرة العين بسبب عدم إستواء النموذج. سوف تحتاج إلى تدوير العينة اليدوية أو تغيير موقعك للنظر إلى مساحات أو مناطق مختلفة ضمن العينة. يفضل في حالة بعض الصخور المتحولة أو الرواسب الكاربونايتية أن يكون الفحص على سطح متجوي وذلك لكون المعادن والحبيبات تتجوى إلى الخارج أحيانا وغالبا ما تكون أسهل في الرؤيا.

يمكن للمنظار Binoculars أن يكون مفيد جدا في العمل الحقلي. فهو يمكن أن يستعمل لتقييم وسيلة الوصول، على سبيل المثال في المناطق الجبلية. إن الإستعمال الأكثر شيوعا لهذا الجهاز هو في الحصول على منظر أفضل للتفاصيل ضمن أجزاء من المكشف يكون من غير الممكن الوصول اليه بآمان، أو ببساطة رؤيا أفضل عن بعد (على سبيل المثال، هندسة المعالم كالصدوع وغيرها). وهو مفيد خصوصا في فحص تفاصيل التماس بين الوحدات المختلفة للمنحدرات العمودية أو الجروف البحرية ووجوه المقالع.

شكل 1.2 تشكيلة مختلفة من عدسات اليد. (1) عدسة مفردة قياسية × 10؛ (2) عدسة × 10 مزودة بضوء داخلي؛ (3) عدسة × 8 مزودة بضوء داخلي؛ (4) عدسة ثنائية × 10 و × 15.

شكل 2.2 الإستعمال الصحيح لعدسة اليد

3.2 البوصلة – مقياس الميل

تستعمل البوصلة – مقياس الميل compass – clinometer لقياس: (1) إتجاه المستويات الجيولوجية والتخططات lineations نسبة إلى الشمال، و (2) زاوية ميل المعالم الجيولوجية نسبة إلى الأفق. وهذا يسمح ببناء سجل دقيق لهندسة المعالم. كما يمكن ان تستعمل أيضا مع خارطة تضاريسية لتحديد الموقع بدقة أفضل.

هناك نوعين رئيسيين من جهاز البوصلة – مقياس الميل في السوق (شكل 3.2). النوع الأول مصنع من قبل برونتون Brunton، والنوع الثاني مصنع من قبل سيلفا و سونتو Silva and Suunto. يعتبر جهاز البوصلة – مقياس الميل نوع برونتون أكثر حساسية بسبب مستويات الكحول في الجهاز وكذلك التدرج في المقياس بزيادة درجة واحدة بدلا من درجتين. كما يمكن إستعمال نوع برونتون لمهام أكثر. ومع ذلك، يعد هذا النوع أضخم وأكثر كلفة وفي بعض الوظائف أكثر صعوبة في الإستعمال. تعد دقة البوصلة – مقياس الميل نوع سيلفا كافية لمعظم الأهداف ومصممة بشكل أفضل بكثير لتحويل إتجاهات البوصلة مباشرة إلى خارطة. بسبب أختلاف تصميم النوعين، تختلف أنظمة القياس أيضا.

إن البوصلة – مقياس الميل هي بوصلة مغناطيسية وأداة لقياس قيمة زاوية ميل السطح عن الأفق. لكي تقوم البوصلة بذلك لها أبرتين ومقياسين مختلفين تماما (شكل 3.2ب و د). عندما توجّه البوصلة – مقياس الميل أفقيا سوف تشير الأبرة المغناطيسية نحو الشمال المغناطيسي دائما، مالم يوجد جسم مغناطيسي يؤثر عليها كالمطرقة مثلا أو جسم مغناطيسي ضخم من الصخر. إضافة إلى ذلك، لا تعمل البوصلات بشكل جيد عند خطوط العرض العليا. هناك قرص دائري مدرج (dial) مترافق مع الأبرة المغناطيسية على نافذة البوصلة يوفر مقياس للسمت بالدرجات عن الشمال. لتحديد الإتجاه تستعمل طريقة السمت دائرة بقيمة تتزايد مع عقرب الساعة من الشمال عند 0° (= 360°). في نوع سيلفا، يمكن للقرص المدرج أن يدار لوضع الأبرة عند 0°. إن قراءة السمت مع الإتجاه الذي تشير فيه أداة التسديد (المصّوبة) في نهاية المرآة، يمكن قراءتها عن بعد بإستعمال العلامة المخصصة لقراءة السمت (1) (شكل 3.2د). لأن مقياس السمت يثبت في نوع برنتون وأن الأبرة تتحرك نسبة إلى ذلك، تُرقّم وتُعّلم البوصلة عكس عقرب الساعة. إن السمت مع الإتجاه الذي تؤشر فيه أداة التسديد الطويلة (المصّوبة الطويلة) في نوع برنتون (شكل 3.2ب) هي القراءة عند النهاية الشمالية لأبرة البوصلة. يمكن أن يشار إلى اتجاهات البوصلة من الشمال إما بشكل تقريبي، على سبيل المثال شمال غرب، شرق، إلخ. وإما إلى الدرجة الأقرب. تمتلك البوصلة نوع برنتون أيضا مسمار قفل للأبرة المغناطيسية لأحتجاز الأبرة في مكانها بشكل مؤقت عند أخذ القراءة (شكل 3.2ج).

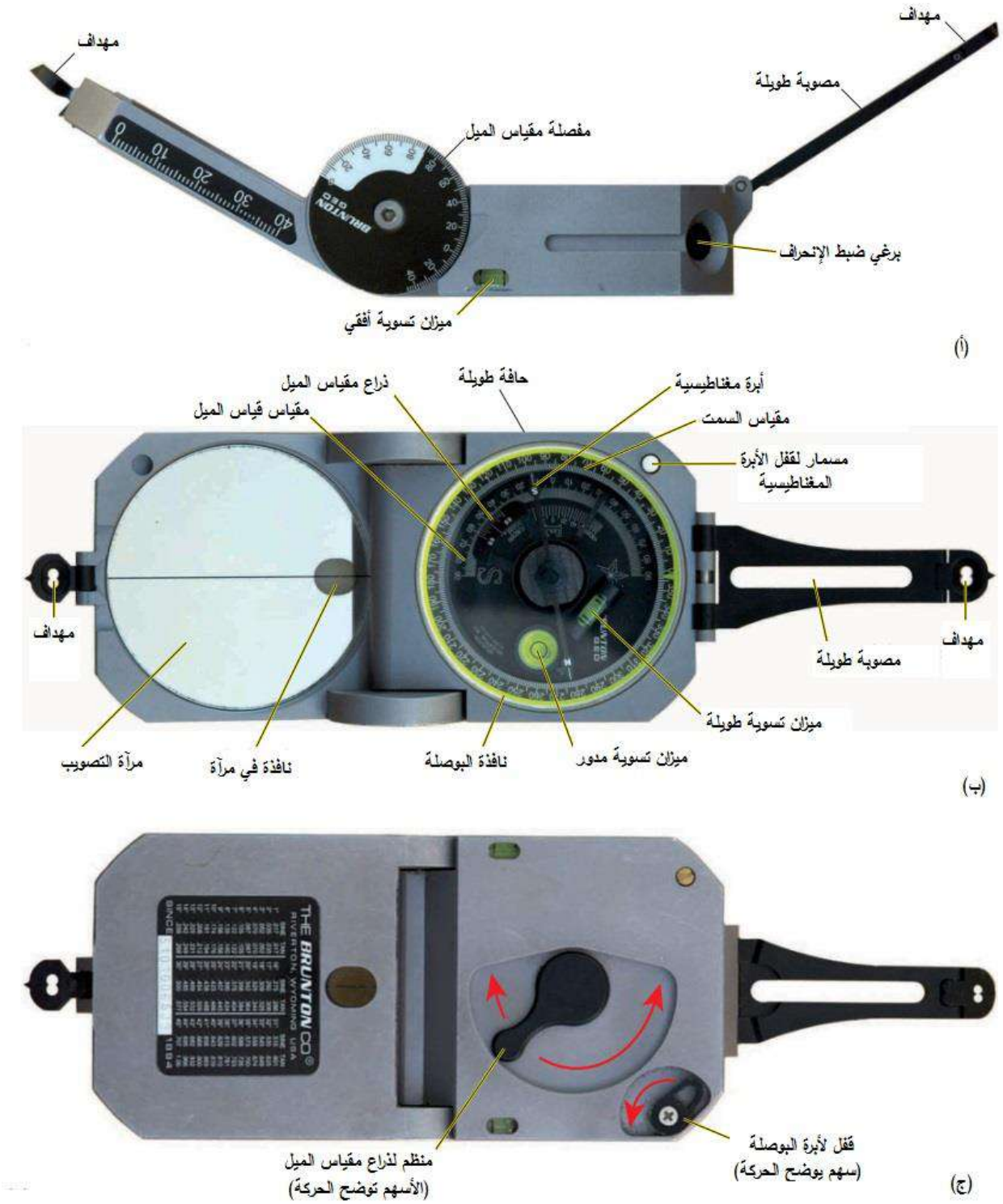
إن تصميم وميكانيكية عمل مقياس الميل يتغير بين الموديلات والأشكال المختلفة. ومع ذلك، مبدء عمل مقياس الميل هو نفسه تماما. يوجد مقياس في كل من نوعي البوصلة عند الجزء الداخلي من نافذة البوصلة لقياس قيمة الزاوية بين الابرة والأفق (تدرج مقياس الميل؛ شكل 3.2ب، د، و هـ). لإستعمال الجزء المتعلق بمقياس الميل، يتطلب مسك الجهاز مع نافذة البوصلة عموديا وتكون الحافة الطويلة بنفس زاوية السطح المائل.

بالنسبة للبوصلة نوع برونتون يتطلب أن تكون الحافة الطويلة المتاخمة للشرق على مقياس السمت في القاعدة بسبب الطريقة التي يوجه بها تدرج مقياس الميل. تمتلك البوصلة نوع برونتون ذراع مقياس ميل والذي يمكن من خلاله الضبط أو التعديل بإستعمال العتلة الموجودة خلف الجهاز (شكل 3.2ج). عندما يضبط بشكل صحيح لزاوية ميل معينة ينبغي ان تكون الفقاعة الموجودة في ميزان التسوية الطويل في المركز. في المقابل، تحتوي البوصلة نوع سيلفا على أبرة مقياس ميل تطفو بشكل حر ورأسيا بإتجاه الأسفل عندما يتم حمل أو مسك الأداة عند حافتها عموديا. سوف تثبت أبرة مقياس الميل في مكانها إذا مال الجهاز بدقة حوالي 20 درجة من الوضع العمودي إلى الأفقي. لكي نقيس الميل في نوع سيلفا نحتاج إلى تثبيت قرص البوصلة المدرج بحيث: تكون (أ) "علامة قراءة السمت (1)" (شكل 3.2ج) عند 90 درجة أو 270 درجة و (ب) تكون الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل موجّهه لكي يكون تدرج مقياس الميل في القاعدة حيث تقع أبرة مقياس الميل.

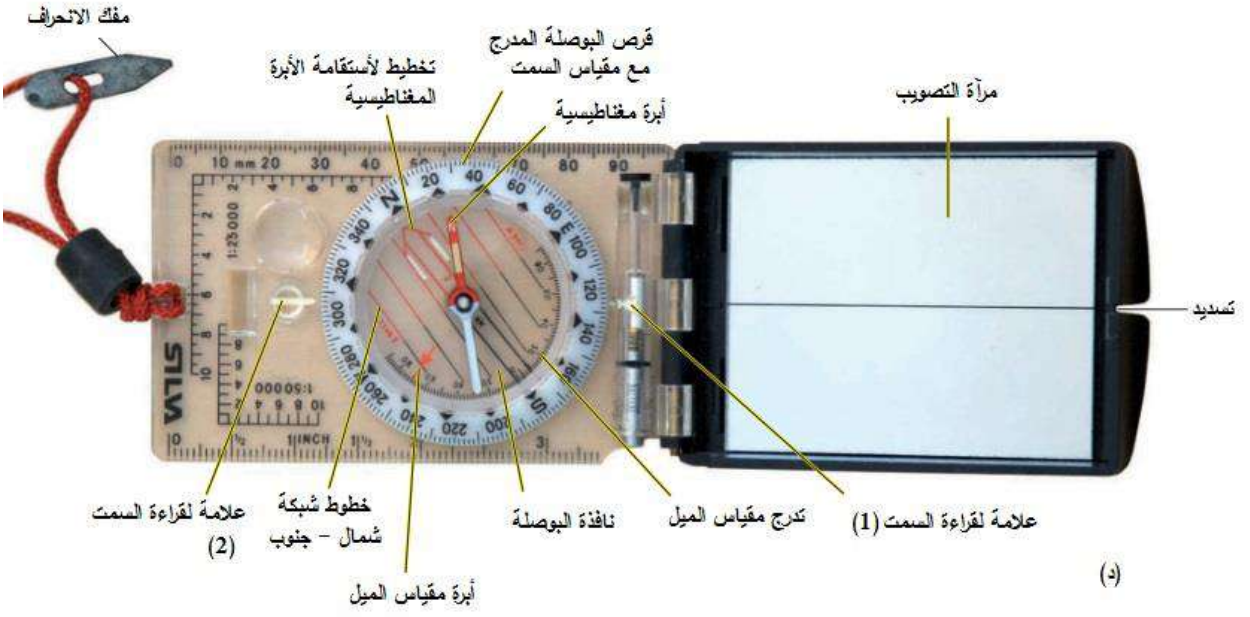
الإنحراف المغناطيسي

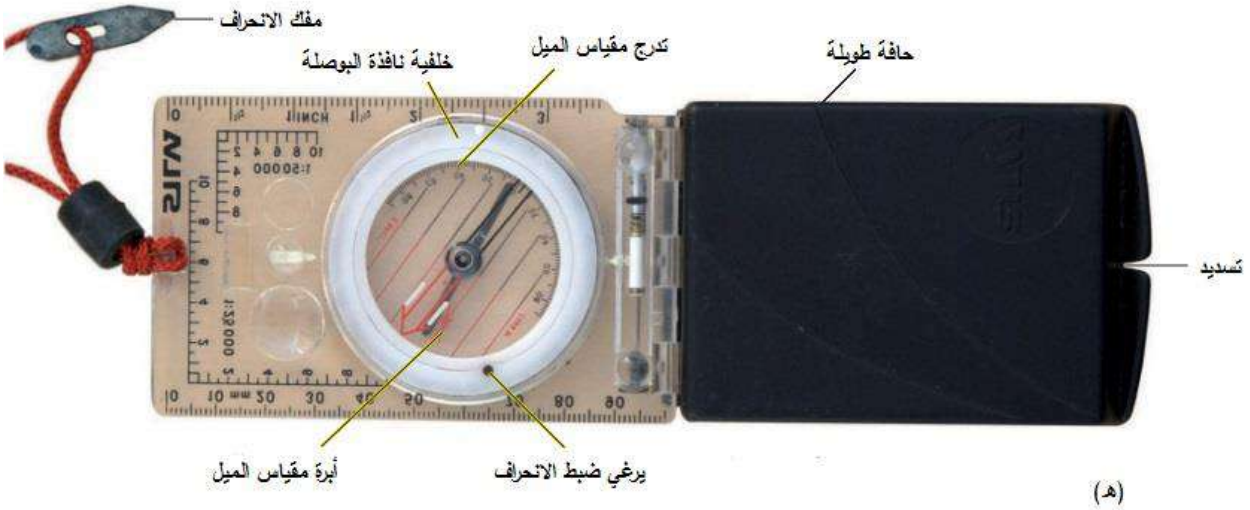
لا يتطابق قطب الأرض الدوراني (الشمال الحقيقي) مع القطب المغناطيسي ويختلف بنسبة تصل إلى 30 درجة على كلتا جانبي الشمال الحقيقي وحتى أكبر بالقرب من الأقطاب. ليس هذا فقط، وإنما يتغير هذا الإنحراف بمرور الوقت مع الموقع الجغرافي. على الخرائط يتم توجيه شبكة الخطوط شمال – جنوب أقرب ما يكون إلى الشمال الحقيقي ولكن مرة أخرى هذا يتغير بمقادير صغيرة جدا اعتمادا على موقعك. وذلك لأن أنظمة الشبكة تتخذ شكل مستطيل إلا أن دوائر خطوط الزوال (خطوط الطول) تتقارب نحو قطب الأرض (شكل 4.2).

قبل أخذ أي قراءات للسمت ينصح بشدة ضبط البوصلة فيما يتعلق بالإنحراف المغناطيسي للمنطقة المزمع زيارتها وكذلك سنة الزيارة لكي لا تحدث هناك أخطاء ناتجة عن قياسات السمت. وهي فكرة جيدة لعمل ملاحظة عن ما تم عمله في المفكرة الحقلية بحيث لا يكون هناك غموض فيما بعد. بديل ذلك هو عمل ملحوظة في بداية ملاحظاتك الحقلية بالنسبة لذلك الموقع بأن القراءات تحتاج إلى ضبط فيما يتعلق بالإنحراف المغناطيسي ومن ثم تصحيحها بعد عودتك من الحقل، إلا إذا كنت تستعمل البوصلة من أجل التثليث لتعيين موقعك أو لتعيين القياسات مباشرة على الخارطة الأساسية، ونعني بذلك خارطة التضاريس والتي ستضاف فوقها البيانات الجيولوجية. عندها ينبغي أن تُضبط في وقت القياس في حال كانت قراءاتك دقيقة.

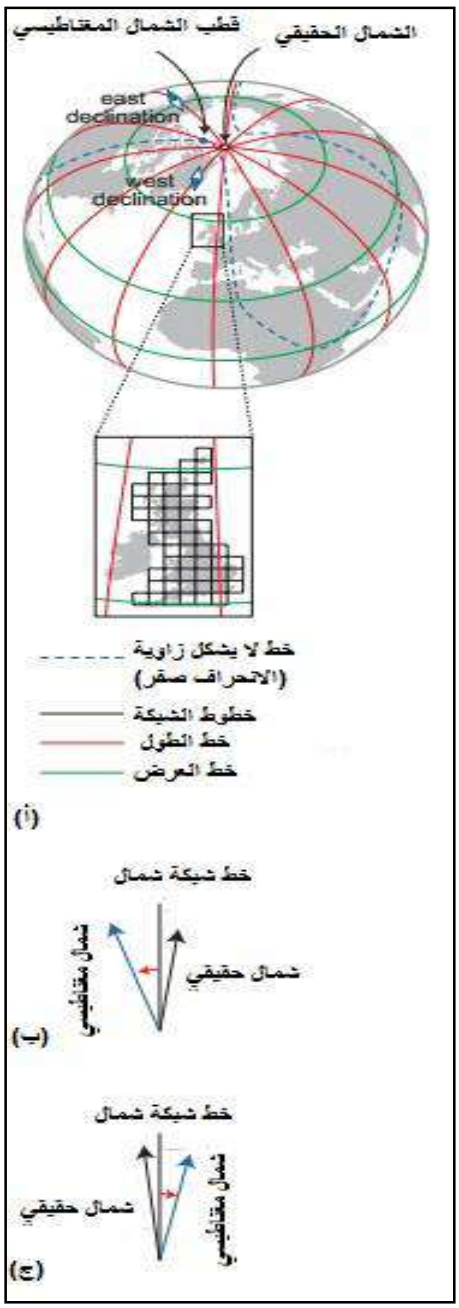


شكل 3.2 بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون. (أ) منظر جانبي، (ب) منظر علوي و (ج) منظر سفلي.





شكل 3.2 (متواصل) أجزاء بوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا. (د) منظر علوي و (هـ) منظر سفلي



شكل 4.2 (أ) رسم مبسط للأرض يوضح العلاقة بين الإنحراف المغناطيسي، الشمال المغناطيسي والشمال الحقيقي ومن خلال خط الطول، خط العرض ونظام الشبكة.(ب) إنحراف غربي للشمال المغناطيسي عن الشمال الحقيقي. (ج) إنحراف شرقي للشمال المغناطيسي عن الشمال الحقيقي.

إن ضبط بوصلتك مع الأخذ بنظر الأعتبار إختلاف الشمال المغناطيسي هو أمر سهل. هناك برغي على قرص البوصلة المدرج أو جانب البوصلة، وهو برغي ضبط الإنحراف (شكل 3.2أ و هـ). أدر هذا البرغي بقيمة الإنحراف نسبة إلى الشبكة الشمالية بإستعمال مفك البراغي أو الأداة المتوفرة في نوع سيلفا. يتم معرفة

مقدار الإنحراف المغناطيسي للمنطقة من خلال: (أ) مراجعة مفتاح الخارطة التضاريسية للمنطقة، مع الأخذ بنظر الأعتبار التغيرات منذ تاريخ النشر، (ب) إستعمال واحدة من صفحات الإنترنيت العديدة المتاحة الان والتي ستقوم بحساب الإنحراف للمنطقة أو (ج) تحديد الإنحراف بنفسك في الحقل وكما يلي:

1- تأكد من ثبات الإنحراف المغناطيسي في البوصلة – مقياس الميل على الصفر.

2- قف في مكان معروف وخذ تصويب أو إتجاه زاوي bearing للمعلم المحدد على خارطة المنطقة.

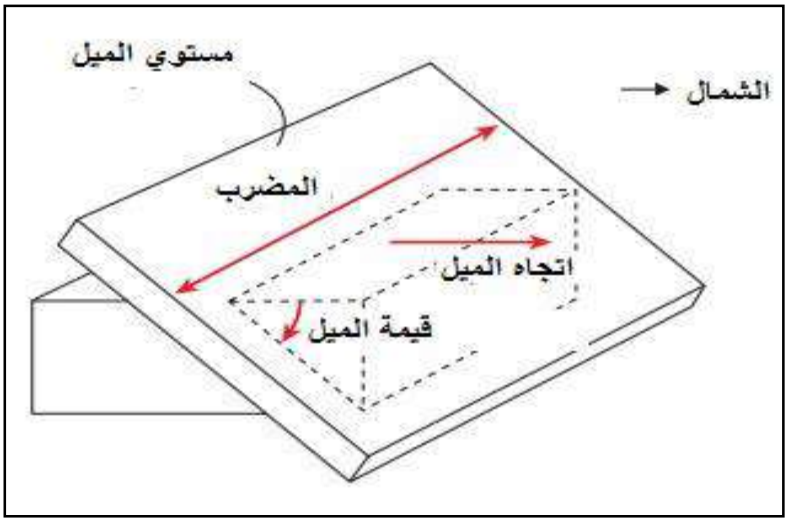
3- قارن قراءة البوصلة مع السمت بين موقعك والمعلم الذي تقدمه الخارطة، والفرق هو الإنحراف المغناطيسي.

4- بدلا من ذلك، إستعمل معلم مستقيم على الخارطة مثل جدار أو حدود غابة وقارن القراءة من التسديد على طول المعلم الخطي مع تلك المعيّنة على الخارطة.

حالما قمت بتحديد الإنحراف تأكد من ضبطك للإنحراف في الإتجاه الصحيح. تزداد الأرقام في إتجاه عقرب الساعة في بوصلة نوع سيلفا في حين أنها تزداد في إتجاه عكس عقرب الساعة في بوصلة نوع برونتون. وهذا بسبب الأسلوب المختلف الذي يعمل فيه القرص المدرج، ولكن عندما تستعملان بشكل صحيح فإنهما سوف يعطيان نفس قراءة السمت تماما.

1.3.2 إتجاه مستوي الميل

يعد قياس مستوي الميل هو القياس الأكثر شيوعا في الجيولوجيا، على سبيل المثال مستوي تطبق، مستوي تشقق أو مستوي صدع. يتطلب قياس وتسجيل المعاملات الثلاثة الآتية: (1) أعلى زاوية يميل عندها المستوي (قيمة الميل) بالدرجات نسبة إلى الأفق، (2) إتجاه المستوي نسبة إلى الشمال (المضرب، ونعني إتجاه الخط الأفقي المحدد بالمستوي) بالدرجات، و (3) إتجاه الميل العام (شكل 5.2) لأن من المضرب وحده يمكن أن يميل المستوي في واحد من الإتجاهين عند 180 درجة. لمنع الإلتباس، يسجل المضرب دائما كعدد من ثلاث أرقام والميل كعدد من رقمين.



شكل 5.2 مخطط يوضح المضرب، قيمة الميل وإتجاه الميل. بالإستفادة من خط الشمال يتجه هذا المستوي التخيلي شرق – غرب (270° او 090°) ويميل إلى الشمال. أي إتجاه أسفل مستوي الميل ليس بزاوية قائمة مع المضرب سوف يكون إتجاه ميل ظاهري وسوف يمتلك قيمة ميل أصغر من قيمة الميل الحقيقي.

تحديد إتجاه مستوي الميل بطريقة سطح التماس

يقاس إتجاه مستوي الميل بإستعمال طريقة سطح التماس. وهذه موضحة بالنسبة لبوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا في شكل 6.2 ولبوصلة – مقياس ميل نوع برونتون في شكل 7.2. الترتيب الدقيق في إكمال الخطوات والحصول على المضرب والميل للمستوي ليس أمرا" أساسيا"، فهذا سوف يعتمد على الجهاز المستعمل، الظروف الحقلية والتفضيل أو الأختيار الشخصي. المهم هو ضمان تسجيلك للأجزاء الثلاث وهي المضرب وقيمة الميل وإتجاه الميل. نلاحظ أختلاف ترتيب الخطوات في شكل 6.2 و 7.2 لمراعاة الطريقة الأسهل في قياس مستوي الميل بأجهزة مختلفة. إذا كانت هذه التقنية جديدة عليك، أو القراءة تبدوا غير معقولة، أو أن سطح المستوي غير مثالي، خذ قراءة ثانية أو حتى ثالثة وإستعمل المعدل أو القراءة الأفضل من بينها.

1. الاتجاه العام

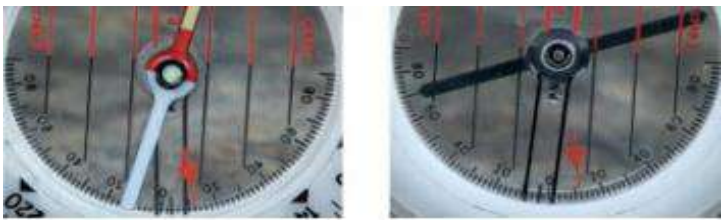
جد سطحا جيدا يمثل الميل العام للمستوي المطلوب قياسه. حدد الإتجاه العام للميل من خلال النظر إلى المستوي أو يمكنك أن تسكب سائل فوق مستوي التطبق لترى في أي إتجاه يجري السائل. قد يكون من الضروري أحيانا تخفيف الأختلافات الموجودة على السطح بوضع مفكرة أو لوح على مستوي التطبق. تمثل المطرقة المحاطة بدائرة حمراء قرب الجانب الأيسر من الصورة هي المستوي المختار في هذه الحالة.

2. ضبط وضعية مقياس الميل

هيأ البوصلة – مقياس الميل لوضعية مقياس الميل عن طريق وضع الجزء العلوي من مقياس الميل بحيث يكون موازيا للحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل (أي وضع قرص البوصلة المدرج على 90 – 270 درجة).

3. قيمة الميل

ضع الحافة الطويلة التي هي عند قاعدة تدرج مقياس الميل على مستوي التطبق، بالتوازي مع الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل بحيث يمكنك تخمين أقصى اتجاه للميل (أي توجيه نحو أسفل المنحدر). بينما تنظر إلى قراءة مقياس الميل، أدر بعناية جهاز البوصلة – مقياس الميل قليلا (كما موضح من خلال الأسهم) لإيجاد خط الميل الأقصى.



أقرأ الميل الأقصى عن بعد. في هذه الحالة 12 درجة. لاحظ أنه يمكن قراءة الميل في كلا الاتجاهين لبوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا.

شكل 6.2 كيفية إستعمال بوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا لقياس اتجاه وميل مستوي بإستعمال طريقة التماس.

4. اتجاه المضرب

إتجاه المضرب عمودي تماما على إتجاه الميل، لذا تذكر أين يقع أقصى ميل، أرفع البوصلة – مقياس الميل و ضع الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل بموازاة خط المضرب. أدر نافذة البوصلة – مقياس الميل على محور (كما موضح من خلال السهم) إلى أن تصبح أفقية.

أدر قرص البوصلة المدرج بحيث تنتظم أبرة البوصلة مع الخطوط الحمراء بالنسبة لإتجاه الشمال، والتحقق من أن البوصلة – مقياس الميل لا تزال افقية. خذ قراءة المضرب من القرص المدرج. في هذه الحالة هي 008 درجة أو النهاية الأخرى للخط 188 درجة.

يمكنك التحقق مرة أخرى من صحة إتجاه المضرب من خلال وضع البوصلة على حافتها الطويلة بموازاة خط المضرب والتحقق من أن الميل صفر (لا تنسى تعديل البوصلة إلى وضعية قياس الميل (الخطوة 2)).

5. اتجاه الميل

القياس الأخير هو اتجاه الميل إلى أقرب نقطة رئيسية للبوصلة (على سبيل المثال، شمال غرب، جنوب شرق، شرق أو غرب).

6. التسجيل

سجل إتجاه المستوي في مفكرتك، في هذه الحالة 008\12 شرق. لاحظ أن المضرب دائما يُسجل كثلاث أرقام لتجنب أي إرباك.

شكل 6.2 مستمر

1. الإتجاه العام

حدد الإتجاه العام للمضرب. قد يكون من الضروري أحيانا تخفيف التغيرات على السطح بواسطة وضع مفكرة أو لوح على مستوي التطبق. تشير المطرقة إلى المستوي المختار في هذه الحالة.

2. اتجاه المضرب

ضع الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل إلى الأسفل بحيث يمكنك تقدير خط المضرب بشكل تقريبي. بإستعمال ميزان الكحول المستدير، ضع البوصلة أفقيا تماما من خلال:

(أ) إمالة البوصلة حول محورها القصير (كما موضح من خلال السهم)،

(ب) أدر الحافة الطويلة للبوصلة على محورها قليلا بالتماس مع مستوي التطبق حول نقطتها المركزية (كما موضح من خلال السهم) للحصول على خط مضرب دقيق.

خذ قراءة المضرب من القرص المدرج. في هذه الحالة هي 008 درجة أو النهاية الأخرى من الخط 188 درجة.

شكل 7.2 كيفية إستعمال بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون لقياس اتجاه و ميل مستوي بإستعمال طريقة التماس.

3. قيمة الميل

تذكر بالضبط أين يكون خط المضرب، ضع الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل عند 90 درجة على مستوي التطبق. تأكد من أن تدرج مقياس الميل هو على الجانب في تماس مع الصخرة. حرك ذراع مقياس الميل إلى أن تستقر فقاعة ميزان الكحول الطويل في الوسط.

أقرأ عن بعد أقصى ميل. في هذه الحالة هي 12 درجة.

---

4. اتجاه الميل

القياس الأخير هو إتجاه الميل إلى أقرب نقطة رئيسية للبوصلة (على سبيل المثال شمال غرب، جنوب شرق، شرق أو غرب). في هذه الحالة هو الشرق.

---

5. التسجيل

سجل إتجاه المستوي في مفكرتك، في هذه الحالة 12\008 درجة. لاحظ ان المضرب يسجل دائما كثلاثة أرقام لتجنب أي إرباك.

شكل 7.2 مستمر

تحديد اتجاه مستوي الميل بإستعمال مفصل مقياس الميل لبوصلة نوع برنتون

يمكنك أيضا إستعمال المفصل المدرج (مفصل مقياس الميل؛ شكل 3.2أ) لبوصلة – مقياس ميل نوع برونتون أو فرايبرغ لقياس قيمة الميل. تم تصميم هذه الميزة بذكاء بحيث يمكنك قياس كل من سمت إتجاه الميل (عند 90° على المضرب) وقيمة الميل خلال مرة واحدة بدون الحاجة إلى تحريك البوصلة – مقياس الميل للحصول على قرائتين (شكل 8.2أ). لقياس إتجاه مستوي ما بإستعمال مفصل مقياس الميل:

1- ضع البوصلة – مقياس الميل على مستوي الميل والجزء الخلفي من المرآة منبسط على المستوي (شكل 8.2).

2- أبقي الجزء الخلفي من المرآة منبسط على المستوي، أدر نافذة البوصلة إلى الأفق بإستعمال ميزان التسوية المدور (شكل 8.2أ).

3- لاحظ القرائتين، حيث يُظهر مفصل مقياس الميل قيمة الميل (8.2ب) وأبرة البوصلة توضح ميل السمت (8.2ج).

يمكن الحصول على المضرب بطرح أو إضافة 90 درجة إلى ميل السمت. إذا كنت تسجل المضرب سوف تحتاج أيضا إلى اتجاه الميل العام (على سبيل المثال الشرق). لاحظ أنه إذا كنت تنقل سمت الميل بدلا من المضرب، فمن المهم أن تتحقق من أنك لست خارج 180 درجة، ويكون واضحا أن هذا ما كنت تسجله.

2.3.2 إتجاه معلم خطي

إن الحاجة لقياس المعالم الخطية يكون شائعا في الصخور الرسوبية والصخور التي تشوهت. نفس الخطوات في قياس المستوي عدا أنه في هذه الحالة يُسجل إتجاه المعلم فيما يتعلق بالشمال (السمت) بتوجيه الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل بشكل موازي للمعلم الخطي (الاشكال 2.9 و 2.10). كما هو الحال بالنسبة لمستوي الميل ينبغي تسجيل السمت من ثلاثة أرقام والغطس plunge (الزاوية المحصورة بين المستوي الأفقي وخط أمتداد جسم ما أو المضرب) من رقمين.

(أ)

(ب)

(ج)

شكل 8.2 قياس إتجاه الميل وقيمة الميل لمستوي ببوصلة نوع برونتون في موقع واحد. (أ) منظر جانبي لبوصلة – مقياس ميل لقياس كل من قيمة الميل وميل السمت. (ب) منظر مقرب لمنطقة المفصل. تُقرأ قيمة الميل عن بعد حيث يتقاطع الجزء العلوي للإنقطاع مع التدرج، في هذه الحالة هي 12 درجة. لاحظ أيضا ان ميزان التسوية على الجانب يشير إلى أن نافذة البوصلة بوضع أفقي. (ج) منظر نافذة البوصلة وهي بوضع مستوي (ميزان التسوية المستدير) وأن ميل السمت هو 098 درجة. وبالتالي مستوي التطبق هذا متجهه عند 008\12 شرق.

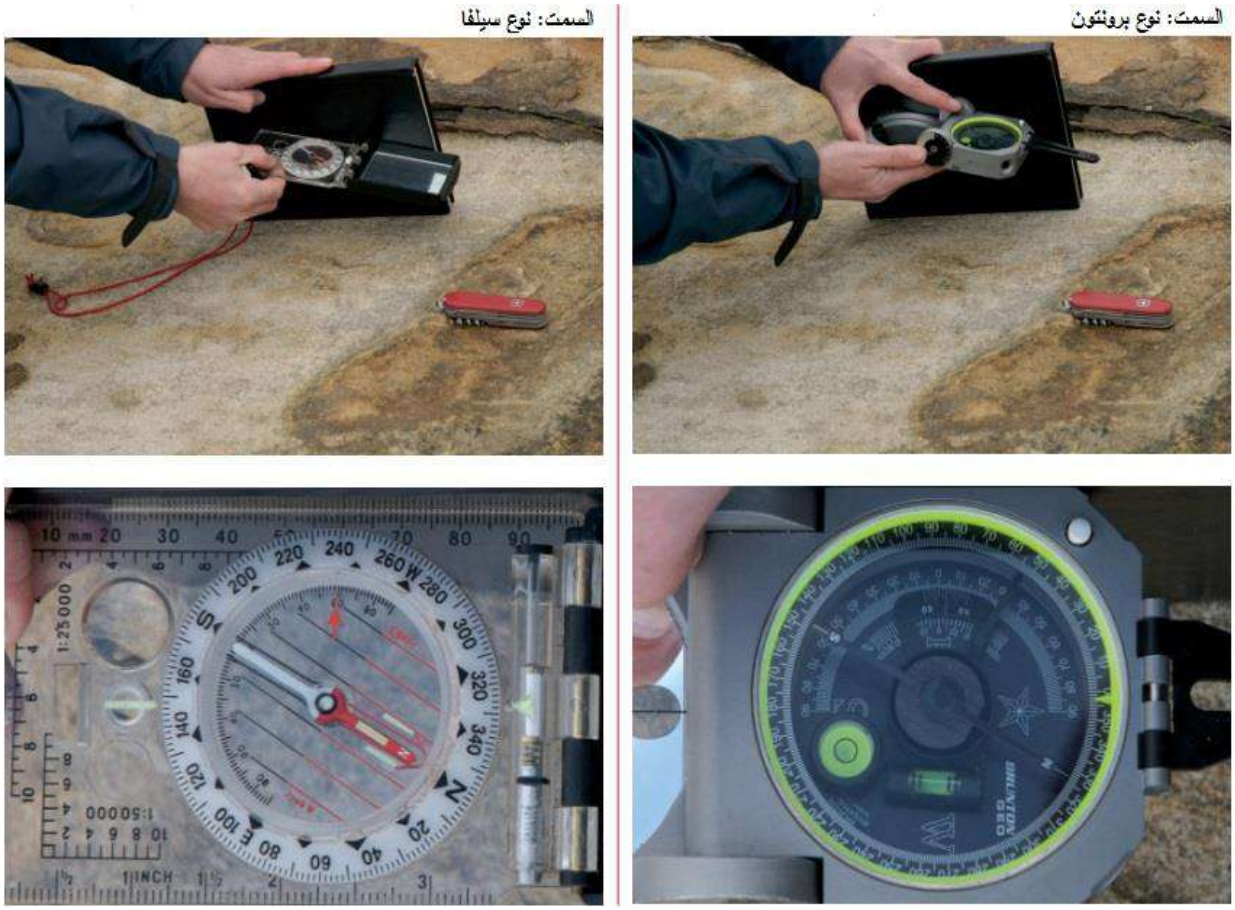
1. الإتجاه العام

حدد المعلم الخطي ثم أختر جزء واضح للقياس. المعلم في هذه الحالة هو خطوط جريان على سطح تطبق رسوبي (بالتوازي مع سكين الجيب). يمكن أن يستعمل هذا المعلم في الحصول على إتجاه جريان التيار القديم.

---

2. زاوية السمت

ضع حافة مفكرتك على المعلم الخطي، أمسك المفكرة عموديا وموازية للمعلم الخطي لعمل مستوي عمودي فوقه. أمسك الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل مقابل الجانب العمودي للمفكرة و أبدء بقياس زاوية السمت للطرف الأدنى للمعلم الخطي نسبة إلى الشمال (أي اتجاه الغاطس). بالنسبة لبوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا ستحتاج إلى تدوير المزولة او القرص المدرج إلى ان تصطف الابرة المغناطيسية مع سهم البوصلة الشمالي. تأكد أن نافذة البوصلة أفقية قبل تسجيل هذا القياس (بالنسبة للبوصلة نوع برونتون يمكنك عمل ذلك من خلال تدقيق ميزان التسوية المستدير). زاوية السمت في هذه الحالة هي 148 درجة.



شكل 9.2

3. الغطس

أضبط قرص البوصلة المدرج لكي يُستعمل الجهاز كمقياس ميل (انظر الاشكال 2.6 و 2.7). ضع البوصلة – مقياس الميل بموازاة المعلم الخطي واقرأ عن بعد زاوية الغطس من مقياس الميل. زاوية الغطس في هذه الحالة هي 15 درجة.

4. التسجيل

سجل في مفكرتك زاوية الغطس من رقمين (15°) و زاوية السمت من ثلاث أرقام (148°). بالنسبة للمعالم الخطية يكون التدوين المعتاد هو زاوية الغطس أولا، ثم سهم ومن ثم زاوية السمت (15 ← 148).

شكل 9.2 مستمر خطوات قياس زاوية السمت والغطس لمعلم خطي بطريقة التماس لنوعي بوصلة – مقياس ميل برونتون وسيلفا

طريقة التماس لقياس اتجاه معلم خطي

يمكن إستعمال إما بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون وإما نوع سيلفا لطريقة التماس (شكل 9.2). نوع برونتون لها الأفضلية بحيث يمكننا ببساطة قراءة السمت عن بعد بدون تدوير قرص البوصلة المدرج ونحن نمسك المفكرة في نفس الوقت.

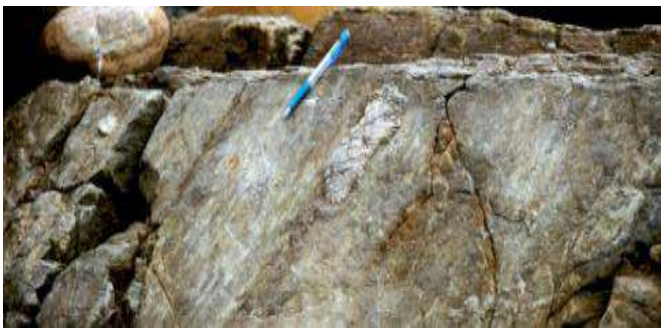
طريقة التصويب لقياس اتجاه معلم خطي

طريقة التصويب هي طريقة أكثر دقة في قياس معلم خطي، والطريقة الأسهل بإستعمال يدين أثنين فقط (شكل 10.2). وهذا يمكن القيام به بسهولة مع بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون وكما يمكن أيضا إنجاز قراءة السمت مع بوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا رغم أنها ليست بدقة نوع برونتون. يمكن أيضا قياس إنحدار سطح كبير أو جانب تل بنفس طريقة قياس الغطس.

3.3.2 التثليث : تحديد موقع بإستعمال بوصلة

هناك إستعمال آخر مهم للبوصلة هو في تحديد موقعك من خلال أخذ إتجاه البوصلة (الإتجاه الزاوي أو التصويب bearing) لمعلمين على الأقل، ويفضل أن تكون ثلاث معالم مميزة على خارطة التضاريس للمنطقة، بعملية تدعى التثليث triangulation. إن التثليث الأكثر دقة سوف يتأتى من إستعمال معالم هي بين حوالي 60° و 90°، ولكن في بعض الحالات يكون هذا غير ممكنا. كلما كانت المعالم أقرب إليك كلما ستكون قادرا وبدقة أكثر على إيجاد موقعك. أنواع المعالم المستعملة هي: ركن بناء، ركن مزرعة أشجار، مفترق طرق، إلتقاء أنهار، عمود إتصالات، قمة تل أو أي معلم مميز آخر. تأكد من أخذك السمت ورسم خط على الخارطة بإستعمال حافة البناء أو جانب معين من الطريق (بدلا من الإتجاه العام) لأن أي أختلاف صغير سوف يؤدي إلى موقع غير دقيق. النقطة التي يتقاطع عليها خطين أو ثلاثة تحدد موقعك. إذا لم تتقاطع الخطوط يعني أن قراءة أو أكثر من قراءاتك للسمت هي قراءة ضعيفة، أعد تدقيق قراءاتك للسمت و/ أو قم بأختيار معلم آخر.

إذا كنت تعلم أنك في مكان ما بموازاة معلم خطي كطريق مثلا فبالإمكان إستعمال تصويب سمت واحد من معلم ما عند زاوية عالية للمعلم الخطي لإنتاج تقاطع واحد. ومع ذلك، فإن قراءة السمت من معلم ثاني ستقلل من الخطأ المحتمل. تم وصف خطوات تحديد موقعك على الخارطة للنوعين المختلفين من البوصلة في الأشكال 11.2 و 12.2.



1. موضع قلم الرصاص

ضع قلم رصاص على المكشف بموازاة التخطط ومن ثم قف حيث يمكنك النظر إلى الأسفل نحو المعلم الخطي. إذا كان ضروريا يمكنك إستعمال قطعة من شريط لاصق لتثبيت القلم في مكانه.

2. قياس السمت

أمسك نافذة البوصلة أفقيا (إستعمل ميزان التسوية المستدير)، ومع المرآة بزاوية حوالي 120 درجة عن النافذة، صوب من خلال المهداف الصغير عند نهاية المصوبة الطويلة ومن خلال نافذة التصويب عند قاعدة المرآة و نحو الأسفل باتجاه قلم الرصاص (انظر الشكل). اقرأ السمت عن بعد. إذا كان ضروريا إستعمل مسمار القفل لتثبيت الابرة المغناطيسية في مكانها أثناء تدوينك للسمت.

3. قياس الغطس

أمسك البوصلة – مقياس الميل من حافتها بحيث تكون نافذة البوصلة عمودية ويكون مقياس الميل عند القاعدة. أطوي المرآة إلى الداخل بحيث تصنع زاوية مع نافذة البوصلة حوالي 60 درجة. أطوي المهداف إلى الداخل عند نهاية المصوبة الطويلة.

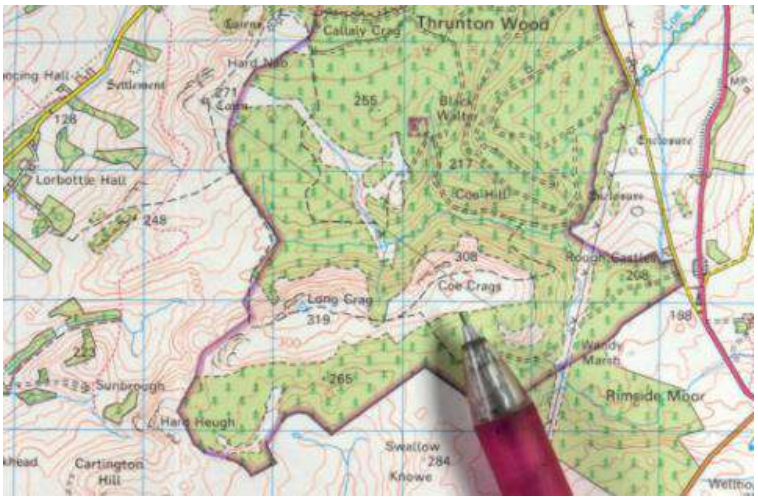
سدد من خلال المهداف عند نهاية المصوبة الطويلة، والنافذة عند قاعدة المرآة و نحو الأسفل بإتجاه قلم الرصاص (أنظر الشكل). أضبط بدقة زاوية المرآة بحيث يمكنك أيضا أن ترى ميزان التسوية الطويل. أضبط مقياس الميل بحيث تكون الفقاعة في وسط ميزان التسوية الطويل. اقرأ عن بعد قيمة الغطس.

4. التسجيل

سجل في مفكرتك زاوية الغطس من رقمين و زاوية السمت من ثلاثة أرقام.

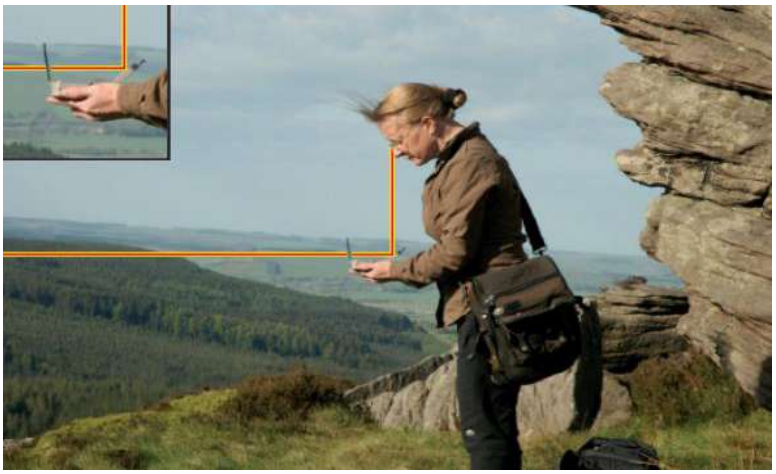
شكل 10.2 قياس السمت والغطس لمعلم خطي (تخططات سطح صخري أملس) على مستوي صدع بإستعمال طريقة التصويب مع بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون.

1. تحديد المعالم



حدد معلمين على الخارطة وعلى الأرض تؤخذ عليهما الاتجاهات الزاوية أو التصويب (bearings) . في هذه الحالة كان الغرض تحديد الموقع على طول مكشف (الموضح على الخارطة بنهاية قلم الرصاص). يمكن أختيار معالم رئيسية مختلفة من على التلال الواقعة إلى الشمال.

2. قياس السمت



أحمل البوصلة أفقيا عند أرتفاع الخصر، ويكون الجزء الخلفي للمرآة باتجاهك وبزاوية حوالي 120 درجة بين المرآة و نافذة البوصلة. أنظر إلى المعلم من خلال المرآة بحيث ينتظمان في صف واحد مع التأكد من أفقية البوصلة من خلال ميزان التسوية المستدير. اقرأ زاوية السمت عن بعد.

3. توجيه الخارطة

ضع البوصلة – مقياس الميل على الخارطة بحيث تكون الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل بالتوازي مع شبكة الخطوط شمال – جنوب. تحقق من أن الأبرة الشمالية للبوصلة تؤشر تقريبا إلى الشمال على الخارطة. أدر الخارطة والبوصلة معا إلى أن تصبح الأبرة الشمالية على علامة الصفر.

شكل 11.2 التثليث بإستعمال بوصلة نوع برونتون.

الخارطة الآن موجّهه. لاحظ ان الحافة الطويلة للبوصلة متوازية مع شبكة الخطوط شمال – جنوب و أبرة البوصلة عند العلامة صفر. لاحظ أيضا ان البوصلة قد تم تصحيحها فيما يتعلق بالإنحراف المغناطيسي.

4. تحويل السمت إلى الخارطة

مع إبقاء الخارطة الموجّهة في مكانها، ضع الحافة الطويلة للبوصلة بحيث تمر من خلال المعلم الذي قمت بالتصويب عليه. أدر البوصلة فقط إلى أن تُظهر أبرة البوصلة زاوية سمت المعلم الذي صوبت عليه عن بعد.

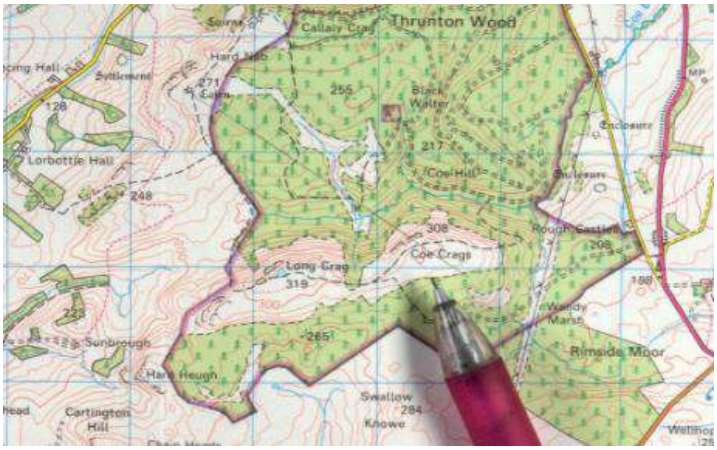
أرسم خط خافت على طول حافة البوصلة. أنت في مكان ما على طول هذا الخط.

5. كرر المراحل 2 إلى 4

كرر أكثر من معلم على الأقل. النقطة التي عندها تتقاطع الخطوط تحدد موقعك.

شكل 11.2 مستمر

1. تحديد المعالم



حدد معلمين ويفضل ثلاث معالم مميزة على الخارطة وعلى الأرض والتي تؤخذ منها الاتجاهات الزاوية أو التصويب. كان الغرض في هذه الحالة تحديد الموقع على طول مكشف (موضح بنهاية قلم الرصاص). يمكن أختيار معالم رئيسية مختلفة من على التلال إلى الشمال من المكشف.

2. قياس السمت

أحمل البوصلة على أمتداد ذراعك و مستوى العين، و تكون مرآة البوصلة مائلة نحوك بحيث يمكنك ان ترى نافذة البوصلة في المرآة وتكون نافذة البوصلة أفقية (كما في الشكل). بإستعمال التسديد (أي الشق الصغير في وسط الحافة القصيرة للبوصلة)، أجعل المعلم والتسديد في خط مستقيم. أدر قرص البوصلة المدرج بحيث تنتظم أبرة البوصلة مع الخط الأحمر بالنسبة لأتجاه الشمال على القرص المدرج.

3. تحويل السمت إلى الخارطة

إخفض البوصلة و ضعها على الخارطة بحيث تكون شبكة الخطوط شمال – جنوب على قرص البوصلة المدرج منتظمة مع شبكة الخطوط شمال – جنوب على الخارطة. مع الإبقاء على هذا الإتجاه ضع إحدى حافات البوصلة على طول المعلم الذي قمت بالتصويب عليه. أرسم خط باهت على الخارطة بإستعمال حافة البوصلة. موقعك سوف يكون في مكان ما على هذا الخط.

4. كرر المراحل 2 و 3

كرر اكثر من معلم على الأقل. النقطة التي عندها تتقاطع الخطوط تحدد موقعك.

شكل 12.2 التثليث بإستعمال بوصلة نوع سيلفا.

تمتلك البوصلة نوع سيلفا ثلاث مزايا هامة لهذا النوع من القياس: (1) يتم الأحتفاظ بالسمت في البوصلة حتى بعد الانتهاء من عملية التصويب؛ (2) ليس من الضروري توجيه الخارطة لتحويل القياس (خطوة 3 شكل 12.2)؛ و(3) مكان أبرة – البوصلة الشفاف يجعل التحويل على الخارطة أسهل.

4.2 أنظمة تحديد المواقع العالمية ومقاييس الارتفاع

تستعمل أنظمة تحديد المواقع العالمي (GPS) إشارات موجات راديو فائقة التردد من الأقمار الصناعية لتحديد موقعك ضمن أمتار قليلة. تتوفر تشكيلة واسعة من أنظمة GPS في السوق. لا تعمل أجهزة GPS في الوديان العميقة وبعض المناطق الساحلية، وهي ليست دقيقة فيما يتعلق بالارتفاع. يمكن تنصيب GPS ليعمل مع نظام شبكي معين أو خطوط الطول والعرض. يعتبر النظام الجيوديسي العالمي 1984 (WGS84) World Geodetic System هو الأكثر إستعمالا. قد يستغرق الجهاز بعض الوقت لتحديد الأقمار الصناعية في حالة إذا تم نقل الجهاز مئات الكيلومترات. يجب عليك معرفة كيفية تحديد موقعك بإستعمال خريطة وبوصلة في حالة فشل عمل جهاز ال GPS بسبب عطل فني أو نفاد البطاريات أو كنت في منطقة يصعب ألتقاط الأقمار الصناعية. بدلا من ذلك، إذا كنت في منطقة ما حيث تكون الخرائط الأساسية رديئة أو متوفرة بمقياس صغير، فمن المحتمل أن قراءة ال GPS ستكون أكثر دقة من تثليث البوصلة وسوف يسمح بسهولة أكثر بإيجاد نفس الموقع بالضبط مرة ثانية.

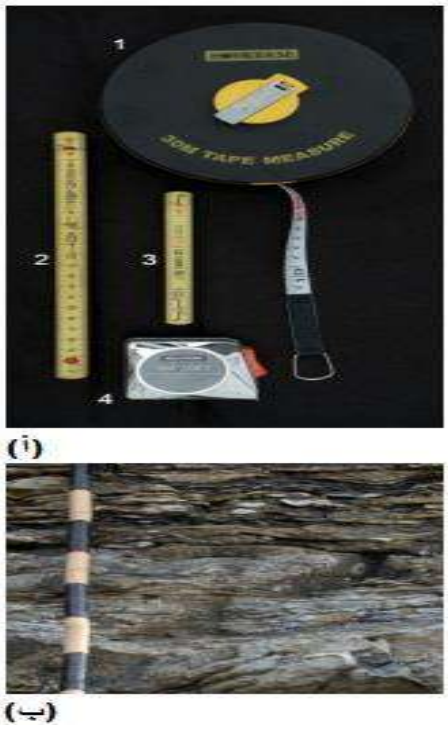
مقياس الأرتفاع altimeter مفيد جدا لتسجيل الأرتفاع بدقة أكثر من جهاز تحديد المواقع العالمي عند رسم الخرائط أو العمل في تضاريس شديدة الإنحدار. تستعمل أجهزة مقاييس الأرتفاع ضغط الهواء لقياس الأرتفاع وهذا يتغير مع الطقس. تحتاج معايرة مقياس الأرتفاع من خلال أخذ قراءة عندما تكون عند أرتفاع معلوم مرة في اليوم على الأقل وخلال اليوم إذا كان الطقس يتغير بشكل ملحوظ. يمكن أيضا إستعمال كل من البوصلة – مقياس الميل نوع برونتون وشاخص يعقوب Jacob staff لتحديد الأرتفاع فوق مستوى معلوم.

5.2 قياس المسافة والسمك

السمك والمسافة هما من أكثر القياسات الأساسية التي يجب القيام بها لكثير من المهام الجيولوجية. بالنسبة لمعظمها سوف يكفي شريط القياس والمسطرة المطوية (شكل 13.2)، ولكن عند العمل على المنحدرات يكون كل من شاخص يعقوب والبوصلة – مقياس الميل مفيدين.

1.5.2 السمك القياسي وقياس المسافات

يعتبر الشريط المستعمل من قبل المساحين بطول 30 متر مفيد بالنسبة للقياسات ذات المقياس الكبير، على سبيل المثال خلال عمل الخرائط الإقليمية (شكل 13.2 فقرة1). هناك أشرطة قياس معدنية قابلة للتقلص أو الإنكماش تكون أصغر، وأقصر وأرخص بكثير وبأطوال 2، 5، و 10 متر (شكل 13.2 فقرة4) وتكون كافية تماما للعمل ذي المقياس الصغير وللسجل الصخري البياني. أشرطة القياس المعدنية القابلة للتقلص أيضا لها ميزة وهي إمكانية تثبيتها وبالتالي يمكن إستعمالها بسهولة أكثر للحصول على قياس مضبوط لسمك الطبقة من خلال مسكها بشكل عمودي على التطبق. المساطر المترية اللدنة المطوية التي تتمدد إلى 1 متر او 2 متر مفيدة جدا كمقياس للصور الفوتوغرافية وللسجل الصخري البياني (شكل 13.2 فقرات 2 و3). يمكن إستعمال تلك المساطر الصلبة بسهولة لقياس سمك طبقات مغمورة جزئيا، ويمكن مسكها من الأسفل وتوجيهها نحو الأعلى باتجاه المنحدر الصخري لقياس سمك الطبقات التي لا يمكن الوصول إليها. يمكن أيضا إستعمال عصا طويلة معلومة الطول أو مسطرة فولاذية طويلة أو خشبة طويلة لقياسات عامة (شكل 13.2 ب). عند قياس أبعاد المعلم الجيولوجي من المهم التأكد من أنك لم تبالغ في تقدير المسافة عبر وضع الشريط بصورة مائلة مع مستوي التطبق.

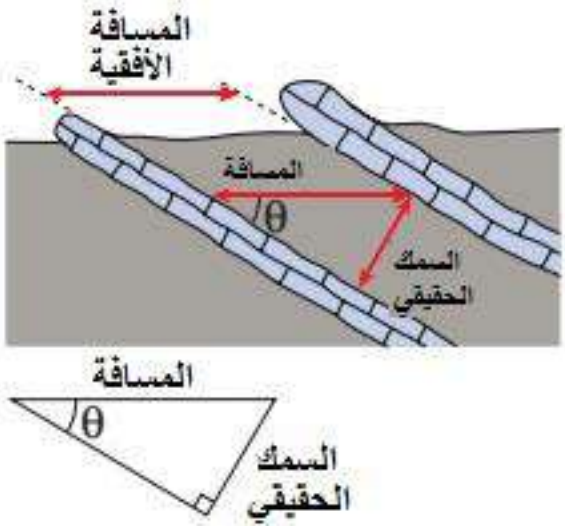


شكل 13.2 (أ) تشكيلة من أشرطة القياس المفيدة للإستعمال الحقلي، 1) شريط مساح، 2 و 3) مساطر مطوية، 4) شريط قياس معدني متقلص. (ب) عصا طويلة خشبية مدرجة

عندما تتكشف صخور مائلة على سطح أفقي (على سبيل المثال على أرضية مقلع، في مقطع نهر أو واجهة شاطئ) من الصعوبة جدا أو من المستحيل قياس سمك الطبقة الحقيقي مباشرة. يمكن حل ذلك عبر قياس كل من المسافة الأفقية عموديا على المضرب وزاوية ميل (θ) الطبقات (شكل 14.2). يحدد السمك الحقيقي من خلال المعادلة:

السمك الحقيقي = المسافة × جيب (θ)

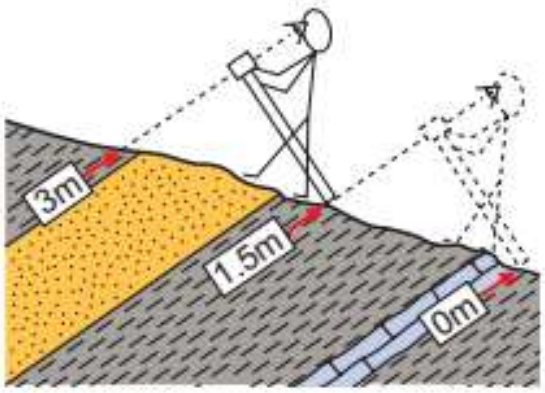
يمكن إستعمال هذه التقنية في الحصول على تخمين جيد جدا لسمك الطبقات، ولتخمين المسافة فوق الطبقات التي لم تتكشف (على سبيل المثال، على مقدمة الشاطئ بين الطبقات المقاومة عندما تغطى الطبقات غير المقاومة برواسب الشاطئ) أو لفحص أو تدقيق السمك التراكمي لسلسلة من الطبقات المائلة. إذا كان سمك الطبقة هو أمر بالغ الأهمية بالنسبة لهدف العمل الحقلي، ففكرة جيدة في حال يمكن قياس السمك بأكثر من طريقة واحدة، على سبيل المثال عن طريق قياس كل طبقة بشكل منفرد ومن ثم عن طريق قياس سمك مجموعة من الطبقات.



شكل 14.2 مخطط يوضح كيفية الحصول على السمك الحقيقي عن طريق قياس المسافة الأفقية بين الطبقات المائلة.

2.5.2 إستعمال شاخص يعقوب لقياس سمك الطبقات المائلة

من الصعوبة قياس سمك الطبقات المائلة المنكشفة على منحدر كجوانب التل إذا، كما هو الحال دائما تقريبا، كان منحدر التل لا يقطع الطبقات بزاوية °90 (شكل 15.2). يمكن إستعمال شاخص يعقوب وبوصلة – مقياس ميل نوع برونتون لقياس هكذا مقاطع بسرعة وبسهولة. أيضا يمكن إستعمالاهما معا كمقياس دقيق جدا للمسافات العمودية.



شكل 15.2 مخطط يوضح كيفية قياس السمك فوق منحدر بإستعمال شاخص يعقوب بطول 1.5 متر وبوصلة – مقياس ميل نوع برونتون.

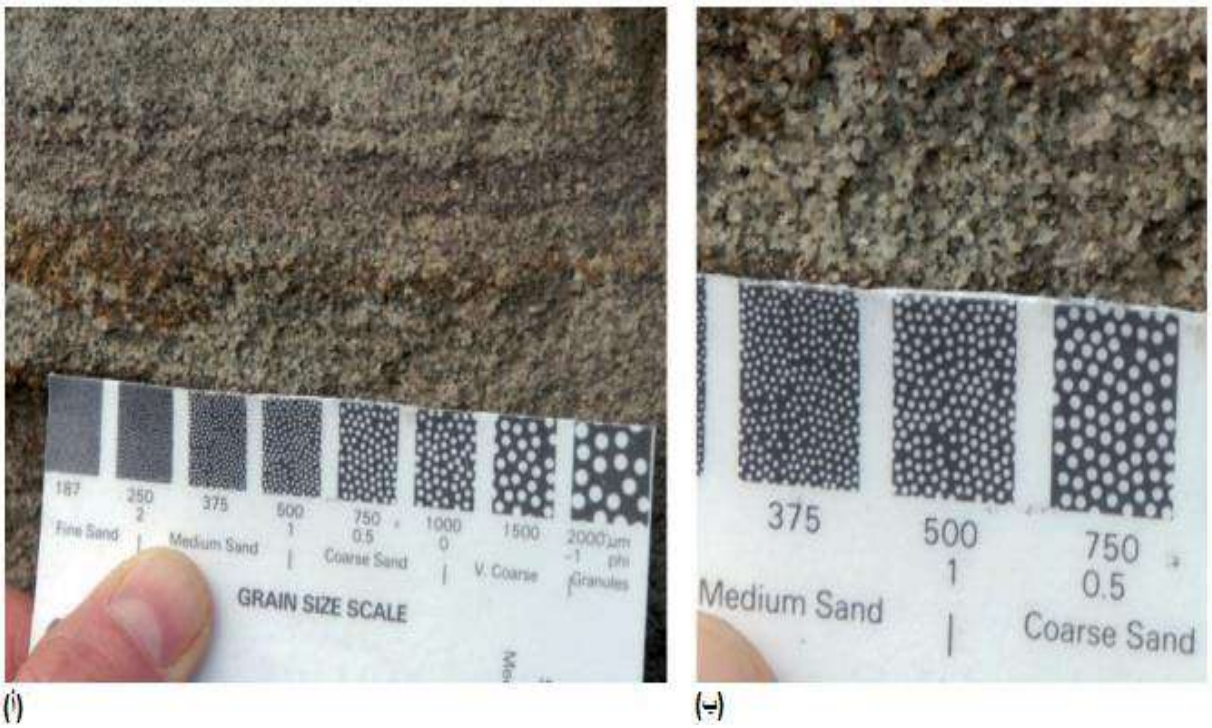
يمكن إما شراء شاخص يعقوب وإما تصنيعه من الخشب بأبعاد 2سم × 5سم وبطول يتراوح بين 1.5 متر و 2 متر (أختر طول أقل بقليل من مستوى عينك يكون ملائم لقياسات متعددة). ثبّت البوصلة – مقياس الميل على جانبها الشرقي (بحيث يكون مقياس الميل في القاعدة) بإحدى نهايات الشاخص. تأكد من أن نهاية الشاخص هي بزاوية 90 مع طول الشاخص لكي تكون البوصلة – مقياس الميل عمودية مع الشاخص. لغرض الحصول على قياس دقيق، أزل من قاعدة الشاخص ما يعادل سنتمترات قليلة بين الحافة الطويلة للبوصلة – مقياس الميل ومركز التسديد. أطوي المهداف عند زاوية 90°. أدر المرآة بزاوية بحيث يمكنك رؤية نافذة البوصلة عند النظر من خلال المهداف. لقياس سمك الطبقات أكمل ما يلي.

1. قس مضرب وميل الطبقات التي تنوي حساب سمكها واعمل خط مسار traverse عمودي على المضرب.
2. أضبط مقياس الميل في البوصلة نوع برونتون على زاوية ميل الطبقة.
3. أبدء عند قاعدة المسار، وضع قاعدة شاخص يعقوب على النقطة في الطبقات التي ترغب القياس منها وأحني شاخص يعقوب نحو الأسفل إلى أن تصبح الفقاعة في ميزان التسوية الطويل في الوسط (أي يكون شاخص يعقوب عمودي على مستوي التطبق).
4. صوب من خلال المهداف والنافذة في المرآة إلى نقطة على الأرض مع التأكد من بقاء ميزان التسوية بوضع أفقي. هذه النقطة على الأرض هي طول شاخص يعقوب فوق النقطة حيث بدأت (شكل 15.2).
5. يمكن قياس كامل المنحدر بهذه الطريقة عن طريق صعود المنحدر إلى النقطة التي يؤخذ عندها القياس الأخير. سوف تحتاج الطبقات والحدود بين نقاط التصويب إلى إستكمالها.

إذا كان لديك شريك في الحقل يمكنك إستعمال عصا طويلة أو مسطرة مطوية معلومة الطول كشاخص يعقوب خام عند قياس المنحدر صعودا أو طبقات مائلة كبيرة السمك. أمسك العصا الطويلة بصورة عمودية تقريبا على مضرب الطبقات المراد قياسها. بوجود شريك في الحقل واقف على بعد حوالي 5 متر، يخبرك كم تغير من زاوية العصا لكي تكون عمودية على المضرب. عندئذ، يستطيع الشخص الذي لا يحمل المسطرة أن يحصل على تخمين جيد للسمك الطبقي الذي يعادل طول العصا عن طريق مد خط وهمي بالعين عمودي من قمة الشاخص إلى الطبقات.

6.2 مخططات التصنيف واللون

هناك مخططات مقارنة متنوعة يمكن إستعمالها لتوفير وصف شبه كمي للصخور وأية تغيرات فيها. وهي تتضمن مخططات الحجم الحبيبي ورسوم بيانية لتصنيف الصخور. يستعمل مخطط الحجم الحبيبي عن طريق وضع حافة البطاقة على سطح نظيف من الصخرة ومقارنة الحجم الحبيبي في المخطط مع الحجم الحبيبي للصخرة إلى أن نجد تتطابق لمعدل الحجم الحبيبي وإذا كان مناسبا الحجم الأقصى والأدنى (شكل 16.2). إذا كان الحجم الحبيبي صغير قد يكون من الضروري إستعمال عدسة يد على البطاقة والصخرة. إذا كانت الصخرة رديئة التماسك، بعثر بعض الحبيبات الممثلة على مخطط الحجم الحبيبي لتحديد متوسط الحجم.



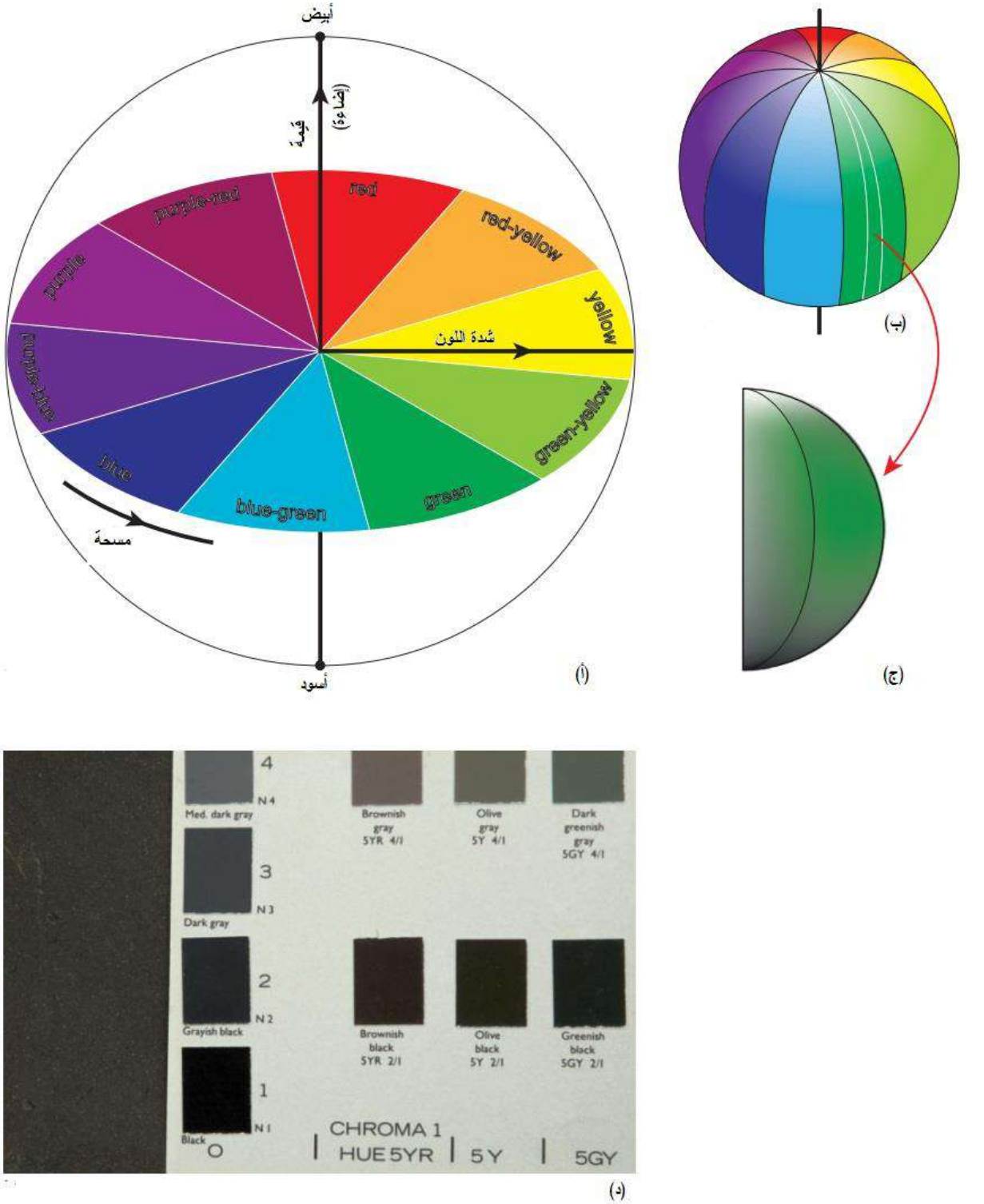
شكل 16.2 إستعمال مخطط الحجم الحبيبي لتحديد متوسط الحجم الحبيبي.(أ) في هذه الحالة متوسط الحجم الحبيبي هو 500 مايكرون. الحجم الحبيبي يتغير بين 375 و 500 مايكرون. (ب) منظر مقرب ل (أ).

يمكن إستعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف في فحص الكاربونايت. ينبغي الحصول على سطح جديد للصخرة خالي من أي أغلفة معدنية أو طبقات خارجية متجوية قبل سكب الحامض على الصخرة. سوف يفور الحامض بقوة مع كاربونات الكالسيوم، ولكن بقوة أقل بكثير بالنسبة للدولومايت (كاربونات كالسيوم – مغنيسيوم). يفور الدولومايت المطحون بسهولة أكثر. إن الطريقة الأسهل والأقل تدميرا" لتحديد تواجد الكاربونايت في عينة من الصخور الرسوبية هي بأختبار صلابة الصخرة. المعادن عديمة اللون الأكثر شيوعا في الصخور الرسوبية هي الكوارتز والكالسايت. يستطيع الكوارتز أن يخدش الفولاذ في حين لا يستطيع الكالسايت ذلك. يمتلك الفلدسبار تشقق واضح وعندما يتجوى يميل ليصبح أبيض وسهل التفتت. يمكن التحقق من الأختلاف اللوني بإستعمال رقاقات مونسيل اللونية المصنفة في مخططات. وهذا يكون مفيد خصوصا في التعاقبات حيث أن اللون هو أحد الأختلافات الرئيسية (على سبيل المثال في الأحجار الطينية) و/أو قد بُرهن على أنه مؤشر مهم للتركيب. تعتبر مخططات مونسيل اللونية الكاملة ضخمة بالنسبة للعمل الحقلي ولكن النسخ المختصرة بألوان نموذجية للصخور يمكن الحصول عليها من وكلاء المعدات الجيولوجية. لوح المخدش streak plate عبارة عن لوح بورسيليني تخدش به الصخور وهو مفيد في الحصول على اللون الحقيقي للصخرة أو المعدن وبالتالي يكون أسهل عند المقارنة مع المخطط اللوني.

يعتمد نظام مونسيل اللوني على كل التغيرات في اللون التي يجري تمييزها من خلال نقطة في جسم كروي. لتحديد أين يقع اللون في الجسم الكروي هناك ثلاث جوانب تؤخذ بنظر الأعتبار:

- *القيمة Value* (أو الإضاءة Lightness): وهي شحوب أو عتمة اللون، بمعنى أين يقع اللون الرمادي بين الأسود (1) والأبيض (9). تحدد القيمة المحور الرأسي خلال الجسم الكروي (شكل 17.2).
- *المسحة أو درجة اللون Hue* : هناك 10 تدرجات للألوان تُحدد من خلال نظام مونسيل للألوان. تلك التدرجات اللونية تكون ممثلة على جسم كروي عبر تقسيمه إلى 10 شرائح أو قطاعات (شكل 17.2أ). كل شريحة أو جزء تقسم أيضا إلى 10 شرائح مرقمة أخرى. يميز الرقم 5 مركز التدرج اللوني أو المسحة ورقم 10 هو الحد مع تدرج لوني اخر.
- *شدة أو نقاوة اللون Chroma*: هي درجة تشبع المسحة فيما يتعلق باللون الرمادي المكافئ. وهذا يحدد على الجسم الكروي في أي مدى يقع بين مركز الكرة والمحيط (شكل 17.2أ و ج).

تعطى قيمة لون مونسيل بالأرقام : المسحة القيمة/ نقاوة اللون. إذن، على سبيل المثال، 5R 4/6 تشير إلى مسحة 5R ، قيمة 4 ونقاوة لون 6.



شكل 17.2 تمثيل ثلاثي الأبعاد مبسط لألوان مونسيل. (أ) محاور القيمة وتدرج اللون وشدة اللون داخل جسم كروي. (ب) كرة اللون والألوان تصبح أكثر اشراقا او أخف باتجاه القمة (زيادة في القيمة). (ج) جزء من إحدى القطع تظهر الزيادة في القيمة نحو القمة والزيادة في نقاوة اللون باتجاه الحافة الخارجية للقطعة. (د) جزء من مخطط مونسيل اللوني مصمم خصيصا للصخور.

7.2 مطرقة، أزاميل ومعدات أخرى

تُعد المطرقة الجيولوجية ضرورية لمعظم العمل الحقلي الجيولوجي، سواء لجمع النماذج، وعند الضرورة، لعمل سطوح حديثة بحيث يمكن وصف الصخرة وبضمنها المعادن (شكل 18.2). بالنسبة للصخور الرسوبية يكفي إستعمال مطرقة بوزن نصف كيلوغرام. فيما يتعلق بالصخور النارية والمتحولة والصخور الرسوبية الصلبة فمن الضروري إستعمال مطرقة بوزن واحد كيلوغرام أو حتى مطرقة ثقيلة في حال تطلب الحصول على نماذج جيدة أو كبيرة. من ناحية أخرى، يمكن إستعمال أزميل جيد أو مطرقة مزودة بمعول لإستغلال ضعف المستويات (الفواصل، مستويات التطبق، التورق وحافات العروق)، واستخراج عينات من الأنواع الصخرية الأكثر صلابة.

شكل 18.2 بعض المطارق الجيولوجية المختلفة والأزاميل المتوفرة في السوق. (1) مطرقة مزودة بمعول إيستونغ، (2) مطرقة مزودة بإزميل إيستونغ، (3) إزميل مزود بحماية لليد، (4 و 5) مطارق جيولوجية بوزن 0.5 كيلوغرام و 1.25 كيلوغرام مزودة بمقابض من ألياف زجاجية، (6) إزميل قلمي، (7) مخطاط قرميد و(8) مطرقة ضخمة وزن 1.5 كيلوغرام.

لأسباب تتعلق بالسلامة من المهم إستعمال مطرقة جيولوجية بدلا من مطرقة مصممة لمواد أخرى كالخشب والمعادن. وذلك لأن طرق الصخور يحتاج إلى رأس مركب بقوة على مقبض المطرقة، مصنع من درجة مناسبة من الفولاذ والذي لن يتشظى وبتصميم مريح ومناسب. يمكن إستعمال مطارق الحجر والطابوق إذا لم تتوفر مطارق جيولوجية محددة. جميع المطارق الجيولوجية تمتلك سطح مستوي واحد، والنهاية الأخرى تكون إما إزميل أو معول (شكل 18.2). المطرقة المزودة بإزميل تكون مفيدة بالنسبة للصخور المتصدعة رغم أنها ليست فعالة أو مضبوطة كإستعمال مطرقة مع إزميل منفصل، أما المعول فيكون مفيد للدخول إلى الفجوات أو الشقوق وقلع العينات إلى الخارج ولإضعاف سطح الصخرة قبل أستخراج العينة. تمتلك بعض المطارق الجيولوجية رأس ومقبض مصنعان من قطعة معدن واحدة وهذا يجعلها قوية جدا، ومع ذلك فهي تمرر صدمة أكثر إلى اليد والذراع أثناء الطرق. الأختيار الآخر هو رأس فولاذي مركب على مقبض خشبي أو ألياف زجاجية. مقابض هذا النوع تمتص معظم الصدمة الناجمة عن الطرق. نلاحظ أن الصدء على المطرقة أو الإزميل هو نتيجة حتمية للإستعمال في الظروف الرطبة (شكل 18.2 فقرات 2، 4 و 5) وهو مُلوث محتمل للعينات التي تُستعمل للتحاليل الجيوكيميائية. بالنسبة للعينات الحساسة كالمتحجرات او المعادن يعتبر إزميل قلمي صغير مفيد لهذا العمل (شكل 18.2 فقرة 6).

بالنسبة للترسبات الرسوبية غير المتماسكة أو رديئة التماسك يمكن ان تكون المجرفة أو المالج مفيدين جدا لإزالة المادة المتجوية عن السطح ومن ثم تنظيف السطح بحيث يمكن رؤية التراكيب الرسوبية.

8.2 مفكرة الحقل الورقية

بإستثناء معدات السلامة، المؤن والملابس (جدول 1.2)، من المحتمل أن تكون مفكرة الحقل الورقية أو الإلكترونية هي أهم قطعة من بين الأدوات الحقلية. تم تغطيت أنواع البيانات المسجلة في مفكرة الحقل فيما إذا كانت ورقية أو إلكترونية في الفصل الرابع. هناك تشكيلة واسعة من المفكرات الورقية المناسبة للعمل الحقلي المتوفرة في السوق والأختيار هو مسألة تحديد شيء مناسب لمهمة معينة سيُشرع بها وتفضيل الشخص. إيجابيات وسلبيات الميزات المختلفة مدرجة أدناه:

- *مفكرة ذات غلاف صلب أو غلاف رقيق*: على فرض أن المفكرة سوف يتطلب إستعمالها في الحقل فإن مفكرات الغلاف الصلب أكثر قوة ولهذا السبب يوصى بها.

- *الحجم*: حجم المفكرة هو مسألة تفضيل شخصي. نقاط الأعتبار هي الحجم الطبيعي لكتابتك اليدوية، كيف ستحمله، كم مخطط تحتاج أن ترسم وفيما إذا ستعمل في أماكن صعبة، على سبيل المثال في مكان محصور حيث يمكن لمفكرة صغيرة ان تكون أسهل للحمل. يستعمل العديد من الجيولوجيين المحترفين مفكرات بمقاس 15 × 20سم، رغم أن البعض يفضل حجم أكبر بمقاس 20 × 30 سم.
- *تجليد حلزوني، أو مغرّى أو مُخّيط*: تكون أغلفة المفكرات المُخيّطة والحلقية متينة في الحقل. التجليد بالغراء يمكن أن يتفكك ولذا لا يوصى به. الأغلفة الحلزونية تمكّن المفكرة من الإنطواء وهذا يكون مفيد في حالة المفكرة الكبيرة؛ ولكن في هذا النوع من المفكرات ليس من السهل إستعمال صفحتين متقابلتين عندما يتطلب ذلك أحيانا، كما يمكن للصفحات أن تتمزق عن دون قصد.
- *الورق الأبيض والمخطط والبياني*: مرة أخرى هذه مسألة أختيار شخصي. يسمح الورق الأبيض بمرونة اكثر وجيد خصوصا بالنسبة للرسومات التخطيطية، ولكن يمكن أن تساعد الخطوط والشبكات في ترتيب الملاحظات، وهي أيضا مفيدة كمقياس أو خطوط أرشادية في الأشكال والجداول.
- *الورق القياسي والورق المقاوم للماء*: يتفتت الورق رديء النوعية سريعا تحت الإستعمال الحقلي الواسع او تحت ظروف صعبة. ولهذا السبب يجب شراء مفكرة ذات نوعية ورق جيدة. بعض مفكرات المسّاحين تحوي أوراق مقاومة للماء والتي تدوم جيدا خلال الإستعمال الحقلي الواسع. ان المفكرة ذات الاوراق المقاومة للماء تكون مناسبة جدا للعمل في الطقس الرطب أو عندما يكون العمل بالقرب من المياه، على سبيل المثال قرب الشواطئ أو الأنهار حيث فرصة تعرض المفكرة إلى الماء تكون عالية.

9.2 الحاسب المحمول والمساعد الرقمي الشخصي كمفكرة

يمكن إستعمال الحواسيب المحمولة الصغيرة، المفكرة الإلكترونية والمساعد الرقمي الشخصي لتسجيل البيانات الحقلية في الحقل. تستعمل بعض الشركات والمعاهد الحكومية الآن تلك الأجهزة على نطاق واسع جدا لمهام حقلية محددة. هناك عدد من العوامل ينبغي أخذها بنظر الأعتبار عند أختيار إستعمال أو عدم إستعمال

نظام إلكتروني أو نسخة مطبوعة وفي الواقع ما نوع النظام الإلكتروني حتى يستعمل. الترتيب من حيث الأهمية هو:

1. هل النظام عملي ومصمم بمتانة بما فيه الكفاية ليعمل بشكل صحيح تحت ظروف حقلية معينة ستعمل أنت بها؟ هل لديك نظام نسخ إحتياطي بحيث يمكنك تحميل البيانات كل يوم؟ إذا لم يكن لديك هذا النظام، فإن إستعمال المفكرة الإلكترونية هي إستراتيجية عالية الخطورة لأنك قد تفقد بياناتك القيمة بسهولة.
2. هل المفكرة الإلكترونية مناسبة لنوع البيانات التي ترغب بجمعها وكيف سيتم إستعمال البيانات؟. على سبيل المثال، إذا كانت هناك حاجة لمشاركة البيانات بين عدد من الأشخاص، أو إدخالها إلى قاعدة نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، فإن المفكرة الإلكترونية تكون أكثر كفاءة وملائمة من المفكرة الورقية. ولكن إذا كنت تنجز الكثير من رسومات أوجه جروف المنحدرات الصخرية أو المعالم في الصخور فمن المحتمل أن المفكرة الإلكترونية ليست الطريقة الأكثر كفاءة ومرونة وتكون المفكرة التقليدية على الأرجح هي أفضل بكثير.
3. هل لديك مزود طاقة متوفر لإعادة شحن البطاريات؟ وهذا يمكن أن يكون أي شيء من مزود طاقة منزلي إلى بطاريات سيارة، مولدات متنقلة وألواح شمسية محمولة.
4. هل يمكنك قراءة الشاشة حتى في ضوء الشمس الساطع؟.
5. هل لديك برنامج مناسب لمدى البيانات التي تحتاج إلى إن تجمعها؟.
6. هل سيعمل الجهاز بشكل كامل تحت درجة الحرارة والرطوبة المحيطة بمنطقة الحقل؟ (درجات الحرارة المنخفظة والرطوبة العالية يمكن ان يسببا مشاكل).

هناك مزايا مهمة لإستعمال النظام الإلكتروني: يمكن الوصول إلى مجموعة البيانات وإيصالها بسهولة للاخرين، يمكنك دمج البيانات مباشرة في قاعدة البيانات الإلكترونية الموجودة، ويمكنك الوصول ورفّد بياناتك مع بيانات الاخرين.

10.2 تجهيزات الكتابة، الخرائط والأدبيات ذات الصلة

1.10.2 تجهيزات الكتابة

- *أقلام الرصاص*: تعتبر أقلام الرصاص بأنواعها ضرورية لتسجيل الملاحظات والرسومات. تعمل أقلام الرصاص الميكانيكية بشكل جيد في ما يتعلق بالملاحظات والعلامات على الرسومات. تميل أقلام الرصاص التقليدية للعمل بشكل أفضل بالنسبة لعمل خط مختلف السماكات وللتظليل في الرسومات.

- *أقلام الحبر*: لا يستعمل معظم الجيولوجيين أقلام حبر في الحقل في حين يفضل البعض ذلك. فمن عيوب أقلام الحبر أن العمل بها لا يمكن أن يمحى وأنها ليست فعالة دائما في ظروف الهواء الطلق. كذلك يجب أخذ الحذر والتأكد من أن الحبر مقاوم للماء وأنه لا ينشف تحت ظروف حارة. كما أن أقلام الحبر الكروية لا تكتب على الورق الرطب.
- *مبراة قلم الرصاص*: تحتاج الأقلام التقليدية إلى أن تكون مدببة. في حال إستعمال قلم رصاص من أجل التضليل فمن الأفضل أن يكون غير مدبب.
- *أقلام رصاص ملونة*: هناك عدد قليل من أقلام الرصاص الملونة المفيدة في الحقل لتسجيل فقرات محددة، على سبيل المثال، عينات.

2.10.2 الخرائط والأدبيات ذات الصلة

إن الخرائط الجيولوجية والتضاريسية والخرائط الحقلية والصور والأبحاث المنشورة، وما إلى ذلك، يمكن أن تشكل جزءا أساسيا من أدواتك الحقلية. تعتبر خارطة التضاريس ضرورية إلى حد ما لتحديد موقعك. كما أن الصور الجوية مفيدة أيضا لهذا الغرض. إذا كانت المنطقة والمكاشف مدروسة جيدا وجزء من هدف عملك الحقلي هو لتقييم و/أو مضاهاة عملك مع مادة منشورة سابقا فإنك ستحتاج إلى أن تأخذ معك إلى الحقل منشورات رئيسية و/أو مقاطع ذات صلة. وهذا سوف يمكنك من التحقق من تفاصيل الدراسات السابقة ومضاهاة بياناتك الجديدة مع بيانات الاخرين. وهذا سيكون أسهل بكثير وأكثر فائدة عند عمل ذلك في الحقل حيث يمكنك أختبار الأحتمالات المختلفة وتحديد المعالم الرئيسية التي تم وصفها في الأدبيات بدلا من محاولة ذلك عند العودة.

11.2 الراحة، السلامة الحقلية ومعدات السلامة الحقلية

1.11.2 الملابس، حقيبة الظهر والمؤن الشخصية

عادة ما ينطوي العمل الحقلي على مجهود بدني، ويمكن أن يجري في ظروف جوية قاسية و/أو العمل في مناطق وعرة أو نائية. لهذه الأسباب من المهم أختيار ملابس مريحة والتهيأ لتغير الظروف، ومعرفة أحوال الطقس في المنطقة التي ستزورها. يمكن للملابس المزودة بجيوب لخزن معدات الحقل كأقلام الحبر، أقلام الرصاص والبوصلة – مقياس الميل بحيث يمكن الوصول اليها بسهولة أن تكون مناسبة. بدلا من ذلك، يمكن

لحقيبة كتف صغيرة أن تكون مفيدة لحمل هذه المعدات الحقلية معا مع مفكرتك الحقلية. إذا كنت تعمل في منطقة بحيث يمكن أن تبتل فمن المهم أرتداء ملابس تجف بسرعة نسبيا من أجل الراحة وعدم تعرض الجسم إلى الرطوبة. إذا كنت تعمل في ظروف حارة، فإن الملابس الفضفاضة المصنعة من الألياف الطبيعية غالبا ما تكون أكثر راحة ويستحسن تغطية معظم بشرتك المكشوفة لحمايتها من حروق الشمس. من الضروري في معظم العمل الحقلي الجيولوجي أرتداء قبعة لحماية الرأس من أشعة الشمس عند العمل لفترة طويلة تحت أشعة الشمس. وتكون القبعة أيضا مفيدة في الظروف الباردة للمساعدة على منع فقدان الحرارة. عادة تكون حقيبة الظهر ضرورية لحمل كل معداتك الحقلية، الطعام، مياه الشرب، الإسعافات الأولية والملابس الإضافية.

2.11.2 السلامة الحقلية

من الضروري قيامك بالتخطيط لحالات طوارئ ومخاطر معينة في المنطقة التي تقوم بزيارتها. هناك ثلاث جوانب مهمة للسلامة في الحقل:

(1) كن مستعد

تأكد من أنك أو أحد أعضاء مجموعة الحقل تمتلكون المعدات الصحيحة وأن كل شيء يعمل بصورة جيدة. هذا لا يشمل فقط فقرات السلامة المحددة كتلك المذكورة في 2.11.3 ، ولكن أيضا وسائل لتحديد موقعك والعودة عبر طريق آمن (أي خارطة وبوصلة و/أو GPS)، شراب وطعام يكفي لفترة العمل الحقلي مع بعض الحصص المخصصة للطوارئ، ملابس كافية للمدى المتوقع من ظروف الطقس، صندوق إسعافات أولية ووسائل خدمات الطوارئ (أي هاتف نقال، راديو وهاتف يعمل بالأقمار الصناعية). ينبغي على الأقل أن يكون أحد أعضاء الفريق مدرب على الإسعافات الأولية. كما يجب على أعضاء الفريق أيضا أن يقرروا إذا ما كانوا لائقين طبيا بما يكفي لمسح التضاريس التي سوف يصادفونها.

(2) تقييم ومراقبة المخاطر المحتملة

إذا كان ممكنا، قم بتقييم المخاطر قبل الذهاب إلى منطقة الحقل إما من خلال التحدث إلى شخص كان هناك من قبل وإما بإستعمال الخرائط والكتيبات السياحية للمنطقة، صور الأقمار الصناعية (مثل غوغل إيرث)، الصور الجوية والصور الحقلية. حتى لو كنت قادرا على تقييم المخاطر قبل زيارتك، أو أنه موقع قمت بزيارته من قبل، فإنه لا يزال من الضروري المراقبة المستمرة للمخاطر المحتملة وأنت في الحقل. إذا كانت هناك

خطورة حقيقية وهناك إحتمال كبير للإصابة او أسوء من ذلك فيجب أن تكون مستعدا لوقف العمل الحقلي في هذا الموقع. المخاطر الشائعة والإجراءات الوقائية التي يمكن أتخاذها لتجنبها هي على النحو التالي.

- *تساقط الصخور*: تجنب مناطق السقوط الصخري الحديث و/أو مناطق الشرفات الكبيرة أو الأوجه غير المستقرة. أرتدي قبعة صلبة تلبي معايير السلامة في جميع الأوقات. أحرص على عدم إزاحة الصخور على أشخاص آخرين. تصبح العديد من المنحدرات والجروف الصخرية غير مستقرة عند تغير ظروف الطقس، على سبيل المثال، بعد هطول أمطار غزيرة. إذا كانت الصخور غالبا غير مستقرة، راقب تحت أي ظروف تكون أقل أحتمال للسقوط وأنجز عملك الحقلي في تلك الأوقات إذا أمكن.

- *أنهيارات ثلجية*: هذه مخاطر تحدث في المناطق الجبلية المرتفعة حيث هناك تساقط للثلوج. وهي أكثر شيوعا بعد تساقط ثلوج جديدة، على منحدرات محدبة بين 30 – 45 درجة وعند التغير في درجات الحرارة. يجب أن تكون متأكدا من معرفة مكان حدوث الانهيارات الثلجية، أنتبه لأي تحذيرات بالأنهيار، وأختر الطرق التي تستعمل منحدرات غير مستوية/ مشجرة أو أتبع السلسلة الجبلية.

- *الأنزلاقات الطينية والصخور غير المتماسكة*: الأنهيارات الطينية المشكلة حديثا وغيرها من الرواسب المشبعة بالماء تشكل خطرا بالسير عليها بسبب أحتمالية أن يعلق الشخص. تميل الإنزلاقات الطينية أن تحدث أثناء هطول الأمطار الغزيرة وينبغي أخذ الحيطة في تجنب المناطق التي تنشط فيها.

- *أرتفاع المد والجزر*: إذا كنت تعمل في منطقة شاطئية تأكد من معرفة وقت وموقع المد العالي، وكن مدرك لأي ظروف رياح أو أمواج عالية من شأنها أن تدفع المد بسرعة أكثر وربما أعلى من المعدل.

- *الصخور الزلقة:* يمكن للصخور المغطاة بالطحالب على الشواطئ أو قيعان الأنهار أن تكون زلقة للغاية. تجنب تلك المناطق حيثما أمكن ذلك، على سبيل المثال عن طريق المشي فوق أثر مائي عالي على الشاطئ أو أسفله تماما حيث قد أنجرفت الطحالب بعيدا بواسطة الأمواج.

- *الأسطح غير المستوية والأسطح المغطاة بالصخور*: تأكد من أرتداء الأحذية القوية والتي من شأنها حماية كاحليك وقدميك، وخذ وقتك لأختيار مسار جيد وتأكد من أنك لن تصاب بالإرهاق.

- *طقس لا يمكن التنبؤ به*: وهذا يمكن أن يؤدي بسهولة إلى أرتفاع حرارة الجسم، ضربات شمس أو الجفاف. كن على أستعداد لمدى من ظروف الطقس المحتملة. أثناء الظروف المناخية الحارة تأكد من أن لديك

شيء لتغطية رأسك به، نظارات شمسية والكثير من السوائل. في فصل الشتاء تأكد من أرتداء ملابس دافئة ومقاومة للماء، وأيضا تحمي من الرياح. أرتداء قبعة دافئة هو أمر ضروري لأن نسبة كبيرة من الحرارة التي يولدها جسمك يمكن تفقد من خلال رأسك.

- *البرق*: إذا فوجئت في العراء بعاصفة رعدية تبعد حوالي أقل من 8 كم، تجنب الأحتماء تحت شجرة أو أي شيء طويل فمن المحتمل أن تكون ممرا للبرق إلى الأرض. إذا كان هناك وقت، أنسحب من الأرض المرتفعة. أنحني نحو الأسفل في فضاء مفتوح ملامسا الأرض بأقل قدر ممكن. إذا كنت في سيارة فستكون نوعا ما في آمان، ولكن لا تلامس أي شيء معدني في السيارة. إذا كنت بالقرب من مياه (على سبيل المثال بحيرة أو بحر) تحرك بعيدا عن حافة الماء فمن المحتمل أن يضربك البرق.
- *نباتات ووحوش خطرة*: كن واعيا لأي موقع خطر أو كائنات حية سامة، على سبيل المثال، نحل، دبابير، أفاعي، عقارب، عناكب، حشرات القرادة، العدوى التي تنتقل بالمياه وكيفية التعامل مع أي مخاطر أخرى.
- *المكائن العاملة والمواد السامة*: تعتبر المكائن العاملة في المقالع والمناجم خطر رئيسي. إن موقع السائق في معدات الحفر الكبيرة دائما يعني أن هناك مساحة عمياء كبيرة لا يراها السائق قد تشكل خطر. بالنسبة للمواد الخطرة أتبع تعليمات السلامة والصحة المتوفرة.
- *الأرهاق*: التعب يكون خطر لأن ردود الفعل تتباطأ. من السهل جدا في العمل الحقلي الأشتغال لساعات طويلة خصوصا عندما يكون النهار طويل. حافظ على ساعات عملك الاعتيادية قدر الإمكان وتأكد من أنك تأكل وتشرب في فترات منتظمة. ينبغي أن يكون قائد المجموعة أو المساعد الاول حذرا في حالة إذا أصيب أحد أعضاء المجموعة بالأرهاق، الصداع أو الغثيان وأخذ الأجراءات المناسبة.

(3) معرفة ما العمل في حالة الطوارئ

ينبغي على أعضاء المجموعة أن يعلموا من منهم لديه تدريب في الإسعافات الاولية. تأكد من أنك تعرف كيف تتصل بخدمات الطوارئ، ما هو رقم تلفون الطوارئ بالنسبة للمنطقة التي تزورها، كيف هي تغطية إشارة الهاتف النقال المحلي وأين عليك الذهاب للحصول على إشارة. تكون التغطية ضعيفة في المناطق الجبلية والمناطق الشاطئية حيث الجروف الصخرية.

العمل بمفردك

أحيانا قد يكون من الضروري إنجاز العمل الحقلي بمفردك. في هذه الحالة يجب أن تحافظ على أتصال منتظم (أي يومي) مع شخص ما يستطيع أن يوفر مساعدة في حال كنت في عداد المفقودين. من الجيد ترك معلومات تدل على الطريق الذي ستسلكه ومكان عملك في ذلك اليوم.

3.11.2 معدات السلامة الحقلية

ليس من الضروري والمنطقي أرتداء الملابس الواقية عند العمل في المناطق الخطرة فحسب، بل هو قانون في كثير من دول العالم، بالإضافة إلى ملء أستمارة تقييم بعض أنواع المخاطر. ينبغي فحص جميع معدات السلامة بانتظام.

- *قبعة صلبة*: يكون أرتداء قبعة صلبة أمرا ضروريا في المناطق التي تتواجد فيها منحدرات، وبالتالي خطر تساقط الصخور. سوف تمنع القبعة الصلبة من أرتجاج أو كسر الجمجمة بسبب الصخور التي يصل حجمها بحجم قبضة اليد أو أكبر. إن القبعات الصلبة التي يستخدمها عمال البناء والمزودة بقفص بلاستيكي داخلي قابل للتعديل مع حجم الرأس مع ترك مسافة بين قمة الرأس والقبعة هي كافية لمعظم الأغراض.
- *ملابس عاكسة*: عند العمل في المحاجر وعلى جانب الطرق غالبا ما يكون من الضروري والعملي أرتداء ملابس فلورية أو مستشعة بحيث يمكن بسهولة رؤيتك.
- *نظارات واقية*: عند طرق الصخور ينبغي حماية العينين بنظارات واقية لمنع إصابة العين بشظايا الصخور. جروح الشظايا الصخرية هي من الإصابات الشائعة بين الجيولوجيين. أعتمادا على نوع الصخر الذي يجري طرقه يفضل تغطية باقي أجزاء الجسم المكشوفة. تتشظى الأنواع المختلفة للصخور بطرق مختلفة، تكون الصخور النارية وخصوصا البيردوتايت متشظية جدا وكذلك الجيرت.

ينبغي فحص كل المعدات الحقلية بإنتظام، على سبيل المثال فيما إذا كان رأس مطرقتك الجيولوجية امن على المقبض وفيما إذا كان يظهر على مطرقتك وإزميلك أي شقوق أو كسر.

12.2 المحافظة، الأحترام والحصول على التصريح

بالنسبة لجميع المواقع الجيولوجية على الأراضي الخاصة، أو تلك التي تنطوي على عبور أراضي خاصة للوصول إلى هذه المواقع، ينبغي على عضو مجموعة الحقل أن يسعى أولا" للحصول على تصريح للمجموعة بالدخول إلى الأراضي واذا لزم الامر لأجل النمذجة. وهذا الامر معقد جدا لمجهولية مالك الأرض ما لم تكن هذه الأرض عبارة عن مقلع وعندها يمكن معرفة صاحب الأرض والأتصال به لأخذ التصريح. يمكن للجيولوجيين الآخرين الذين زاروا المنطقة، والمجالس المحلية والناس الذين يعيشون في الجوار أن يقدموا لك معلومات مفيدة. عند الذهاب للعمل الحقلي عليك أن تحترم الأرض وتتبع دستور المنطقة، ولا تنسى أن الجيولوجيين الآخرين قد يرغبوا بزيارة المنطقة أيضا. إضافة إلى ذلك قد تكون هناك رموز ثقافية محلية، دينية او أرث قومي ينبغي أحترامه.

بعض الدول لديها محافظة على المواقع المحمية بايولوجيا و/أو جيولوجيا. تلك المواقع محمية من التطور العمراني ولكن قد تطبق قواعد خاصة لأخذ العينات في الموقع.

الفصل الثالث

مدخل إلى الملاحظات الحقلية

1.3 المقدمة: ماذا، أين وكيف؟

إن الخروج إلى الحقل وفحص الصخور في مكشف ما لأول مرة، أو حتى بعد ذلك، ربما سيكشف معالم قد لا تستطيع تمييزها، غير مفهومة أو لا يمكن تفسيرها. إن التغلب على هذا التحدي هو مسألة دراسة متأنية، المثابرة والخبرة. يقدم هذا الفصل مدخل إلى بعض الأسئلة الرئيسية للعمل الحقلي الجيولوجي وطريقة منهجية للتغلب على التحدي المتمثل في جمع البيانات وفهم طبيعة المكشف. الأسئلة الرئيسية هي:

1. ما هي أهداف العمل الحقلي؟
2. أين أفضل مكان لجمع البيانات؟
3. كيف أحدد موقعي بدقة؟
4. عند التوجه إلى مكشف جديد، من أين أبدأ؟
5. ما هي الطريقة الأكثر ملائمة لجمع البيانات؟

1.1.3 تحديد أهداف العمل الحقلي

يشرع العمل الحقلي بتوجيه أسئلة علمية معينة، ويجب أن تكون تلك الأسئلة محددة بوضوح قبل الذهاب إلى الحقل. وهذا لأنه من السهل جدا وأنت في الحقل أن تصادف مكاشف صخرية ممتازة وتصبح مشغول بمعالم مثيرة أخرى أو تقضي فترة طويلة على جوانب معينة. على سبيل المثال، إذا كان الهدف من العمل الحقلي هو تحديد الإتجاه، وهو إتجاه ومقدار الإزاحة على سلسلة من الصدوع المحيطة بحوض رسوبي عندئذ يكون المعلم المطلوب الوحيد والمهم من الطبقات الرسوبية هو معرفة الطباقية لتحديد مقدار الإزاحة عبر الصدوع. من ناحية أخرى إذا كان الهدف من العمل الحقلي إنتاج سجل صخري بياني لتتابع طبقي عندئذ تكون تفاصيل أي حركة تركيبية جانبية غير مطلوبة، ماعدا بالطبع في ما إذا كانت تلك الحركة قادرة على وضع الطبقات في ترتيب طباقي وتعويض أي إزاحة.

قبل ذهابك للحقل، اتخذ قرار بشأن الأهداف الشاملة للعمل الحقلي وفي فترات الراحة أثناء العمل الحقلي ذكّر نفسك بتلك الأهداف. بشكل يومي في الحقل، حاول أن تجزء العمل إلى مهام يمكن إنجازها، وهذه المهام قد تحتاج إلى إعادة النظر فيها في حال تغير الطقس أو الوقت المتوفر. نقطة أخرى مهمة ينبغي أن نتذكرها هي أن لا نبالغ في تفسير الصخور أعتمادا على ملاحظة واحدة. بدلا من ذلك نقوم بجمع أكبر ما يمكن من خيوط الأدلة من أجل وضع فرضية أو أكثر معا. دّون الأسئلة التي تثيرها كل فرضية، وفكر حول ماهية البيانات الأخرى التي تحتاج إلى جمعها أو تجدها في الأدبيات للتمييز بين هذه الفرضيات المنافسة. جميع السجل الجيولوجي غير مكتمل تقريبا وبالتالي هناك دائما سلسلة من الأدلة حول ما حدث في الماضي.

تم تلخيص الأهداف العامة المشتركة للعمل الحقلي في جدول 1.3. لتحقيق تلك الأهداف العامة ستكون المهام على سبيل المثال: إستكشاف منطقة معينة من أجل مكاشف جديدة، جمع بيانات فيما يتعلق بوحدات معينة، رسم خريطة منطقة معينة، جمع عينات، أو فحص البيانات التي جمعت في اليوم السابق.

2.1.3 تقرير مكان إنجاز العمل الحقلي

إن كمية ونوع المكشف الصخري يتغير وفقا للنطاق المناخي – تقريبا من 100% في المناطق الجافة إلى لا شيء في المناطق المزروعة بكثافة مثل المناطق المدارية. بشرط أن تكون آمنة ويمكن الوصول إليها، توفر جروف المنحدرات الصخرية البحرية والمقالع وشق الطرق الحديثة بعض أفضل المكاشف بسبب كمية الصخر المنكشف وطبيعتها غير المتجوية. ويمكن للمقاطع النهرية أن تكون مهمة أيضا. إذا كنت ذاهبا إلى منطقة حقلية لأول مرة وليس لديك مجموعة محددة من المواقع لزيارتها بناء على معلومات منشورة من بحث سابق عن المنطقة، أقضي ساعات قليلة أو أيام في جولة أستطلاعية لإيجاد المكاشف الأكثر ملائمة لأهداف العمل الحقلي. يوفر جدول 2.3 قائمة بأنواع الأماكن بغية البحث عن مكاشف ملائمة. إذا كنت تنجز رسم خرائط تفصيلية عندئذ يجب أن تؤخذ جميع المكاشف بنظر الأعتبار. لمعالجة جميع أهداف العمل الحقلي الأخرى، تعتبر النقاط التالية جديرة بالإعتبار عند أختيار المكاشف للتركيز عليها:

- فيما إذا كانت تلك المكاشف نموذجية أم غير نموذجية،
- التكامل الطبقي،
- كيف هي تجوية الصخور،

جدول 1.3 الأهداف المشتركة لإستكمال العمل الحقلي الجيولوجي

الأهداف العامة	البيانات الرئيسية التي تجمع
الحصول على نظرة عامة عن جيولوجية المنطقة	بيانات صخارية، تركيبية والعمر من مكاشف نموذجية مختارة
بناء التاريخ الجيولوجي للمنطقة	بيانات العمر النسبي ومعلومات جيولوجية أساسية فيما يتعلق بكل من الوحدات الرئيسية في المنطقة وعلاقاتها فيما بينها
إنتاج خارطة جيولوجية	معلومات صخارية وتركيبية من أكبر عدد ممكن من المكاشف ضمن الوقت والموارد المتوفرة
تحديد البيئة الترسيبية	تسجيل صخري بياني للمعالم الرسوبية والأحفورية وتحليل السحنات
عمل سجل لفترة التغير المناخي	تسجيل صخري بياني مع التركيز بشكل خاص على جمع البيانات الدالة على الظروف المناخية، تأريخ نسبي عالي الدقة للتتابعات وجمع نماذج عالية الدقة لغرض التحليل (مثل نظائر الكربون).
تحديد تاريخ مستوى سطح البحر خلال فترة من الزمن الجيولوجي	تطبيق مبادئ التتابع الطبقي
الطباقية الأحيائية	جمع متحجرات هامة نطاقيا بشكل منهجي من خلال الطباقية او جمع عينات من أجل تحليل متحجرات دقيقة
تحديد مستوى حادثة الأنقراض	تحديد الأكتشافات وبالتالي المديات الطباقية للمتحجرات
تحديد طبيعة وترتيب سلسلة الحوادث النارية	تحديد المعادن الكلية والنسيج الصخري بما في ذلك التواجد/عدم التواجد وتركيب البلورات الكبيرة، وحجم وشكل ونسيج أي حويصلات
مراقبة نشاط البراكين النشطة	بيانات الزلزالية، إنبعاث الغاز، الجذبية، الحرارية والمراقبة
جمع عينات لغرض التحليل الجيوكيميائي من أجل فهم العمليات الأرضية	موقع المكاشف حيث جمعت منها العينات ومعالم الجسم الصخري
تحديد موقع الموارد المعدنية	وضع خرائط وجمع عينات لغرض التحليل
تسجيل تاريخ التشويه للمنطقة	وضع خرائط، قياسات تركيبية، مقاطع عرضية وشبكات إسقاط مجسمة
التنبؤ ورصد الزلازل	رسم الخرائط وقياسات جيوفيزيائية

- فيما إذا كانت ملائمة للنمذجة بدون الحاجة إلى تنظيف المكاشف،
- إمكانية الوصول،
- السلامة.

جدول 2.3 الأماكن المحتملة للبحث عن مكاشف.

مواقع المكاشف المحتملة
المكاشف الطبيعية في المرتفعات، والمناطق الجاف وشبه الجافة
جميع مقاطع الأنهار، خصوصا عندما يكون هناك تدرج
الشواطئ وجروف المنحدرات الصخرية البحرية
المناجم والمقالع العاملة
أساسات مواقع الإنشاء
جحور الحيوانات
قواعد الأشجار المقتلعة
شق الطرق
الأنفاق
الجدران الخلفية للإنزلاقات الأرضية
الجروف الصخرية لجوانب البحيرات

3.1.3 تحديد موقعك

البيانات الجيولوجية هي مكانية وبالتالي فمن المهم جدا أن نكون قادرين على تسجيل موقع المعالم الجيولوجية بدقة. والجزء الاول من هذا هو تحديد موقع المكشف. إذا كنت تستعمل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) تحقق من ضبط الجهاز بشكل صحيح. وقد يظهر موقعك فورا على خارطة التضاريس.

طرق أخرى لتحديد موقعك

قد يكون من غير الممكن في المناطق المشجرة، الأقاليم النائية وبعض وديان الأنهار إستنباط موقعك بإستعمال قراءات البوصلة. لا يعول على قراءة البوصلة بالقرب من الأقطاب وتحتاج إلى إستعمال نظام تحديد المواقع العالمي أو واحدة من طرق عصا الظل shadow stick. إذا كنت في منطقة أراضي معتدلة الإنحدار قد يساعدك مقياس الأرتفاع. يمكنك في الأقاليم المشجرة والأماكن الأخرى الخالية من الملامح أن تحدد إتجاه على بوصلتك والسير على طول ذلك الإتجاه. تستطيع وأنت تقوم بتتبع الإتجاه أن تعد خطواتك إما يدويا وإما بإستعمال عداد الخطى ومن ثم أحسب المسافة التي سافرتها من نقطة معروفة. لهذا تحتاج إلى معايرة طول خطواتك الأعتيادية من خلال حساب عدد الخطوات التي قطعتها في مسافة معلومة.

2.3 مقياس الملاحظة، من أين تبدأ والقياسات الأساسية

من الضروري عمل الملاحظات الجيولوجية بمدى من المقاييس. أبدأ عند مقياس إقليمي كبير: هذا سوف يوفر سياق عام. ثم، أدرس كل المكشف، تليها الوحدات ضمن المكشف وأخيرا التركيز على مقياس العينة اليدوية.

1.2.3 السياق الإقليمي

قبل البدء بأي عمل حقلي من الضروري البحث عن الوضع الإقليمي والأعمال السابقة. وبصرف النظر عن الكتب، توفر البحوث العلمية والخرائط عن الجيولوجيا الإقليمية، وأنظمة عرض صور الأقمار الصناعية المعتمدة على الإنترنيت مثل غوغل إيرث طريقة سهلة للتحري عن الوضع العام للأرض وعمل ملاحظات أولية على مقياس مكاني كبير وفي بعض الحالات بتفاصيل أكثر. قد تُستعمل دراسة إقليمية مكتبية لجمع المعلومات حول: الوصول إلى موقع الحقل وداخله، التضاريس العامة، نوع وموقع المكاشف المحتملة، التركيب العام ومضرب الطبقات.

2.2.3 عموم المكشف

يكون الوصول إلى مكشف كبير لأول مرة مثير وشاق على حدا سواء. غالبا ما يكون من الصعب معرفة من أين تبدأ، لذا تحقق فيما إذا كان المكشف آمن ومن ثم تجول وشاهده من زوايا مختلفة قبل أتخاذ أي قرار.

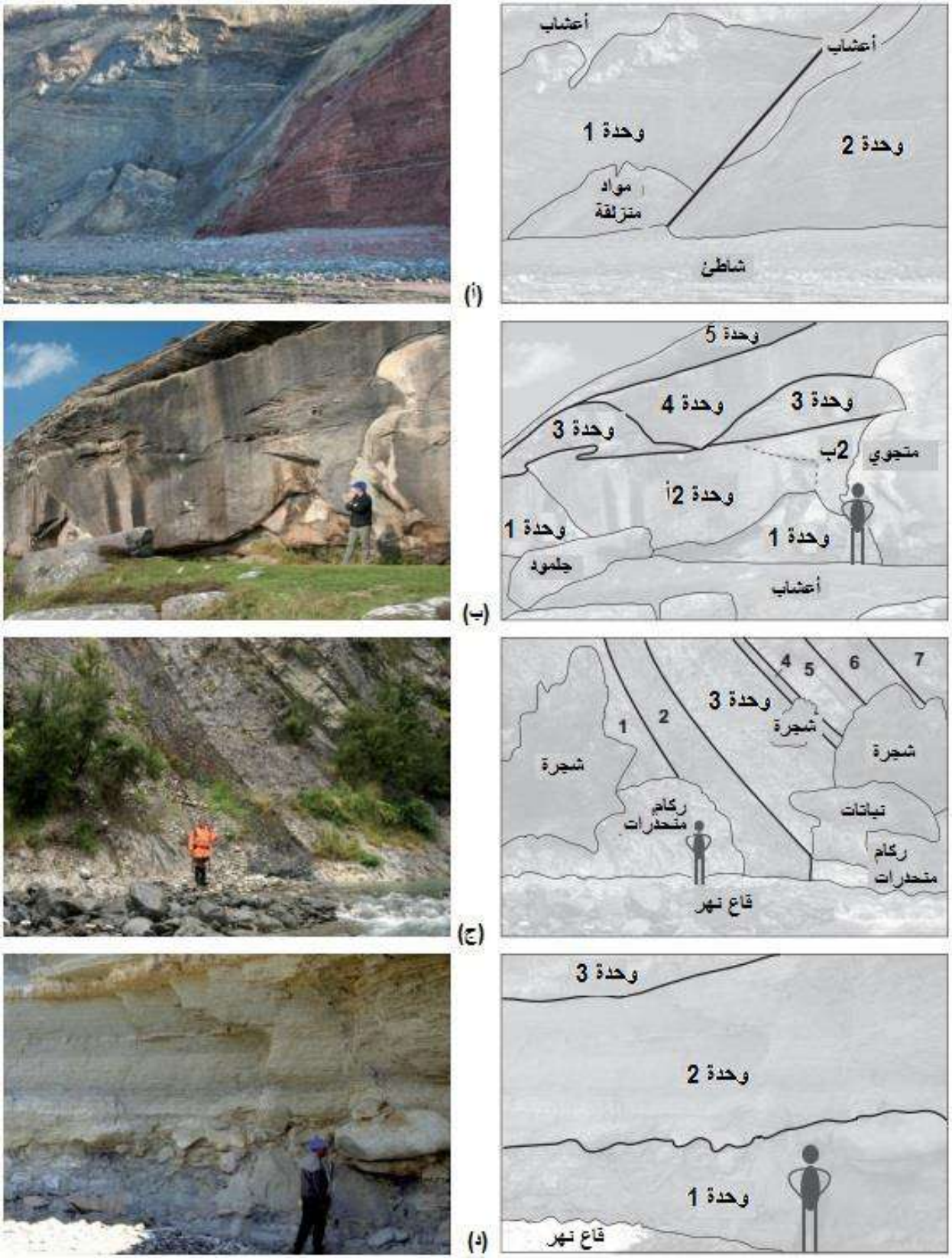
هناك طريقة واحدة لمعالجة مكشف كبير بمعالم وأنواع صخور مختلفة هي أولا وقبل كل شيء تقسيم المكشف إلى "وحدات" إستنادا إلى معالم واضحة مثل التغيرات في اللون وخصائص التجوية. وغالبا أنت تبحث عن مكان ما بين حوالي 2 و 10 وحدات (شكل 1.3)، أكثر من هذا سيكون من الصعب إستيعابه. إذا كان لديك أكثر من حوالي 10 وحدات يجب أن تحاول تجميعها معا. قرر على مسافة من المكشف ما الخصائص الرئيسية لهذه الوحدات وفكر في عمل رسم تخطيطي لإظهار هذه الخصائص وعلاقتها مع بعضها البعض قبل إتمام ملاحظات أكثر تفصيلا عن قرب.

ينبغي أن تتضمن ملاحظاتك الأولية عن المعالم ذات المقياس الكبير في المكشف ما يلي:

- *طبيعة سطوح التماس*: لاحظ فيما إذا كانت سطوح التماس متدرجة (مثل تغير اللون بين وحدات 2 و 3 وضمن وحدة 2، شكل 3.1د) أو حادة (مثل التماس بين وحدات 1 و 2، شكل 1.3أ و 1.3ج) وفيما إذا كانت مستوية (مثل شكل 1.3أ و 1.3ج) أو غير منتظمة (مثل سطح التماس بين وحدات 2 و 3، شكل 1.3ب وبين الوحدتين 1 و 2، شكل 1.3د).
- *تغيرات جانبية في السمك*: لاحظ موقع ومقدار أية تغيرات. وهذه قد تكون لها علاقة بعمليات مثل التعرية، التصدع، قنوات نهرية أو تحت بحرية، تنحف القواطع والسدود النارية، تغيرات في الظروف الترسيبية للصخور الرسوبية والنارية السطحية. لاحظ أي من الوحدات تتغير في السمك (مثل وحدة 4، شكل 1.3ب) وأيها مبتورة (مثل وحدة 3، شكل 1.3ب).
- *علاقات التقاطع*: إبحث عن تقاطع. على سبيل المثال جسم ناري يقطع طبقات أقدم، قطع سفلي تعروي أو عدم توافق زاوي (مثل الأشكال 1.3ب و 1.3د).
- *أدلة إزاحة أو تشويه*: إبحث عن طي أو صدوع (مثل شكل 1.3أ). لاحظ أي إتجاهات عامة في إتجاه الزوايا والمقياس.
- عدم *توافق زاوي*: إبحث عن تغير في نوع الصخر مترافق مع تغير في إتجاه التطبق.

معالم التجوية ذات المقياس الكبير للوحدات التي تبحث عنها هي:

- فيما إذا كانت أي من الوحدات بارزة عن الجرف الصخري أو متجوية إلى الداخل (مثل شكل 1.3ج، وحدة 5 مقارنة مع وحدة 4).



شكل 1.3 أربع صور مع رسومات تخطيطية لمكاشف مختلفة تظهر كيف يتم تقسيمها إلى وحدات رئيسية.

- فيما إذا كانت أي من الوحدات كتلية، أي خالية من التراكيب (مثل شكل 1.3ب، وحدات 1، 2 و 4).
- فيما إذا كانت أي من الوحدات متكسرة إلى الواح أو هشة (مثل 1.3ج، الوحدات 1–3).
- فيما إذا كانت هناك أية تغيرات ملحوظة في الغطاء النباتي والذي قد يترافق مع تغيرات في الصخارية (مثل شكل 1.3ج، الوحدات 1 و 4 تدعم الأشجار)، أي أعتمادا على معدنية ونفاذية أنواع صخور مختلفة تُدعم نباتات مختلفة او لديها محتويات رطوبة مختلفة.
- ما إذا كان التغير في التجوية يتطابق مع التغير في اللون، وكلاهما معا يتضمنا تغير في الصخارية.

وبمجرد الإنتهاء من تحديد الوحدات الرئيسية، أفحص كل وحدة عن قرب، جامعا" البيانات التي تتناسب مع أهداف العمل الحقلي. لا تبوح بعض أسطح المكاشف بالكثير، في حين قد تكون الأسطح الأخرى (حيث التجوية حفرت التطبق أو النسيج) أكثر دلالة. لا تقلق إذا لم تستطع فورا التعرف على نوع الصخر أو المعلم الجيولوجي. إذا أمكن أفحص الصخور أو المعالم في أجزاء مختلفة من المكشف وعلاقتها بالصخور المحيطة والمعالم الأخرى، قد تصبح طبيعتها وهويتها واضحة مع مرور الوقت. إذا لم يتضح ذلك، سجل المعالم بدقة في مفكرتك وعلى الكاميرا واستعمل الأدبيات، أو أسئل جيولوجي آخر ليساعدك في التعرف عليها. أجمع عينات إذا كان من الضروري والمناسب فقط.

عندما تكون قد جمعت ما يكفي من معلوماتك الخاصة لفهم العلاقات الأساسية وأنواع الصخور أنت الآن مستعد لإكمال دراسات أكثر تفصيلا، جمع عينات، وإذا كان من المناسب مقارنة ومضاهاة ملاحظاتك وتقسيماتك الفرعية مع معلومات منشورة.

3.2.3 عينات يدوية

عندما تختار عينة غير متماسكة، أو مساحة من الوحدة لفحصها عن كثب، تحقق من أن هذه العينة أو المساحة هي نموذجية للوحدة التي يجرى فحصها أو دراستها وأن لديها على الأقل سطح واحد غير متجوي. يمكن طرق العينات غير المتماسكة والحصول على سطح غير متجوي. لأختيار جزء تمثيلي يجب عليك أن تأخذ بنظر الأعتبار المعالم الرئيسية للوحدة. على سبيل المثال، إذا كان 80% من الوحدة هو حجر رملي وال 20% الأخرى هي حجر رملي طيني عندئذ تأكد أن لديك عينة من الحجر الرملي الرئيسي. حالما تفحص السطح غير المتجوي عليك إكمال ملاحظاتك من خلال فحص السطح المتجوي. في بعض الصخور، على

سبيل المثال الأحجار الكلسية والصخور المتحولة، تترك عمليات التجوية التفاضلية بعض المعادن أو الحبيبات بارزة إلى خارج السطح الرئيسي حيث تكون أسهل في التعرف عليها.

فضلا عن تركيب ونسيج الصخرة، يجب أن توفر بيئة الصخرة إشارة جيدة للصنف الذي ينتمي إليه نوع الصخرة. عادة ما ترتبط عدة وحدات ضمن المكشف مع بعضها البعض، لذا حالما وصفت عينة صخرية واحدة عليك أن تنظر إذا كان من الممكن وصف الأخريات ببساطة من خلال ملاحظة الأختلافات بينها. في كثير من الأحيان في التعاقبات الرسوبية، ولكن أيضا مع الاجسام النارية، توفر التغيرات والاختلافات بين الوحدات أدلة حول كيفية تغير العمليات داخل التعاقب.

قد توفر بعض الأسئلة والملاحظات بعض النقاط التي يجب مراعاتها عند اتخاذ قرار فيما إذا كانت الصخور نارية، متحولة أو رسوبية.

- هل الصخرة مركبة من بلورات متشابكة، أو مركبة من بلورات في فرشة أرضية groundmass ناعمة الحبيبات، أو متكونة من حبيبات داخل أرضية الصخرة؟ إذا كانت الصخرة مؤلفة من حبيبات فمن المحتمل أن تكون الصخرة فتاتية سيليسية siliciclastic أو كاربونايت ولكن يمكن أيضا أن تكون صخرة مقذوفات بركانية pyroclastic. إذا كانت الصخرة متبلورة عندئذ يمكن أن تكون نارية، متحولة أو واحدة من الصخور الرسوبية الأقل شيوعا مثل المتبخرات أو حجر جيري معاد التبلور.
- ما هي المعادن الرئيسية في الصخرة؟. لا يوجد سوى عدد محدود من المعادن في الصخور الرسوبية ومعادن معينة تعتبر تشخيصية للظروف المتحولة.
- هل يُظهر الجسم الصخري تطبق؟ يشير هذا التطبق في حالات عديدة إلى صخور رسوبية، حمم متدفقة، أو صخور مقذوفات بركانية.
- ما هو الشكل الهندسي للجسم الصخري؟. يمكن أن تشكل كل من الصخور النارية والرسوبية قواطع وسدود نارية ولكنها غير شائعة نسبيا في الصخور الرسوبية.
- ما هي الحالة العامة للجسم الصخري؟. تشكل الصخور المتحولة إما أنطقة متميزة متحدة المركز حول جسم ناري إذا كانت نتيجة تحول تماسي وإما مكاشف أكثر أتساعا إذا تشكلت عن طريق تحول إقليمي.

- هل تُظهر الصخرة تورق معدني؟. إذا كان الأمر كذلك فمن المحتمل أن تكون صخرة متحولة، على الرغم من أن بعض الصخور النارية تظهر هكذا نسيج.
- هل تُظهر الصخرة فواصل تبريد مميزة؟. وهذه تتشكل في الصخور النارية فقط، على الرغم من أنها يمكن أن تمتد إلى الصخر المجاور المضيف.
- الصخور النارية خالية من المتحجرات باستثناء حدوث ذلك في بعض الأحيان في رواسب المقذوفات البركانية. ونادرا ما تُحفظ المتحجرات في صخور متحولة واطئة التحول وغير موجودة في صخور متحولة عالية التحول.
- تكون تراكيب التطبق الأكثر تعقيدا مثل التطبق المتقاطع وعلامات النيم مقيدة بالصخور الرسوبية وصخور المقذوفات البركانية.
- تُظهر الصخور الرسوبية مدى من المسامية في حين تمتلك الصخور النارية الجوفية والصخور المتحولة مسامية واطئة جدا.
- تمتلك الصخور النارية والمتحولة كثافة أعلى من معظم الصخور الرسوبية.

3.3 نظرة عامة حول الصيغ الممكنة للبيانات

تُحدد أهداف العمل الحقلي الصيغة الأكثر ملائمة لجمع البيانات. تغطي الفصول 5 – 9 أنواع محددة من جمع البيانات المتعلقة بالمتحجرات، التراكيب وأنواع الصخور المختلفة. سنتطرق هنا بإيجاز إلى صيغ البيانات الحقلية.

- *رسومات تخطيطية Sketches*: رسومات تخطيطية على مدى من المقاييس سواء في منظر علوي أو مقطع عرضي لإظهار العلاقات الهندسية للأجسام الصخرية في كل جوانب العمل الحقلي.
- *سجلات صخرية بيانية Graphic logs*: وهي تمثيلات بيانية أو تخطيطية لتتابع طبقي من الصخور، بما في ذلك معلومات عن السحنات، الحدود بين الوحدات المختلفة، سمك الطبقة والطباقية الصخرية. وعادة ما تستعمل السجلات الصخرية البيانية لتسجيل تغير السحنات في الصخور الرسوبية، لكنها على

الأرجح أفضل وسيلة لتسجيل أية معلومات طباقية سواء كان تغير أنواع الصخور على طول فتات أو حطام صخري أو معالم صخور مقذوفات بركانية أو حتى تعاقب حمم بركانية.

- *مقاطع عرضية Cross – sections:* توفر الرسومات التخطيطية الحقلية لجروف المنحدرات الصخرية والمكاشف نوع واحد من المقاطع العرضية. وهناك إستعمال آخر مهم للمقطع العرضي في الأستدلال على الجيولوجيا تحت السطحية. وهذا يمكن أن يكون مفيد خصوصا عندما تكون الطبقات مطوية و /أو متصدعة. يساعد رسم المقطع العرضي في التركيز على المهمة والتفكير حول الأحتمالات المختلفة.
- *الخرائط Maps:* توفر الخرائط الأولية أو التخطيطية والخرائط الأساسية منظر علوي لا يثمن للمعالم الجيولوجية التي تبين العلاقة الهندسية بين الوحدات وموقع المعالم الجيولوجية ذات المقياس الكبير.
- *شبكات الإسقاط المجسم Stereonets:* بالنسبة للدراسات التركيبية وأيضا قياسات التيارات القديمة في التعاقبات الرسوبية غالبا ما يكون من الضروري جمع كميات كبيرة من معلومات الإتجاه عن المعالم المختلفة. وأفضل تلخيص وتحليل لتلك المعالم هو في شكل رسم مجسم، والذي يوفر وسيلة لمقارنة البيانات بسهولة وتقييم أين تكمن الإتجاهات الرئيسية. ويعرض الاسقاط المجسم بإيجاز في ملحق 8.
- *تربيعات Quadrats:* االتربيعات (مساحة محددة أو حجم من الصخر) مفيدة لتوفير وسيلة تجميع لقطات كمية لأجسام على سطح مستوي تكون ممثلة أحصائيا لتلك الأجسام. وهي دائما تستعمل لتسجيل نوع، حجم، حفظ وإتجاه الأحافير. وهي أيضا مفيدة لوصف أو تمييز الترسبات خشنة الحبيبات مثل طبقات الحصى أو حتى أختلاف البلورة الكبيرة phenocryst في الصخور النارية.

الفصل الرابع

المفكرة الحقلية

1.4 مقدمة: الغرض من الملاحظات الحقلية

تشكل المفكرة الحقلية السجل الرئيسي للبيانات التي تقوم بجمعها في الحقل. وينبغي أن تحتوي هذه المفكرة على ملاحظات عن المكان الذي جمعت منه البيانات، العلاقات بين الأجسام الصخرية المختلفة، خصائصها الترسيبية والنسيجية، والمعالم الداخلية. وعادة ما تسجل أيضا موقع أية عينات قد تم جمعها، موقع وإتجاه الصور الفوتوغرافية الملتقطة، والإشارة إلى الملاحظات والمعلومات المنشورة حول أية أفكار لديك لغرض التفسير والأسئلة التي أثيرت من خلال ملاحظاتك. وإضافة إلى ذلك عادة ما تربط المفكرة الحقلية معا أي مكّون آخر ربما إستعملته لتسجيل البيانات والأفكار في الحقل. على سبيل المثال، قاعدة بيانات إلكترونية محمولة على جهاز جيوفيزيائي، خرائط حقلية، وأشكال مشروحة وأوراق سجل صخري بياني.

الطريقة الوحيدة للتفكير بشأن مفكرتك الحقلية هي أنها بمثابة دفتر يوميات "أكاديمي" ، أي هي سجل لجميع ملاحظاتك، أفكارك، تفسيراتك وأسئلتك خلال فترة العمل الحقلي. غالبا ما تتضمن المفكرات الحقلية ملاحظات أقل أكاديمية، على سبيل المثال الطقس، شخص ما قابلته ذلك اليوم، أين مكثت أو تناولت طعامك، أو إذا كنت مريض. وهذا لأن كل ذلك هو بمثابة ذاكرة مساعدة عندما تعود إلى ملاحظاتك، وتوفر معلومات لرحلاتك في المستقبل ويمكن ان تساعدك في تقييم مدى جودة ملاحظاتك في ذلك اليوم.

يركز هذا الفصل على نوع الملاحظات التي تحتاج إلى جمعها في الحقل والأقتراحات من أجل تنظيم البيانات. وهذه المبادئ قابلة للتطبيق على المفكرة الإلكترونية والمفكرة الورقية على حدا سواء. ربما تحتاج بعض المعالم إلى أن تكون مكيفة للإستعمال الإلكتروني: على سبيل المثال، إستعمال أسماء ملفات منطقية ومرتبة بتتابع بدلا من أرقام الصفحات، إنشاء فهرس و/أو ملفات مع معلومات أولية. إحدى التحديات الرئيسية لإستعمال النظام الإلكتروني هو العثور على وسائل مناسبة لعمل رسومات مفصلة بسهولة.

2.4 تصميم المفكرة الحقلية

تصميم وإستعمال مفكرة حقلية ذات تنسيق جيد ومكيفة لتناسب أحتياجاتك وأسلوبك سوف تمكنك من أن تكون منهجي في أخذك للملاحظات. وهذا سوف يساعد في ضمان عدم نسيانك العناصر الرئيسية وأن المعلومات التي تجمعها يمكن الوصول إليها بسهولة جدا وبالتالي قابلة للإستعمال بسهولة أكثر. يمكن أن يكون العمل الحقلي صعب وشاق وخاصة عندما يكون الطقس ممطر، عاصف، حار جدا، بارد جدا، على

علو شاهق أو من الصعب الوصول إلى الموقع. غالبا ما يكون الوقت المتوفر لإنجاز جمع البيانات محدود بسبب النقل، ساعات النهار، ظروف الطقس والكلفة الإجمالية لإكمال العمل الحقلي. كل هذه القيود تعني أن تصميم وسائل فعالة لجمع البيانات في الحقل سوف تزيد من مخرجاتك إلى أقصى حد.

1.2.4 الصفحات الأولية

عندما تبدأ بإستعمال مفكرة جديدة تأكد من وضع أسمك، عنوانك، بريدك الإلكتروني وأية تفاصيل أخرى في مكان بارز على غلاف المفكرة أو في أول صفحة داخل المفكرة، فقط في حالة فقدانك للمفكرة. نقترح عليك تخصيص بحدود 10 صفحات في مقدمة المفكرة حيث يمكنك إدراج جدول محتويات ومعلومات عامة مفيدة. بالنسبة لجدول المحتويات يكفي عادة صفحتين إلى أربع صفحات مع عمود لأرقام الصفحات. قد تتضمن المعلومات المفيدة الأخرى لتلك الصفحات الاولية نُسخ لأشكال تصنيف الصخور (مثل تلك الموجودة في ملاحق هذا الكتاب)، قوائم مراجعة (للتأكد من عدم نسيانك أخذ قياس أو تسجيل ملاحظة مهمة)، أختصارات ورموز مستعملة، نسخ مصورة لخرائط جيولوجية أو تضاريسية للمناطق التي ستزورها، معلومات عن الشخص الذي تحتاج للأتصال به للحصول على تصريح بالدخول إلى المنطقة (على سبيل المثال مدير المقلع أو مالك الأرض) وأية معلومات أخرى قد تجدها مفيدة في الحقل. من المفيد في المناطق النائية وشبه النائية حيث تكون وسائل الراحة محدودة، الإشارة في مقدمة المفكرة أو في التدوينات اليومية (أنظر أدناه) إلى تفاصيل موجزة عن الأماكن ووسائل الراحة المناسبة لتناول الطعام/ شراء المؤن وما إلى ذلك، في حالة العودة مرة أخرى.

2.2.4 التدوينات اليومية

تشكل التدوينات اليومية الجزء الأكبر من المعلومات في مفكرتك الحقلية. ينبغي أن تتضمن المعلومات الأستهلالية الأنواع الاتية، على الرغم من أن التفاصيل الدقيقة سوف تعتمد على الغرض من العمل الحقلي.

- تاريخ ويوم الزيارة الحقلية.
- عنوان بارز يحتوي على أسم المنطقة و/أو الموقع أو المواقع التي ستزار.
- الأهداف من العمل الحقلي أو ملخص الفرضيات العامة التي سيتم أختبارها.
- ملاحظات حول الطقس وأية معلومات أخرى من شأنها أن تساعدك على تذكر اليوم الحقلي. كأن يكون معلم بارز في منظر طبيعي أو وسائلك للوصول.
- أسماء زملائك في الفريق الحقلي.

- أية ملاحظات حول تقييدات الوصول، التصريح، الترتيبات اللوجستية والتناقضات بين خارطة التضاريس والواقع على الأرض.
- معلومات أكثر تفصيلا عن الموقع حسب ما هو مناسب. وهذا قد يأخذ شكل الإشارة إلى الأدبيات، شبكة خطوط grid ، خطوط الطول والعرض، إشارة إلى خارطة تضاريس مفصلة و/ أو خارطة أولية. الخرائط الأولية مفيدة وبخاصة في المنطقة المجاورة للموقع الحقلي حيث تحتاج إلى معلومات بدقة مكانية عالية.

من المرجح إن الجزء الأكبر من المعلومات في مفكرتك سيكون في واحدة من الأشكال الاتية:(1) رسومات تخطيطية حقلية تتضمن خرائط، مقاطع عرضية ورسومات بيانية لأوجه جروف منحدرات صخرية ومعالم منفردة، (2) ملاحظات مكتوبة أو جداول البيانات التي تم جمعها، (3) ملاحظات مكتوبة تفصل التفسيرات والأفكار الخاصة بك وبالآخرين، (4) معلومات منظمة حول العينات التي تم جمعها والصور التي التقطت و (5) إشارة إلى مجاميع البيانات الأخرى المستعملة في الحقل (مثل الخرائط الحقلية والأدبيات المنشورة).

3.2.4 نصائح عامة

- إشارة مرجعية: رقّم صفحات مفكرتك، هذا سوف يسمح لك بوضع إشارة تشير إلى حيث يمكن أن تستمر الملاحظات والأشكال، وتوفير مراجع إلى وثائق أخرى وإنتاج قائمة محتويات لغرض تسهيل الوصول إلى المعلومات في وقت لاحق.
- إستعمال الفراغ: باعد بين ملاحظاتك بحيث يكون هناك مجال لإضافة مزيد من الملاحظات في حال أعدت زيارة الموقع أو لتسجيل موقع العينات. تكون المساحة الإضافية أيضا مفيدة في حال رغبتك لإضافة تفسير فيما بعد، او كانت لديك مناقشة مع زملائك حول البيانات في مرحلة لاحقة، كما إن الفراغ يجعل متابعة الملاحظات أسهل.
- التنظيم: إستعمل عناوين رئيسية وعناوين فرعية لأنها تجعل العثور على الملاحظات أسهل بكثير. أبتكر نظام لإظهار التسلسل الهرمي لتلك العناوين. على سبيل المثال، إستعمل مربع حول العنوان الرئيسي وتسطير للعناوين الأخرى. سجل الأفكار ونقاط التفسير بأسلوب مختلف، على سبيل المثال، في عمود منفصل أو داخل شكل يشبه "الغيمة". نصيحة أخرى هي إستعمال قلم رصاص ملون/ قلم مقاوم للماء لأختيار ملاحظات خاصة تعتبر مهمة وتكون في متناول اليد: على سبيل المثال، أرقام العينات أو أرقام المواقع أو الصور أو بيانات المضرب والميل. ويمكن أيضا تنظيم المعلومات عن طريق ترتيبها في أعمدة.

3.4 الرسومات الحقلية: صورة تعادل ألف كلمة

تشكل الرسومات التخطيطية جزء حيوي لجميع مفكرات العمل الحقلي الجيولوجي. وهي تشمل رسوم بيانية للجروف وأوجه المقالع، رسومات تخطيطية لمعالم خاصة مثل متحجر أو معدن أو تركيب رسوبي، خرائط أولية، مقاطع عرضية، ورسومات تخطيطية تُسفر عن أفكار من أجل التفسير.

إن الرسومات هي واحدة من أفضل الطرق لتسجيل ونقل المعلومات الجيولوجية. وهذا لسببين: (1) لأنها توفر وسيلة مختصرة لنقل المعلومات في شكل يسهل الوصول إليه. على سبيل المثال، هي أسرع بكثير في رسم شكل سطح تماس غير منتظم بين طبقتين من وصفه. لأن الجيولوجيا هي في معظمها حول العلاقة بين الأجسام الصخرية المختلفة وهندستها الثلاثية الأبعاد، والأشكال غير النظامية وأسطح التماس، فإنه من الأسهل بكثير نقل هذه بالتفصيل في شكل مما هو عليه في كلمات. (2) العمل لإنتاج رسم جيد يتضمن الملاحظة الدقيقة للمعالم، الوحدات والعلاقة بين كل منها. إذا نُفذ ذلك بصورة صحيحة، يمكن للرسومات أن تنقل معلومات جيولوجية رئيسية أكثر بكثير من الصور وذلك لأن جيولوجي الحقل عليه أن يختار المعالم الجيولوجية المهمة التي تتعلق بهدف العمل الحقلي بوضوح أكثر، إضافة علامات أو تسميات لإظهار من أين تأتي البيانات الأخرى وإضافة قدر معين من التفسير.

أن العين البشرية هي أكثر تعقيدا بكثير من أي كاميرا. وغالبا ما يكون الرسم الجيد لحقل جيولوجي هو مزيج من رسم خط بسيط لمعالم جيولوجية ذات صلة تستطيع ملاحظتها وأستنتاجاتك الجيولوجية الأولية. وهكذا، فإن الصور ليست بديلا عن الرسومات لأنها لا أنتقائية ولا أستنتاجية ولا تستطيع أن تضيف علامات أو تسميات ولا إشارات. يستعمل الجيولوجيون المحترفون مزيج من الصور والرسومات التخطيطية. يجد معظم طلاب الجيولوجيا بل وحتى المحترفين ان الرسومات التخطيطية الحقلية صعبة جدا، ولكنها مهارة تستحق التطوير.

1.3.4 مبادئ عامة: أهداف، مساحة وأدوات

قبل أن تبدأ بالرسم عليك أن تقرر بشأن أهداف الرسم. والطريقة الوحيدة للقيام بذلك هو أن تبدأ بتدوين العنوان أو شرح للرسم يتضمن الأهداف. عادة ما يتم رسم الرسومات التخطيطية بقلم الرصاص (بدون مسطرة). يكون الرسم بقلم الرصاص مفيدا لأنه يسمح لك بمحو الأخطاء و/أو إعادة رسم جزء من الرسم التخطيطي. وهو أيضا أسهل في رسم خطوط مختلفة السمك والوضوح وكذلك تظليل جزء من الشكل لإخراج معالم مختلفة

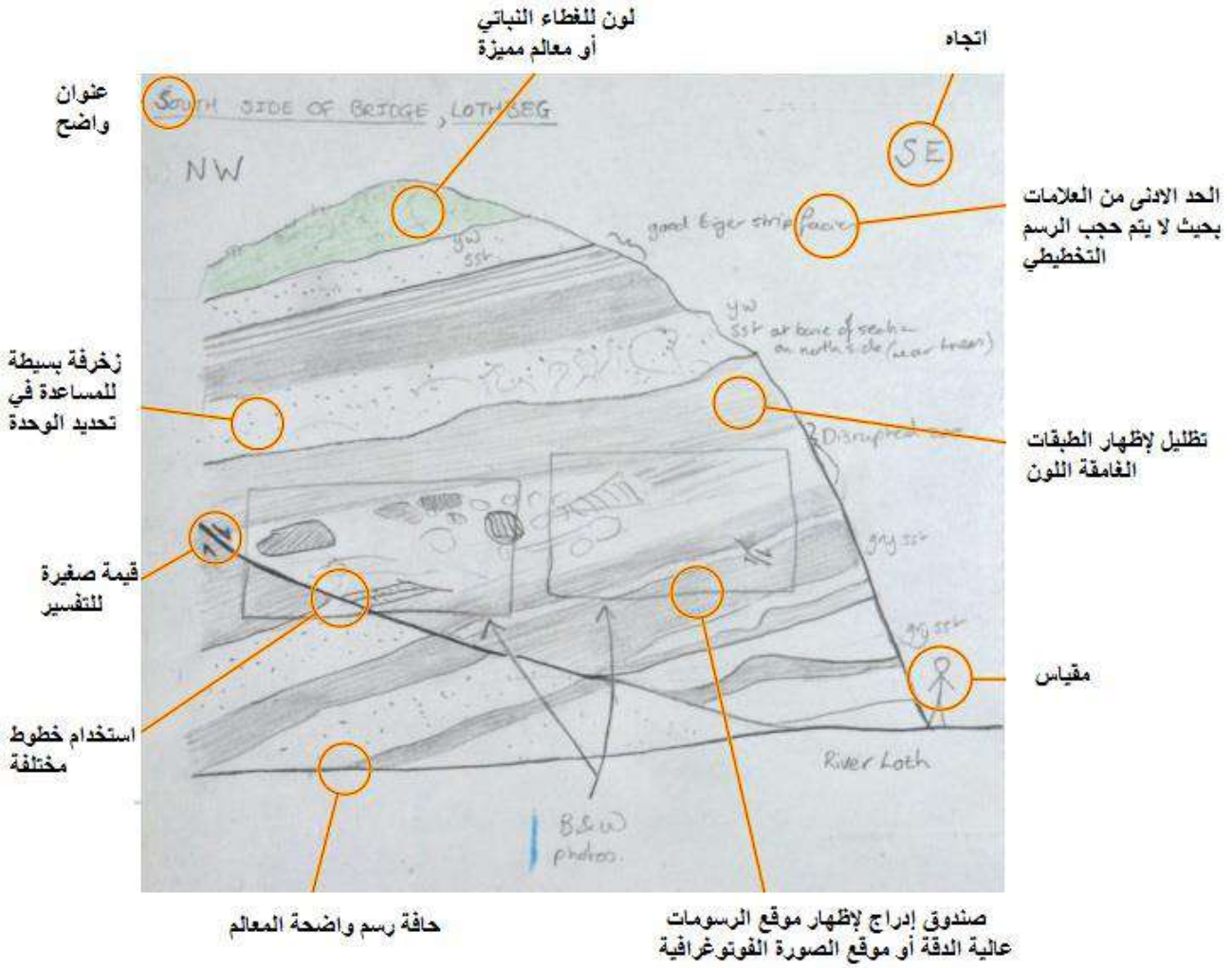
(شكل 1.4). هناك قلة من الناس يرسمون مباشرة بقلم حبر ولكن لا ينصح بذلك لأنه من المستحيل تصحيح الأخطاء أو عمل تحسينات. معظم الرسومات التخطيطية تبدو أفضل على الورق العادي، على الرغم من أن بعض الناس يجدون أن الورق المخطط أو الورق البياني مفيد في التدريج أو التقييس.

هنا بعض الأفكار لإنتاج رسم تخطيطي جيد، وهي أيضا ملخصة في شكل 2.4.

- *مساحة*: السماح بالكثير من المساحة في مفكرتك لغرض الرسم حتى يكون هناك مجال لإضافة ملاحظات ملخصة، مقياس وإتجاه، رسومات تفصيلية لأجزاء وثيقة الصلة بالموضوع (إدراجات)، إشارات عرضية لرسومات تخطيطية لاحقة أو ملاحظات مكتوبة أخرى ونقاط تلخيص للتفسير. كما أنه من الأسهل بكثير الرسم على مقياس أكبر. خذ وقتك واستعمل صفحة واحدة أو حتى صفحتين متقابلتين لغرض الرسم التخطيطي والعلامات. لا تفسد رسم تخطيطي جيد بعلامات كثيرة أو وضع علامات على الرسم بحيث تجعل أجزاء منه غامضة.

- *مقياس*: ينبغي على جميع الرسومات التخطيطية أن تتضمن مقياس. ما مدى دقة مقياس الرسم سيعتمد ذلك على الغرض من العمل الحقلي. فيما يتعلق بالرسومات التخطيطية للمنحدرات الصخرية أو سفوح التلال وما إلى ذلك، بمجرد الأنتهاء من تثبيت مقياس لجزء صغير (على سبيل المثال، أرتفاع شخص أو حجم مركبة) إستعمل أبهام اليد لتقدير المقياس بالنسبة للرسم المتبقي.

- *إتجاه*: ينبغي أن تتضمن جميع الرسومات التخطيطية إتجاه نسبة إلى الشمال وإشارة واضحة ما إذا كانت منظر علوي، منظر مائل أو مقطع عرضي (على سبيل المثال، منحدر صخري). الطريقة الأبسط لإضافة إتجاه هي بإستعمال سهم شمالي لأي مناظر علوية ولتمييز أو تأشير نهايات المقاطع العرضية بنقاط البوصلة الأقرب، على سبيل المثال، شمال غرب – جنوب شرق أو شمال شمال غرب – جنوب جنوب شرق.



شكل 1.4 مخطط حقلي يوضح بعض الملامح الرئيسية والتي يمكن من المفيد إدراجها في الرسم.

- *الزوايا وهندسة التراكيب*: تُعرض الحدود بين الوحدات والمعالم داخل الوحدات (على سبيل المثال التطبق والتطبق المتقاطع) بشكل أفضل عند الزاوية الصحيحة للميل. وهذا ليس فقط من شأنه أن يجعل المخطط يبدو أكثر واقعية، وإنما سوف يكون أكثر دقة ويجعل تحديد المعالم أسهل. عموما يميل الناس إلى تضخيم الزوايا (أي جعلها أكثر حدة). التقنية البسيطة في الحصول على تخمين جيد للزاوية هو بوضع بوصلتك على وضع مقياس الميل (الاشكال 6.2 (خطوة 2) و 7.2 (خطوة 3)) ومن ثم أمسك البوصلة على طول الذراع مع الحافة الطويلة للبوصلة عند نفس الزاوية للمعلم المراد تخمين ميله، أقرأ الميل الظاهري عن بعد.

- *صناديق الإدراج لمزيد من التفاصيل*: أحيانا يكرر المعلم الجيولوجي نفسه على مقياس صغير، أو أن هناك جزء معين من المنحدر الصخري تحتاج إلى أن تجمع بيانات عنه بتفصيل أكثر. وهكذا بدلا من وضع التفاصيل في الداخل لكامل وجه المنحدر الصخري، هناك تقنية مفيدة هي في رسم المعالم الرئيسية على المخطط ومن ثم إضافة صندوق للإشارة إلى المنطقة حيث تم أخذ الصورة الفوتوغرافية أو تم إنشاء مخطط أكثر تفصيلا (شكل 2.4). وهذا يتيح لك أيضا رسم جزء مفصل على مقياس أكبر إذا كان ذلك مناسبا.
- *اللون*: قلم الرصاص أخضر اللون يمكن أن يكون مفيد لإظهار الغطاء النباتي ويفصله بوضوح عن الجزء الجيولوجي في الرسم.

2.3.4 الرسومات التخطيطية للمكاشف

عادة ما تُستعمل الرسومات التخطيطية الكاملة أو أجزاء نموذجية من المكاشف كالمنحدرات الصخرية البحرية ووجوه المقالع لملاحظة وإظهار واحد أو أكثر مما يلي:

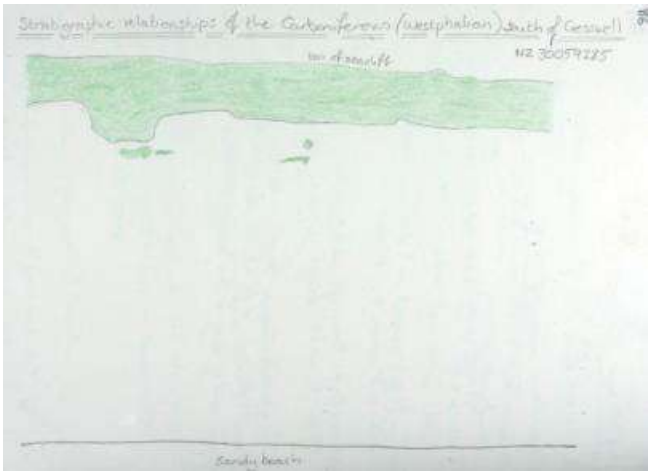
- الوحدات الرئيسية والعلاقات الهندسية بينها،
- التراكيب ذات المقياس الكبير (أمتار إلى عشرات الأمتار) كالطيات، الصدوع والانقطاعات الزاويّة،
- موقع القياسات الأكثر تفصيلا (على سبيل المثال العينات) بحيث يمكن إعادة تعيين الموقع المحدد بسهولة.

يفضل في معظم الحالات، تخصيص صفحة كاملة أو حتى صفحتين متقابلتين من المفكرة الحقلية عند إنشاء رسم تخطيطي لمنحدر صخري أو وجه مقلع. يوضح (شكل 2.4 ب – و) كيف يمكن بناء رسم تخطيطي لمنحدر صخري موضح كصورة في شكل 2.4أ. بينما يتم تقسيم هذه التعليمات إلى خطوات مقترحة قد يكون من الضروري تعديل الترتيب أعتمادا على الموضع، أو العودة إلى خطوة سابقة للإضافة أو التعديل. إن الهدف من التمرين في حالة شكل 2.4 هو تلخيص الوحدات الصخرية الرئيسية والعلاقات بينها.

1. قيّم الوحدات

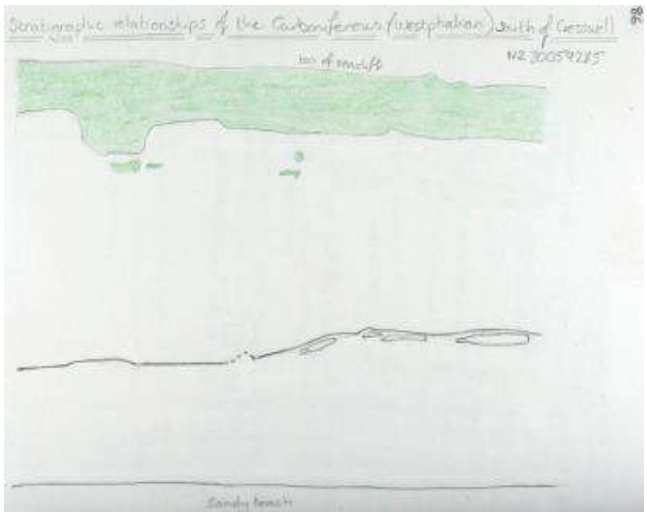
أقضي بعض الوقت في النظر إلى المكشف وحدد عدد الوحدات هناك. أبحث عن أي معالم رئيسية كعلاقات التقاطع أو الإزاحات. أختر جزء تمثيلي من المنحدر الصخري لرسمه (موضح بالمستطيل الأصفر).

2. أرسم مخطط تمهيدي



أتخذ قرار بشأن التوجيه الأفضل لمفكرتك بالنسبة للرسم التخطيطي. ضع عنوان رئيسي/عنوان فرعي عند أعلى الصفحة، مفصلا موضوع الرسم والأهداف. أرسم مخطط تمهيدي للمنطقة أولا، أعني قاعدة وقمة المنحدر الصخري، ومد الرسم أفقيا إلى حافة المنطقة المختارة. إذا كانت هناك مناطق من الغطاء النباتي أضف أهمها على الأقل كنقاط مرجعية.

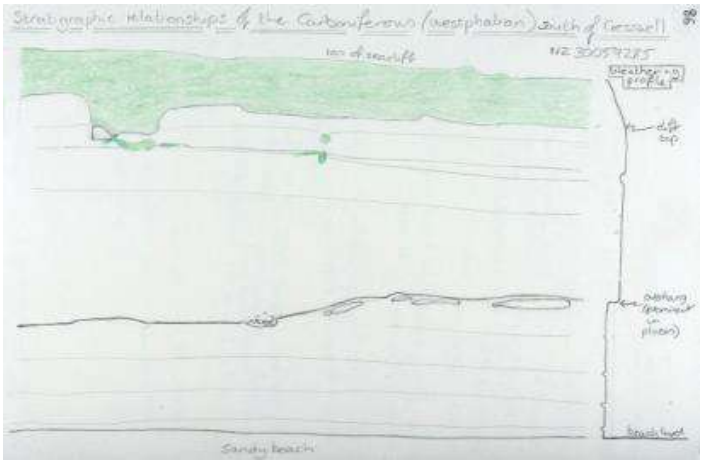
3. أرسم الحدود الجيولوجية الرئيسية



أرسم الحدود الرئيسية بين الوحدات. وبينما تقوم برسم الحدود أنتبه فيما إذا كانت الحدود حادة، أو متدرجة، متموجة أو مستوية. إستعمل خط سميك وواضح بالنسبة للحد الذي يكون حاد ومميز، وخط متوسط الكثافة بالنسبة لتلك الحدود المتدرجة. إستعمل بوصلتك لتقدير الزوايا الظاهرية وابهامك مرفوع أمامك مع أمتداد ذراعك لتقدير السمك النسبي للطبقات. تأكد من أن الحدود بين الوحدات مستمرة بأمتداداتها الكاملة، إذا حجبت الحدود بغطاء نباتي أو مادة منزلقة قم بتأشير ذلك.

شكل 2.4 سلسلة من رسومات تخطيطية تظهر كيف يتم انشاء مخطط حقلي لهذا المكشف تدريجيا. لاحظ أن المعالم غير المهمة كالشقوق الكبيرة قد تم اهمالها لأنها سوف تقلل من المعالم الجيولوجية المهمة.

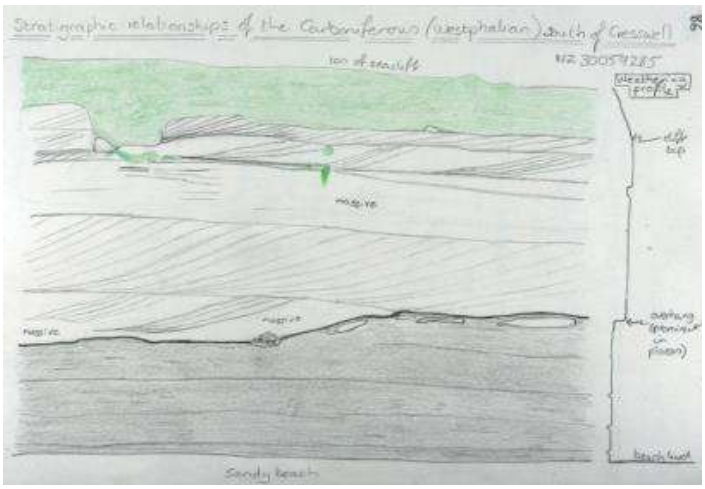
4. أرسم حدود أي وحدات فرعية ومقطع تجوية



حيثما هناك تجوية تفاضلية للوحدات الصخرية قد يكون من المفيد في هذه المرحلة رسم مقطع تجوية على جانب الرسم متعلق مباشرة بكل وحدة من الوحدات الصخرية. ويمكن إستعمال هذا لإعادة تعيين موقعك على الرسم خصوصا في حالة وجود عدة وحدات. أرسم داخل حدود أي وحدات فرعية بإستعمال خطوط بسمك وثخن مناسب. إذا كان مناسبا، أضف معالم أخرى كركام المنحدرات ومزيد من التفاصيل حول النقاط المرجعية كالغطاء النباتي لمساعدتك على تحديد الأجزاء المختلفة من الرسم ولكن تأكد من أن هذه سوف لن تقلل او تنتقص من الجزء الرئيسي للرسم.

---

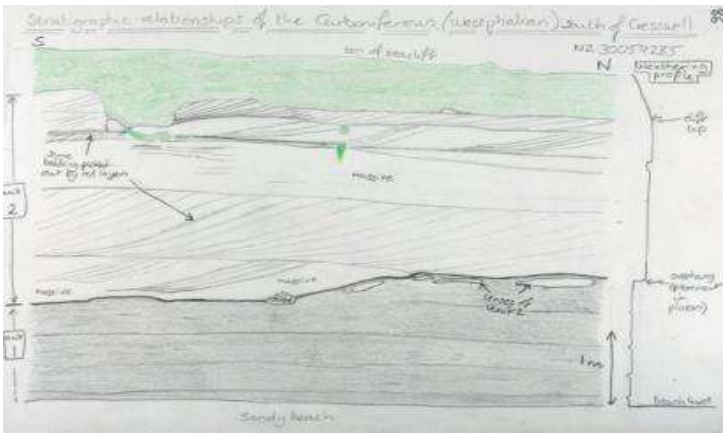
5. أرسم التفاصيل داخل كل من الوحدات



عاين كل من الوحدات وأضف ما يلي: تظليل أية وحدات غامقة اللون (إستعمل كثافات مختلفة من التظليل حسب الحاجة)، أية تفاصيل داخل كل من الوحدات/ وحدات ثانوية بإستعمال خطوط رفيعة، على سبيل المثال، طبقات أنحف، تراكيب رسوبية، طيات،الخ. تأكد من أنك كلما أضفت إلى الرسم التخطيطي تبقى الحدود بين الوحدات الرئيسية محددة بشكل واضح. إذا كان لجزء من الرسم هناك معالم يصعب تمييزها، او لا تملك وقت لإضافة التفاصيل، علّم الرسم وفقا لذلك (على سبيل المثال، معالم غير واضحة، صخر كتلي).

---

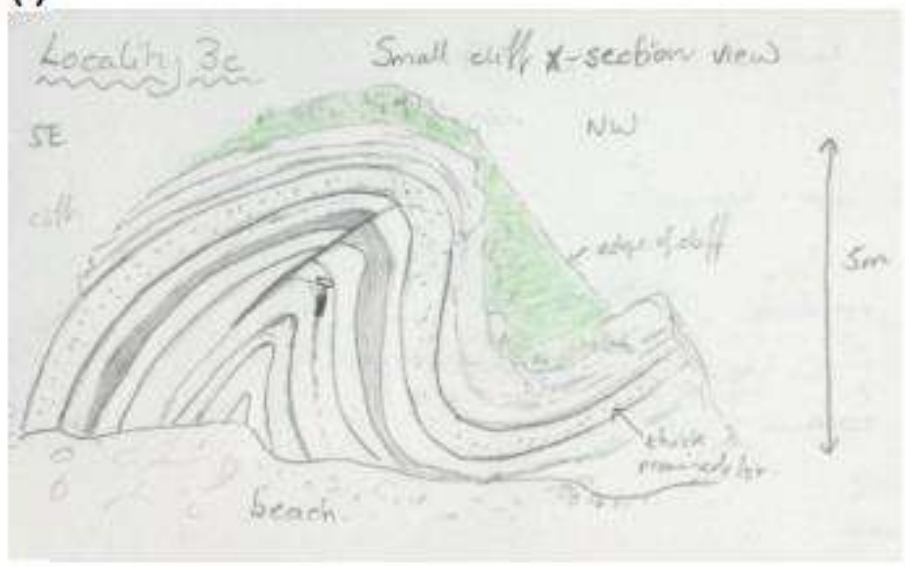
6. أضف اللمسات الأخيرة



أضف مقياس، إتجاه وعدد/أسم بحيث يمكنك الرجوع إلى كل منها في ملاحظاتك الإضافية. أكمل الرسم التخطيطي المفصل لكل جزء رئيسي وحدد كيف يمكن لتلك الأجزاء أن ترتبط برسمك الرئيسي.

تكملة شكل 3.4 يمثل الوجه الصخري كما لو تم إسقاطه على مستوي عمودي ثنائي الابعاد

(أ)



(ب)

شكل 3.4 (أ) صورة فوتوغرافية و(ب) رسم تخطيطي لطية يوضح تقنية تتبع عدة طبقات رئيسية من خلال التركيب من أجل توضيح شكل الطية العام.

هناك بعض النصائح الأخرى:

- إذا كان المكشف مؤلف من عدد من الطبقات الرقيقة مع عدم وجود وحدات مميزة، ركز على طبقة أو طبقتين وإستعملهما لوصف كل التركيب في المنحدر الصخري (على سبيل المثال، شكل 3.4).

- إذا كان وجه المنحدر معقد من الناحية التركيبية قد يكون لديك أكثر من تفسير محتمل. يتم إظهار هذا إما عن طريق إنجاز أكثر من رسم تخطيطي، وإما إتمام رسم تخطيطي وإضافة عدة رسومات صغيرة بسيطة لتوضيح التفسيرات المختلفة أو إستعمال ألوان مختلفة لوصف تفسيرات بديلة.
- إستعمل خطوط بثخن مختلف للتمييز بين حدود واضحة ومتدرجة. إستعمل التظليل لأختيار وحدات داكنة اللون.
- لا تحاول وترسم طبيعة ثلاثية الأبعاد لوجه المنحدر. هذا سيجعل الرسم معقد جدا. تخيل بدلا من ذلك أن الطبقات مسقطة على مستوي.
- إذا كان الرسم لتغطية منطقة ممتدة أفقيا أضف مقياس أفقي وجزّء الرسم التخطيطي إلى لوحات مصغرة.

3.3.4 رسم معالم بمقياس متر وسنتمتر

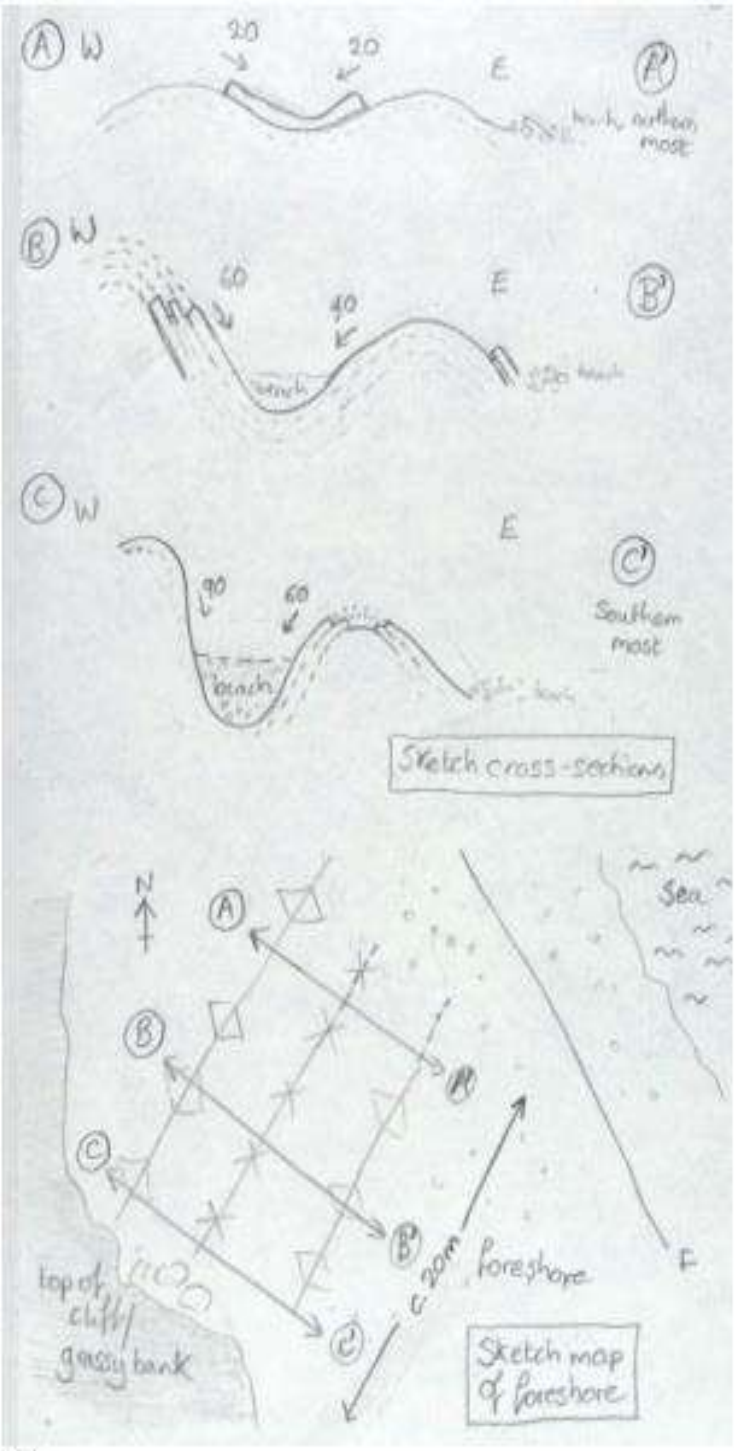
تظهر جميع المعالم الجيولوجية في ثلاثة أبعاد، سواء كان ذلك راجعا إلى تشوه الصخور، العمليات الرسوبية أو العمليات الإندساسية. هناك قلة قليلة من الأشخاص قادرين على الرسم في ثلاث أبعاد بوضوح، إلا أن معظمنا غير قادرين على فعل ذلك. بالنسبة لبعض المعالم كالصدوع والتطبق يكون التمثيل ثنائي الأبعاد كافيا. ومع ذلك، حيثما يحتاج إلى تسجيل المعالم ثلاثية الأبعاد الأكثر صعوبة كالطيات أو التراكيب الرسوبية، هناك حلين بسيطين أعتمادا على المعلم المراد تسجيله.

- أرسم رسمين أو أكثر لوجوه المنحدر تكون بزاوية قائمة تقريبا مع بعضها البعض لتوضيح الخصائص ثلاثية الأبعاد. ومن المهم في هذه الحالة أختيار وجوه المنحدرات الأكثر تمثيلا.
- سجل المعالم كخارطة بمقياس صغير وكمقطع عرضي (على سبيل المثال الطيات المحدبة والطيات المقعرة في شكل 4.4).

(أ)

(ب)

خط المقطع في (ج)



(ج)

شكل 4.4 (أ) صورة فوتوغرافية لعدة طيات غاطسة. (ب) تفاصيل من (أ) تظهر خطوط المقاطع العرضية في (ج). (ج) سلسلة من الرسوم التخطيطية البسيطة للمقاطع العرضية وخارطة أولية من مفكرة حقلية توضح كيف يمكن تسجيل الخصائص ثلاثية الابعاد لهذه الطيات بسهولة في بعدين. يمكن أن تحسن الخارطة بإضافة قيمة عددية لإتجاه المضرب للآثار المحورية.

هناك تقنية أخرى مفيدة عند رسم التراكيب، وهي التأكد من أن الاشكال الهندسية يجري رسمها بزاوية صحيحة. وهذا يعني التحقق من الزاوية الظاهرية لأية سطوح مائلة ورسمها ضمن حوالي 5° (أنظر فقرة 1.3.4 لكيفية فعل ذلك ببوصلة – مقياس ميل) وكذلك إظهار العلاقة الهندسية بين الأجزاء المختلفة بشكل صحيح. على سبيل المثال، في ترسبات متطبقة متقاطعة تميل الطبقات عموما بين حوالي 10° و 25° ولا تصل إلى أعلى من 40° ؛ لا تقطع الطبقات المنفردة بعضها البعض عرضيا؛ وقاعدة الطبقات تسير في شكل مماسي على سطح سفلي يمثل التطبق الحقيقي (على سبيل المثال، ملحق 6؛ الأشكال م14.6أ و ب). يفضل في كثير من الأحيان تسجيل الأحافير بالصور أيضا. الرسم له ميزة جعل الجيولوجي يلاحظ المعالم، ولكن غالبا ما تكون الحفريات معقدة جدا بحيث الصورة تكون أسرع وأسهل. إذا كان المتحجر محجوب جزئيا أو يمتلك شكل معقد ثلاثي الأبعاد (على سبيل المثال، بعض الجحور)، أو أنك تحتاج إلى إظهار الإطار العام، عندئذ قد يكون الرسم ضروري أيضا في إظهار الشكل العام وكيف ترتبط الأجزاء المختلفة. هذا يضمن أمتلاكك سجل تفسير لكيفية تطابق الأجزاء المختلفة معا لتمكين وضع الصور في داخل إطار.

4.3.4 خرائط أولية

يمكن إنشاء خرائط أولية لإظهار المناطق المهمة عند دقة مكانية عالية بحيث يمكن الانتقال إلى المنطقة في وقت لاحق. وهي أيضا يمكن أن تستعمل لوصف العلاقات الجيولوجية بشكل تخطيطي والتي لا يمكن أن تظهر على رسم تخطيطي واحد. تحتاج الخرائط الأولية إلى مقياس تقريبي وسهم يشير إلى الشمال الجغرافي. وعليك أن تدرج معالم تضاريسية كافية، مثل حافة وجه منحدر صخري أو بنايات أو بحر، إضافة إلى الطريق لوضع المادة الجيولوجية المحددة في داخل إطار. تذكر أنه لا حاجة لإعادة إنتاج خرائط تضاريسية مفصلة هي منشورة بالفعل وإنما بدلا من ذلك يمكنك التعليق أو تدوين ملاحظات عليها. ينبغي أن تضيف الخارطة الأولية شيئا جديدا ومفيدا. إذا كنت بحاجة لإنتاج خارطة جيولوجية دقيقة عندئذ يجب أن تكون تسجيلاتك مرسومة بدقة على خارطة حقلية تضاريسية أو صورة جوية.

4.4 ملاحظات مكتوبة: تسجيل بيانات، أفكار وتفسير

1.4.4 مسودة تسجيل البيانات والملاحظات

يمكن أن تتراوح الملاحظات المكتوبة عن المشاهدات والبيانات العلمية الخام التي تقوم بجمعها من وصف الصخور والمتحجرات، إلى قياسات تركيبية إلى ملاحظات أكثر تفصيلا عن العلاقة بين الأجسام الصخرية.

وينبغي لتلك الملاحظات والبيانات أن تكون ملاحظات قصيرة بدلا من جمل كاملة لأنها تستغرق وقت طويل في الكتابة ويمكن أن تصرفك عن النقطة الرئيسية. النقاط، العناوين الفرعية الواضحة والقوائم المرقمة هي أسلوب مفيد ليتم أعتماده بالنسبة للملاحظات الحقلية لأنها تشجع على الإيجاز وتجعل استيعاب النقاط الفردية أسهل. عند القيام بجمع الكثير من المعلومات الرقمية، يكون من الأفضل تقديمها في شكل جدول. وهذا سيجعل تقييمها أسهل بسرعة في حال تم تسجيل كل المعلومات اللازمة، كما يساعد أيضا في تحويلها إلى صيغة إلكترونية. كما يمكن أن تكون مفيدة أيضا في تطوير أختصاراتك الخاصة بك بالنسبة للمعالم التي تستعملها عادة.

نظرا لأن التقييدات في العمل الحقلي تميل إلى التغير في كثير من الأحيان فمن المفيد أن نستعرض وبصورة منتظمة التقدم المحرز وإنشاء قائمة مهام إضافية (كالمهام المطلوب إنجازها والتوقيت المحتمل). ومن الشائع أيضا عمل قائمة موجزة للنماذج التي تم جمعها . هذا يساعد على ضمان أحتفاظ كل عينة برقم مميز، وضع المعلومات في شكل يسهل الوصول إليها ويسمح بإضافة معلومات أخرى.

2.4.4 مسودات تسجيل التفسير، المناقشة والأفكار

إضافة إلى تسجيل بيانات جديدة، يجب عليك أيضا وأنت في الحقل تسجيل الأفكار، الأسئلة والتفسيرات المحتملة لتساعدك على أختبار النظريات المنافسة. قد يكون هذا على شكل قائمة، شكل أو حتى سلسلة من الرسوم الكاريكاتورية التي توضح التاريخ الجيولوجي.

غالبا ما يكون من المفيد تسجيل طريقة التفكير بصورة كاملة بحيث يمكنك إعادة تحليل هذا في مرحلة لاحقة. عند جمع البيانات الحقلية، غالبا ما يتبادر إلى الذهن تفسيرات مختلفة محتملة بسبب إستغراقك كليا في المعلومات، وهذا يكون صحيح لا سيما عندما تعمل مع شريك في الحقل أو كجزء من فريق. يجب أن لا تكون التفسيرات والأفكار التي تجمعها في الحقل مجرد "الجواب الصحيح المدرك أو الذي يأتي من قائد المجموعة" لأن البيانات الجديدة قد تغير التفسير. كما أن تسجيل التفسير والأفكار الأخرى يمكن أن يساعد في تأكيد صحة أي من الفرضيات العديدة وتحديد ما يجب القيام به من ملاحظات أخرى. تأكد من أنك تفصل البيانات عن التفسير بالإضافة إلى ملاحظة أصل التفسير.

5.4 المضاهاة مع مجاميع البيانات الأخرى والتفسيرات

إن مضاهاة بيانات حقلية جديدة، إما مع مجاميع بيانات تم جمعها سابقا أو تلك المنشورة في الأدبيات هي جزء رئيسي للعديد من الدراسات الجيولوجية. وذلك لأنها تتيح لنا دمج البيانات والحصول على صورة أكثر تكاملا بكثير من خطوط مختلفة من الأدلة، وبالتالي تعزز من فهمنا. هناك أسباب عديدة لإعادة زيارة المكاشف والمناطق المدروسة سابقا: (1) توفر تقنيات جديدة، (2) تغير المكاشف، (3) إستعملت المكاشف لأختبار أو إنشاء موديل أو فرضية وهي الان موضع شك، (4) مزيد من الموارد المتاحة لدراسة الموقع، (5) أسفرت العينات التي تم تحليلها من الموقع عن نتائج مثيرة للاهتمام تستحق المزيد من التحري وبالتأكيد (6) لنتعلم ببساطة عن الجيولوجيا.

يجب أن تكون المضاهاة بين بياناتك الخاصة بسيطة تماما حتى لو تم جمعها خلال مواسم حقلية مختلفة بشرط أحتفاظك بملاحظات حقلية جيدة! غير أن المضاهاة مع مجموعة بيانات وتفسيرات الآخرين يمكن أن تمثل في بعض الأحيان تحديا. هناك سببين رئيسيين لهذا: لا تُنشر الملاحظات الحقلية عادة، وتغير المكاشف. للتركيز على التحليل والتكامل خذ بنظر الأعتبار الخطوات التالية:

1. اقرأ النشريات وحدد البيانات. قم بعمل ملاحظة عن أية أسئلة تثير التفسير والتي يمكن الإجابة عليها بمزيد من العمل الحقلي أو بتطبيق تقنيات حقلية جديدة.

2. خذ الجزء ذي الصلة من الأدبيات (أي البيانات) إلى الحقل وحاول إعادة تحديد الوحدات التي جُمعت منها البيانات. أولا، جد المعالم/ الوحدات الرئيسية بإستعمال معلومات الموقع. ثم ضاهي ما يمكن أن تلاحظه مع معلومات أكثر تفصيلا.

3. تحقق من أي تضارب أو أختلاف وقم بعمل ملاحظة عنه.

4. أبتكر طريقة لربط بياناتك الحقلية الجديدة مع النشريات.

5. إذا كان تكامل البيانات أمر أساسي، وغير واضح من النشرية كيفية مضاهاتها، فكر في الأتصال بمؤلف النشرية.

الفصل الخامس

تسجيل المعلومات الأحفورية

1.5 مقدمة: الأحافير هي جسيمات ذكية

على عكس العديد من الجسيمات الرسوبية كحبيبات الكوارتز، كل أحفور لديه قصة تتجاوز تركيبه والطريقة التي أنتقل بها وترسب. يمثل الجسم الأحفوري بقايات كائن حي قديم أمتلك تاريخ حياة، تحمل بيئي معين ومدى محدد من حيث التوزيع الجغرافي والطباقي. قد يكون جسم الأحافير كبير كما في حالة الماموث المحنط الكامل أو مجهري كحبيبات اللقاح. تمثل آثار الأحافير طبعات صنعها الكائن الحي في الراسب كطبعة القدم، أو تعكير الراسب عند ذهاب الحيوان ليتغذى، أو الحفر لخلق مساحة للعيش. يمكن للأحافير أيضا أن توفر دليل حول عملية تفسخها، الدفن والتاريخ التكتوني، كل منها يوفر معلومات عن البيئات القديمة. وعلاوة على ذلك تظهر الأحافير في تجمعات قد تعكس مجتمعات الحياة السائدة أو عمليات النقل، الترسيب والتفسخ والتي يمكن أيضا أن تخبرنا عن الظروف البيئية القديمة. الأحافير هي "جسيمات ذكية".

1.1.5 لماذا الأحافير مهمة؟

يمكن أن يُستعمل تواجد الأحافير في معظم الصخور الرسوبية، وبندرة أكثر في الصخور النارية السطحية كتدفقات حمم البازلت ورواسب الرماد، في الحصول على معلومات طباقية، بيئية وتطورية. يمكن للأحافير أن توفر ما يلي:

- ثروة من المعلومات عن أشكال الحياة القديمة وبالتالي مهمة في فهم تاريخ الحياة على الأرض وموقعنا ضمن هذا التاريخ،
- بيانات عن النظم الإيكولوجية القديمة والبيئة القديمة التي لها صلة بإدارة كوكبنا اليوم وفي المستقبل،
- بيانات كمّية ونوعية عن المناخات القديمة، وطريقة لإختبار صلاحية الموديلات المناخية لمدى من الأشكال المناخية،
- أساس التأريخ النسبي ومضاهاة الوحدات الصخرية؛ بعض الأحافير الكبيرة هي الوسيلة الوحيدة حاليا والتي من خلالها يتم إعطاء الصخور العمر النسبي في الحقل (عدا التعالي والتقاطع)،
- معلومات عن الظروف الكيميائية والحيوية بعد وفاة الكائن الحي، وفي وقت الدفن وبعد ذلك خلال تاريخ الدفن للكائن، وهذه البيانات مهمة لتحديد، على سبيل المثال الأحتمالية الهيدروكاربونية للوحدات الصخرية.

2.1.5 جمع البيانات الأحفورية

بالنسبة للأحافير المنظورة بالعين المجردة، تُعتبر الملاحظة الدقيقة للشكل، أسلوب الحفظ، الإتجاه، الحالة من حيث الأحافير الأخرى (خصائص التجمع)، الموقع الطباقي والعلاقة مع الترسبات المدفونة كلها أساسية للتفسيرات الأحفورية الناجحة. غالبا ما تمثل الطبيعة ثلاثية الأبعاد لكل من أجسام وآثار الاحافير تحديا في التعرف على نوع المتحجر. ومن المهم تسجيل الإتجاه والتعرف على خصائص تنوع المقاطع من خلال الأحافير. أفضل مواد المعدات الحقلية لتسجيل الأحافير هي:

- مفكرة لعمل الرسوم التخطيطية،
- عدسة يدوية لدراسة التفاصيل،
- آلة تصوير.

عموما، بدلا من إزالة الأحافير، يفضل تركها في مكانها لتشاهد وتفسر من قبل الآخرين. يعتبر الموقع والبيئة الرسوبية للمتحجر هي من الأهمية بمكان. الأحافير بدون معلومات عن المصدر هي ذات قيمة ضئيلة باستثناء الخصائص الجمالية. مصطلح "المصدر" هنا لا يشمل فقط الموقع الجغرافي، ولكن أيضا معلومات عن الموقع الطباقي فضلا عن طبيعة التعاقبات الرسوبية والسحنات الرسوبية التي تحيط به. هذا يعني بناء سجل رسوبي للتعاقب بضمنه بيانات المتحجر.

إذا كنت بحاجة إلى جمع الأحافير ستحتاج إلى مراعاة ما يلي:

- هل الموقع محمي من قبل القانون؟ إن العديد من مواقع الأحافير في العالم هي الان تحت الحماية القانونية. تختلف طبيعة التشريعات من بلد إلى آخر ولكن عادة ما تُمنح الحماية لسبب وجيه، على سبيل المثال من أجل الحفاظ على الموقع. يتطلب تصريح خطي لجمع الأحافير أو بخلافه سيتم خرق القانون.
- هل الموقع على أرض مملوكة للقطاع العام؟ العديد من مواقع الأحافير هي على أرض مملوكة للقطاع الخاص حيث يكون التصريح بالدخول متحكم فيه. وفي حالة المقالع و/ أو المناجم هناك أيضا مسائل قانونية وسلامة محددة. وينبغي دائما الحصول على تصريح خطي عندما تنوي جمع الأحافير على أرض خاصة. عند طلب تصريح يجب عليك أن تحدد: (1) لماذا أنت مهتم بالموقع، (2) ما الذي تنوي القيام به في الموقع (على سبيل المثال، عمل تسجيل شامل للصخارية، المعالم الرسوبية، جمع العينات، الخ)، (3) متى تنوي الوصول وكم تنوي البقاء، و(4) كم عدد الذين سيكونون في الفريق

الحقلي. عند زيارة المقالع العاملة و / أو المناجم سوف تكون هناك حاجة إلى الالتزام بقواعد موقعية معينة تتعلق عادة بقضايا السلامة.

- هل يمكن إزالة المتحجر بآمان بدون تدميره أو تعريض الجامع والمحيطين به إلى الخطر؟. السلامة أساسية في الحقل. لا تضع نفسك أو الآخرين في موقف خطير ودائما أترك المواقع في حالة آمنة.
- هل جمع الأحافير ضروري حقا للمساعدة على الفهم؟. يجب أعتبار جمع الاحافير أمتيازا وليس حقا. وبصرف النظر عن أي شيء آخر، يجب أن لا تضع نفسك في خطر بدون مبرر معقول، عن طريق عملية الجمع أو عبر إستعمال طريقة أو أدوات خاطئة، فالمتحجر كان جزء من الأرشيف الطبيعي للأرض لملايين السنين.

أحيانا يكون جمع الأحافير ضروري لدراسة علمية مفصلة وخصوصا عندما يجري تصنيف أنواع جديدة أو يجري توسيع أنواع رئيسية. وهذا لأنه في ظل الرموز الدولية للتسمية النباتية والحيوانية يجب حفظ نوع العينة في متحف لتكون بمثابة مادة مرجعية.

إستعادة أجزاء الرفات الكبيرة (مثل هياكل عظمية لديناصور) يتطلب معدات ومواد ميكانيكية لحماية الأحافير أثناء النقل إلى المختبر. إذا كنت محظوظا بما فيه الكفاية للعثور على هذه البقايا لا تحاول إستخراجها بنفسك. بدلا من ذلك أتصل بالخبراء المناسبين، على سبيل المثال بالمتحف المحلي، الذي سيكون لديه المعرفة والموارد اللازمة لاسترداد الحفريات بآمان و، قدر الإمكان، سليمة.

2.5 أنواع الأحافير والحفظ

1.2.5 تصنيف المتحجر

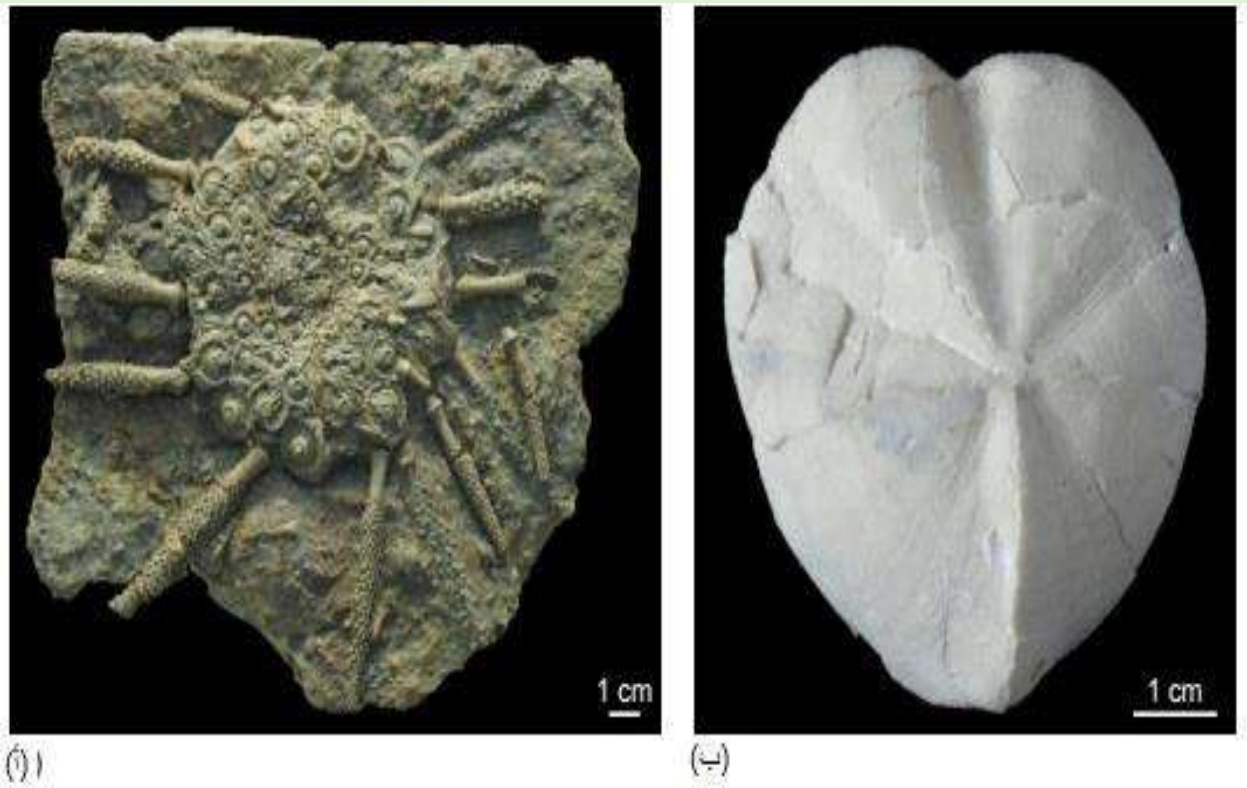
قد لا تكون قادرا على التعرف على كل متحجر تجده في الحقل. وفي الواقع لا تحتاج إلى ذلك. هناك الكثير مما يمكن إستنتاجه من الكائن الحي في الحقل من خلال الملاحظة الدقيقة ويمكنك عمل تصنيف قائم على ملاحظة بسيطة، على سبيل المثال التماثل. حتى لو كنا لا نعرف شيئا عن الهوية التصنيفية للمتحجر (كما هو الحال غالبا مع الأنواع المكتشفة حديثا) يمكننا أن نستنتج الكثير عن طريقة حياته وبيئته القديمة وذلك عن طريق فحص هندسته المعمارية وحالته داخل الصخر المدفون (1.5 مثال عملي).

تتحجر النباتات دائما كأجزاء مبعثرة (أوراق، ثمار/ بذور، حبوب لقاح/ أبواغ، جذوع وجذور) ومعظم الوقت لا نعرف أي الأجزاء تنتمي معا لتحديد أنواع منقرضة محددة. لهذا السبب كل عضو يمتلك أسم لاتيني خاص

به. بكل دقة ممكنة حاول أن تسجل شكل كل جزء من النبات بما في ذلك الشكل، الحجم والزخرفة، وفي حالة الأوراق تعتبر تفاصيل الحافة وترتيب العروق مهمة أيضا.

نادرا ما يمكن تحديد الأحافير المجهرية في الحقل وغالبا ما يتم جمعها من دون معرفة فيما إذا كان النموذج حاويا على الأحافير المجهرية.

مثال عملي 1.5 استعمال الملاحظات الشكلية لإستنتاج أسلوب الحياة



شكل 1.5 عينتين من شوكيات الجلد بأشكال مختلفة أختلافا واضحا. (أ) أركيوسيدارس Archaeocidaris، (ب) ميكاستر Micraster

يُظهر شكل 1.5 عينتين من شوكيات الجلد. أحدها (مصنف أ) بصدفة مدرعة بقوة و(مصنف ب) آخر بصدفة أنعم وأكثر أنتظاما. يمكن إستعمال هذه الخصائص الشكلية لتحديد أيهما أكثر أحتمالا للعيش داخل الرواسب. في حالة مصنف أ سيولد أمتلاك أشواك كبيرة عائق كبير في حال كان الكائن يحاول الحفر داخل الراسب. إذن سيكون من المعقول أن نخلص إلى أن مصنف أ هو أكثر عرضة للعيش على سطح الرواسب، في حين أن مصنف ب الأنعم والأكثر أنتظاما أكثر عرضة للحفر في الرواسب. وهذا لا يعني أن جميع الكائنات الحية التي تعيش على السطح هي مدرعة بقوة (وبعضها أملس) ولكن من الصحيح القول أن الكائنات غير الحافرة تمتلك نتوءات صلبة والتي سوف تعيق مرورها خلال الرواسب.

2.2.5 حفظ جسد المتحجر

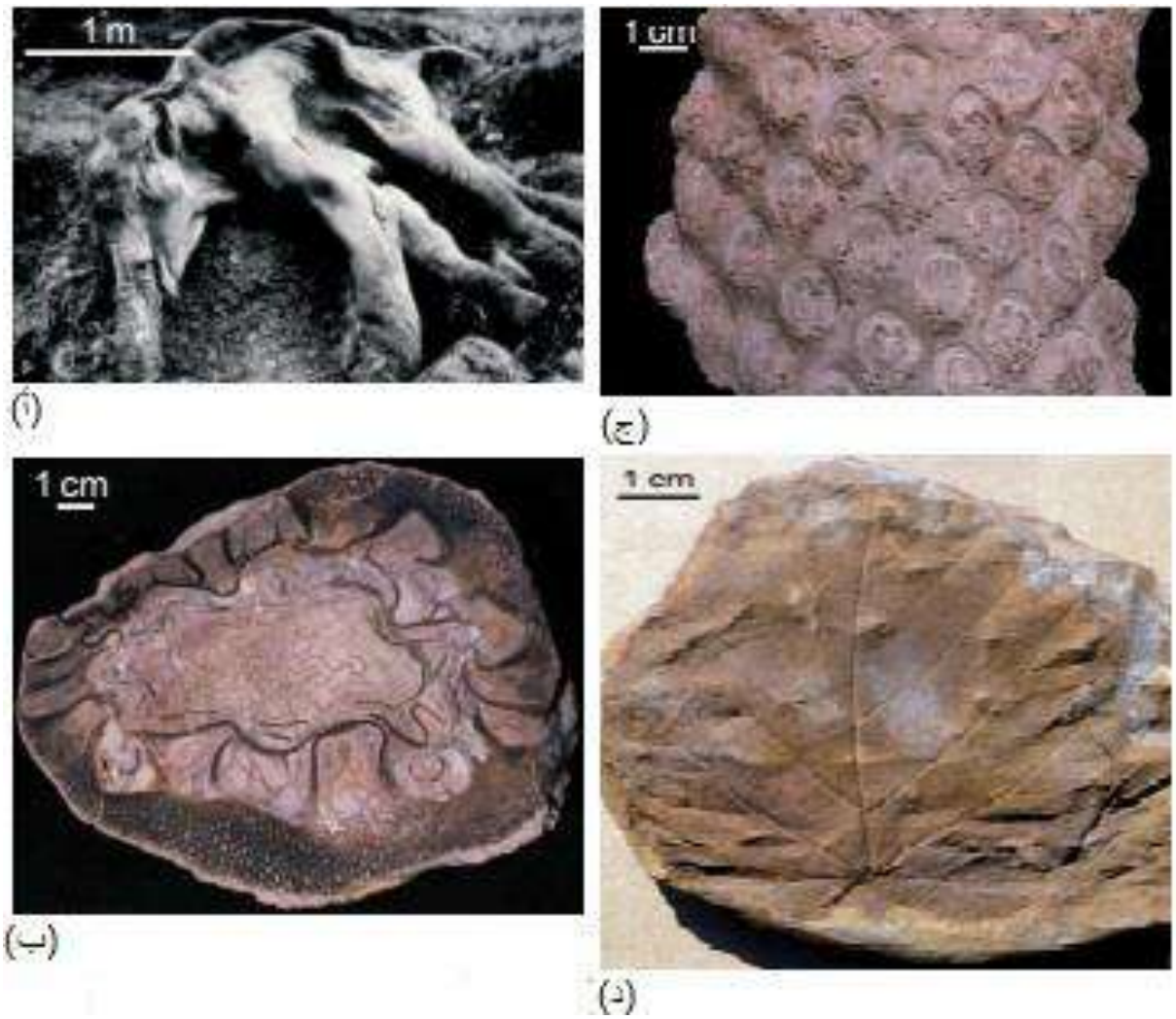
تبين طريقة حفظ جسد المتحجر الكثير حول نقله، ترسيبه وتاريخ دفنه إضافة إلى التاريخ الكيميائي والتكتوني للرواسب المدفونة. تمييز وتسجيل طريقة الحفظ مهم لفهم العمليات خلال الترسيب والدفن (أنظر شكل 2.5، وملحق 5، جدول م1.5 لطرق الحفظ الشائعة).

طرق الحفظ ليست مختلفة عن بعضها البعض، ويمكن أن تتأثر كلها بالانضغاط مع مرور الزمن. إذا كانت أجزاء الجسم بطبيعتها تقاوم الانضغاط و/ أو تمعدنت/ تحجرت سريعا بعد الدفن، قد يكون التسطيح ضئيلا جدا. مدى التسطح نسبة إلى انضغاط الراسب يشير إلى توقيت التمعدن نسبة إلى الدفن وحمولة الراسب. هناك دائما مزيد من التشوهات الجانبية نتيجة للتكتونية ويمكن أن تكون مهمة في فهم التاريخ التركيبي للمنطقة. بالتزامن مع الملاحظات عن أطوار التمعدن يمكن إعادة بناء البيئة الكيميائية المتغيرة خلال الزمن.

أحتمالية حفظ الكائن في السجل الأحفوري يعتمد على: (1) مكان موت الكائن نسبة إلى البيئة الترسيبية (وبالتالي طول مسافة النقل إلى تلك البيئة)، (2) طبيعة تلك البيئة (والأهم هو كيميائية البيئة ومدى أفتقارها للأوكسجين)، (3) معدل الترسيب وبالتالي سرعة الدفن، (4) طبيعة الراسب (تقل نسبة الأوكسجين في الرواسب ناعمة الحبيبات عنها في الرواسب خشنة الحبيبات مما يوفر حماية أفضل لتفاصيل السطح الناعم) و(5) القوة الميكانيكية والتركيب الكيميائي للكائن نفسه. تكون الحيوانات التي تفتقر إلى الأجزاء الصلبة أقل عرضة للحفظ من تلك التي لها بعض المكونات الصلبة. وهكذا فإن عظام الفقريات وأصداف كلسية سميكة من اللافقريات لديها أحتمالية حفظ عالية. بعض أجزاء النباتات مثل حبوب اللقاح والأبواغ لديها أغلفة خارجية مصنعة من بوليمر عضوي يدعى سبوروبولينين sporopollenin وهي مادة ذات مقاومة كيميائية وأحيائية شديدة. وبهذا تمتلك حبوب الطلع والأبواغ أحتمالية حفظ عالية. الخشب والأوراق أكثر عرضة للتفسخ ولكن حتى هذه يمكن أن تزداد أحتمالية حفظها بشكل كبير من خلال تفحمها عن طريق الأحتراق الجزئي قبل دفنها.

3.2.5 آثار الأحافير

على الرغم من أن أجزاء جسم الكائنات الحية التي تصنع آثار الأحافير تقريبا تكون مفقودة دائما، يمكن لآثار الأحافير أن تخبرنا الكثير عن الظروف البيئية، وكذلك وقت صنع الأثر. إن آثار الأحافير لها أفضلية على أجسام الأحافير وذلك لأنه لا يمكن أن يعاد تشكيلها، على الرغم من أنها يمكن أن تشوش أو تدمر من قبل آثار أحافير لاحقة. تقسم آثار الأحافير إلى عدة فئات أعتمادا على السلوك (ملحق 5، شكل م3.5).



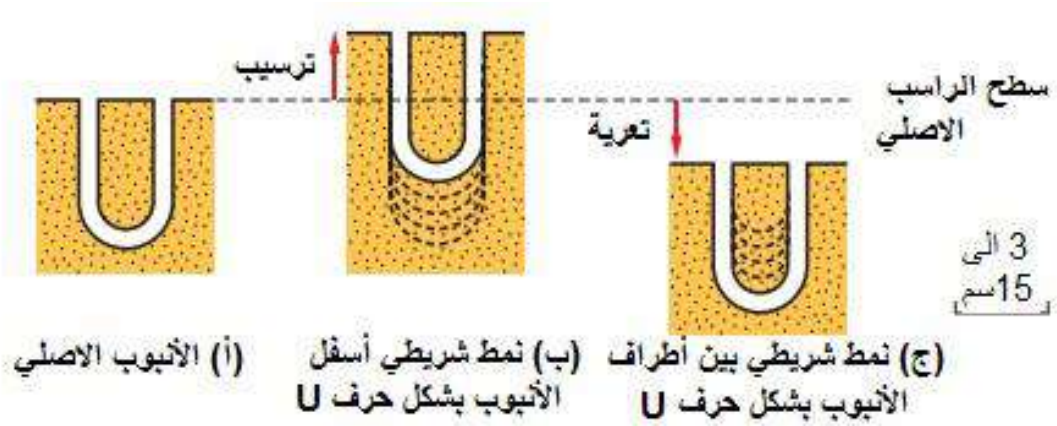
شكل 2.5 طرق حفظ المتحجر. (أ) جسم محنط لماموث وجد في سيبيريا. (ب) مقطع مستعرض مصقول لساق شجرة سرخس متحجرة (متمعدنة). (ج) طبعة جذع شجر السرخس. (د) طبعة ورق نبات.

لا تظهر آثار الأحافير عشوائيا ولكنها موجودة دائما في تجمعات يمكن تمييزها ومع أنواع رواسب معينة. هذه التجمعات أو التعايشات تشكل سحنة أثر Ichnofacies يمكن أن تشير كثيرا إلى الظروف التي رسبت الرواسب. بإستعمال الصور الفوتوغرافية والرسوم التخطيطية، قم بتسجيل ما يلي في الحقل:

- حجم التوزيع،
- الأشكال الهندسية،
- التجمعات أو التعايشات مع آثار الأحافير الأخرى،
- خصائص الترسبات (الفصل السادس)،

- التكرار والكثافة،
- وجود/عدم وجود بطانات جدار حفرة الكائن (على سبيل المثال، مؤلفة من مادة عضوية، شظايا صدفة أو أنواع رواسب مختلفة، الخ.)،
- أبحث عن نمط أنواع آثار الأحافير عموديا في الراسب (ملحق 5، شكل م4.5)، فيما يتعلق بأفق معين شكّل تغير في الترسيب،
- علاقات التقاطع تشير إلى مستعمرات متعاقبة من الراسب وتغير الظروف خلال الزمن.

بينما قد تحمل آثار الأحافير معلومات عن كيفية تحرك الكائنات الحية القديمة، وبالتالي بايولوجيتها، يمكن أيضا إستخلاص معلومات حول ترسب الرواسب والتعرية (شكل 3.5). قد تكون الجحور أو الحفر مملوءة براسب لا يشبه تماما الراسب المصنع منه تلك الجحور، أو التي تعلوه، مما يقترح أن الراسب كان مترسبا ومن ثم تآكل. في كثير من الأحيان قد يكون هذا الدليل الوحيد لعدم التوافق. يمكن أيضا أن تستعمل آثار أحافير ذات أشكال هندسية محددة نسبة إلى سطح الراسب القديم (على سبيل المثال جحور عمودية بشكل حرف U) كتراكيب متجهة للأعلى. أية إزاحة عن الإتجاه الطبيعي سوف يدل على حركة الصخور و/ أو التشوه.



شكل 3.5 رسومات تخطيطية لتوضيح تشكيلة من الأنماط الشريطية او الانبوبية داخل أثر متحجر ديبلوكريتيرين *Diplocraterion* تشكل استجابة إلى الترسيب والتعرية. (أ) وضعية مستقرة حيث لم يحدث ترسيب او تعرية. في (ب) ترسبت الرواسب مما دفع بالكائن إلى الهجرة نحو الأعلى تاركا آثار للحفرة الاصلية بحيث تشوش الراسب أسفله. في (ج) سببت التعرية قيام الكائن بالحفر أعمق تاركا راسب مشوش بين الحفر العمودية

4.2.5 الأحافير الجزيئية

المصير المعتاد لأي كائن ميت هو التفسخ إلى درجة أن لا يتبقى شيء لا من شكله ولا من آثاره التي تُركت كنتيجة لأنشطته. ولكن، حتى في هذه الحالات قد يترك خلفه توقيعه الكيميائي. يمكن في أفضل الظروف أن يحفظ كل أو جزء من جزيئات الحمض النووي DNA ولكن عادة تنجو فقط بقايا من جزيئات مميزة لمجموعة معينة من الكائنات. عندما يتم العثور على تلك الجزيئات يمكننا أن نستنتج شيئا عن التطور وحتى عن البيئات. ومن الأمثلة على ذلك ظهور حلقات سايكلوبنتان مشتقة من الاغشية الدهنية لعوالق بحرية. عدد هذه الحلقات يرتبط مع درجة حرارة سطح البحر.

3.5 توزيع الأحافير وأين يمكن العثور عليها

أفضل طريقة للبحث عن الأحافير هي بفحص قطع مفككة لمادة صخرية "طوف" مشتقة من المكشف. الطوف float (مصطلح عام يقصد به شظايا وكِسر منعزلة ومفرقة ومزاحة من صخر ومنتشرة على جانب تلّة) له ميزة كشف أكبر عدد من أسطح التطبق التي يمكن دراستها من أجل الأحافير. إذا كانت الأحافير مرئية فالخطوة التالية هي محاولة ربط صخارية الطوف الحامل للأحافير بصخاريات موجودة في المكان، على سبيل المثال، وجه الجرف الصخري المجاور. يمكن عندئذ دراسة هذه الصخارية موقعيا بالنسبة للمادة الأحفورية. إذا كانت الأحافير غير واضحة على أسطح التطبق حاول أن تكشف مزيد من مستويات التطبق من خلال شق الكتل بشكل موازي للتطبق بإستعمال إزميل أو نهاية إزميل المطرقة. على الأرجح إن حفظ الأجزاء العضوية للأحافير يحدث في رواسب ترسبت في ظروف منخفضة الاوكسجين حيث تحفظ المادة العضوية المبعثرة بسهولة. وهذا يعني عادة في ترسبات داكنة اللون ذات حبيبات ناعمة مثل الحجر الطيني. ومع ذلك، فهي تحفظ أيضا حيث يكون معدل الترسيب عالي، والظروف مواتية لتمعدن سريع، أو تحدد العمليات الكيميائية من ذوبان الأصداف والعظام. وهنا بعض المعالم الأخرى للبحث عنها:

- *الأحافير الكاربونايتية:* من المرجح أن تكون أجساد الأحافير المؤلفة من أصداف وقشور كاربونايتية، إضافة إلى العظام موجودة في صخور غنية بالكاربونايت مثل الحجر الجيري والطباشير. كما يمكن أن تكون موجودة في صخور فتاتية سليسية بشرط أنها لم تكن في ظروف حامضية أثناء الترسيب والدفن لاحقا.

- *الأحافير السيليكية:* أحافير بقشور سيليكا أو هياكل دياتوم frustules (الدياتوم والراديولاريا) تبقى بشكل أفضل في بيئات حامضية وذلك لأن السيليكا تكون قابلة للذوبان في بيئات عالية القاعدية. ولهذا السبب فمن المرجح عدم العثور على الدياتوم والراديولاريا في صخور غنية بالكاربونايت، ولكن لاحظ أنه حتى في الطباشير فمن الشائع الحصول على تغيرات موضعية كيميائية في زمن الترسيب، مؤدية إلى حفظ الأحافير الغنية بالسليكا (على سبيل المثال أشواك الأسفنج في الصوان).

- *اللون:* يمكن للتغيرات اللونية أيضا أن تكون دليل في العثور على الأحافير. أنظر إلى بقع الأختزال (عادة بقع خضراء أو رمادية عدا ذلك ترسبات رسوبية بنية/ حمراء) وهذه إشارة إلى ظروف موضعية فقيرة بالأوكسجين وقد تكون مترافقة مع بقايا عضوية أو مشتقاتها.

- *التغير في معدل الترسيب:* يمكن لتغير الحجم الحبيبي و/ أو الزيادة في معدل الترسيب أن يكون مفتاحا للعثور على الأحافير. طرد الاوكسجين بعد موت الكائن متعلق بسرعة الترسيب. على سبيل المثال، غالبا ما تدمر الأوراق المتراكمة على ترسبات ناعمة الحبيبات في قاع بحيرة من قبل اللافقريات والفطريات والبكتريا مالم تدفن بسرعة. في مثل هذه الحالات، أبحث عن الأحافير ضمن الحجم الحبيبي الصغير أو المؤشرات الأخرى من ترسب سريع للرواسب.

- *التكافؤ الهيدروليكي:* خلال تدفق المياه (بيئات تدفق الجداول، والأنهار والمد والجزر) هناك دليل هام حول مكان العثور على الأحافير هو مفهوم التكافؤ الهيدروليكي. التكافؤ الهيدروليكي يساوي الخصائص الهيدروليكية (سرعة الترسيب، سرعة السحب، الخ) لمتحجر ما مع تلك الخصائص الهيدروليكية لحبيبة كوارتز. ولذلك على سبيل المثال، عظم ديناصور كبير أو جذع شجرة مشبع بالماء يكافئ هيدروليكيا حصاة كوارتز كبيرة أو صخرة صغيرة.

1.3.5 هل أنتقل المتحجر عن مكان معيشته؟

عندما تجد أحافير من المهم تحديد إذا ما كانت محفوظة في الموقع (محلية النشأة autochthonous)، منقولة إلى موقع الدفن من مكان معيشتها (على سبيل المثال شكل 4.5)، أو أعيد ترسيبها من رواسب أقدم (منقولة النشأة allochthonous). أحافير النباتات الأرضية مثل الخشب المتحجر ضمن ترسبات بحرية عميقة تشير بوضوح إلى النقل. قد لا يكون حدوث أو عدم حدوث النقل واضحا. على سبيل المثال، الفحوم (الخث المحفوظ) يمكن أن تكون إما محلية النشأة او منقولة النشأة. الفحم محلي النشأة ستكون له جذور تمتد

من قاعدته وسوف يقع مباشرة على التربة القديمة paleosol، في حين لا ينطبق ذلك على الخث منقول النشأة.

شكل 4.5 أشجار جنحت في نهر ضحل. تدفق النهر من اليمين إلى اليسار.

إذا عثرت على أي متحجر مكسور، متآكل أو متفكك فمن المرجح حدوث بعض النقل قبل الدفن. إتجاه المتحجر أيضا مهم. في السوائل المتدفقة (عادة هواء أو ماء) قد تصبح أجساد الأحافير منقولة المنشأ بإتجاه ذلك التدفق قبل الوفاة. وهذا عادة مشاهد في البقايا الطولية مثل البلمينيتـــــات belemnites من الرأسقدميات أو جذوع الأشجار. في حالة جذوع الأشجار غالبا ما تصبح الأفرع مكسرة أثناء النقل ولكن الجذور تكون أكثر مرونة. جنوح الجذور على قاع الأجزاء الضحلة من النهر سوف يسبب تأرجح الجذع المتبقي والإشارة إلى المصب. إذا أقتلعت الأشجار بسبب الرياح، وبسبب تدفق المقذوفات البركانية عندئذ ستشير أطراف الجذوع مرة أخرى في إتجاه التدفق بعيدا عن المصدر.

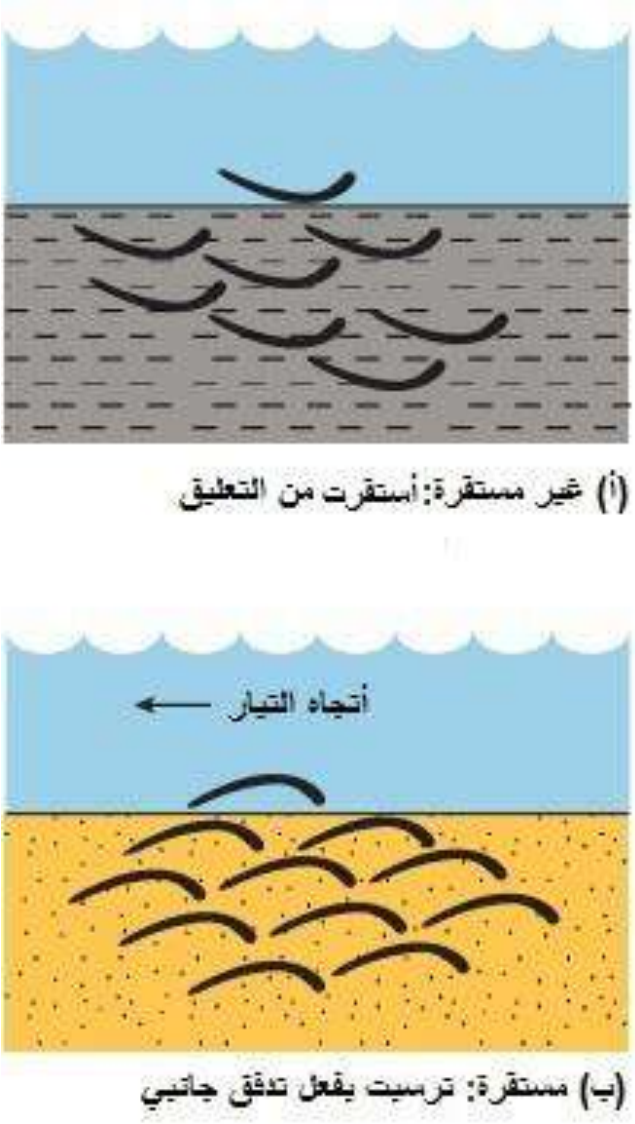
الإتجاه هو أيضا مؤشر مهم على موقع المعيشة. على سبيل المثال، تعيش العديد من مزدوجات المصراع bivalves في الرواسب، لذا غالبا ما تحفظ في ذلك الموقع. إذا كانت الصدفتين (المصراعين) لمزدوج المصراع ملتصقتين ومنغلقتين عندئذ هناك فرصة جيدة أن البقايا لم تخضع لأي نقل ما بعد الوفاة. قد يشير فحص دقيق للرواسب إلى بقايا أخرى في نفس الإتجاه، وإذا كان الأمر كذلك، فمن المرجح أنها في موقع المعيشة (شكل 5.5).

شكل 5.5 مزدوج المصراع في موقع المعيشة.

إذا تم العثور على مصراع واحد من مزدوجات المصراع أو المسرجيات brachiopods فمن الواضح أنها قد تعرضت لبعض التفكك والنقل بعد الموت، حتى لو كانت المسافات قصيرة. من المفيد في هذه الحالة تسجيل في أي إتجاه تضطجع. عندما يتم العثور على مجاميع من المصارع المنفردة مقعرة للأعلى من المحتمل عندئذ أنها كانت في وقت ما معلقة في المياه (على سبيل المثال، بسبب تاثير عاصفة) ومن ثم استقرت في وقت لاحق على سطح راسب في ذلك الموقع. بدلا من ذلك، إذا كانت المصارع كلها موجهة إلى الجانب المحدب للأعلى فإن هذا سيقترح أن الأصداف قد خضعت قبل الدفن النهائي إلى تيار متدفق أفقي قلب الأصداف على الجانب الاخر (شكل 6.5).

4.5 إستراتيجيات النمذجة

تساعد النمذجة الأحفورية في تحديد طبيعة مجموعة البقايا الأحفورية المحتواة داخل مجموعة معينة من الرواسب ومن هذا نشتق بعض المعلومات حول المجاميع الحياتية القديمة والبيئة. إستراتيجيات النمذجة المستعملة لتحقيق هذه الأهداف يجب أن تكون بقرار مناسب وتنجز بكفاءة من أجل توفير بيانات صحيحة.

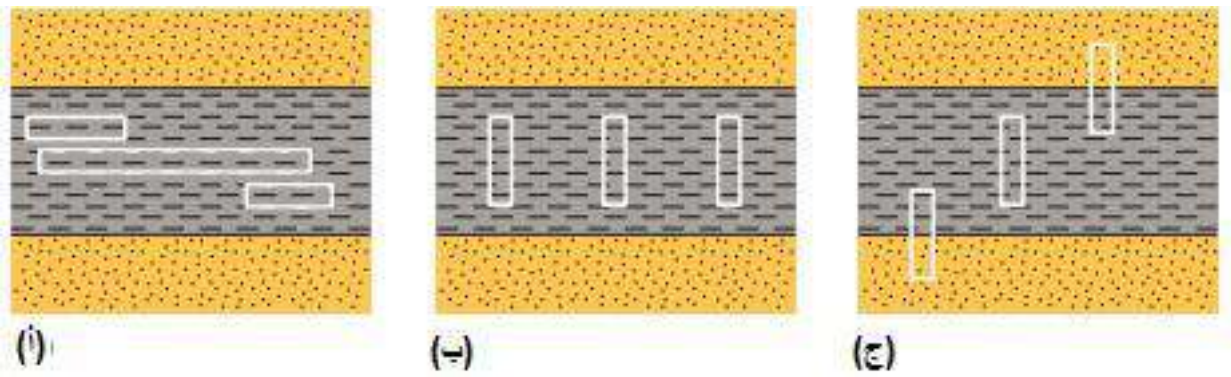


شكل 6.5 رسم تخطيطي لتوضيح مصارع منفردة موجهة. (أ) مقعرة للأعلى كنتيجة للأستقرار من التعليق. (ب) محدبة للأعلى كنتيجة لتدفق تيار جانبي.

1.4.5 أخذ عينات لأجل دراسات طباقية حياتية وتطورية

بالنسبة للدراسات الطباقية الحياتية و/ أو التطورية عادة ما يأخذ جمع تعاقب من العينات عموديا خلال الراسب الأسبقية فوق تحريات التغيرات الجانبية (قارن شكل 7.5أ مع 7.5ب و 7.5ج). خلال الزمن الجيولوجي، تعتبر الأحافير المختلفة مهمة للدراسات الطباقية الحياتية (ملحق 5 شكل م5.5). تدمج العديد من الدراسات أكثر من مجموعة أحافير واحدة. إضافة إلى ذلك تحتاج إستراتيجية النمذجة إلى أن تكون مناسبة لنوع النطاق الحياتي المستعمل للمجموعة الأحفورية أو فترة الزمن الجيولوجي (ملحق 5، شكل م6.5). ومن

المهم عند التعامل مع الأحافير الدقيقة هو الحد من خطر تلوث العينة. هناك نوعين للنمذجة هما النمذجة النقطية spot sampling والنمذجة المستمرة continous sampling.



شكل 7.5 ثلاث أنماط مختلفة للنمذجة المستمرة او القناتية. (أ) نماذج متراكبة موازية للتطبق. (ب) نماذج متكررة بزاوية قائمة مع التطبق ضمن الصخارية. (ج) نماذج بزاوية قائمة مع التطبق تمثل الطباقية، مع تراكبات قصيرة لأغراض الإقتران أو المضاهاة المتقاطعة.

- *النمذجة النقطية* يمكن إنجازها على مسافات منتظمة و/ أو أستهداف الصخاريات المختلفة. ميزة النمذجة النقطية هي أنها سريعة نسبيا وتقلل من كمية المادة المنمذجة. بإستعمال هذه التقنية، يمكن بسهولة أن نفقد مقياس صغير أو تغيرات طفيفة في الترسيب، وكذلك من المحتمل الأحداث المهمة غير المرئية. كقاعدة عامة يجب نمذجة كل صخارية في عدة مواقع لتحديد فيما إذا كان هناك أي تغيرات جانبية وكذلك عمودية في الوفرة الأحفورية ومكونات التجمع. تعتمد الفترة المناسبة للنمذجة العمودية على التغيرات في الصخارية، معدل الترسيب، القرب من حدود مشتبه بها، دورة ترسيب معروفة أو مشتبه بها، القرار الضروري فيما يتعلق بالغرض من الدراسة، الموارد والقيود الحقلية.

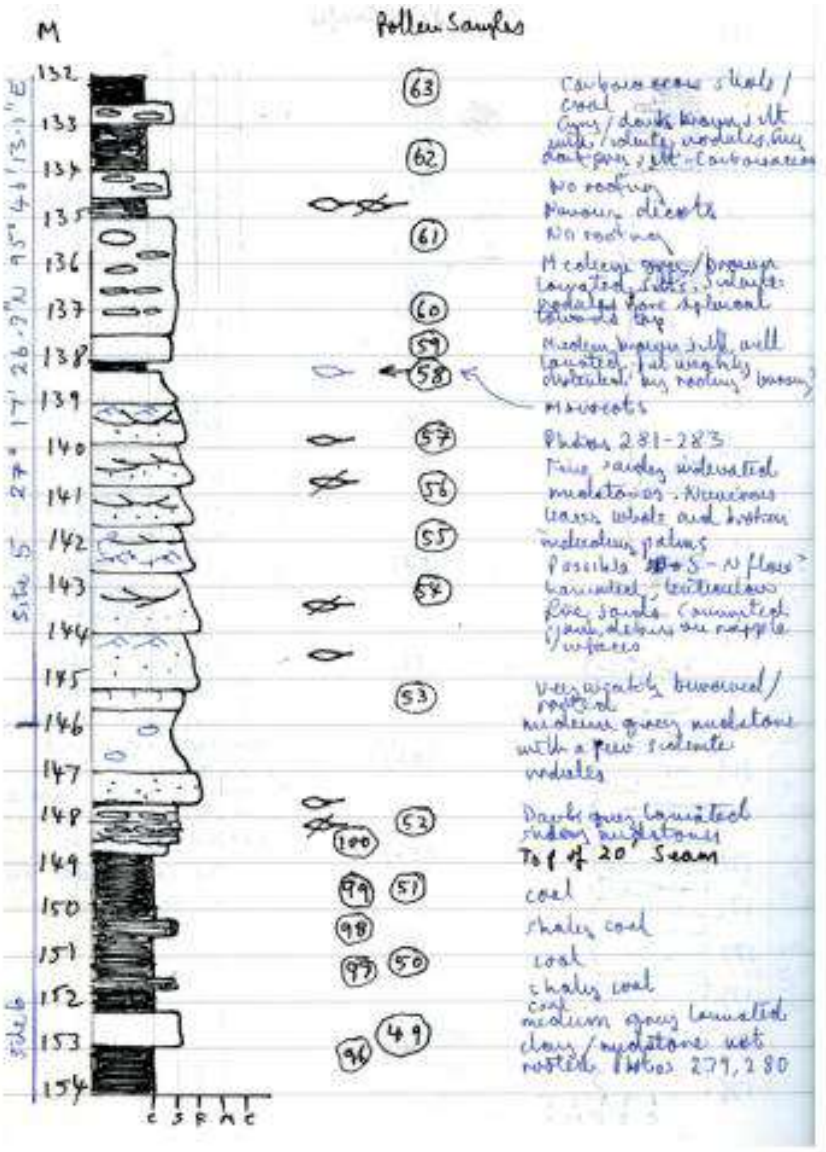
- *النمذجة المستمرة*، وأحيانا تدعى بالنمذجة القناتية لها مزايا أكثر من النمذجة النقطية بالنسبة للدراسات عالية الدقة وفي حال سمحت الموارد. أولا، يحفر خندق في المكشف لكشف أسطح الصخور غير المتجواة ومن ثم تؤخذ أطوال قصيرة من الصخر المتراكب من كل مكان من المقطع قيد الدراسة (شكل 7.5ج). ميزة النمذجة القناتية هي أن هناك سجل مستمر لدراسات مختبرية لاحقة وقرار الدراسة يمكن تعديله. ومع ذلك، يجب أن تؤخذ تقييدات النمذجة ومسائل الحفظ في الحسبان. مساوئ النمذجة المستمرة هو الكمية الكبيرة من المادة التي سيتم جمعها.

يمكن مشاهدة بعض المواد الأحفورية المسطحة مثل الأوراق والأسماك من خلال كشف أسطح التطبق. عادة ليس هناك مشكلة كبيرة على منصة قطع الموجة، ولكن داخل وجه صخري يكون حفر الخندق هو الحل الوحيد (شكل 8.5).

شكل 8.5 مثال لخندق محفور خلال دياتومايت diatomite في الصين.

يمكن توظيف النمذجة النقطية والمستمرة في كل أنحاء المقطع ، ولكن هذا يتطلب القيام بكشف مناطق واسعة من أسطح التطبق. في هذه الحالة قد يكون من المطلوب حفر خنادق بعدة أمتار في أبعاد أفقية بحيث يمكن كشف أسطح التطبق المتعاقبة من أعلى المقطع إلى أسفله.

إذا كان الهدف من العمل الحقلي هو عمل مضاهاة بين المقاطع المختلفة يجب أن يسجل تواجد الأحافير في سياق طباقي من خلال وسائل السجل الصخري البياني (شكل 9.5). سجّل ظهور الأحافير، الأختفاء والتغير في الوفرة وكذلك المعلومات الرسوبية. بالقرب من أي حد مثل أنقطاع في الترسيب أو حادث إنقراض محتمل، غالبا ما يتطلب أخذ عينات على مسافات متقاربة لتحديد الحد بدقة. من غير المرجح في حالة الإنقراضات تسجيل الظهور الأخير لمصنف ما لأن السجل الأحفوري غير مكتمل دائما. وبالمثل، من الصعب تحديد أصل مصنف ما. وتصبح المشكلة أكثر حدة مع ندرة المصنف.



شكل 9.5 مثال لصفحة مفكرة حقلية تظهر موقع طبقات أحفورية ونماذج حبوب لقاح على سجل صخري بياني.

2.4.5 نمذجة أسطح التطبق والبيئة القديمة

إن الوصول إلى أسطح مستوي تطبق كبير يقدم فرصة لأكبر تشكيلة متنوعة من استراتيجيات أخذ العينات الأحفورية والدراسات الممكنة. عادة ما ينجز تحليل توزيع البقايا الأحفورية فوق سطح تطبق واحد من خلال تسجيل البقايا الأحفورية التي تظهر في منطقة محددة. عادة هذه المنطقة، والمعروفة بتربيع أو رباعة quadrat، وهي منطقة عينية مساحتها في العادة متر مربع واحد، أتفق عليها وأختيرت كقاعدة في دراسة تركيب جماعات أحيائية معينة. عادة ما تتوزع التربيعات أو الرباعات بطريقة بحيث كل واحدة منها تكون مستقلة عن الأخرى إضافة إلى أي أنماط ضمن المجموعة المنمذجة. وعادة هذا يعني أن توزيعها عشوائي. أفضل طريقة لتحقيق

ترتيب عشوائي هو من خلال إستعمال أرقام عشوائية كأساس للأحداثيات الموقعية. تحتاج الأحياء داخل تربيع ما إلى أن يتم تسجيلها إما من خلال القياسات والرسومات التخطيطية في الحقل أو ألتقاط صور فوتوغرافية مفصلة. الطريقة الأخيرة لها ميزة أمكانية إستعمال برنامج تحليل الصور لتحليل كائنات تلك الحقبة وهناك تسجيل دائم.

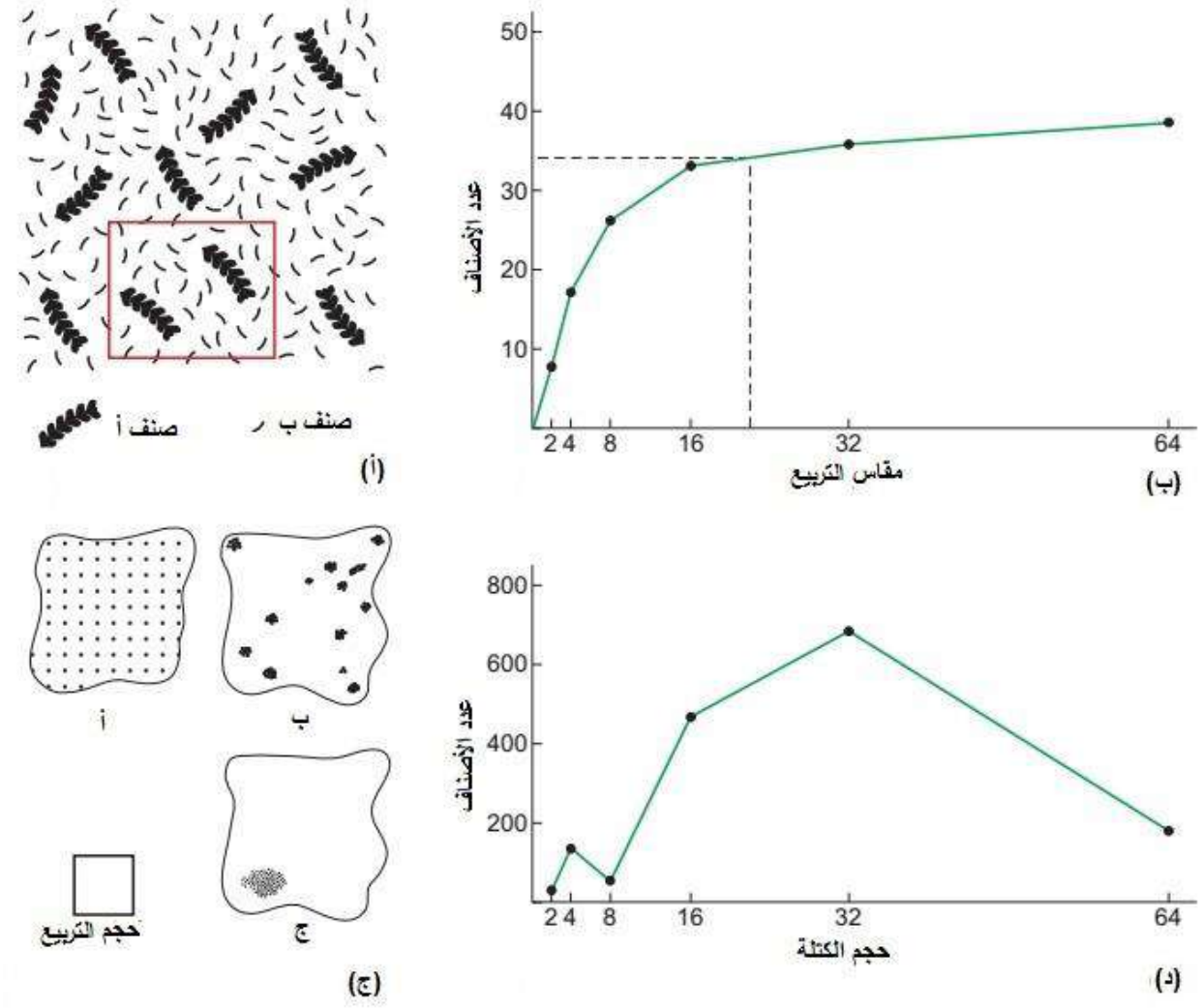
النمذجة ثلاثية الأبعاد

بينما قد يعطي مكشف مستو تطبق واحد بيانات عالية الدقة، إلا أن هناك العديد من القيود على تطبيقه عمليا. سوف تحول خصائص التشقق لنسيج الصخرة دون تعرض الأسطح المستوية الكبيرة إلى أحتمالية القطع عبر العديد من أسطح التطبق. أيضا، القلع الكامل للعينات الفردية يتلف أسطح التطبق المجاورة ويدمر نظام النمذجة على تلك الأسطح. الطريقة الأكثر عملية هي بقبول حقيقة أنه لا يمكن قلع مستويات التطبق المنفردة بشكل موثوق، وبدلا من ذلك محاولة نمذجة كميات من الصخر الرسوبي. يمكن في هذه الطريقة قلع كتل من الصخور في الموقع. أقطع من الصخرة بإستعمال المنشار الموضح في شكل (10.5) حيثما تسمح الظروف والتصريح بذلك، ولأحجام صغيرة يمكن إستعمال المنشار القرصي. من أجل تقليل فقدان دقة النمذجة يجب أن تقع مجموعة عينات مستوي التطبق ضمن فاصل راسب ترسب تحت ظروف طبيعية ثابتة، يصطلح عليه أحيانا ب "وحدة ترسيب".

شكل 10.5 قطع كتل من الطين محتوية على أحافير بإستعمال منشار. أفضلية هذه التقنية أن العينات يمكن أخذها إلى المختبر لمزيد من التحاليل المفصلة

تحديد مساحة التربيع – الأنواع \ منحنيات المساحة (او الحجم)

مقاس المتحجر ونمط التوزيع يحددان مساحة التربيع. إذا كان مقاس التربيع أكبر من البقايا الأحفورية عندئذ ستكون النمذجة معبرة (شكل 11.5أ). يمكن تحديد مقاسات التربيع المناسب لمتحجر معين من خلال إنشاء منحنيات مصنف \ مساحة (أو حجم) (شكل 11.5ب). عادة ما يتم إنشاء هذا المنحنى من دراسة تجريبية وقد لا تكون قابلة للتطبيق على جميع أجزاء التجمع الأحفوري.



شكل 11.5 (أ) أعتماد تقديرات الوفرة ولا سيما التردد المئوي حسب مساحة التربيع المستعمل فيما يتعلق بمقاس الجزء النباتي. إذا إستعمل مقاس التربيع (المربع الأحمر الصغير) لنمذجة سطح التطبق هذا، سيكون هناك تفاوت ملحوظ في الوفرة المخمنة للصنفين، بصرف النظر عن وفرتهما النسبية الفعلية، وذلك لأن مقاس التربيع مماثل لأحد الأصناف. (ب) منحني تخلخل يوضح الأعداد المتزايدة للأصناف مع تضاعفات متتالية لمقاس التربيع. كلما يزداد مقاس التربيع تظهر أصناف أكثر داخل التربيع، ولكن فوق النقطة التي يستوي فيها المنحني تصبح مقاسات التربيع الأكبر طريقة غير فعالة للنمذجة. يشير الخط المنقط إلى أدنى مقاس تربيع لهذا التجمع الأحيائي، والذي من المتوقع أن يظهر في كل تربيع بحدود 34 صنف. (ج) مقاس التربيع فيما يتعلق بنمط التوزيع. أ – ج يمثل ثلاث أشكال من الأنماط التي قد تظهر بها الأصناف، أ) توزيع منتظم، ب و ج توزيعات تكتلية مختلفة المقاسات والتوزيع. في كل مساحة عدد العينات هي نفسها ولكن إذا تم إستعمال مقاس المربع المعروض في الشكل لغرض النمذجة سنحصل على تقديرات مختلفة جدا للوفرة. (د) كشف التكتل داخل المجموعة. إذا ازداد مقاس التربيع وتم رسم مربع الوسيط (الفرق)، ستكشف القمم مقاييس التكتل.

النمط

يمثل شكل 11.5ج ثلاثة أنماط توزيع متطرفة ثنائية الأبعاد للمصنف. الكثافة هي نفسها في كل حالة. وسيتم الحصول على تقييمات مختلفة تماما من الوفرة، بإستعمال تربيع الأبعاد أعتمادا على توزيع وعدد النماذج المأخوذة.

يصبح الوضع أكثر تعقيدا عندما تتشارك عدة أصناف، ولأنها قد تمثل أجزاء من مجتمع أو تمتلك خصائص ديناميكية موائع متشابهه، فهي تظهر تجمعات (تكتل) موجبة أو سالبة بشكل منتظم. إذا كان المكشف يسمح (على سبيل المثال، مستويات تطبق مكشوفة على رصيف) يمكن تقييم مقاس الأجمة clump بوضع شبكة من التربيعات المتجاورة. يمكن عندئذ بناء مقاسات "التربيع" المتزايدة بتجميع التربيعات المتجاورة في ثنائيات، رباعيات، ثمانيات، الخ. ويمكن عندئذ إنشاء رسم بياني لمربع الوسيط مقابل حجم الكتلة. تنسجم القمم في الرسم البياني مع متوسط مقاسات الأجمة. مثال موضح في شكل 11.5د وفيه هناك مقياسين للأجمة، واحد عند حجم الكتلة (تربيع) 4 والآخر عند 32. عمليا قد تكون هناك قيود شديدة على وضع شبكة متجاورة من التربيعات ومن المرجح أن يكون إستعمال هذه التقنية محدود.

تأثير الحافات

حتما سوف تقطع بعض العينات حدود التربيع. مقاس تربيع أصغر يعني أن تأثير الحافات يصبح أكثر أهمية لأن نسبة أكبر من المادة المنمذجة سوف تكون ممثلة من خلال العينات المقطوعة. وبالمثل، طول المحيط إلى نسبة المساحة (أو الحجم) للتربيع ستكون مهمة أيضا. مقاربة التربيعات إلى دوائر أو أجسام كروية سوف يقلل من تأثير الحافات إلى الحد الأدنى إلا أن هذه الأشكال غير عملية. المربعات أو المكعبات (أو بشكل مقارب لها يكون مسيطر عليها من خلال سمك الطبقة والعوامل الصخارية) هي الخيار التقليدي.

ومن الممارسات الشائعة هي إدراج أي عينة داخل النموذج والتي يكون أكثر من نصف مساحتها داخل التربيع وأستبعاد العينات الأخرى. هذه الطريقة تميل لصالح النموذج لأنها تتأثر بقوة بحجم العينات (العينات الصغيرة ستقطع الحد بتكرار أقل من العينات الكبيرة). هناك طريقة بديلة تشمل 50% لعينات من أصناف معينة والتي تقطع حدود التربيع وقياس المساحة الكلية لتلك العينات المدرجة.

5.5 تقدير الوفرة

يمكن تحديد الوفرة نوعيا وكميا. تتفاوت سهولة قياسات الوفرة، دقتها وعلاقتها بالظواهر الرسوبية والبيئية بشكل كبير. يمكن تقدير أو قياس الوفرة في الحقل ولكن الطريقة البديلة هي بتصوير المنطقة وإستعمال هذه الصور الفوتوغرافية. وهذا يسمح لمقارنة بصرية أكثر بين المناطق المختلفة من أجل قياسات نوعية للوفرة، وأيضا التحليل الصوري للمنطقة للحصول على قياس كمي.

1.5.5 التواجد \ عدم التواجد وتقديرات الوفرة النوعية

إن ميزة نتائج التواجد \ عدم التواجد هي أنه من السهل الحصول عليها، ولكن هذه السهولة يجب أن تُقّيم تجاه التعرض إلى فقدان المعلومات الأساسية بسبب عدم تسجيل مقدار من الأصناف المعينة.

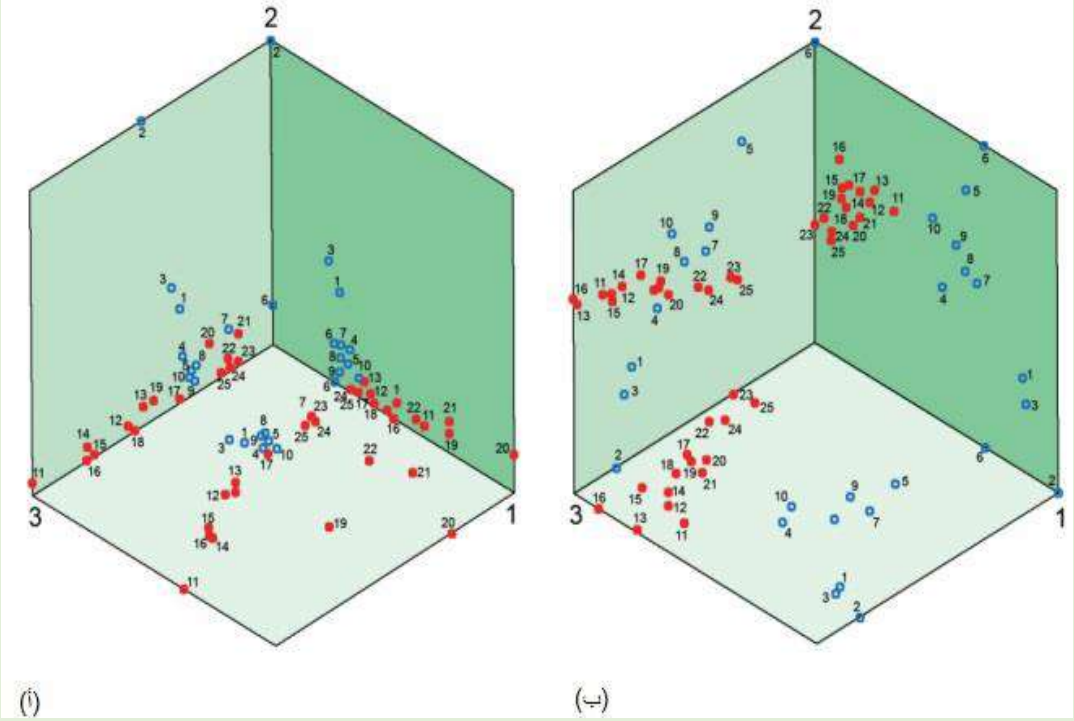
تعتبر التقديرات البصرية النوعية للوفرة مفيدة لأنها بسيطة وسريعة الإستعمال (ملحق 1، شكل م1.1). وشعبيتها أدت إلى إنتاج عدد من المخططات المصممة لتحسين دقتها وقابليتها للمقارنة. يتألف المخطط الأسهل من مجرد ترتيب المصنف ضمن عينة ما إلى داخل سلسلة من أصناف الوفرة مع مخطط عددي شبه لوغارتمي (جدول 1.5).

جدول 1.5 أصناف وفرة بسيطة نموذجية وما يكافئها عدديا

الوصف	المكافئ العددي
5	وافر جدا
4	وافر
3	متكرر
2	متفرق
1	نادر

إن المشاكل الرئيسية مع هكذا مخطط هي أن الأصناف الصغيرة لا تقيم بشكل دقيق، والإنسجام أو التطابق بين العاملين يكون ضعيف في الفئات المتكررة، المتفرقة والنادرة، وتكتل الأصناف ينحاز أو يميل إلى التقييم البصري. ومع ذلك لم يثبت كليا أن قياسات الوفرة الكمية ضرورية تماما أو موثوق بها، وربما تكون في الواقع أقل فعالية في الكشف عن نمط تجمع من الإستعمال المعقول والمتناغم للمقاييس المقيمة بصريا.

مثال عملي 2.5 قياس الوفرة



شكل 12.5 التحليل التوافقي للعينات من موقع أحافير نباتية جوراسية. تظهر الرسوم البيانية ثلاث وجوه لمكعب مجوف حيث تسقّط عليه مواقع العينات من فراغ ثلاثي الأبعاد، وهذا يعني أن كل رقعة تمتلك ثلاثة أضعاف بعدد نقاط العينات الموجودة. تمثل الجوانب الثلاثة للمكعب المحاور الثلاث الاولى للتباين الأكبر في التحليل. ترقم نقاط العينة لأجل الإشارة المرجعية. العينات من حجر الغرين ممثلة بدوائر زرقاء مفتوحة بينما الدوائر الحمراء المغلقة تمثل العينات من الحجر الطيني. (أ) إحصاءات الوفرة. (ب) نفس البيانات ولكن مع وفرة محولة إلى قياس لوغارتمي بسيط لصنف وفرة مماثل لذلك الصنف المبين في جدول 1.5. في الرقعة (ب) تم إزالة الكثير من "التشويش" في البيانات ونمط التجمعات النباتية في السحنتين الرسوبيتين المختلفتين عرض بشكل اكثر وضوحا.

في بداية السبعينات من القرن الماضي حفر كريس هيل ثلاثة خنادق عمودية للحصول على عينات متجاورة خلال طبقات نباتية من الجوراسي الأوسط عند ضفة هاستي، يوركشاير، المملكة المتحدة. مقاس أحجام النماذج 0.5 م X 0.5 م وبعمق 0.1 – 0.2 م في أحجار الغرين؛ حيث كانت الأحافير وافرة بشكل بارز في أحجار الطين وخفض حجم العينة إلى 0.25 X 0.25 X 0.2 م. داخل كل عينة تم تحديد وإحصاء كل متحجر نباتي. تم تسويت جميع الإحصائيات خلال التحليلات اللاحقة إلى أحجام 0.5 X 0.5 X 0.2 م. أجريت التحاليل على الإحصائيات الخام، وهي الإحصاءات المحولة لوغارتميا وإستعمال القياس البسيط لصنف الوفرة (شكل 12.5). حللت النتائج بوسائل المدرج التكراري والتحليل الإحصائي متعدد المتغيرات. وكان الإستنتاج العام أن الوفرة المقدرة بصريا بإستعمال مقياس لوغارتمي كما في مقطع 2.5.5 كانت معبرة وأكثر كفاءة من الإحصائيات المطلقة.

2.5.5 القياسات الكمية للوفرة

التكرار

إن تكرار صنف ما هي فرصة العثور عليه داخل أي عينة ضمن مجموعة معينة من العينات. وعادة يعبر عنه كنسبة مئوية. يؤثر حجم العينة بشكل كبير على التكرار الملحوظ وينبغي أن يذكر. كما إن التكرار أيضا حساس وبخاصة إلى حجم العينة والتوزيع المتعلق بحجم العينة.

الكثافة

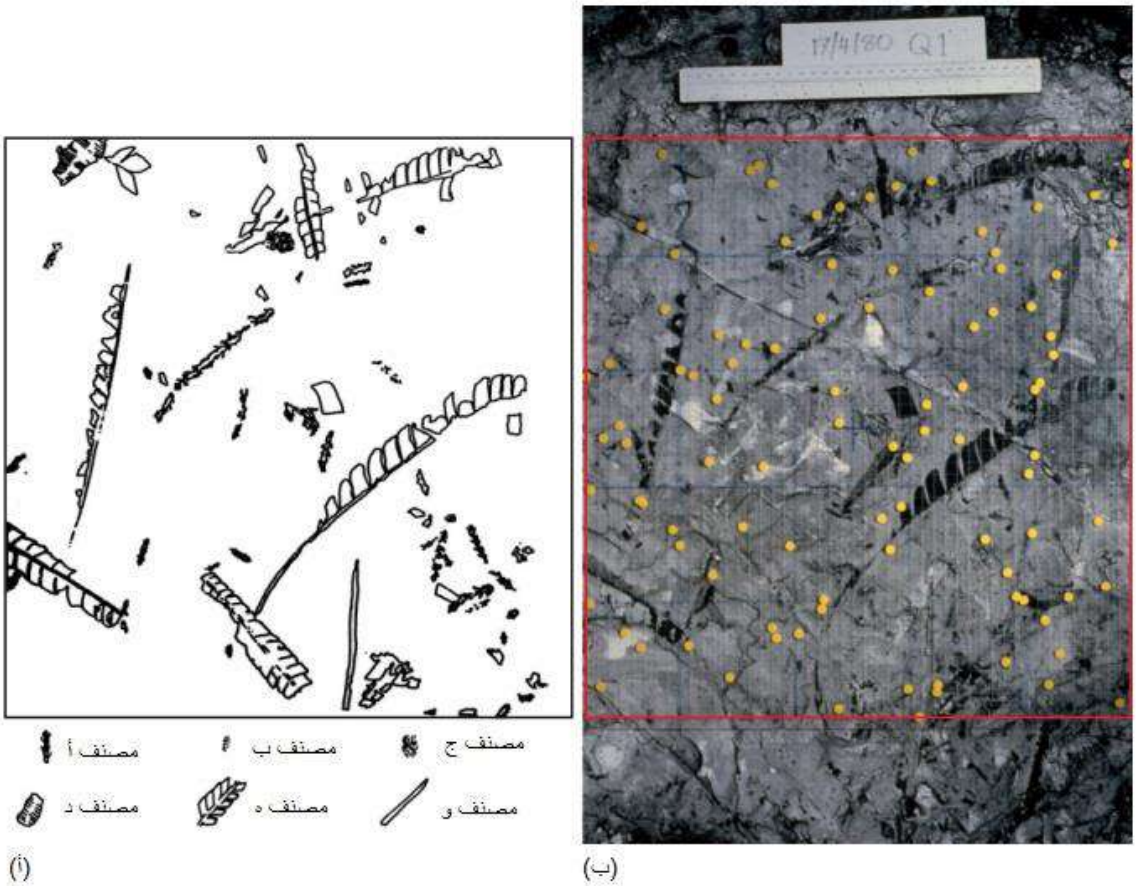
الكثافة هي مقياس لعدد الأحافير الفردية (فيما إذا كانت تمثل أعضاء كاملة أو قطع أو كائنات) لمجموعة تصنيفية خاصة توجد داخل عينة ما. وعلى هذا النحو فهي طريقة مباشرة، ومن المحتمل دقيقة وسهلة نسبيا لقياس مصطلح الوفرة.

الغطاء

يتم الحصول على تقديرات الغطاء النباتي من خلال تعديل طريقة التربيع النقطي point quadrat method المستعملة في علم البيئة. يتم وضع ورقة من البلاستيك الشفاف والمعلمة ب 100 نقطة موزعة عشوائيا فوق سطح تطبق مكشوف (شكل 13.5) ويسجل عدد "الإصابات" لتلك النقاط على الأصناف المتنوعة ويعبر عنها كغطاء مئوي. ويستنتج من هذا أن سطح تطبق واحد يجب أن يكون مكشوف تماما فوق منطقة العينة. وهذا قد يتوفر في مقدمة السواحل وبعض أرضيات المقالع. ولكن عمليا هذا أمر صعب جدا وبعض العاملين يفضلون نبش كتل من الأرضية ، وكل كتلة بوجه مكشوف حامل للنبات، وترتيب تلك الاوجه لتشكيل مساحة عينة تؤخذ منها تقديرات الغطاء. تسجل الفجوات بين الكتل كفراغ. تسجل عندئذ النقاط العشوائية الإضافية إلى أن يصل مجموع النقاط الكلي للمادة النباتية زائد الصخرة الجرداء إلى 100.

نتائج النسبة المئوية والقياسات الأخرى

متى ما يعبر عن مجموع الوفرة كنسبة أو نسبة مئوية سوف يؤثر أي أختلاف في وفرة مصنف واحد على الوفرة النسبية للأصناف الأخرى، على الرغم من أن ظهورها المطلق قد يبقى ثابت بين العينات. قد يكون لمصنف نادر (ظهور مطلق قليل في عامة مجاميع العينات) نتيجة مئوية عالية في عينة حيث كان المصنف الوحيد الموجود، رغم أن وفرته المطلقة داخل تلك العينة مماثلة لتلك في العينات الأخرى حيث ظهرت مع مجاميع تصنيفية أخرى. أي نظام قياس مغلق، كالنتائج المئوية، لابد من إستعماله باهتمام كبير.



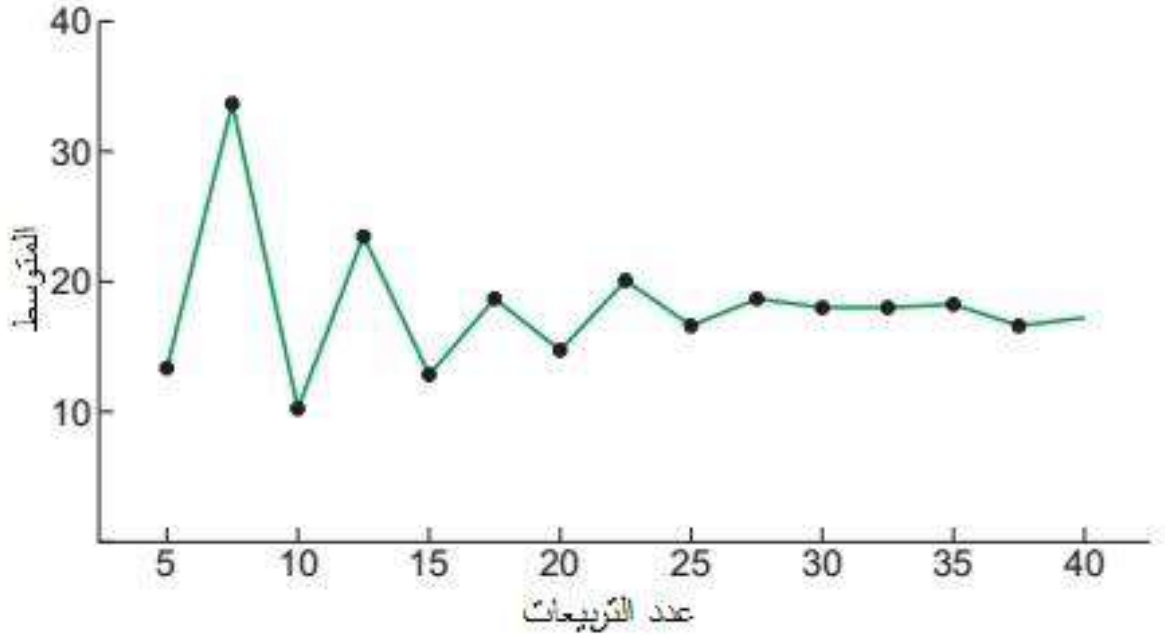
شكل 13.5 (أ) رسم خط لأحافير نباتية جوراسية من خليج كايتون، يوركشاير، المملكة المتحدة، مكون من مستوي تطبق مكشوف مع مربع نقطي 0.5 م X 0.5 م موضوع فوقه موضح في (ب). لأغراض التصور او التخيل تم توسيع النقاط المئة الموزعة عشوائيا إلى دوائر صفراء.

التحويلات اللوغارتمية وأختزال "التشويش" في البيانات

غالبا ما تظهر العينات المتجاورة أختلافات كبيرة في وفرة الأحافير. وهذا يمكن أن ينتج عن إستعمال حجم عينة غير مناسب، ولكن هكذا نمط يبدوا ليكون الميزة العامة لمعظم التجمعات الدخيلة أو المنقولة نتيجة للأضطرابات "العشوائية" في تدفق المائع المترافق مع العملية الترسيبية. وتنتج هذ العشوائية أيضا مستويات عالية من "التشويش" الإحصائي في البيانات والتي يمكن أن تغمر نمط مفيد أحفوريا. هناك طريقة واحدة للتغلب على هذا هي بإستعمال تحويل لوغارتمي. سوف تظهر الأصناف الوافرة أختلاف أكبر في الكثافة من الأصناف الأكثر ندرة، وهكذا أختلاف يمكن أن يغمر نمط مفيد أحفوريا. من خلال تطبيق سجل التحويل يبقى النمط المعروض عبر الأختلافات في المكونات الأكثر ندرة بينما يختزل التشويش المترافق مع الأختلافات الأقل أهمية في الأنواع الوافرة (أنظر مثال عملي 2.5).

3.5.5 كم عدد العينات المطلوبة؟

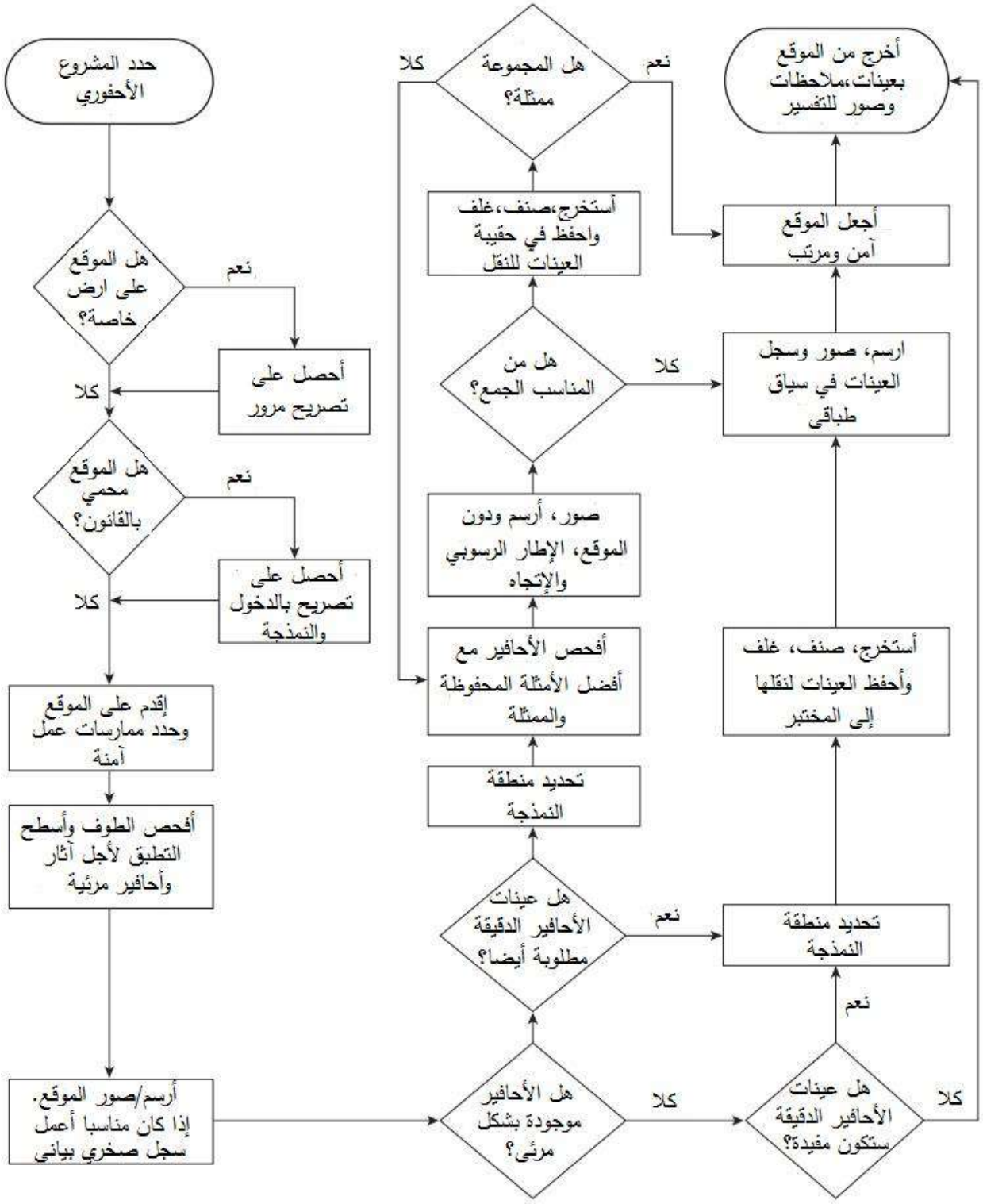
غالبا ما يكون من الصعب تحديد متى يتم حساب عينات كافية حتى نتمكن من إجراء تحري كافي لمجاميع معينة. بما أن كل تجمع أحفوري هو مختلف، فبالتأكيد لا يمكن عمل تعميمات. ربما نحصل على دليل لحجم العينة من خلال إنشاء رسم بياني يتم فيه رسم المتوسط التراكمي (يجري إستعمال أيا كان من قياس وفرة لمصنف معين) مقابل عدد العينات (شكل 14.5).



شكل 14.5 كلما يرتفع عدد العينات الماخوذة كذلك سوف يقل التذبذب في قيمة المتوسط التراكمي لعدد الأصناف. النقطة التي يستقر عندها الأختلاف (في هذه الحالة ما بين 25 و 30) يشير إلى الحد الأدنى لعدد العينات المطلوبة للتحري عن تلك المجموعة.

6.5 الخلاصة

كل موقع هو فريد من نوعه وليس هناك دليل يمكن أن يكون شامل ويغطي كل الأحتمالات. وقد قادت أهمية المواقع الأحفورية لكل من الهواة والمحترفين إلى ثروة من الكتب ومواقع إنترنيت محددة إلى أماكن و/ أو فترات زمنية معينة أو وحدات صخرية. ولهذا السبب يجدر البحث في الإنترنيت والأدبيات في وقت مبكر لأي دراسة أحفورية إضافة إلى الحصول على أتصال مع المتاحف المحلية، مهما كانت صغيرة، والتي قد يكون لها مجموعات من الأحافير و/ أو أتصالات. يظهر المخطط أدناه المراحل الأساسية لمعظم التحريات الأحفورية.


حدد المشروع الأحفوري
هل الموقع على ارض خاصة؟
نعم
أحصل على تصريح مرور
كلا
هل الموقع محمي بالقانون؟
نعم
أحصل على تصريح بالدخول والنمذجة
كلا
إقدم على الموقع وحدد ممارسات عمل آمنة
أفحص الطوف وأسطح التطبق لأجل آثار وأحافير مرئية
أرسم/صور الموقع. إذا كان مناسبا أعمل سجل صخري بياني
هل الأحافير موجودة بشكل مرئي؟
كلا
هل عينات الأحافير الدقيقة مطلوبة أيضا؟
نعم
تحديد منطقة النمذجة
أفحص الأحافير مع أفضل الأمثلة المحفوظة والممثلة
صور، أرسم ودون الموقع، الإطار الرسوبي والإتجاه
هل من المناسب الجمع؟
كلا
أستخرج،صنف،غلف واحفظ في حقيبة العينات للنقل
هل المجموعة ممثلة؟
كلا
نعم
هل عينات الأحافير الدقيقة ستكون مفيدة؟
كلا
نعم
تحديد منطقة النمذجة
أستخرج، صنف، غلف وأحفظ العينات لنقلها إلى المختبر
ارسم، صور وسجل العينات في سياق طباقي
أجعل الموقع آمن ومرتب
أخرج من الموقع بعينات،ملاحظات وصور للتفسير

الفصل السادس

تسجيل معالم الصخور الرسوبية وإنشاء سجلات صخرية بيانية

1.6 مقدمة

تستحق الصخور الرسوبية الدراسة في الحقل، ولاسيما الصخور الفتاتية السليسية خشنة الحبيبات. وهذا بسبب إمكانية حصولك على الكثير من المعلومات حول طريقة تكونها من الملاحظات الحقلية مباشرة والبدء بعمل تفسير (شكل 1.6) دون الحاجة لإنتظار شرائح صخرية أو تحاليل جيوكيميائية، والتي هي مطلوبة للعديد من الصخور النارية والمتحولة. في الحقل يمكن لبعض تعاقبات الكاربونايت وأحجار الطين ناعمة الحبيبات أن تكون خادعة في التفسير ودراستها يمكن أن تنفع كثيرا من مواصلة العمل المجهري و/ أو التحاليل الجيوكيميائية.

شكل 1.6 مثال لجزء صغير من مقطع طبقة رسوبية يمكن الحصول منه على معلومات كثيرة حول العمليات الترسيبية. تظهر الصورة تتطبق متقاطع ناتج عن هجرة نيم شكلته الموجة مشيرا إلى أن الرواسب ترسبت في قاعدة الموجة (أقل من عشرات الأمتار عمقا) بواسطة الأمواج. بعض علامات النيم بالقرب من وسط الصورة تكون مرتفعة، مما يشير إلى معدلات ترسيب عالية. تظهر الصورة تباين في الألوان والتي من المرجح أنها تعكس التغيرات الحبيبية و/ أو التركيبية والتي قد تتعلق بتغير الطاقة أو مصدر الراسب. هناك أيضا العديد من آثار الأحافير مما يشير إلى نشاط حيواني.

ينبغي دائما دراسة الصخور الرسوبية وما تحتويه من أحافير معا، لأنها "كجسيمات ذكية" (فقرة 1.5) توفر الأحافير أدلة مهمة بشأن عمليات وبيئة الترسيب للرواسب. الأحافير، على سبيل المثال، يمكن أن توفر أدلة فورية حول ما إذا كانت الصخور بحرية أو غير بحرية، ترسبت على مدى فترة طويلة أو قصيرة من الزمن، ما إذا كانت الظروف مثلا في البحر أو قاع بحيرة، وكذلك في كثير من الحالات، توفر طريقة تأريخ نسبي بشكل فوري.

هناك مجموعة متنوعة من الأسباب المحددة لجمع البيانات من الرواسب الرسوبية إلى جانب رسم الخرائط الجيولوجية العامة أو إنشاء تاريخ جيولوجي لمنطقة ما. وهي:

- *فهم العمليات الرسوبية والبيئات الترسيبية*. وهذا يؤدي إلى فهم أفضل للعمليات الطبيعية على سطح الأرض.
- *فهم إمكانية الوحدة أو الحوض الرسوبي لإستخلاص الهيدروكاربونات أو للموارد المائية*. فهم أين تتموضع أنواع الصخور الرسوبية في الزمان والمكان، وكيف تختلف عموديا وأفقيا، يمكّننا من رسم خرائط الصخور الخازنة الرئيسية والصخور المصدرية وأستثمارها بشكل كامل.
- *إعادة بناء الفترات الماضية للتغير البيئي، خصوصا المناخ وتغير مستوى سطح البحر*. تحتوي الرواسب البحرية ناعمة الحبيبات على السجل السليم والكامل والأكثر أمتدادا أفقيا للتغير الكيميائي لمحيطات الأرض. ونظرا للتفاعل بين المحيطات والغلاف الجوي، وأن المحيطات تعمل كوعاء خلط كبير، تعتبر الرواسب البحرية أساسية لفهم النظام الأرضي في الماضي. وتشكل الرواسب في الكهوف والبحيرات جزء أساسي لفهم التغير البيئي القديم خلال حوالي 2 مليون سنة الماضية. إعادة بناء التغير في مستوى سطح البحر يعتمد على فحص ومضاهاة التعاقبات البحرية القريبة والبعيدة والبحث عن كلتا التغيرات المفاجئة والمتدرجة في نوع الرواسب.
- *فهم واستغلال مواد البناء الرسوبية والرواسب المعدنية*. تشكل الصخور الرسوبية مواد بناء هامة. يسهل نسبيا إستخراج وتشكيل الصخور الرملية والصخور الجيرية بسبب إمكانية إستعمال مستويات التطبق الطبيعية لإنشاء كتل. هناك حاجة إلى الحجر الجيري لصناعة السمنت والإستعمالات الزراعية، في حين الحجر الطيني هو المكون الخام للطابوق.

- *تنقيح الجدول الزمني الجيولوجي*. طبيعة السجل الرسوبي المستمر إلى حد بعيد مقارنة مع تلك السجلات للصخور النارية والمتحولة، جنبا إلى جنب مع محتواه الأحفوري، يجعله مهم لبناء الجدول الزمني الجيولوجي. يُستعمل السجل الرسوبي لدراسة الطباقية الأحيائية، إنشاء أنماط القطبية المغناطيسية، وتحديد دورة ميلانكوفيتش والدورات المنتظمة الأخرى، والتأريخ الأشعاعي للرماد البركاني البين طبقي، وبعض التأريخ الأشعاعي المباشر (على سبيل المثال، كاربون 14، سلسلة اليورانيوم، ونظير ربيديوم – أوزميوم) والطباقية الكيميائية، جميعها تساهم بجزء كبير في الجدول الزمني الجيولوجي.

بالإضافة إلى المعدات الجيولوجية الأساسية (جدول 1.2)، فإنه من المفيد لدراسة الصخور الرسوبية أن يكون لدينا بعض المعدات الأختيارية المدرجة في جدول 3.2. وعلى وجه التخصيص، تأكد من أن لديك مخطط مقارنة لتحديد الحجم الحبيبي، الشكل، الأستدارة والفرز (أنظر أيضا ملحق 6). يعد مخطط مونسيل اللوني مفيد في حال كنت تسجل الصخور حيث هناك أهمية للتغير في اللون، أو حيث يكون اللون هو المعلم الرئيسي المميز. عادة تكفي مطرقة جيولوجية بوزن نصف كيلوغرام وإزميل لجمع العينات.

2.6 وصف، تمييز وتسجيل الرواسب والتراكيب الرسوبية

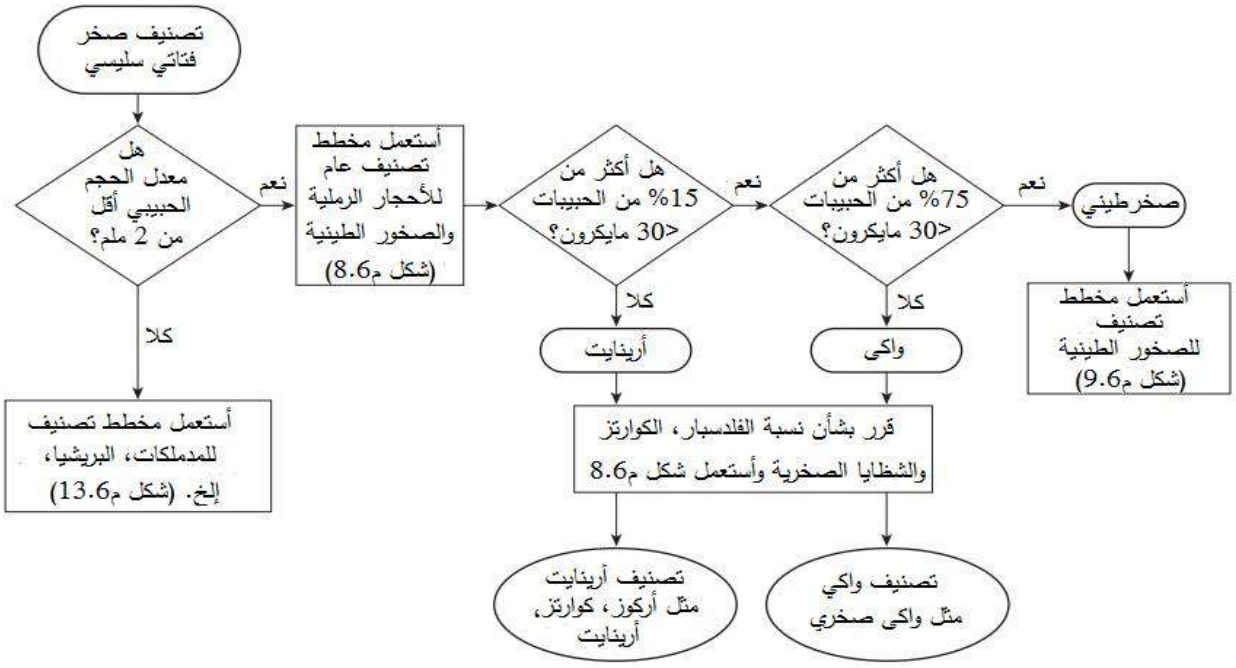
هناك أربعة جوانب تحتاج إلى التسجيل عند وصف الصخور الرسوبية: (1) التركيب، والذي من السهل نسبيا مقارنته مع الصخور النارية والمتحولة بسبب عدم وجود العديد من المعادن التي هي مشتركة في الرواسب (ملحق 6، جدول م2.6)، (2) نسيج الصخرة، (3) التراكيب الرسوبية و(4) الأحافير داخلها. التركيب والنسيج يؤخذان معا كخصائص صخارية (فقرة 1.2.6)، والتراكيب الرسوبية تم تغطيتها في فقرة 2.2.6، وتسجيل الأحافير تم تغطيته في الفصل الخامس.

1.2.6 تسجيل الخصائص الصخرية الرسوبية

يوفر تصنيف الرواسب تقدير تقريبي لمكونات الصخرة وبالتالي معلومات حول العملية الترسيبية، ومصدر الرواسب والظروف البيئية. إستعمل الفقرات التالية في ملحق 6 لوصف وتصنيف الصخور: القائمة (جدول م1.6)، جدول خواص المعادن الشائعة في الصخور الرسوبية (جدول م2.6)، النسيج (الأشكال م1.6– م4.6)، ومخططات تصنيف الصخور (الأشكال م11.6 – م13.6).

الصخور الفتاتية السليسية

يعتمد مخطط التصنيف للصخور الفتاتية السليسية على الحجم الحبيبي وتركيب الحبيبات الرئيسية، بإستثناء المدملكات والبريشيا حيث يكون شكل الفتات مهم أيضا. عملية التصنيف العام للفتات السليسي موضحة في المخطط الأنسيابي التالي:



يمكن تقسيم الصخر الطيني (المرادف للحجر الطيني)، والصخور الفتاتية السليسية خشنة الحبيبات إلى أبعد مما موضح في ملحق 6، شكل م6.6 وذلك يتطلب ملاحظات مختلفة قليلا عن الحجر الغريني والحجر الرملي. تغطى هذه المعالم في الفرعين الثانويين الاتيين:

الصخر الطيني

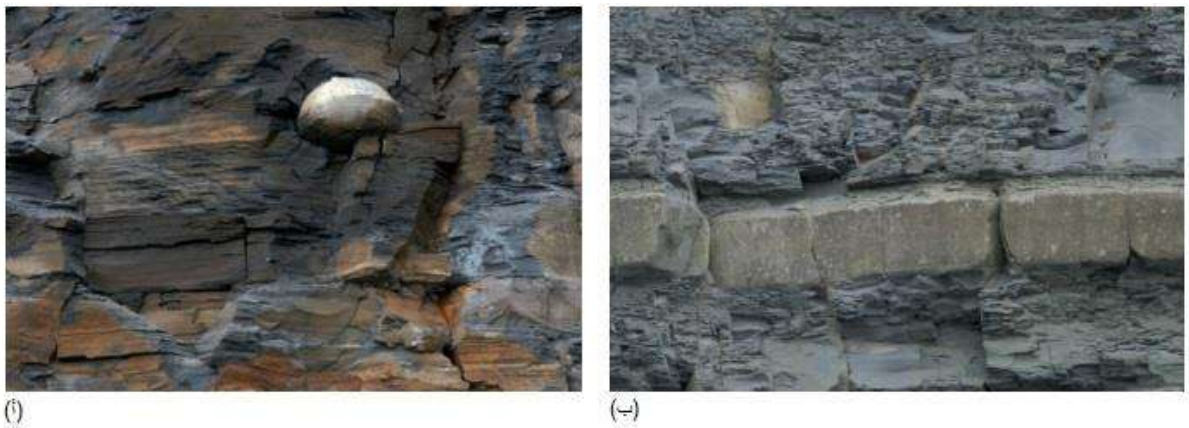
تشكل الصخور الرسوبية الفتاتية السليسية ناعمة الحبيبات أكثر من 50% من سجل الصخور الرسوبية. وهي أكثر صعوبة عند العمل معها في الحقل من الصخور الفتاتية السليسية خشنة الحبيبات وذلك لأن معالمها أصعب في التمييز بالعين المجردة والأختلافات تكون دقيقة. تم تغطية الصخر الطيني الكاربونايتي بمحتوى فتاتي سليسي متواضع من خلال النظام التصنيفي للكاربونايت. يوفر ملحق 6، شكل م9.6 نظام تصنيف عام للصخور الطينية الفتاتية السليسية القابل للتطبيق في معظم التعاقبات. ومع ذلك، في بعض الحالات قد يكون من الضروري أستنباط تصنيف معتمد على التعاقب الخاص الذي تفحصه والمكونات الرئيسية داخله. للقيام

بذلك، قرر أي المكونات الرئيسية (على سبيل المثال، معادن طينية، كاربونايت، فوسفات وسيليكا) تكون مرئية على حدا سواء وإذا كنت عائدا من الحقل في زيارة، أكمل ذلك من خلال التحليل الكيميائي قبل عودتك إلى الحقل. ثم، وبإستعمال تلك النتائج استنبط مخطط تصنيف على أساس معدل النسبة المئوية لكل مكون والذي من الممكن كشفه في الحقل. وفيما يلي بعض المعالم الشائعة المفيدة للصخور الطينية للبحث عنها في الحقل. كما هو الحال مع جميع الملاحظات الجيولوجية، إستعمل عدة خيوط مختلفة من الأدلة لبناء تفسيرك. تعتبر المعالم المدرجة أدناه مفيدة بشكل خاص للصخور الطينية:

- *اللون Colour*: كما هو الحال بالنسبة للصخور الرسوبية الأخرى، يعكس اللون في الأصل التركيب. معظم الصخور الطينية البحرية لها ظلال مختلفة من اللون الرمادي. إستعمل مخطط مونسيل اللوني و/ أو أحمل رقاقات صخرية صغيرة لكل من الألوان الرئيسية التي حددت في التعاقب لغرض المقارنة. تميل الصخور الطينية مع محتوى أعلى من الكاربونايت أو السليكا، أو مواد عضوية أقل، لتكون أكثر شحوبا. تكون الصخور الطينية الغنية بالمواد العضوية (على سبيل المثال، مركبات الكاربون العضوي) رمادية بنية. غالبا ما تكون الصخور الطينية غير البحرية حمراء أو خضراء تبعا لحالة تأكسد الحديد، كما أنها يمكن أن تكون بيضاء أو ألوان متباينة من الأصفر. تكون أطيان البنتونايت (أطيان مونتموريلونايتية من أصل بركاني) رمادية مزرقة أو رمادية مخضرة مميزة عندما تتكشف حديثا.
- *الكسر Fracture* : يوفر نمط الكسر أيضا دليل على التركيب. تمتلك الصخور الطينية المتشكلة في الغالب من معادن طينية كسور كتلية. تميل الكميات المتزايدة من الكاربونايت (على سبيل المثال، طين مارلي وحجر مارل) لإعطاء الصخرة نمط كسر محاري (شكل 2.6). تكون الصخور الطينية ذات المحتوى العالي من السليكا أكثر صلابة.
- *التفلق Fissility*: تدعى الصخور الطينية ذات التفلق (كسر داخل طبقات رقيقة (بحجم ملليمترات)) بأحجار الطفل. ويمكن للتفلق أن ينمو داخل الصخر الطيني لسببين: (1) أختلاف مقياس الصفائح داخل التركيب و(2) الإنضغاط والتجوية. غالبا ما تمتلك أحجار الطفل ذات تصفح تركيبي محتوى كاربون – عضوي أعلى و/ أو بعض المواد خشنة الحبيبات. تركيبيا، ليست كل الصخور الطينية الصفائحية هي متفلقة.

المدملكات والبريشيا

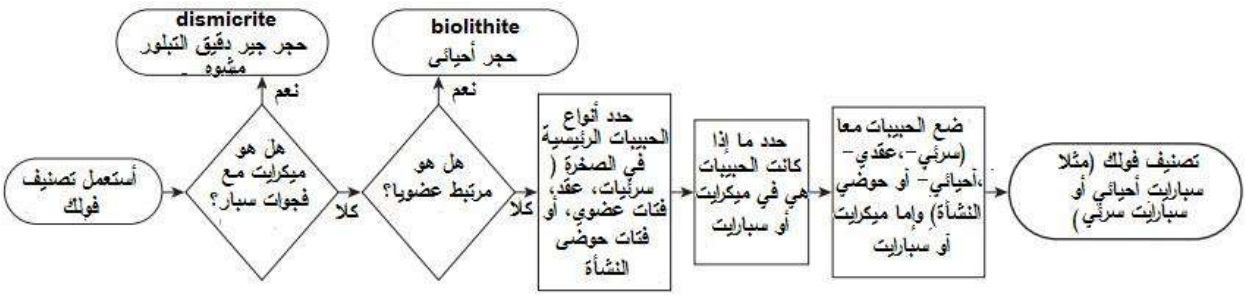
يمكن تصنيف كل من المدملكات والبريشيا وفقا لنوع الفتات وخصائص النسيج (ملحق 6 شكل م13.6). وعلى النقيض تماما من الصخور الطينية يتطلب معاينة "بزاوية واسعة" لتلك الرواسب خشنة الحبيبات للحصول على بيانات تمثيلية بسبب أحتمالية الأختلاف على مقياس كبير. طريقة التربيع تكون مفيدة لتقييم وتسجيل الرواسب خشنة الحبيبات (الفقرات 3.3 و 2.4.5). تربيع 0.5 م إلى 1 م يكون مناسب لمعظم الرواسب.



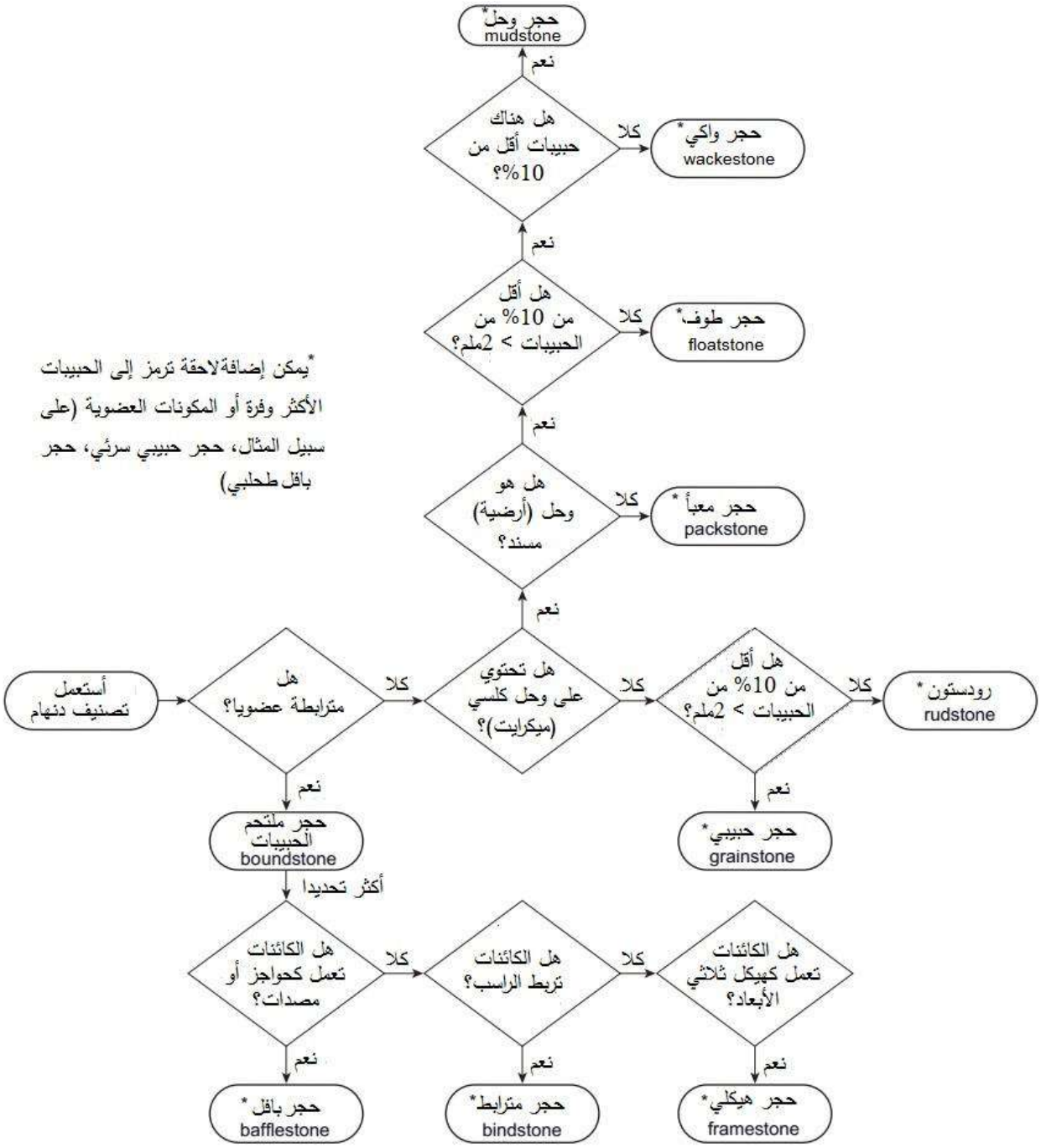
شكل 2.6 (أ) نمط كسر كتلي لصخر طيني فتاتي سليسي متكون على الأغلب من معادن طينية. (ب) نمط كسر محاري لصخر طيني مع نسبة كبيرة من الكاربونايت.

الصخور الكاربونايتية

من المفيد النظر إلى كل من الأسطح المتجوية وغير المتجوية للصخور الكاربونايتية. تميل حبيبات الصخور الكاربونايتية للتجوي مما يجعلها أسهل بالتمييز على السطوح المتجوية. هناك مخططين تصنيفيين عادة ما يستعملان للصخور الكاربونايتية (ملحق 6، الأشكال م11.6 و م12.6). من الضروري في كلتا الحالتين أن تقرر أولا ما إذا كانت الحبيبات مرتبطة معا عضويا (أي ما إذا كان صخر أحيائي bioherm (شعاب) أم لا). مخطط تصنيف فولك (شكل م11.6) هو أسهل في الإستعمال، ويعتمد على طبيعة الحبيبات وفيما إذا كانت داخل راسب أرضي أو مادة رابطة. ويتضح إستعمال مخطط التصنيف هذا من خلال المخطط الأنسيابي التالي:



وفي المقابل، فإن نظام تصنيف دنهام (ملحق 6، شكل م12.6) ينقل المعلومات حول راسب الأرضية أو المادة الرابطة ونسيج الصخرة. يمكن أن يشار إلى أنواع الحبيبات من خلال إضافة صفة تدل على نوع الحبيبة (على سبيل المثال، حجر حبيبي سرئي oolitic grainstone). إن الملاحظات الضرورية لإتخاذ قرار بشأن تصنيف دنهام المناسب موضحة من خلال المخطط الأنسيابي أدناه:



الأنواع الأخرى الشائعة من الصخور الكاربونايتية هي:

- *دولومايت*: الدولومايت له ثلاث خصائص حقلية تميزه عن الأنواع الكاربونايتية الأخرى: (1) يميل إلى أن يكون لونه أصفر شاحب – بني، (2) يتفاعل ببطء مع حمض الهيدروكلوريك المخفف، و(3) إذا طحن بين الأسنان يكون نسيجه أنعم من نسيج الحجر الجيري.
- *سيديرايت*: وهو يتميز بسهولة أكثر من خلال لونه الأحمر – الأصفر المميز، فهو يشكل حزم وعقد، وخاصة في تعاقبات الصخور الطينية.

لا يوجد هناك نظام تصنيف ثابت لتعاقبات فتاتية سلسيةا كاربونايتية مختلطة وعادة ما يستعمل مزيج من أنظمة تصنيف مختلفة. نوع الراسب، جنبا إلى جنب مع بيئته الترسيبية، يحددان التراكيب المتزامنة الترسيب وما بعد الترسيب، ويؤثران على حفظ المعالم المترافقة مثل الأحافير. تم تلخيص المعالم الشائعة لكل نوع من الصخور الرسوبية في جدول 1.6.

2.2.6 تسجيل التراكيب الرسوبية

التراكيب الرسوبية متنوعة ومعقدة. ويتم تناولها بالتفصيل في العديد من الكتب المنهجية الجيولوجية وفي الكتب المنهجية المتخصصة بعلم الرسوبيات. التغطية الكاملة لهذا الموضوع هو خارج نطاق هذا الكتاب، وبدلا من هذا سوف يتم التركيز على كيفية: (1) تسجيل ووصف التراكيب، (2) التمييز بين التراكيب التي تبدو متشابهة، و(3) حل شفرة علاقات التقاطع.

توفر التراكيب الرسوبية أدلة مباشرة حول العمليات المسؤولة عن ترسيب الصخور الرسوبية، والعمليات التي تحدث بعد ترسيبها. فهي حتى توفر في عدد من الحالات معلومات محددة عن الوضع الترسيبي، على سبيل المثال، تطبق متقاطع ناتئ hummocky cross– stratification يعتبر تشخيصي للمنطقة الأنتقالية البحرية، والتي تقع بين قاعدة موجة بطقس معتدل و قاعدة موجة عاصفة، في حين يتشكل تطبق متقاطع منخفض swaley cross – stratification قرب قاعدة موجة بطقس معتدل في نطاق وجه الساحل.

من المحتمل أن ترى في الحقل تراكيب لا تفهمها؛ قد يكون ذلك بسبب كونها غير عادية أو نادرة، ضعيفة التطور، رديئة الحفظ أو منكشفة في زاوية غريبة. لذا لا تقلق إذا لم يمكنك التعرف على أي تركيب رسوبي تراه، هذا أمر عادي. إذا وجدت شيء لا تفهمه، أبحث في الأنحاء عن أشياء أخرى، ربما أمثلة موحية أفضل/أكثر، ويفضل في نفس الوحدة ولكن أيضا في وحدات متجاورة. ثم أقضي وقت أكثر على أفضل الأمثلة أولا، عائدا إلى تلك الأكثر غموضا في وقت لاحق إذا كان هناك متسع من الوقت.

جدول 1.6 أنواع الصخور الرسوبية والمعالم والتراكيب الرسوبية التي تترافق عادة معها.

نوع الصخر الرسوبي	المعالم الترسيبية والتراكيب الرسوبية	معالم ما بعد الترسيب والتراكيب الرسوبية	المعالم المترافقة عادة
أحجار طينية، صخور طينية ومارل	ترقق Lamination : أختلاف تركيبي بمقياس مليمتر معطيا تحزم صخري بمقياس ناعم. تفلق Fissility: تتكسر الصخرة بسهولة إلى صفائح رقيقة موازية للتطبق (ربما متعلقة بالترقق). اللون: التغير في اللون يمثل أختلاف تركيبي وخصوصا في محتوى المعادن الحديدية، المادة العضوية والكاربونايت. نمط الكسر: يعكس الأختلاف التركيبي. مقطع التجوية: تميل الأحجار الطينية مع محتوى عالي من كاربونات الكالسيوم لتلتصق بحيث غالبا ما تكون أكثر مقاومة للتجوية. وبالمثل، تميل تلك المحتوية على نسبة عالية من كاربون – عضوي لتتجوى بنشاط.	العقيدات Nodules: تتشكل أسفل سطح بيني راسب – ماء تحت ظروف جيوكيميائية معينة. عقيدات الكاربونايت ذو النشأة ما بعدية المبكرة يمكن أن تستعمل للمساعدة في حساب مقدار الأنضغاط. كالسايت مخروطي في مخروط: بلورات كالسايت تنمو داخل مخاريط عمودية على الضغط خلال الضغط المفرط للصخر الطيني. معالم تشوه الرواسب الرخوه: شائعة عند معدل الترسيب العالي للصخور الطينية المتداخلة والحجر الرملي نظرا لتغاير كثافة الراسب.	الأحافير: الطاقة المنخفضة للترسيب، وطبيعة الحبيبات الناعمة وغير المسامية للصخور الطينية ممتازين لحفظ الأحافير الدقيقة والكبيرة. من السهل كشف آثار الأحافير إذا كان هناك تغير لوني وتكون التفاصيل الدقيقة محفوظة دائما. البايرايت: غالبا ما يترافق مع الظروف الترسيبية قليلة التهوية (كبريتيد هيدروجين حر في الماء). المادة العضوية: البحرية والأرضية يمكن أن تؤثر على اللون وتؤثر على التصفح. فهو يشير إلى إنتاجية عالية و/او ظروف حفظ مناسبة (مثل نقص الاوكسجين).
الحجر الغريني والحجر الرملي	تراكيب رسوبية: هناك مدى واسع، وكثير منها يشير إلى عملية الترسيب.	العقيدات: كما سبق. عقيدات النشأة المتأخرة أكثر شيوعا. حلقات ليزغانغ: خطوط من تراكيز الحديد تتحرك خلال الصخرة.	الأحافير: دائما موجودة ولكن يمكن أن يعاد تشكيلها تحت ظروف الطاقة العالية للترسيب

جدول 1.6 مستمر

نوع الصخر الرسوبي	المعالم الترسيبية والتراكيب الرسوبية	معالم ما بعد الترسيب والتراكيب الرسوبية	المعالم المترافقة عادة
الصخور الكاربونايتية (غير عضوية)	التراكيب الرسوبية: هناك مدى واسع، وكثير منها يشير إلى عملية الترسيب.	نتوءات صخرية Stylolites ومعالم محاليل الضغط الأخرى: الصخور الكاربونايتية هي عرضة للإذابة. إعادة الترسيب يمكن أن تعزز، تخفي أو تدمر المعالم الأساسية. السمنتة او التلاصق: الطبيعة القابلة للذوبان للصخور الكاربونايتية تجعلها عرضة للألتصاق.	الأحافير: الفتات الأحيائي مهم في العديد من الصخور الكاربونايتية وتوفر معلومات قيمة عن الموقع وظروف الترسيب.
الصخور الكاربونايتية (عضوية)	التراكيب الرسوبية: غالبا كتلية مع تضاريس عمودية بارزة. عادة مترافقة إلى حد بعيد مع وحدات متطبقة أفقيا تمثل هور شاطئي وطبقات مشوشة مائلة بحدة تمثل حطام صخري أحيائي.	كما الصخور الكاربونايتية غير العضوية أعلاه	الأحافير: يمكن أن توفر الكثير من المعلومات عن البيئة القديمة.
المدملكات والبريشيا	أنواع الفتات: التعرف على أنواع الصخور من الفتات، مما يعطي مؤشرا جيد عن المصدر وأحيانا العمليات الترسيبية. التراكيب الرسوبية: التطبق المستعرض، التطبق، الخ.	إنضغاط الأرضية حول الفتات والسمنتة.	الأحافير: تميل الأحافير الكبيرة المتينة فقط مثل بقايا الفقريات والقطع الكبيرة من الخشب المتحجر للبقاء سليمة.

جدول 1.6 مستمر

نوع الصخر الرسوبي	المعالم الترسيبية والتراكيب الرسوبية	معالم ما بعد الترسيب والتراكيب الرسوبية	المعالم المترافقة عادة
الفحم	اللون واللمعان: يشير إلى نوع المادة العضوية و/أو محتوى الطين (أنظر أيضا ملحق 6، جدول م3.6)	تحقق من التربة القديمة في الأسفل والتي من شأنها أن تدل على أن الفحم موقعي وليس مشتق. الفحم نفسه قد يكون متداخل مع رواسب أخرى.	البايرايت مترافق مع محتوى كبريت عالي. العقيدات الكاربونايتية في الفحوم يمكن أن تحفظ البقايا النباتية.
المتبخرات	لاحظ التوزيع داخل الرواسب وشكل البلورة. البلورات الكبيرة والليفية منها معادة التبلور.	الإذابة وإعادة الترسيب شائعين. الإذابة الكاملة هي شائعة جدا.	الصدوع والطيات نتيجة للطبيعة المطاوعة للمتبخرات وذوبانيتها العالية. تترافق مع رواسب المياه الضحلة وبخاصة الصخور الكاربونايتية.
الأحجار الحديدية، أحجار الصوان وصخور الفوسفات	اللون: يمكن أن يعكس الأختلاف التركيبي وفي حالة الفوسفات يعكس مقدار إعادة التشكيل (وردي \ برتقالي عندما يترسب، رمادي\ بني واسود عندما يعاد تشكيله).	الربط: هذه الرواسب عرضة للإذابة وإعادة الترسيب لذلك قد يكون الربط ما بعد الترسيب تماما.	الفوسفات يدل على مناطق إنتاجية عالية. قد تأتي السليكا للصوان من الدايوتومات، الشعاعيات أو الأشواك الأسفنجية. وهي تشير إلى مدى واسع من الظروف الترسيبية لذلك تحديد أصل السليكا مهم.

إذا لم تجد أمثلة أخرى، التقط صورة وأعمل بعض الملاحظات لكي تستطيع إظهارها لجيولوجيين آخرين و/أو مقارنتها مع أمثلة أخرى في الأدبيات، ولكن لا تضيع الكثير من الوقت على ذلك. وهنا بعض الأقتراحات لتلاحظ، تصف وتتعرف على التراكيب الرسوبية.

1. إذا أمكن أفحص التركيب في منظر علوي أو في مقطع عرضي، ومن المفضل في الأوجه التي تقطع من خلال التركيب الموازي والمتعامد مع إتجاه التيار. وهذا لأن التراكيب المختلفة تبدو متشابهة أو حتى نفسها بالضبط إذا تم أخذ منظر واحد فقط. غالبا ما يكون الشكل ثلاثي الأبعاد للتراكيب الرسوبية معقد، وذلك لأن التراكيب الرسوبية هي هجرة الأشكال الطبقية ثلاثية الأبعاد، أو الحيوانات والنباتات المشوشة للراسب. ويُظهر شكل 3.6 بعض الأمثلة الشائعة حول كيف تبدو التراكيب الرسوبية مختلفة أعتمادا على إتجاه وجه الصخرة.

2. قرر ما إذا كان التركيب شائع في التعاقب أو غير عادي. إذا كان الأخير، هل هو مهم أم شاذ لا يستحق إهدار الكثير من الوقت؟.

3. سجل الحجم (في جميع الأبعاد الثلاثة حيثما أمكن ذلك) وأي تغيير منتظم أو تكرار، أفقيا وعموديا.

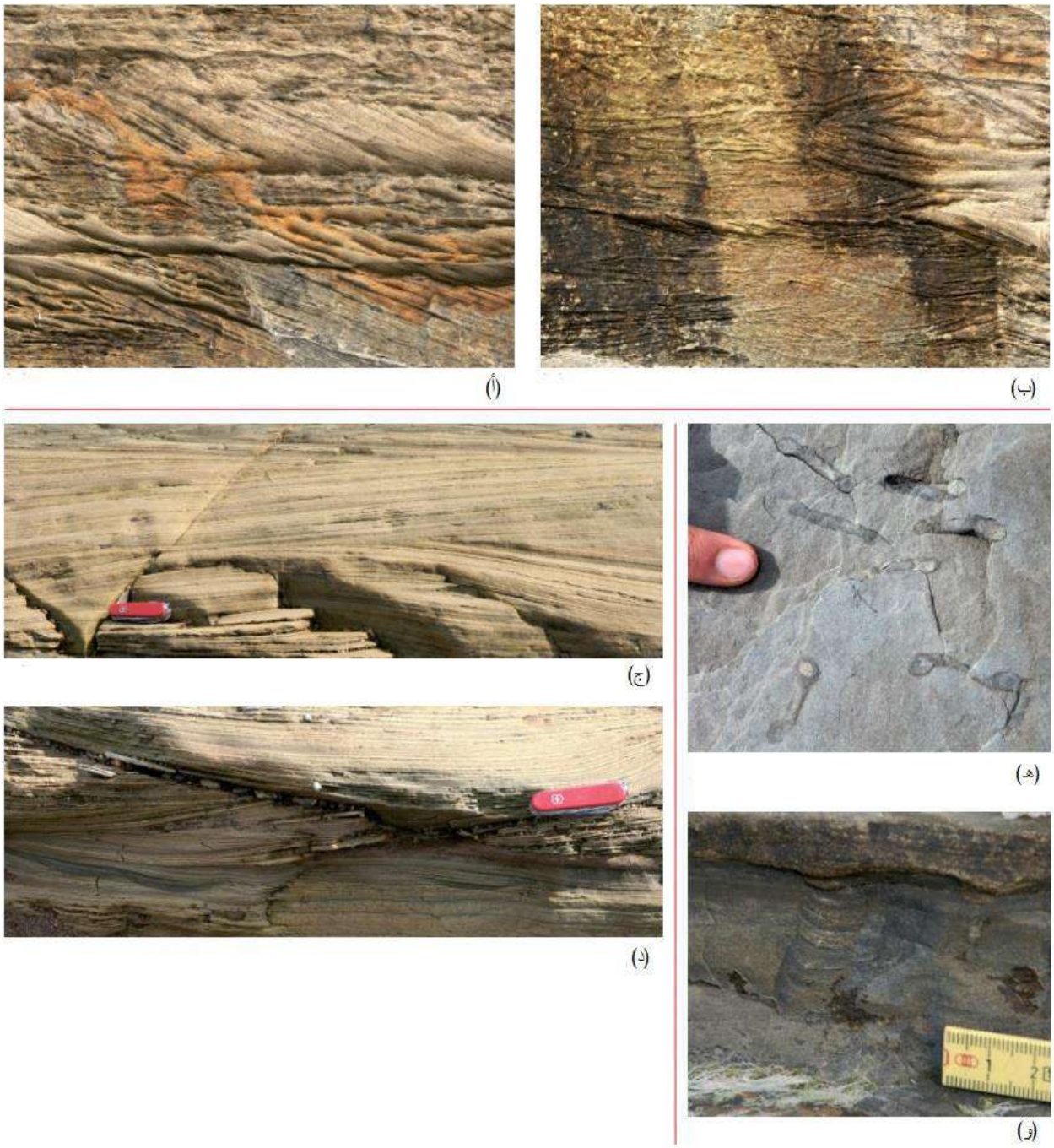
4. إذا كان التركيب ذو مقياس كبير يشوش على الطبقات الأخرى وتتغير طبيعته على طول المضرب، سجل هذه التفاصيل بإستعمال صور فوتوغرافية و/أو رسومات تخطيطية (أنظر الجزء الاول من المثال العملي 3.6).

5. سجل أين يقع التركيب الرسوبي ضمن الطبقة. هل هو عند قاعدة أو قمة الوحدة أو في الوسط؟.

6. إذا لم تتمكن من التعرف على التركيب، أرسم و/أو التقط صور له. صنف الرسم التخطيطي مع ملاحظات حول الأشكال الهندسية وتأكد من أن لديك ملاحظات حول إذا ما كان هذا مقطع عرضي أو منظر علوي، وأنه يمكنك أن تربط رؤى مختلفة بشأن التركيب.

7. أبحث عن تجمعات للتراكيب الرسوبية أفقيا وعموديا. على سبيل المثال تتشكل كل من طبعات البوق flute casts وعلامات أداة tool marks خلال عمليات التدفق الكتلي، ومن المرجح أن تكونا موجودتين في نفس التعاقب. إضافة إلى ذلك، إذا وجدت علامات بوق أبحث عن أدلة أخرى لرواسب تدفق كتلي، مثل نمط تراكيب رسوبية نموذجي لتتابع بوما Bouma. في بعض الحالات يمكن أن تتغير التراكيب الرسوبية خلال التعاقب من شكل إلى آخر.

8. حدد من خلال فحص سطوح التماس، أي من الفئات الأربعة التقليدية تقع التراكيب الرسوبية داخلها: ترسيبية، تعروية، أحيائية (على سبيل المثال، آثار الأحافير) أو ما بعد الترسيب. التراكيب الأحيائية ذات الأصل النباتي والحيواني مغطاة في الفصل 5 وملحق 5. إذا كان التركيب هو في مرحلة ما بعد الترسيب، وأنت مهتم فقط في التراكيب الرسوبية الترسيبية، يمكنك عندئذ تجاهله. تلخص الجداول 2.6 – 4.6 التراكيب الرسوبية الترسيبية، التعروية وما بعد الترسيبية الشائعة والأشكال الطبقية على التوالي.



شكل 3.6 صور مزدوجة لتراكيب رسوبية أخذت من وجوه متعامدة. (أ) تتطبق متقاطع. لاحظ أنه من هذا المنظر من الممكن القول فيما إذا كان التطبق حوضي أو مستوي. (ب) وهذا من نفس الطبقة كما في (أ) وتظهر أحواض أو منخفضات تشير إلى أن (أ) و(ب) هما جزء من راسب متطبق متقاطع حوضي. (ج و د) تطبق متقاطع نتوئي يظهر أن التركيب متشابه بغض النظر من أي مقطع يشاهد. (هـ) جحر ديبلوكريتيرين Diplocraterion يظهر منظر علوي لهذا الجحر العمودي. الدوائر هي قمة الانابيب والخطوط الواصلة بينها هي الراسب المضطرب فيما بينها. (و) منظر مقطع عرضي يظهر أنبوب U العمودي وسبريتين spreiten.

جدول 2.6 بعض التراكيب الرسوبية الترسيبية الشائعة، الاشكال الطبقية وعمليات تشكلها.

التركيب الرسوبي او الشكل الطبقي	السمك او الحجم	المعالم التي تلاحظ	العمليات
الترقق Lamination	أقل من 1 سم	الأستمرارية، التغاير، اللون	الأختلاف في التركيب او الانضغاط
التطبق Bedding	1 سم إلى أمتار	الأستمرارية، التكرارات، أختلاف السمك	ظروف متغيرة
التدرج Grading	متغير	تدرج عادي أو معكوس	تيارات متزايدة أو متلاشية
علامات نيم شكلتها الأمواج (شكل طبقي) Wave – formed ripples	سم	ثلاثي الأبعاد، متسلق أو غير متسلق، مترافق مع تطبق متقاطع نتوئي أو تطبق متقاطع منخفضي أو تراكيب أخرى	أمواج
علامات نيم شكلتها التيارات (شكل طبقي) Current – formed ripples	سم	ثلاثي الأبعاد، متسلق أو غير متسلق، تراكيب مترافقة، تيارات قديمة	تيارات أحادية الإتجاه
علامات نيم تصادمية (شكل طبقي) Impact ripples	سم	الحجم، الإتجاه	هوائية (ريحية)
تطبق عدسي Lenticular bedding	سم	علامات نيم شكلها الموج أو التيار، تغيرات عمودية سواء كانت جزء من نعومة أو خشونة تصاعدية الإتجاه	تذبذب بين ترسيب من تيارات زحف قاعية أو ترسيب من التعليق
تطبق متقطع Flaser bedding	سم		
الكثبان Dunes (شكل طبقي)	1 م إلى عشرات الأمتار	بنية الشكل الطبقي	الرياح والمياه
تخطط التيار Current lineation	سم	يوفر قياس مباشر للتيار القديم. فحص الإتجاه فيما يتعلق بالتراكيب الأخرى.	نظام تدفق علوي
ترقق مستو Planar lamination	ملم إلى 1 سم	الأستمرارية، الطبيعة (الترسيبية أو الحجم الحبيبي)، وجود تخطيط التيار	تيارات زحف قاعي من تيارات أو أمواج (نظام تدفق علوي أو سفلي)
ترقق متقاطع Cross – lamination	أقل من 1 سم	تركيب رسوبي ناتج عن نيم شكله التيار او الموج. أفحص الأستمرارية وراقب ما إذا كانت علامات النيم متسلقة.	هجرة علامات النيم المشكلة بسبب الموج أو التيار

جدول 2.6 مستمر

التركيب الرسوبي او الشكل الطبقي	السمك او الحجم	المعالم التي تلاحظ	العمليات
تطبق متقاطع حوضي Trough cross-stratification	سم إلى عدة أمتار	يلاحظ في ثلاثة أبعاد لتأكيد التطابق، يوفر إتجاه التيار القديم	هجرة الأشكال الطبقية المنحنية عند عمق وسرعة معينة
تطبق متقاطع مستو Planar cross-stratification	سم إلى عدة أمتار	يلاحظ في ثلاثة أبعاد لتأكيد التطابق، يوفر إتجاه التيار القديم	هجرة الأشكال الطبقية المستقيمة عند عمق وسرعة معينة
تطبق متقاطع نتوئي Hummocky cross-stratification	متر	يجب أن يبدو التركيب كما هو في كل المقاطع العرضية، يظهر المنظر العلوي والمقطع العرضي نسبة 1:1 للأشكال المحدبة والمقعرة	أمواج عاصفة
تطبق متقاطع إنخفاضي Swaley cross-stratification	متر	يجب أن يبدو التركيب كما هو في كل المقاطع العرضية، المنظر العلوي والمقطع العرضي يظهران أشكال مقعرة بشكل رئيسي	أمواج طقس معتدل
حزم مدية Tidal bundles	سم	يلاحظ الإتجاه،أبحث عن المعالم المدية المترافقة (تطبق متقاطع ثنائي الإتجاه، أطيان مجعدة) وفكر في النظام المدي المحتمل (يومي او شبه يومي)	عادة ينتقى التطبق المتقاطع من رواسب ذات حبيبات أكثر نعومة مع سطوح تطبق متقاطعة في 7 مجاميع متميزة تتغير من مسافة متقاربة إلى مسافة متباعدة، تمثل ترسيب المد او الجزر المحاقي و الربيعي على التوالي. تشخيص تيارات مدية
شقوق الجفاف Desiccation cracks	سم	أبحث عن المتبخرات، الترب القديمة وأي دليل آخر لمكشف سطحي	مكشف سطحي
الأشكال الزائفة Pseudomorphs	سم	أشكال هندسية	إحلال معادن المتبخرات بعد ذوبانها.

جدول 3.6 بعض التراكيب الرسوبية التعروية الشائعة وعمليات تشكلها.

التركيب الرسوبي او الشكل الطبقي	السمك او الحجم	المعالم التي تلاحظ	العمليات
طبعات البوق Flute casts	سم	الإتجاه يوفر اتجاه التيار القديم	دوامة مضطربة من تيار عكر
علامات أداة Tool marks متضمنة علامات حزوز groove marks	سم	إتجاه البعض يوفر إتجاه التيار القديم	معالم ناتجة عن التعرية او حمل طبعات أكبر عن طريق التيارات. الطبعات تسحب، تثب أو تسقط على السطح. هناك مدى واسع للتراكيب من علامات المنخس prod إلى علامات حزوز.
إنجرافات أو نحور Scours	متر	ترافق محتمل مع أسطح التعرية	التعرية من التيارات او الأمواج
القنوات Channels	عشرات الأمتار	دليل على هبوط المستوى القاعدي، تغير محتمل من بحري إلى نهري أو نحر تحت بحري	تعرية بمقياس كبير من التدفق
طبعات ميزاب أو مجرى قديم Gutter casts	عرض 5 – عشرات السنتمترات، طول عشرات الأمتار	الإتجاه يوفر الإتجاه القديم	تيار حافر Rip
حزوز جليدية Glacial striations	سم إلى متر	الإتجاه يظهر إتجاه حركة الجليد	حركة صفائح الجليد

جدول 4.6 بعض التراكيب الرسوبية ما بعد الترسيب المبكرة والمتأخرة وعمليات تشكلها.

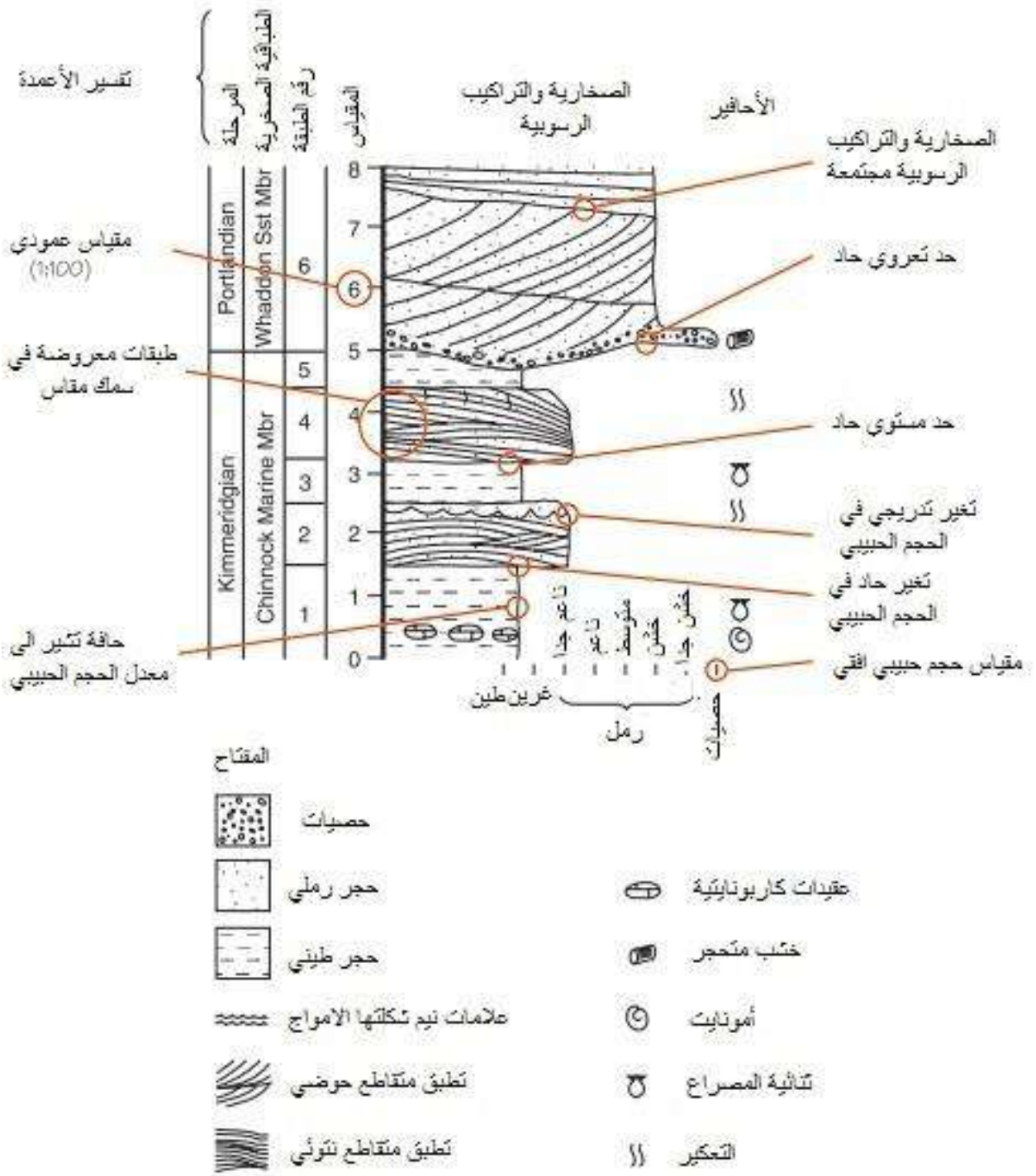
التركيب الرسوبي او الشكل الطبقي	السمك او الحجم	المعالم التي تلاحظ	العمليات
التراكيب ما بعد الترسيب المبكرة *Early post-depositional structures*			
عقيدات (نشأة ما بعدية مبكرة) Nodules (early diagenetic)	سم – متر	الحجم، التركيب. عقيدات النشأة ما بعدية المبكرة هي أجسام بيضوية الشكل مسطحة والرُقيقة أو التطبق يصبح أوسع تدريجيا في وسط العقيدة.	تغيرات في كيميائية الماء المسامي ديسمترات قليلة إلى أمتار أسفل السطح البيني للرواسب – ماء.
تطبق مجعد/ مشوه Deformed/convolute bedding	سم – متر	الأمتداد، أي قيمة لإتجاه الحركة، تعرية محتملة.	رواسب غير مستقرة نتيجة لزاوية الترسيب، معدل ترسيب عالي، تغير في ضغط الماء المسامي او الزلازل او إضطراب تركيبي آخر.
الهطول والانزلاقات Slumps and slides	سم – كم		
سدود موازية من الحجر الرملي، قواطع وبراكين طينية Sandstone sills, dykes and mud volcanoes	متر – كم	إتجاه الأمتداد، المعالم المترافقة، فيما إذا كانت الرواسب المائلة جزء من التعاقب	حركة متزامنة الترسيب. غالبا ما تتواجد بالقرب من الصدوع.
تراكيب قرصية وعمودية Dish and pillar structure	سم	أشكال صغيرة مقعرة إلى فوق. أبحث عن أي معالم تجفيف مترافقة.	تشكل تراكيب لتسرب الماء حيث يكون معدل الترسيب عالي ولم تمتلك الرواسب التحتية الفرصة للانضغاط قبل وضع رواسب اكثر على القمة
طبعات الحمل Load casts	سم	البحث عن معالم تجفيف مترافقة اخرى	
الكرة والوسادة Ball and pillow	سم	أدلة أخرى لمعدل ترسيب عالي	

جدول 4.6 مستمر

التركيب الرسوبي او الشكل الطبقي	السمك او الحجم	المعالم التي تلاحظ	العمليات
التراكيب ما بعد الترسيب المتأخرة *Late post-depositional structures*			
عقيدات (نشأة ما بعدية متأخرة) Nodules (late diagenetic)	سم – متر	الحجم، التركيب. عقيدات النشأة ما بعدية المتأخرة تمتلك تكور عالي. غالبا ما تحفظ المعالم الرسوبية الأخرى	تغير في كيميائية الماء المسامي عشرات إلى مئات الأمتار أسفل السطح البيني راسب – ماء
تراكيب ضغط المحلول (مثل، نتوءات صخرية) Pressure solution structures (e.g. stylolites)	سم – متر	أمتداد جانبي وعمودي	انضغاط الراسب وحركة الموائع. تواجدها يعتمد على كيميائية الرواسب والماء المسامي إضافة إلى مقدار الضغط
حلقات ليزكانغ Leisegang rings	متر	أدلة أخرى للتشخيص	الحركة المتاخرة للمائع المسامي
شجريات Dendrites	سم		

3.6 السجلات الصخرية البيانية

وجب على الفقرة السابقة أن تكون قد وفرت لك الأدوات اللازمة لبدء تسجيل معالم الوحدات المنفردة التي تؤلف تعاقبات الصخور الرسوبية على شكل ملاحظات مكتوبة وأيضا رسومات تخطيطية لكل من المعالم ذات المقياس الصغير والكبير. ومع ذلك، فإن الطريقة القياسية لتسجيل وتلخيص البيانات هي بإستعمال سجل صخري بياني (على سبيل المثال، شكل 4.6). وهو ملخص مثالي ومصور لكل من الوحدات الصخرية الرسوبية.



شكل 4.6 نسخة متقنة لسجل صخري بياني مثالي مع بعض المعالم الرئيسية. يجب أن تبدو النسخة الحقلية متشابه جدا باستثناء انها قد لا تكون مرسومة بمقياس عمودي وربما يكون هناك أعمدة أخرى بنماذج وصور وروابط لملاحظات أكثر تفصيلا حول سطوح تماس معينة و/ أو وحدات.

تمتلك التسجيلات الصخرية البيانية العديد من المزايا لأنها:

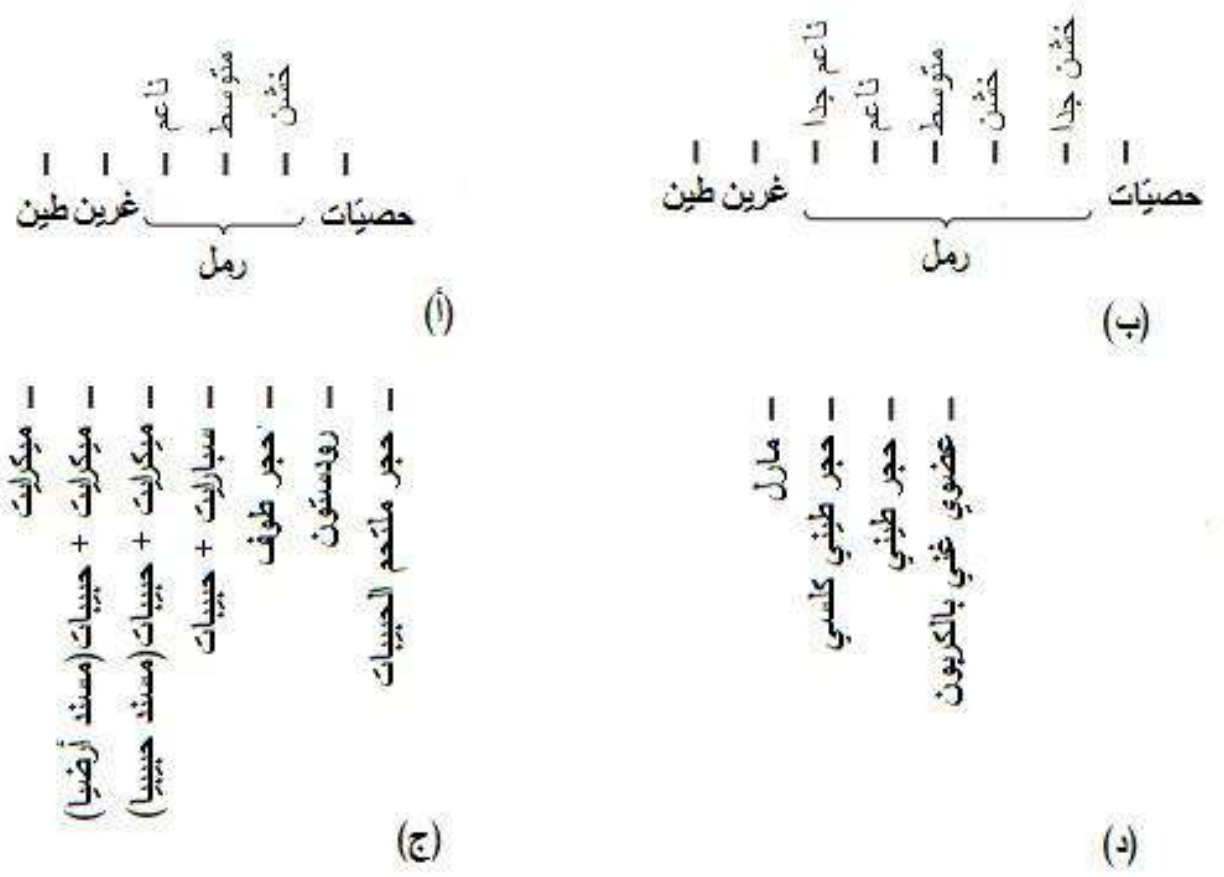
- طريقة مقتضبة لتلخيص الكثير من البيانات؛
- فورا تعطي انطباعا للتعاقب العمودي وبالتالي يمكن أن تساعد في تحديد التكرارات والتغيرات الرئيسية في السحنات الرسوبية؛
- طريقة مناسبة لأختبار وعمل مضاهاة بين المقاطع من نفس العمر من أماكن مختلفة.

هناك العديد من الأختلافات حول الأسلوب في السجلات الصخرية البيانية، مع مؤلفين يميلون إلى تطوير نمط وفقا للأهداف العامة والأسلوب الشخصي. هناك عدة اصطلاحات محددة تكون متبعة عموما وهذه تناقش في الفقرة 1.3.6 قبل توضيح بعض الأنواع الشائعة من السجلات الصخرية البيانية والاصطلاحات المختلفة.

1.3.6 أصطلاحات لسجلات صخرية بيانية

الاصطلاحات المحددة لتسجيل سجلات صخرية بيانية يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- *المقياس العمودي*: وهذا يمثل السمك التراكمي، فوق مرجع معين على المكشف (المسافة فوق المرجع تزداد صعودا) أو في حالة لباب بئر يكون العمق من الأعلى إلى الأسفل (المسافة تحت المرجع تزداد باتجاه الأسفل). يمكن للسجلات الصخرية البيانية أن تمثل تعاقبات تمتد من سنتمترات إلى مئات الأمتار أعتمادا على مقياس المشاهدة. عامل المقياس يتغير أيضا. من المعتاد إستعمال مقياس يسهل العمل معه، على سبيل المثال، 1 متر من الصخر = 1 سم على الورق (1:100) أو 10 متر من الصخر = 2 سم على الورق (1:500).
- *المقياس الأفقي*: بالنسبة للرواسب الفتاتية السليسية هذا يمثل دائما متوسط الحجم للحبيبات، وبواسطة الترسيب الضمني من تيارات بسرعة عالية أو واطئة أو التعليق (شكل 5.6أ و ب). عادة ما يظهر الحجم الحبيبي زيادة إلى اليمين. يكون الحجم الحبيبي في حالة الرواسب الكاربونايتية اكثر تعقيدا وذلك لأن حجم الفتات غالبا ما يكون دالة لعوامل بدلا من الطاقة (على سبيل المثال، حجم الكائنات الحية المنتج للفتات الأحيائي أو فيما إذا تتشكل السرئيات أو الكريات أو الحمصيات). ومع ذلك يعتمد المقياس الأفقي على نقصان كميات الطين الكاربونايتي باتجاه اليمين (شكل 5.6ج).



شكل 5.6 تشكيلة من مقاييس مختلفة من الحجم الحبيبي. (أ) المقياس الأساسي للصخور الفتاتية السليسية. (ب) مقياس أكثر صحة من الناحية الفنية مع مضاعفة في قطر الحجم الحبيبي بالنسبة للتقسيم الفرعي للرمل (ولكن هذا قد يكون أصعب عند تمييزه في الخقل وليس بالضرورة أن يضيف معلومات أكثر). (ج) مقياس الحجم الحبيبي للصخور الكاربونايتية. (د) تقسيمات فرعية محتملة اعتمادا على التركيب بالنسبة لتعاقبات الحجر الطيني.

- *الصخارية*: يتم تمثيل نوع الصخرة عبر زخرفات معينة، على سبيل المثال، النقش المنقط للحجر الرملي، الطابوق للحجر الجيري. وبالنسبة لأنواع الصخور الأقل شيوعا، على سبيل المثال، حجر الحديد والمتبخرات، قد تتغير الزخرفة المستعملة قليلا. بعض الرموز المستعملة عادة للسجلات الصخرية البيانية موضحة في ملحق 6، شكل م16.6.

- *التراكيب الرسوبية*: يتم تمثيل التراكيب الرسوبية إما عن طريق إستعمال رموز مثالية جدا وإما من خلال رسم تخطيطي (على مقياس) للتراكيب كما شوهدت. يمتلك الرسم التخطيطي ميزة عدم الحاجة لتحديد التركيب على الفور و/ أو إظهار الشكل الهندسي للتركيب الرسوبي في ذلك التعاقب. على سبيل المثال، يمكن إظهار الأختلاف في الزاوية أو السمك النموذجي لمجاميع التطبق المتقاطع.

- *معلومات أخرى*: تتضمن المعلومات الأخرى التسمية الصخارية الطباقية، الأحافير، الأنطقة الطباقية الأحيائية، معلومات النموذج والصورة الفوتوغرافية ، أرقام الطبقات، بيانات التيار القديم والتتابع الطبقي. وهي عادة ما توضع داخل أعمدة مجاورة للسجل الصخري الرئيسي مع المعلومات مرتبة أفقيا بمستوى معين. عادة ما يتم تصنيف هذه الأعمدة في ترتيب منطقي، على سبيل المثال، بالنسبة للصخارية الطباقية: أسم المجموعة، أسم التكوين، أسم العضو ورقم الطبقة. إذا كانت البيانات التي جمعتها بحاجة إلى أن تقارن مع تلك البيانات في دراسات سابقة غالبا ما يكون هذا أيضا معروض في شكل موجز. وهي فكرة جيدة لعمل مضاهاة في الحقل حيث هناك تشكيلة متنوعة من المعالم تكون أكثر وضوحا ويمكن أختبار مضاهاة مختلفة. وهذا أمر أساسي في حال كنت تعتمد على مجموعة بيانات سابقة بدل المعلومات الجيوكيميائية والطباقية الأحيائية.

- *الترتيب الطباقي*: ينبغي، إن أمكن، فحص وتسجيل الوحدات الصخرية في المفكرة في ترتيب طباقي. وهذا يتيح لسطوح التماس بين الوحدات ان يتم وصفها بشكل بياني. أحيانا في الحقل، ولظروف معينة، يصبح من الضروري تسجيل الوحدات الأحدث أولا والعمل نحو الأسفل خلال الطبقات الصخرية. يجب في هذه الحالة أن يبقى تسجيل الوحدات بالترتيب الطباقي الصحيح في المفكرة، وهذا يتحقق بسهولة عن طريق العمل نحو الأسفل من أعلى صفحات المفكرة.

أختلافات على أصطلاحات السجلات الصخرية البيانية

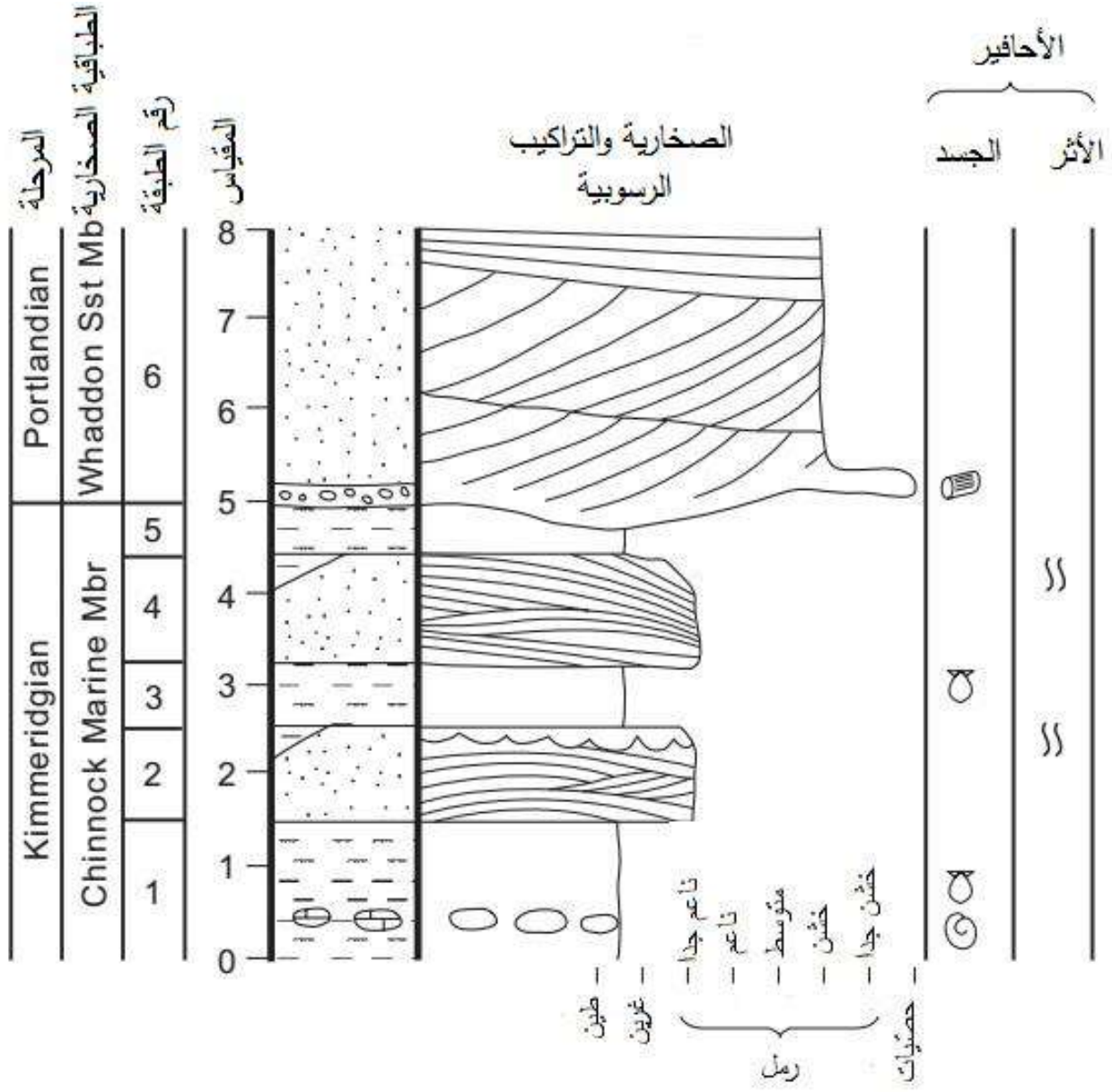
الأختلافات الشائعة حول الأصطلاحات الرئيسية هي:

- إستعمال نفس الأعمدة أو مستقلة لأجل الصخارية والتراكيب الرسوبية – نفس المعلومات من شكل 4.6 هي ممثلة بالضبط في شكل عمود منفصل في شكل 6.6؛

- حيثما يكون التعاقب مؤلف على الأغلب أو كليا من الكاربونايت، أحذف رمز الطابوق المستعمل للكاربونايت (على سبيل المثال، شكل 10.6)؛

- تعرض التراكيب الرسوبية كرموز مثالية فقط؛

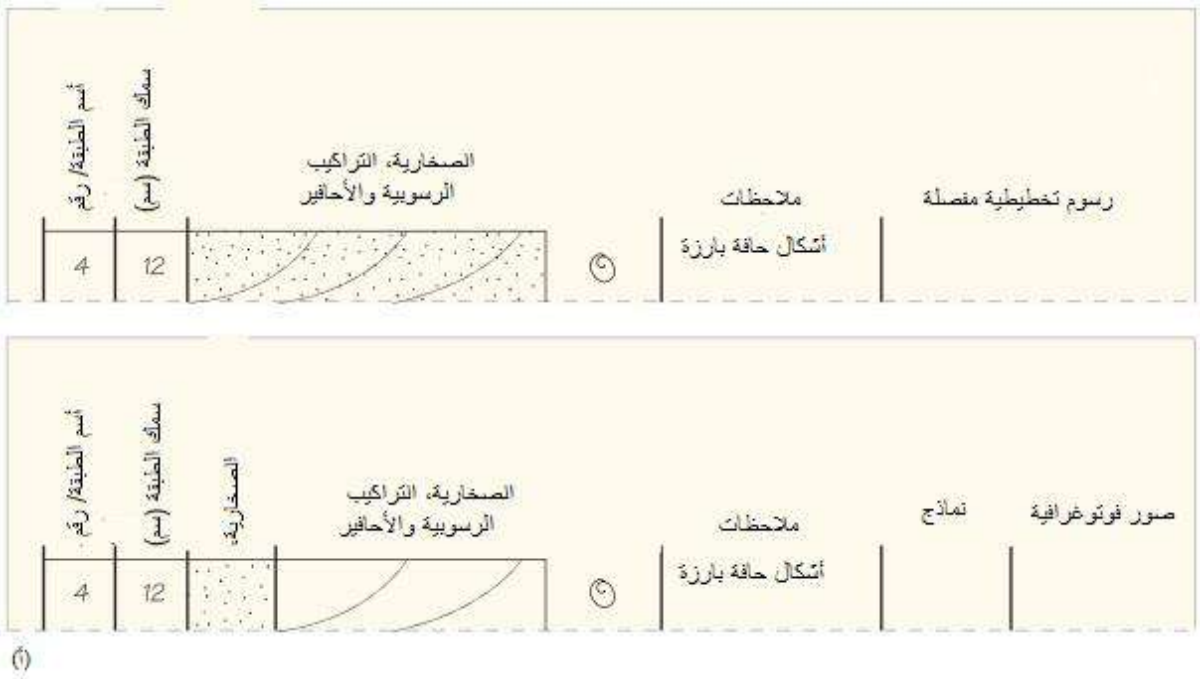
- يلاحظ أن اللون عادة ما يستعمل على سجلات صخرية بيانية فقط عندما يكون أحد الخصائص الرئيسية المحددة (على سبيل المثال، في تعاقب صخر طيني) أو لأغراض بصرية بالنسبة للعروض الشفهية؛
- إكمال السجل الصخري البياني على ورقة رسم سجل صخري بياني مهيئة مسبقا أو مباشرة في داخل المفكرة الحقلية (فقرة 2.3.6).



شكل 6.6 نفس سجل الرسم البياني كما في شكل 4.6 ولكن مع تراكيب رسوبية وصخارية في عمودين منفصلين

2.3.6 إنشاء سجل صخري بياني

1. هيأ مفكرتك أو ورق رسم السجل الصخري البياني. قسم صفحة المفكرة إلى خطوط عمودية لترتيب البيانات بشكل منهجي ولتكون بمثابة تذكير للبيانات المطلوب جمعها. إذا كان ضروريا إستعمل صفحتين متقابلتين لجميع الأعمدة المختلفة المتعلقة بوحدة رسوبية واحدة. هناك خيارات متنوعة للتصميم وفقا للتفضيل الشخصي؛ بعض الأمثلة موضحة في شكل 7.6أ. بعض الناس يستعملون أوراق رسم سجل صخري بياني مصممة مسبقا (على سبيل المثال، شكل 7.6ب).



(أ)

(ب)

شكل 7.6 (أ) بعض الأختيارات لتصميم مفكرة حقلية بالنسبة لسجل صخري بياني. (ب) مثال لرأس أو عنوان ورقة رسم سجل صخري بياني.

2. قرر على مقياس عمودي مناسب، أخذا بنظر الأعتبار معدل وأدنى سمك للوحدات ليتم تسجيل السجل الصخري، السمك الكلي للطبقات ليتم تسجيله، الوقت المتاح والهدف من السجل الصخري. وكبديل يمكنك رسم السجل الصخري على مقياس تقريبي جدا في الحقل وبعد ذلك أرسمه على مقياس بنسخة متقنة. مزايا عدم إكمال السجل الصخري على مقياس في الحقل هي أنها تسمح لك بوضع تفاصيل داخل طبقات رقيقة جدا وعدم أخذ مساحة كبيرة مع طبقات سميكة تُظهر معالم قليلة؛ كما انها أسرع بكثير. العيوب هي أنك لا تملك سجل بصري جيد للطبقات في الحقل.

3. قرر بالضبط أين ستقوم بعمل قياساتك وملاحظاتك على طول المكشف. تحتاج إلى التأكد من أن إكمالك للسجل الصخري في مكان ما سيكون نموذجي، بحيث يمكنك الوصول إلى الطبقات بآمان وحيث تكون الطبقات غير مغطاة بركام من الأحجار أو غطاء نباتي. العديد من المكاشف هي من طبقات مائلة لذلك قد يكون من الضروري التحرك على طول المكشف من أجل فحص جميع الطبقات. عليك أن تلاحظ وأنت تقوم ببناء سجلك الصخري أية تغيرات رئيسية تحدث أفقيا، على سبيل المثال إذا كان أحد سطوح التماس تعروي ويقطع الطبقات السفلية.

4. سجّل طبيعة الحد عند قاعدة المقطع المراد تسجيل سجله الصخري. لاحظ فيما إذا كان الحد تدريجي أو حاد. إذا كان تدريجيا سجّل على أي مسافة يحدث هذا. يجب أن تلاحظ أيضا فيما إذا كان سطح التماس مستوي أو متموج. بالنسبة لسطوح التماس المتموجة يجب ملاحظة طبيعة سطح التماس ويفضل في شكل رسم بياني.

5. قرّر أين يقع الحد العلوي للوحدة. "الوحدة" هي إما طبقة أو مجموعة طبقات بالأعتماد على طبيعة التعاقب ومقياس الدقة المطلوب للسجل الصخري البياني.

6. قم بقياس السمك الكلي للوحدة، وتأكد من أنك تقيس بشكل عمودي على سطح التطبق.

7. سجّل طبيعة سطح التماس مع الوحدة العلوية.

8. سجّل معلومات التركيب والنسيج الرسوبي (الصخارية) للوحدة. دوّن أية تغيرات في الوحدة في حال تطلب مقياس دقة.

9. سجل التراكيب الرسوبية والأحافير في تلك الوحدة.

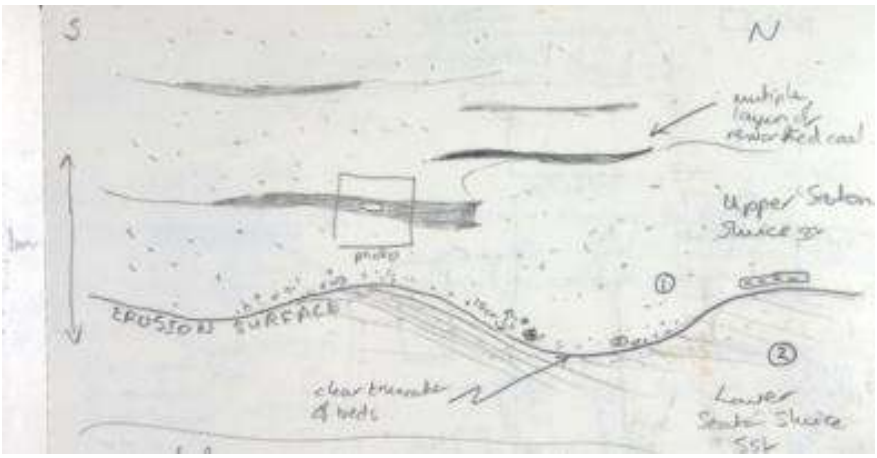
10. سجّل أية نماذج أو صور فوتوغرافية مأخوذة.

11. سجّل أية معالم غير أعتيادية و/ أو معالم تضاريسية قد تساعدك على إعادة تحديد موقع الوحدة.

12. أكمل أي مضاهاة أو مقارنة مع دراسات سابقة حسب الضرورة.

13. كرر الخطوات 5 إلى 13 للوحدة الأحدث طباقيا بعدها وهلم جرا.

بالنسبة لأية وحدات أو حدود متغيرة أفقيا أو ظهور عدد من المعالم المختلفة، إستعمل رسم تخطيطي بالموازاة مع السجل الصخري البياني لإظهار التغير الأفقي أو معالم معينة (على سبيل المثال، شكل 8.6). المثال العملي 1.6 يظهر مثال لكيفية إستعمال تقنية السجل الصخري البياني لتسجيل التعاقب الرسوبي.

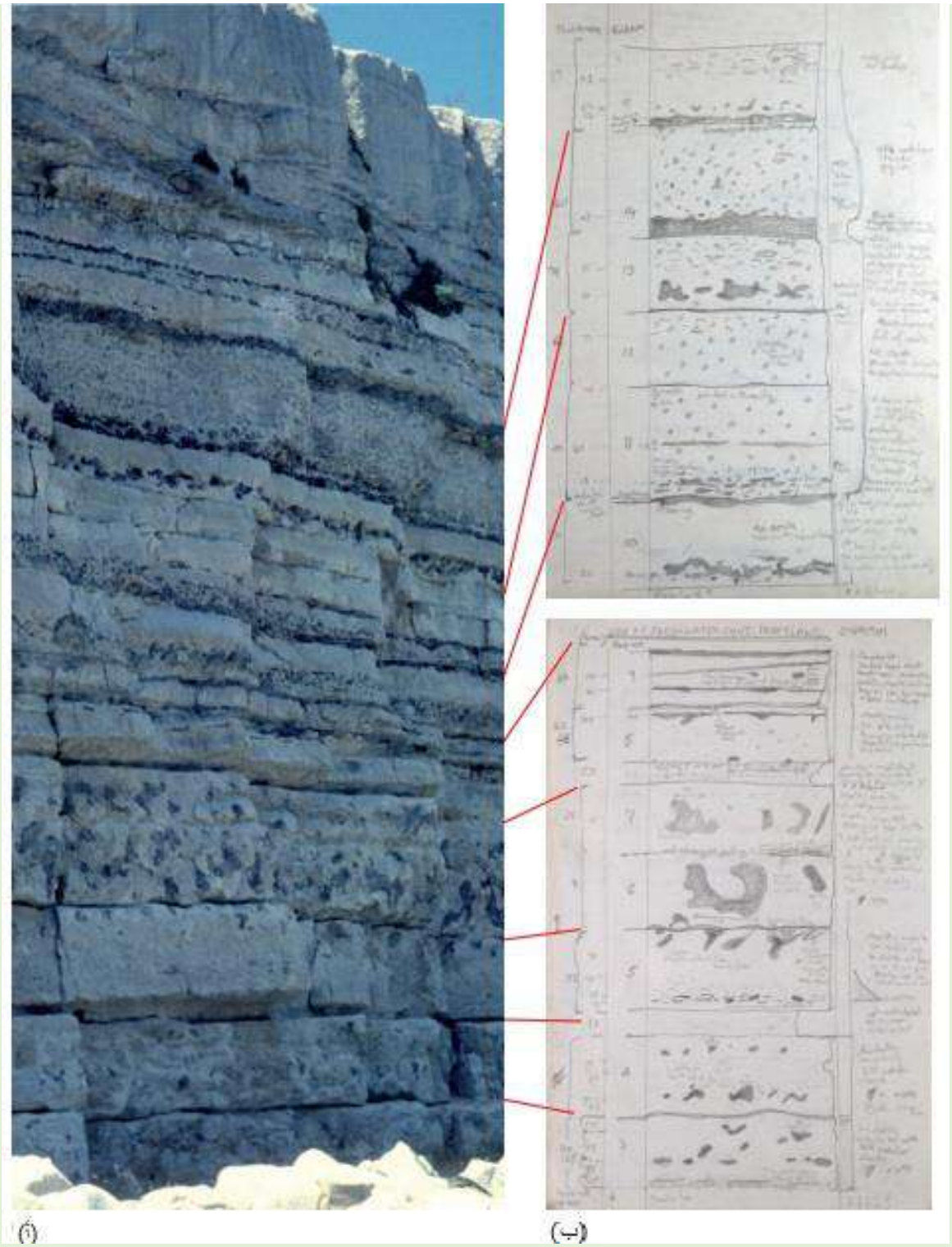


شكل 8.6 رسم تخطيطي لسطح تعرية، يبين تضاريس بمقياس كبير على السطح وتفاصيل لوحدات متغيرة افقيا فوق وتحت.

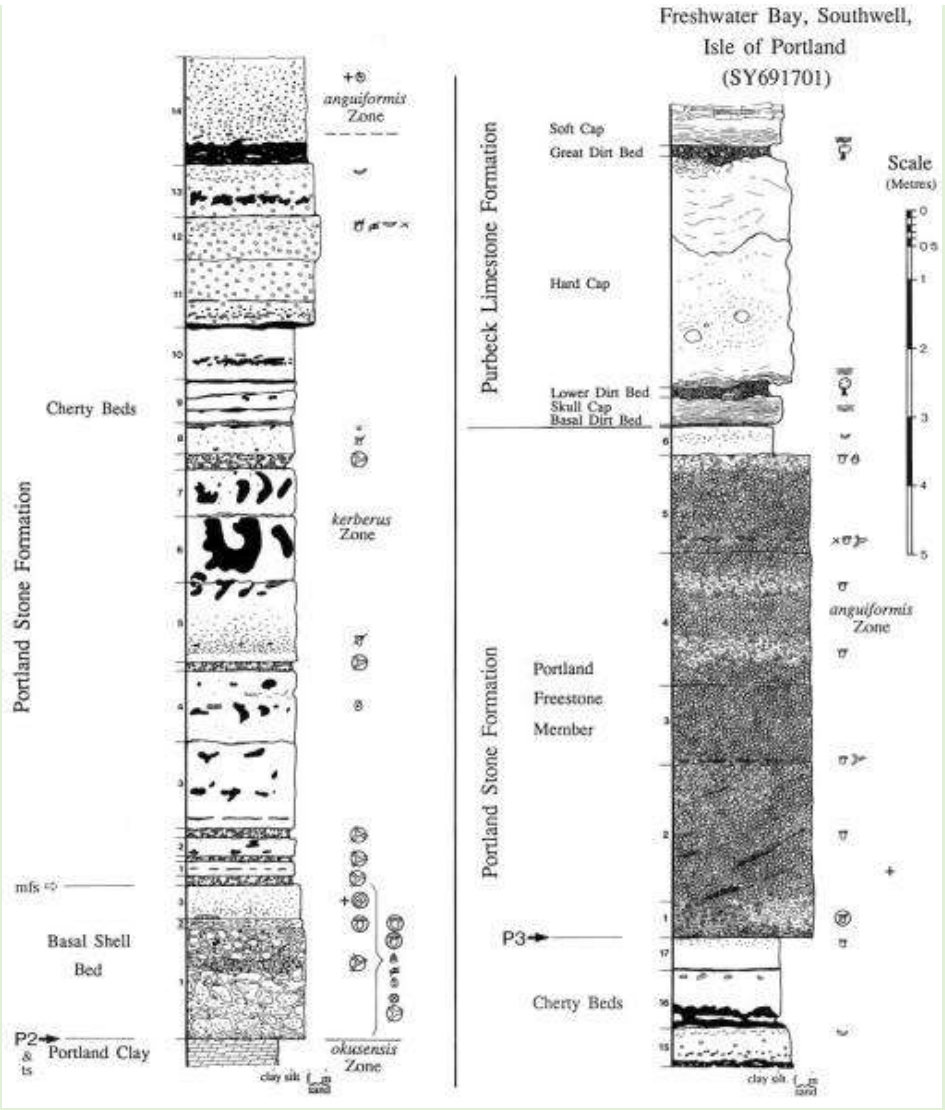
مثال عملي 1.6 بناء سجل بياني لتعاقب كاربونايت مياه ضحلة

الشكلين 9.6 و 10.6 يظهران صور فوتوغرافية والنسخة الحقلية والمنشورة لسجل صخري بياني تم إعداده لتلخيص معالم طبقات بورتلاند في خليج المياه العذبة، جزيرة بورتلاند، دورست، المملكة المتحدة. السجل الصخري البياني في شكل 10.6 هو واحد من مجموعة تم بناؤه بموازة مقطع الحوض الأقرب إلى الابعد. قطعت شرائح صخرية من النماذج المأخوذة وإستعملت لتأكيد وإستكمال مجموعة الملاحظات الحقلية. وقد تم أيضا بناء موديل سحني لموقع الرواسب الاعمق في الحوض الرسوبي بإستعمال العديد من المقاطع. لاحظ ان عقيدات الصوان السوداء التي تشكلت حول جحور ثالاسينويدس *Thalassinoides* رسمت بشكل تقريبي بحيث يمكن التعرف على الطبقات بسهولة (شكل 9.6). هناك ملاحظات على تواجد السرئيات؛ هذه التغيرات خلال التعاقب وبسبب أصل تواجدها في المياه الضحلة فهي ذات أهمية في تفسير التتابع الطبقي. ترسم الطبقات النحيفة بسمك نسبي بحيث تكون هناك مساحة للتفاصيل في المفكرة.

جميع معلومات الأمونايت الطباقية الاحيائية جمعت من الادبيات. إستعملت السحنات والفجوات الطباقية لبناء تفسير التتابع الطبقي (فقرة 1.5.6). سطح العلامة P2 هو حد تتابع يتوافق مع وادي نهري منحوت إلى داخل رواسب بحرية على حواف الحوض وبناء على ذلك فسرت على انها تراجع قسري. سطح P3 هو أيضا حد تتابع مترافق مع نحت بحري ثانوي.



شكل 9.6 بيانات حقلية. (أ) صور فوتوغرافية لجزء من المكشف في خليج المياه العذبة، جزيرة بورتلاند، المملكة المتحدة. (ب) صفحتان من مفكرة حقلية تظهران جزء من السجل الصخري البياني المبني في الحقل. لاحظ أن السجل الصخري الحقلي رسم على مقياس تقريبي.



شكل 10.6 النسخة المنشورة للسجل الصخري البياني من خليج المياه العذبة، متضمنة البيانات الموضحة في شكل 9.6.

4.6 إعادة بناء البيئات الرسوبية ومعالمها التشخيصية

يمكن إستعمال مجموعة من السجلات الصخرية البيانية، جنبا إلى جنب مع رسومات تخطيطية ومعلومات أخرى لتسجيل وتفسير البيئات الرسوبية للطبقات. يجب ان توفر سجلات الصخور البيانية ملخص عن المعالم للسماح بتقسيم التعاقب إلى سحنات رسوبية (نعني أجسام صخرية بتركيب، نسيج ، أحافير وتراكيب رسوبية متماثلة والتي تمثل مجموعة معينة من العمليات والظروف الترسيبية). بإستعمال قانون والثر Walther، ومعرفة الأجزاء المختلفة من البيئات الرسوبية والعمليات داخلها، يمكن تصنيف السحنات معا إلى عناصر معمارية أو تجمعات سحنية. يكون بناء التجمعات السحنية مناسب بشكل خاص للبيئات الترسيبية حيث يوجد هناك تغيرات

جانبية كبيرة مثل الجزء الداخلي من نظام نهري. عناصر إستكمال هكذا دراسة موضحة في المثال العملي 2.6.

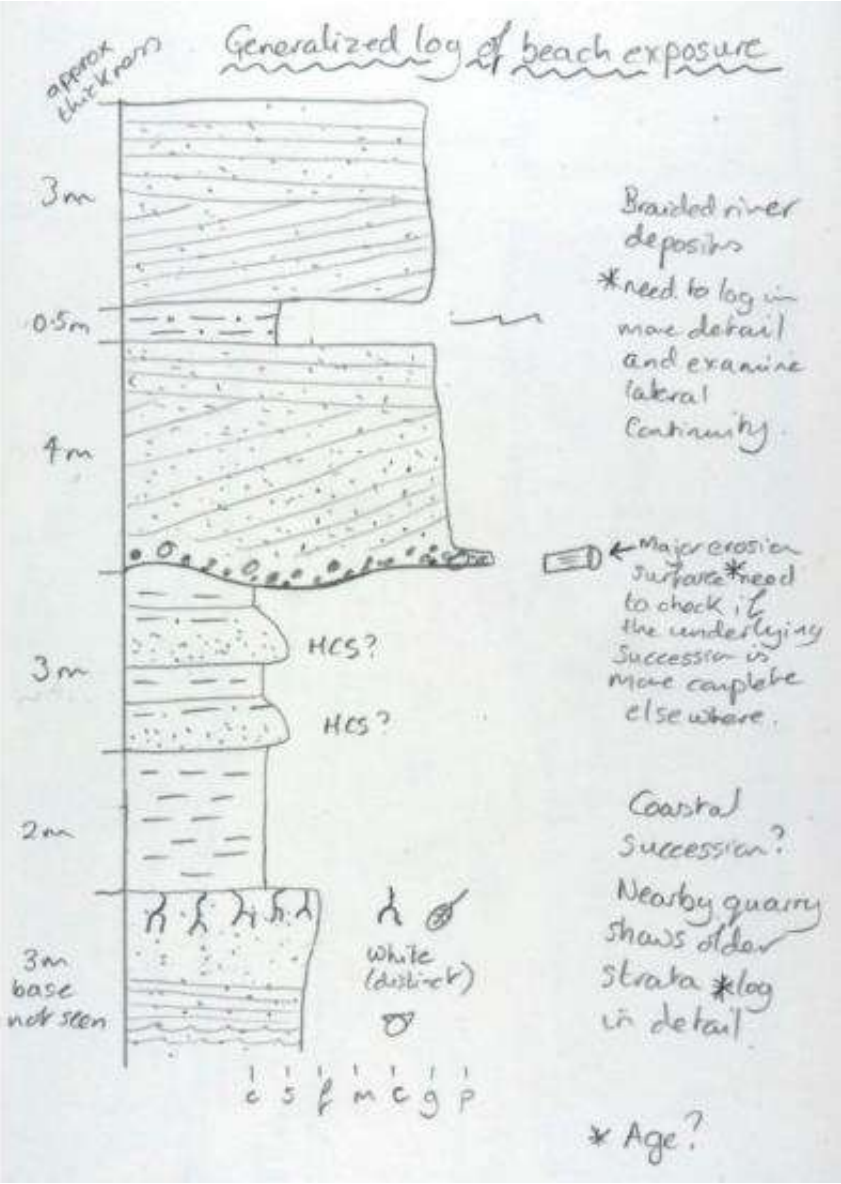
بالنسبة للمشاريع الرائدة، والدراسات الأقليمية واسعة النطاق أو ببساطة إذا كان الوقت قصير، يمكن لسجلات الصخور البيانية الشائعة التي تسجل المعالم الرسوبية الرئيسية على مقياس تقريبي أن تكون مفيدة (شكل 11.6). وهذه ميزتها أنها سريعة، مما يتيح وقتا لزيارة المزيد من المواقع والحصول على نظرة شاملة أفضل.

إن الإستفادة من إجراء التحليل السحني هو أن أنماط السحنات عندئذ يمكن التنبؤ بها ويمكن إستعمالها لتقييم المكامن والصخور المصدرية المحتملة. بالإضافة إلى ذلك تدعم الموديلات السحنية تفسير التغيرات في مستوى سطح البحر، إثبات الفجوات الطباقية ويمكن ان تضاف إلى تفسير تغيرات السلم الزمني الطويلة في المناخ، وخط العرض القديم والأرتفاع. لا تميل تعاقبات الفتات السليسي والكاربونايت ناعم الحبيبات العميقة وشبه العميقة إلى التغير لمئات الأمتار والكيلومترات. عادة مع هذا النوع من التعاقب ولأن التغاير في السحنات صغير جدا، ليس هناك حاجة لتحديد تجمعات السحنات. غالبا ما تكون الأختلافات المرئية بين السحنات في الحقل خفية جدا، ولكن قد يعكس أيضا التغيرات الكبيرة في المتغيرات مثل الجريان السطحي، درجة الحرارة والإنتاجية.

بإختصار، يحتاج التحليل السحني إلى النظر في مايلي:

- هل المنطقة المختارة للسجل الصخري البياني والتحليل السحني نموذجية؟
- هل المقاطع بموازاة المقطع الجانبي الأقرب إلى الأبعد متوفرة (مركز الحوض وحافة الحوض)؟
- هل السحنات تخضع لقانون والثر أم لا؟
- هل هناك أحافير وتراكيب رسوبية رئيسية تشير إلى العمق النسبي للماء و/ أو عمليات الترسيب (على سبيل المثال، تطبق متقاطع ناتئ، حيوانات غير بحرية)؟
- هل هناك أي تكرار؟
- هل هناك أي معالم بمقياس كبير (على سبيل المثال، قنوات الأنهار، قمم تشكلت داخل حوض الترسيب)؟

- هل هناك أستمرارية جانبية للسحنة وهل طريقة المضاهاة سليمة؟



شكل 11.6 مثال على سجل صخري تخطيطي شائع من مفكرة حقلية.

يوفر الجدول 5.6 قائمة ببعض الأدلة للبحث ومحاولة التحري عن البيئة الرسوبية. يأتي التفسير الأكثر قوة من مدى واسع من الأدلة ولا يجب أخذ مجموعة واحدة من الملاحظات بمعزل عن البقية. بالإضافة إلى ذلك، يُظهر ملحق 6 ، شكل م14.6 هيمنة العمليات المختلفة والأختلاف الناتج في الشكل فيما يتعلق بالبيئات الشاطئية.

جدول 5.6 ملخص لبعض العمليات/ المعالم والبيئات الرسوبية التي قد تمثلها. وفي جميع الحالات هي مزيج لخطوط مختلفة من الأدلة والتي من شأنها أن تساعد على تحديد البيئة الترسيبية.

العمليات/المعالم	البيئات المحتملة
تيارات المياه (علامات نيم شكلها التيار، تطبق متقاطع، الخ)	نهرية، بحيرات أو بحرية
أمواج (علامات نيم، تطبق متقاطع نتوئي، تطبق متقاطع إنخفاضي، الخ)	جسم كبير من المياه، أي بحيرة كبيرة او بحر.
تطبق متقاطع بمقياس كبير	ريحية، طموية أو حركة الرمل على الرف القاري أو داخل خليج صغير من خلال المد والجزر
معالم المد والجزر (على سبيل المثال، نيم طيني متجعد، أحزمة مدية)	حركات بحرية قرب الشاطئ
تنوع منخفض/ حيوانات المياه المالحة	بحيرة شاطئية ضحلة (lagoon) محصورة أو دلتا أو خليج شاطئي
حيوانات بحرية بدرجة عالية من التنوع	بحر ضحل (أو ممكن تتابع مكثف بحري عميق). سهل شاطئي أو دلتا او جزيرة حاجزة
حيوانات بحر عميق كليا او بصورة رئيسية	بحر عميق (ما لم يوجد عامل آخر لإستبعاد الكائنات القاعية مثل دليل على ظروف اوكسجين)
وفرة البقايا النباتية المتحجرة	دلتا او نهرية أو ربما بحيرة
العديد من الفحم	دلتا أو نظام نهري مرسب
رواسب متبخرات ممتدة	منصة أو رصيف كاربونايتي أو بحيرة او ريحية
طبقات مستمرة افقيا ناعمة الحبيبات على طول مئات الكيلومترات	بحر عميق، لجّي/شبه لجّي أو بحيرة بمقياس كبير
معالم جاذبية ضخمة	مروحة طموية أو مروحة تحت بحرية ولكن أيضا يؤخذ بنظر الاعتبار التصدع متزامن الترسيب و/أو منحدرات شديدة الانحدارات مثل حافة منصة كاربونايتية

جدول 5.6 مستمر

العمليات / المعالم	البيئات المحتملة
معالم رياح (حبيبات متجمدة، تطبق متقاطع بزاوية كبيرة وعلى مقياس كبير، علامات نيم تصادم)	ريحية (ولكن إذا كان الدليل غير ممتد أفقيا أعتبره شاطئ خلفي)
تعاقبات دورية	جميع البيئات، ولكن أقل أحتمالا أن تكون منتظمة في بيئة نهرية او ريحية
رواسب عكرة	جميع أعماق المياه حيث هناك ميل أكثر من بضع درجات. إذا كانت ممتدة ومترافقة مع معالم بحرية عميقة أخرى ورواسب تدفق ضخمة، فمن المحتمل أنها مروحة تحت بحرية.
سرئيات، كريات، صخر أحيائي أو فتات أحيائي وافر/ صخور شعيبية أحيائية	جزء من منصة كاربونايت، فكر في موقع وتوزيع السحنات المختلفة لتحديد نوع منصة أو رصيف الكاربونايت (منحدر صدعي، رف مطوق، معزول، الخ)
ترسبات رسوبية من تركيب متغير جدا	فكر في المراوح تحت البحرية والطموية، البيئات الثلجية
معالم جليدية (مثل حجر القطر dropstone، خدوش ثلجية، ربوات جليدية hummocks، كثيبات جليدية eskers)	بيئات ثلجية
أجسام رملية عدسية بمقياس كبير مكسوة برواسب ناعمة الحبيبات	نظام التواء نهري أو جزء من مروحة تحت بحرية معقدة

5.6 إستعمال الصخور الرسوبية لتفسير تغير المناخ وتغير مستوى سطح البحر

تعتبر التسجيلات الرسوبية البحرية والبحيرية فريدة من نوعها لأنه يمكن أن يستمر الترسيب أسفل قاعدة الموجة في المحيطات والبحيرات خلال مئات أو الاف وحتى ملايين السنين. يمكن لهذه التسجيلات المستمرة أن تضاها مع التسجيلات الأرضية والقريبة من الشاطئ والتي عادة تكون أقل أكتمالا. تمكننا هذه التسجيلات الرسوبية معا من جمع معلومات عن كيفية تغير بيئة سطح الأرض تدريجيا مع مرور الوقت. إن العمليات التي تحدث على بيئات سطح الأرض والقريبة من الشاطئ يمكن أن تؤثر على تلك البيئات الموجودة في

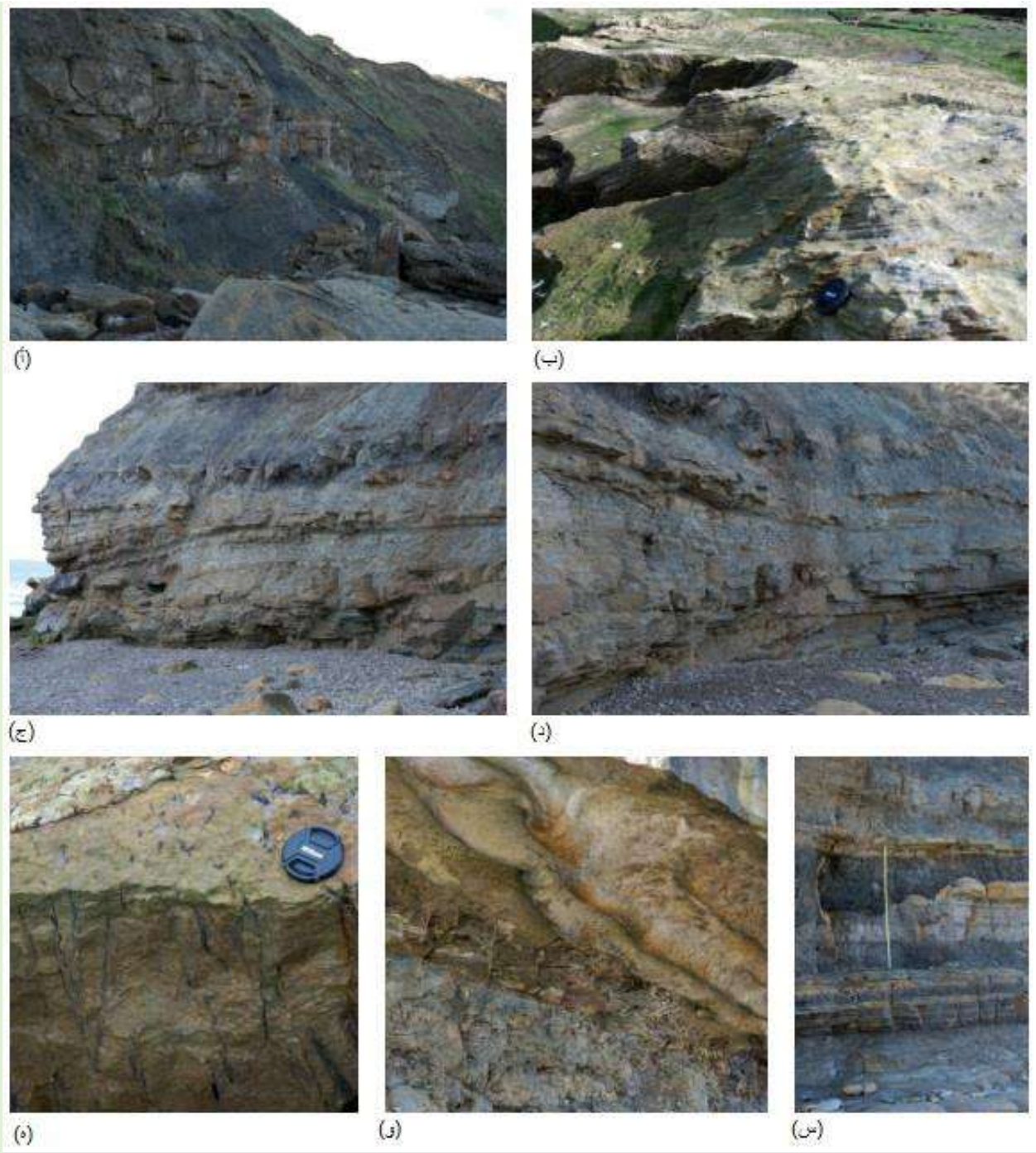
المحيطات. يؤثر موقع مستوى سطح البحر على كل من العمليات التي تحدث على الأرض وفي المحيط لأن التغيرات في التضاريس ومستوى سطح البحر سوف تسبب تغير في توازن النظام. من خلال جمع الأدلة من التعاقبات الأرضية والبحرية الضحلة والبحرية العميقة المترسبة في نفس الوقت يمكننا الحصول على فهم أكثر إكتمالا عن العمليات الأرضية.

مثال عملي 2.6 البيئة الترسيبية للتعرجات النهرية

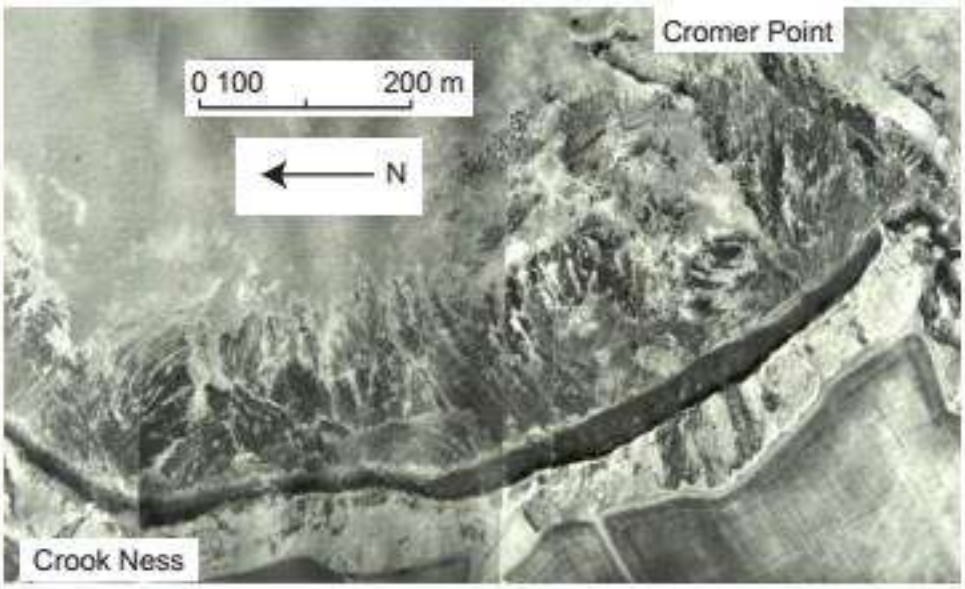
يظهر شكل 12.6 أحجار رملية وأحجار طينية متناوبة منكشفة قرب بورنستون، يورك شاير، المملكة المتحدة. هذه الصخور الرسوبية تشكل جزء من العضو لونغ ناب وبعمر الجوراسي الاوسط. توفر كل من المنحدرات الصخرية البحرية ومقدمة الشاطئ فرصة لتسجيل الطبيعة ثلاثية الأبعاد لهذه الترسبات المتغيرة أفقيا. تتطلب الترسبات في هذا المكشف مزيج من تقنيات مختلفة بسبب طبيعتها المتغيرة. وهذه تشمل بناء مجموعة من السجلات الصخرية مع مواقع السجلات الصخرية التي أختيرت بعناية بحيث أنها سجلت التغاير الكلي، رسم خريطة لهندسة أجسام الحجر الرملي بإستعمال صور جوية لمقدمة الشاطئ عند أنخفاض المد (شكل 13.6) ورسم تخطيطي لهندسة الأجسام الرملية. من هذه الملاحظات يمكن بناء نموذج سحني (14.6).

يوضح شكل 12.6أ منظر مثالي لرواسب الألتواء النهري هذا (وغيره) مع جسم حجر رملي عدسي (حشوة قناة النهر) مغطاة بسهل فيضي من الأحجار الطينية. نسبة الرمل إلى الطين سوف تتغير مع طاقة النهر، ومصدر الرواسب وقربها إلى مركز القناة. ويبين شكل 12.6ب كوارتز أرينايت متطبق متقاطع أنبوبي قد ترسب كحاجز رملي تحت الماء قرب مركز القناة النهرية. وتظهر الاشكال 12.6ج و12.6د حاجز جانبي عدسي مناظر أفقيا للحاجز الرملي لهذه القناة. يحتوي التعاقب أيضا على احجار رملية رقيقة مستمرة افقيا إلى حد ما مع جذيرات (شكل 12.6هـ). سحنة الحجر الرملي المختلفة اختلافا واضحا تمثل رواسب كسر صدعي cervasse–splay. تمتلك بعض هذه الأحجار الرملية طبعات مجرى قديم أو جاف gutter casts عند القاعدة (شكل 12.6و) والتي منها يمكن أن تؤخذ قياسات التيار القديم للتأكد من إتجاه القناة. ويظهر شكل 12.6س قناة مهجورة مليئة بأحجار طينية غنية بالنباتات. وربما تمثل حشوة راسب لبحيرة هلالية صغيرة.

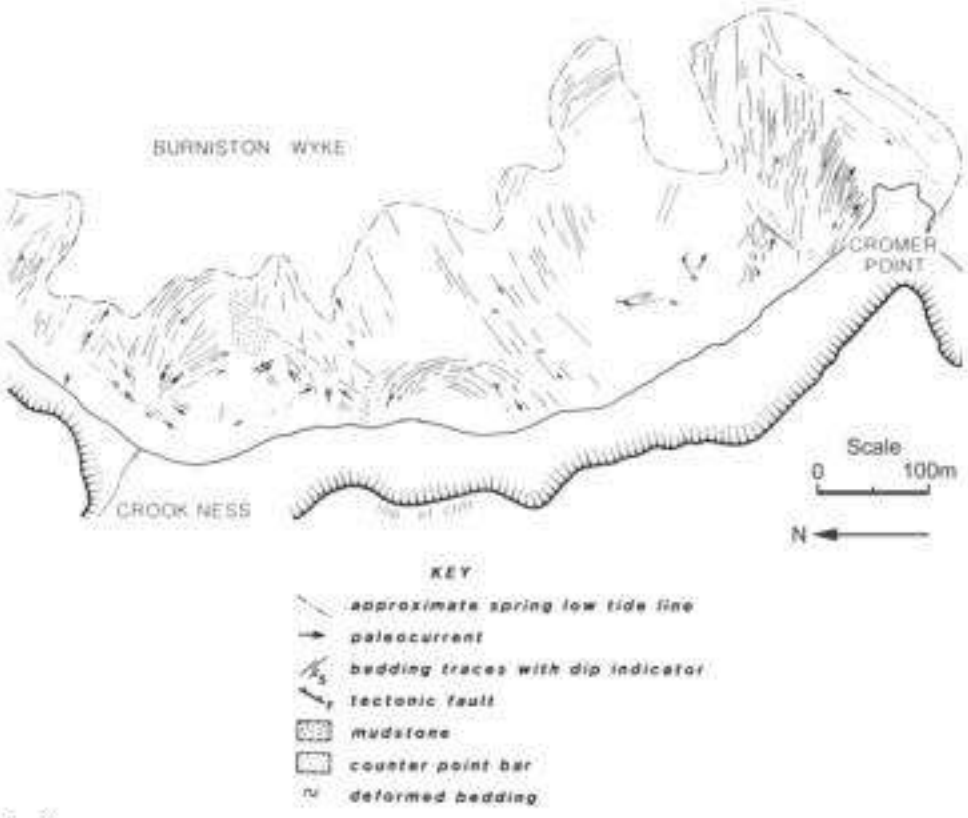
إضافة إلى الأهمية الرسوبية توفر البيئة منخفظة الطاقة فوق ضفة النهر ظروف مثالية لحفظ الأحافير النباتية. وقد تم إستعمال الأحافير النباتية من هذه الرواسب لإعادة بناء الغطاء النباتي الجوراسي في ذلك الوقت وفهم النظام المناخي.



شكل 12.6 صور فوتوغرافية لمكشف قرب بورنستون، يوركشاير، المملكة المتحدة، تظهر الطبيعة المتغيرة جدا للرواسب. (أ) لمحة عامة تظهر جسم قناة رملية مغطاة بسهل فيضي من أحجار الطين. (ب) أحجار رملية متطبقة متقاطعة حوضية نظيفة لقناة النهر. (ج و د) طبيعة القطع المستعرض لحاجز رملي. (ه) جذور في سحنة حجر رملي متشقق صدعيا. (و) طبعات مجرى قديم عند قاعدة حجر رملي متشقق صدعيا. (س) أحجار رملية وأحجار طينية متناوبة تفسر على أنها رواسب فوقضفة وكسور صدعية. الطبقة الرمادية الداكنة هي حجر طيني غني بالنبات تفسر على انها سدادة راسب بحيرة هلالية.

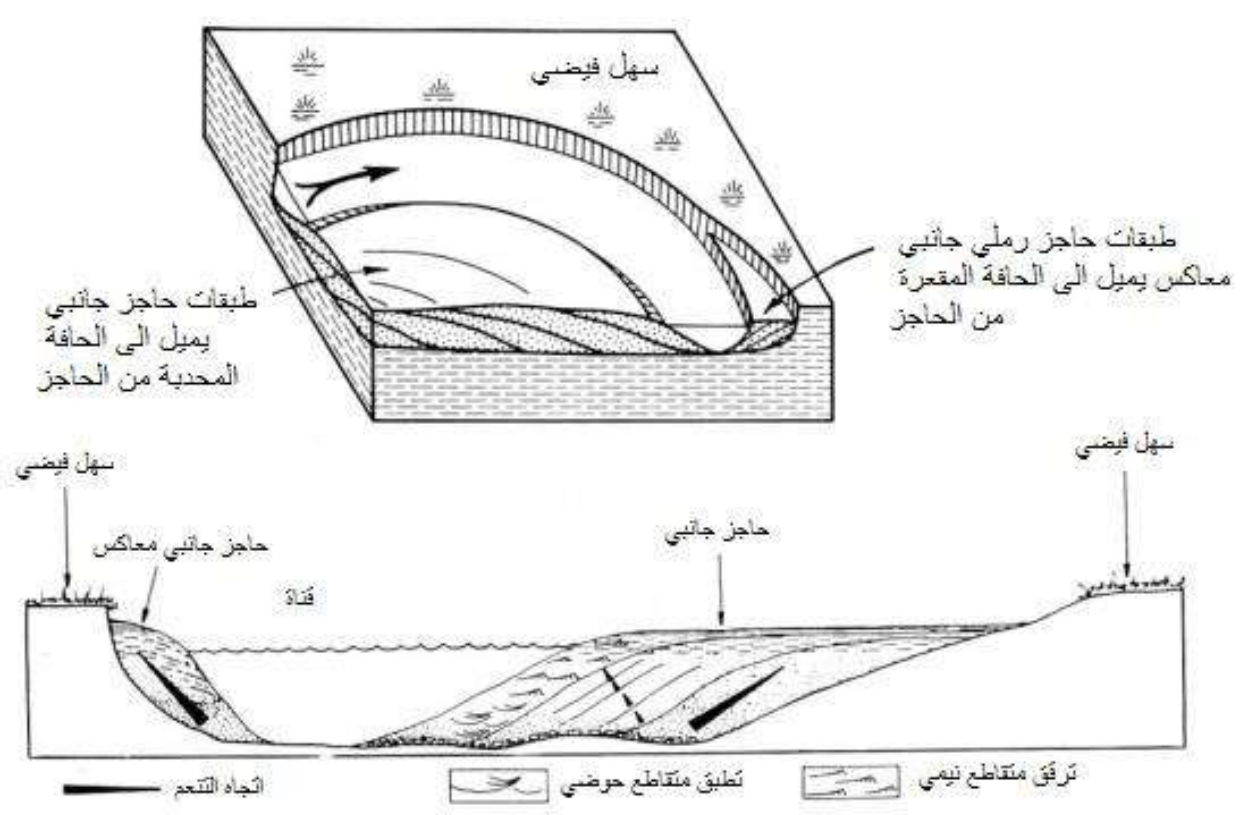


(أ)



(ب)

شكل 13.6 جزء من صورة جوية لمقدمة شاطئ في بورنستون، يوركشاير، المملكة المتحدة و(ب) يظهر مقدمة الشاطئ في (أ) مع معالم منحنية واضحة تفسر على انها حواجز جانبية وحواجز جانبية معكوسة.



شكل 14.6 موديل ثلاثي الابعاد ومقطع عرضي مثالي لتوضيح البيئة الترسيبية المفسرة لعضو لونغ ناب، يوركشاير، المملكة المتحدة.

1.5.6 تغير المناخ

تتضمن المؤشرات المناخية طويلة الأمد وجود أو عدم وجود ما يلي: الفحوم، المتبخرات، الترب القديمة، الأحافير النباتية الضخمة، لقح أحفورية دقيقة palynomorphs، فورامنيفرا، دايتومات، مرجان وأصناف حيوانية معينة تتبع خطوط العرض. وتستعمل ثلاث أنواع رئيسية من الصخور الرسوبية لدراسة وبناء التغيرات قصيرة الأمد في المناخ عبر الزمن: (1) الصخور الرسوبية البحرية ناعمة الحبيبات المترسبة على الرف القاري أسفل قاعدة موجة العاصفة أو في المحيط العميق؛ (2) ترسبات بحيرة ناعمة الحبيبات؛ و(3) ترسبات غير بحرية أخرى مثل رواسب هبوب الرياح ناعمة الحبيبات (اللوس) وترسبات الكهوف. تستعمل هذه الترسبات لأن الترسيب عموما مستمر وثابت إلى حدا ما لذا هي تحتوي تسجيل غير منقطع إلى حد ما لتغيرات الماضي. يمكن أن تستعمل الترسبات الرسوبية من نفس العمر لتحديد، على سبيل المثال، التدرج الحراري خلال خطوط

الطول والعرض. لأن المناخ يؤثر على كيميائية الصخور والأحياء التي تعيش عليها، فقد تم تطوير مدى من الأدلة الجيوكيميائية (على سبيل المثال، نظائر الكربون، الاوكسجين، السنتروشيوم والأوزميوم، نسب الكالسيوم/المغنيسيوم ومحتوى كاربونات الكالسيوم) للحصول على دلالة للتغيرات في المتغيرات المناخية. توفر الفقرات 1.2.6 و 3.1.13 معلومات حول الحصول على تسجيل من هذا النوع من التعاقب لهذه الأغراض.

2.5.6 التتابع الطبقي والتغير النسبي لمستوى سطح البحر

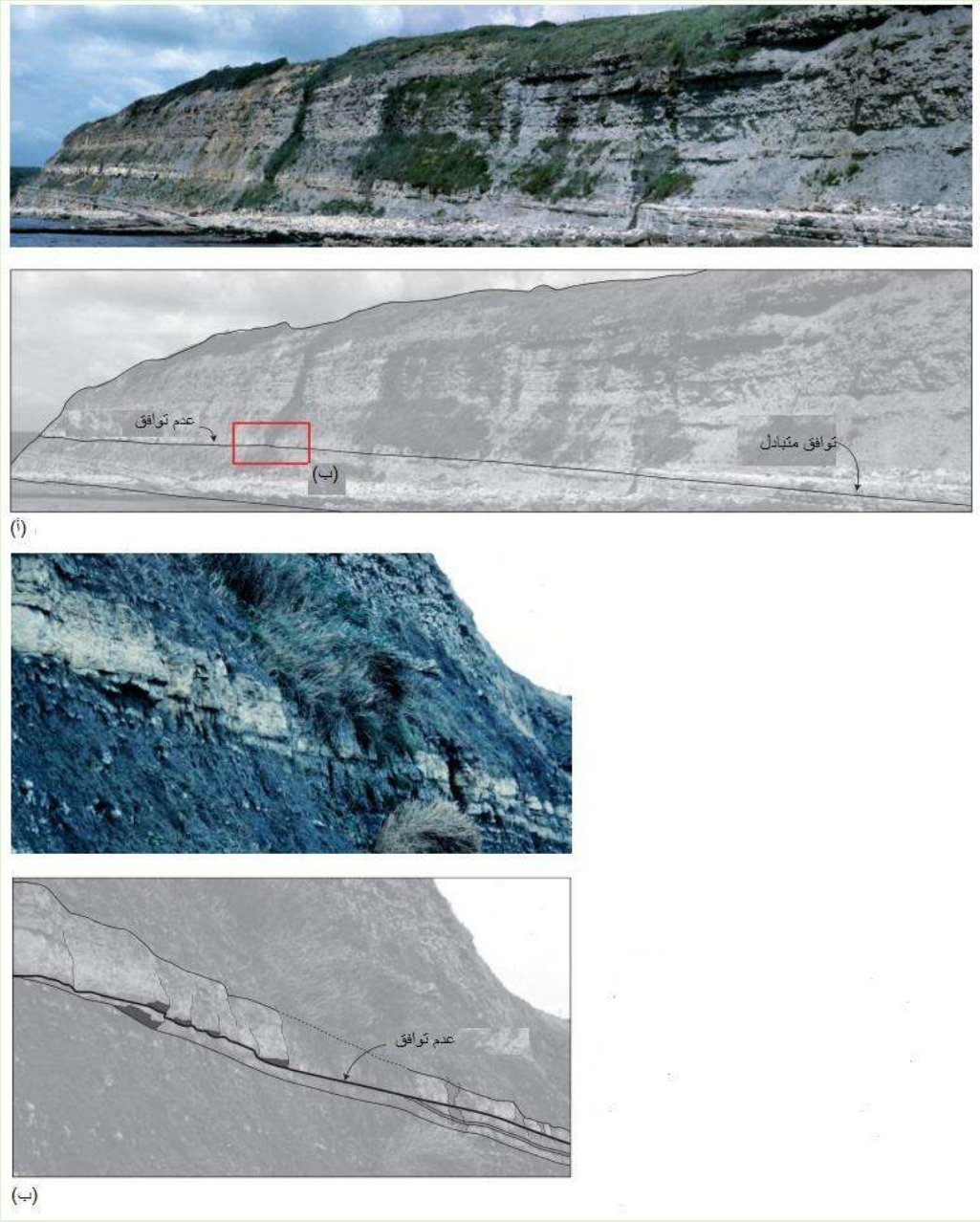
يمكن إستعمال أنماط السحن، أسطح عدم التوافق، هندسة وحفظ العديد من تعاقبات الصخور الرسوبية البحرية الضحلة وغير البحرية لتفسير التغيرات النسبية في مستوى سطح البحر. وهذا يعمل بشكل جيد خاصة عندما يكون من الممكن أن نضاهي بثقة بين السحنات البحرية الضحلة والبحرية العميقة وحتى داخل التعاقبات غير البحرية عبر الاحواض الرسوبية والأقاليم الواسعة. يوفر التتابع الطبقي موديل نظري للكشف عن التغيرات الماضية في التغير النسبي لمستوى سطح البحر عن طريق التنبؤ بهندسة وتركيب أسطح ورزم الرواسب التي تتشكل خلال دورة واحدة من التغير النسبي لمستوى سطح البحر. يستعمل تحليل التتابع الطبقي على نطاق واسع للتنبؤ بتوزيع السحنات، ولدراسة تاريخ مستوى سطح البحر على مدى فترة من الزمن، ولفهم نشأة التعاقب الصخري والتنبؤ أين يمكن أن تتواجد الفجوات والمقاطع المكثفة. المدرج أدناه هي مجموعة من البيانات النموذجية والمنهجية العامة لتفسير تتابع طبقي.

1. سجّل التغيرات العمودية والجانبية في التعاقب الرسوبي على طول المقطع الجانبي الأقرب إلى الأبعد من مركز ذروة الترسيب **depocenter**. وعادة ما يتم ذلك من خلال السجلات الصخرية البيانية لمكاشف و/أو مقاطع زلزالية ومعلومات بئرية. تحتاج جميع البيانات الرسوبية والأحفورية أن تكون متكاملة.

2. أدمج البيانات عن أكوام الرواسب والأسطح الرئيسية من أجل بناء تفسير تتابع طبقي محددا" جميع مسالك الأنظمة والأسطح الرئيسية. الأمثلة عن تفسيرات التتابع الطبقي هي خارج نطاق هذا الكتاب ولكن المثال العملي 3.6 يوضح جمع البيانات على طول حد تتابع.

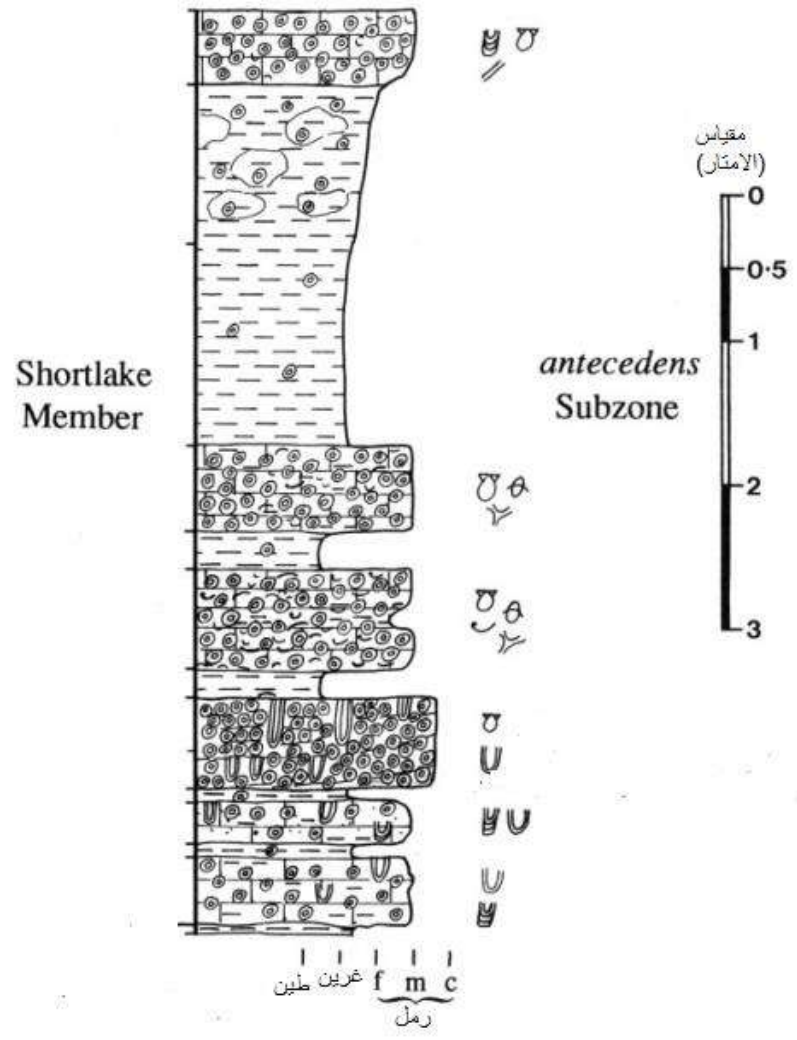
3. أدخل أية معلومات منشورة أخرى (على سبيل المثال، أدلة الانكشاف على سطح الأرض، الطباقية الأحيائية والتجمعات الأحفورية).

مثال عملي 3.6 مجموعة صور فوتوغرافية ورسوم تخطيطية لتوضيح سطح تماس رسوبي رئيسي.



شكل 15.6 (أ) صورة مركبة لجرف صخري لإظهار الطبيعة التعروية للوحدة الرسوبية بالقرب من منتصف الجرف الصخري ورسم خطي لإظهار السطح التعروي. صندوق إدراج يظهر موقع (ب). (ب) تفاصيل القطع السفلي من قرب منتصف المقطع ورسم خطي يظهر الانقطاع.

تظهر هذه الجروف الصخرية البحرية تغير سحني ملحوظ من صخور جيرية ميكرايتية (ميكرايت أحيائي) إلى صخور حبيبية سرئية (كالسايت متبلور خشن سرئي oosparite). قاعدة سحنة الصخر الحبيبي السرئي هي تعروية وتقطع سفليا باتجاه الغرب. كان الهدف من هذا التمرين الحقلي هو لجمع الأدلة عن الطبيعة التعروية لسطح التماس وتفسير أصله المحتمل. تظهر الصور الفوتوغرافية كل من نظرة شاملة (شكل 15.6أ) ونظرة عن قرب على طول المقطع (شكل 15.6ب). يمكن إستعمال الرسومات التخطيطية المرفقة او الرسومات الخطية (شكل 15.6) لإظهار هندسة هذا السطح المهم على مقياس كبير. تم بناء سجل صخري تخطيطي (شكل 16.6) حيث تم تفسير هذا المقطع ليكون أكثر اكتمالا من الناحية الطباقية. تم تفسير سطح التماس التعروي هذا كحد تتابع على أساس التعرية في هذا الموقع، والأخرى عبر الحوض، جنبا إلى جنب مع الأدلة من المقاطع للحوض، حيث يوجد أيضا تغير سحني حاد.



شكل 16.6 مقتطف من سجل صخري تخطيطي منشور للجزء الأكثر اكتمالا من التعاقب عبر سطح التماس الرسوبي الموضح في شكل 15.6.

4. فسر السحنات عن طريق الموديلات السحنية بحيث يكون واضحا أين تخضع السحنات الموضوعة جنبا إلى جنب إلى قانون والثر وأين لا تخضع.

5. أنشئ، او أدمج مجموعة البيانات من الأدبيات، مقياس زمني نسبي بدقة 100 الف سنة إلى مليون سنة لكل من المقاطع لتمكين المضاهاة.

6. تعّرف على الأنماط والتكرارات داخل التعاقب بهدف تفسير شبه التتابعات parasequences وأنماط تكدسها وأمتدادات الأنظمة. إن أمتداد الأنظمة التقدمية فريدة من نوعها في أحتواء شبه تتابعات تراجعية لذا هذه أحيانا هي أمتدادات الأنظمة الأسهل ليتم التعرف عليها.

7. ميز سطوح عدم التوافق الرئيسية (حد تتابع واحد أو أكثر) وتعقبها أفقيا في إتجاه بعيد للعثور على توافق متبادل. ميز المقاطع المكثفة والتي قد تمثل الحد الأقصى لأسطح الفيضان والأسطح التقدمية.

الفصل السابع

تسجيل معالم الصخور النارية

تعتمد دراسة الصخور النارية في الحقل على العديد من المهارات التي أثبتت سابقا في هذا الكتاب. لقد وثقت الثورات البركانية الحديثة توثيقا جيدا وقد تمتع بعض الأشخاص بامتياز أختبار أحد هذه الثورات، ولكن معظم العمليات النارية تكمن أبعد من حقل الخبرة المألوفة. لا أحد قد شهد بالفعل أقتحام الغرانيت لصخره المضيف، أو شهد بلورات البايروكسين تنمو داخل صهارة، لذا من المستحيل مراقبة هذه العمليات مباشرة. وبالتالي، لا بد من إبداء الملاحظات الميدانية في ضوء الفهم العام للعمليات النارية، مدعومة بالدراسات المختبرية.

إن الأسباب الرئيسية لدراسة الصخور النارية هي: (1) فهم البراكين والمخاطر التي تشكل الحياة على الأرض؛ (2) فهم العمليات تحت سطح الأرض التي تدفع الصفائح التكتونية والتي ساهمت في تطور الأرض وأجسام الكواكب الأخرى؛ (3) فهم توزيع الخامات المعدنية؛ و (4) من أجل التسلسل الزمني للأحداث.

1.7 المعدات، النصائح الأساسية والسلامة

إذا كانت الصخور النارية التي تنوي دراستها على تماس مع أنواع صخرية أخرى، يجب عليك ان تحمل المعدات الأساسية للعمل الحقلي الجيولوجي العام المبينة في جدول 1.2. بالنسبة للصخور النارية عادة ما تكون المطرقة الجيولوجية مهمة بحيث يمكنك الحصول على سطح نظيف (غير متجوي) لفحص المعادن. يتم مناقشة الإضافات والتحسينات للعمل على براكين نشطة وسطوح حمم حديثة في فقرة 4.7.

أعتمادا على طبيعة مشروعك الحقلي، قد تعلم مسبقا (أو تشتبه) أن الصخور في موقع معين هي نارية. عند زيارتك لمكشف غير معروف، تحتاج أولا إلى تكوين ما لا يقل عن فرضية بحيث يحتمل أن أجزاء من المكشف تكون نارية، على النحو المبين في فقرة 2.3. سوف يأتي التأكيد أو التنقيح من ملاحظة العلاقات الحقلية (فقرة 2.7) وأيضا المعادن والنسيج (فقرة 3.7). من الجيد أستكشاف العلاقات الحقلية في وقت مبكر، ولكن عادة ما يتطلب عمل تقييم أولي للمعادن والنسيج (للتأكد من أنك حقا تبحث عن ما تعتقده أنت) قبل دراسة العلاقات الحقلية بالتفصيل.

2.7 العلاقات الحقلية للصخور النارية

تهتم هذه الفقرة بدراسة الصخور النارية المنكشفة بواسطة التعرية الطبيعية والقلع الصخري في المقالع. تقدم البراكين النشطة وتدفقات الحمم الحديثة التي تحتفظ بشكل السطح الأصلي (تصل إلى عشرات الاف من السنين في الأقاليم الجافة) فرص مختلفة تناقش في فقرة 4.7.

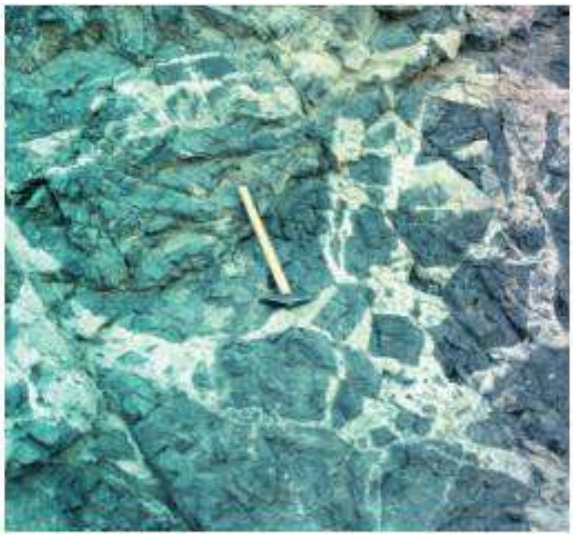
1.2.7 العلاقات مع الصخور المحيطة

أكثر صفة أساسية لجسم من الصخر الناري، والوحيدة والتي يجب عليك التأكد منها بأسرع ما يمكن، هي فيما إذا كان صخر ناري جوفي (على سبيل المثال، شكل 1.7) أو صخر ناري سطحي. قد ترغب بتصنيف إندساس intrusion وفقا للمخطط المعطى في ملحق 7، جدول م1.7، ولكن الأهم من ذلك هو محاولة استنتاج كيف تموضع الجسم الناري، بالأعتماد على تشكيلة واسعة من الأدلة التي يمكنك تجميعها.

شكل 1.7 قاطع ناري من عمر حقبة الحياة الحديثة يقطع بشكل متعارض عبر وادي صغير مطوي بشكل معقد. القاطع بعرض 2 متر، ضارب إلى الحمرة، يمر عموديا تقريبا على وجه الصخور خلف الشخص الموجود في الصورة.

إذا كنت تستطيع رؤية سطح تماس منكشف بين الصخر الناري والصخر المجاور (الذي قد يكون ناري أيضا)، عندئذ يمكن لملاحظة بسيطة قد تجعل من الواضح أن حافة الجسم الناري تقطع نسيج الصخر المجاور (شكل 1.7). إذا كان كذلك، عندئذ تشير هذه الطبيعة غير المتناسقة لسطح التماس بقوة إلى علاقة إندساس.

إذا كان سطح التماس معقد (شكل 2.7)، هذا من شأنه أن يكون دليلا واضحا جدا على عدم التوافق، ولكن بعض سطوح التماس غير المتوافقة تبدو مستقيمة (أو تقريبا مستوية إذا أمكن تحديدها في ثلاث أبعاد). تحتاج في هكذا حالة إلى إستبعاد الأحتمالية البديلة بأن الوحدتين الصخريتين تم جلبهما ليتماسا مع بعض عن طريق صدع (فقرة 2.8).



شكل 2.7 سطح تماس إندساسي معقد بين صخور إندساسية باهتة وصخر مضيف أكثر قتامة

أحيانا تتعاون التجوية، التربة والغطاء النباتي لجعل سطوح تماس إندساسية، وخاصة في داخل صخور رسوبية، منكشفة بشكل رديء. قد تكون هناك تفاصيل أساسية مخفية، بحيث لا يمكن تقييم العلاقة الهندسية بين الإندساس والصخر المضيف بسهولة. وفي مثل هذه الحالة، تكون مقارنة أفضل تقدير لمضرب وميل سطح التماس مع مضرب وميل المكاشف القريبة للصخر المضيف هي مؤشر مفيد. ما لم يكن المستويين متماثلين، ينبغي أن يكون سطح التماس غير متوافق (أو صدع). العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار تتضمن:

- إذا كان سطح التماس منكشف بشكل رديء فإن أفضل تقدير لوضعيته يمكن أن يكون خطأ بأكثر من 10 درجات في كل من الأتجاهين.
- غالبا ما يمكنك قياس المضرب وميل التطبق الرسوبي في أي مكان إلى أفضل من ±5 درجات، ولكن هل ذلك تمثيلي لمعدل الميل والمضرب الموقعي؟
- قد تتغير الوضعية موقعيا بسبب الطي، وبالتالي كم تبتعد القياسات التي ترغب بمقارنتها؟

يقترح جدول 1.7 كيفية تحديد سطح تماس غير منكشف، ولكنه ظهر بسبب الأختلافات في المقاومة للتجوية والتعرية، والأختلافات في الكيميائية، أو في النفاذية بين الجسم الناري وصخره المضيف.

جدول 1.7 أدلة المنظر الأرضي المحتملة على موقع سطح تماس غير منكشف

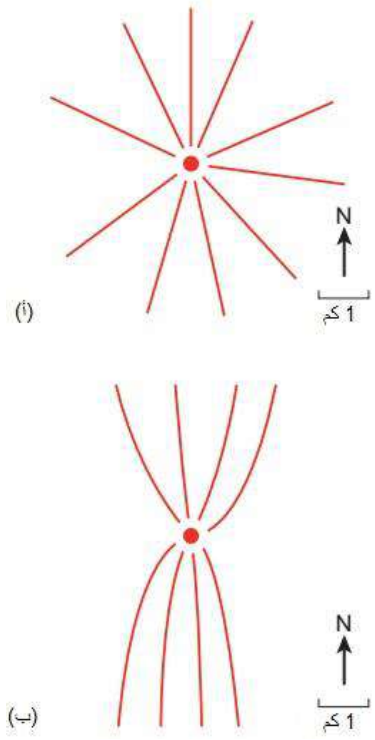
المظهر	المعالم المحتملة
التضاريس	إنقطاع في الانحدار، حوض (أو حاجز)، تغير عام في المنظر الأرضي
التجوية	قد يتجوى سطح التماس إلى الوراء ويتآكل أكثر من المعدل
الغطاء النباتي	تغير في النوع (متعلق بكيميائية التربة) أو الخصوبة (متعلق بالتصريف) عبر سطح التماس

بعد أن ترسخ الشكل الهندسي لحافة الإندساس غير المتوافق، يجب عليك أن تسأل نفسك "أين حافته الأخرى"؟. هذا أمر سهل في حال كنت تتعامل مع ستارة ضيقة من الصخر الإندساسي (قاطع) لأن هذه في الغالب عرضها أقل من عدة أمتار. بإستثناء المناطق المنكشفة بشكل سيئ جدا، إذا أستطعت رؤية حافة واحدة من القاطع تستطيع عادة رؤية حافته الأخرى (الأشكال 1.7 و 3.7). عادة ما يكون أمتداد العنق البركاني الشبيه بالانبوب عشرات الأمتار من جانب إلى آخر، ولكن إذا كنت على حافة جسم ناري جوفي فإن الجانب الآخر قد يكون بعيدا بعشرات الكيلومترات. الحجم الحبيبي الخشن، والأفتقار إلى التبريد المفاجئ في سطح التماس، هي أدلة جيدة على أنك تتعامل مع جسم ناري جوفي (فقرة 3.7).

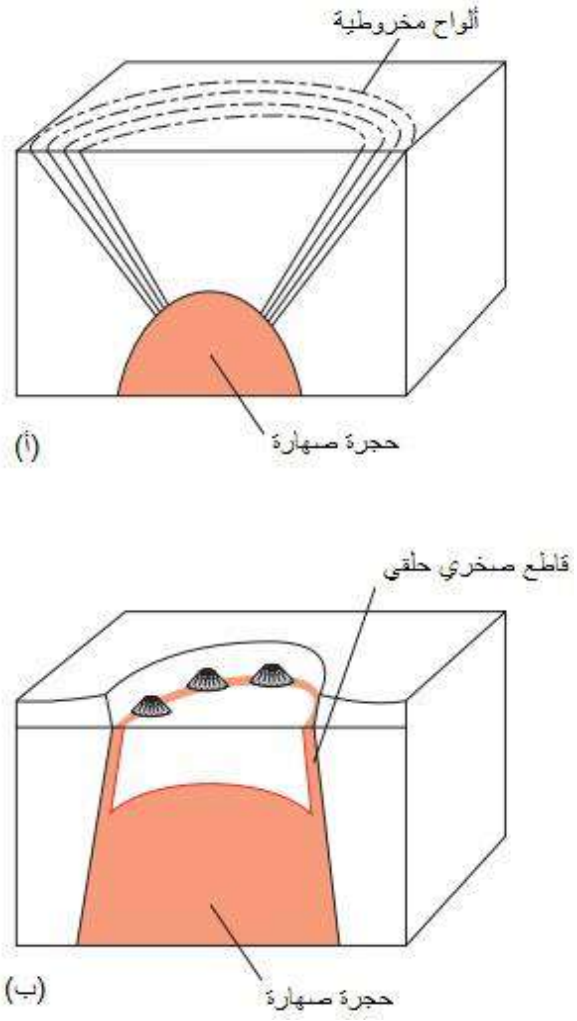
شكل 3.7 قاطع عمودي تقريبا يقطع صخور رسوبية متطبقة. حافتي القاطع واضحتين وبعرض 1 متر.

غالبا ما يكون من المفيد قياس مضرب وميل سطوح التماس غير المتوافقة، خاصة إذا كانت هناك أمثلة أخرى في المنطقة. مبادئ القياس هي نفسها المنصوص عليها في الفقرة 1.3.2. عندما يتعلق الأمر بعمل خارطة (الفصل 10)، فالمثال الواضح هو نمط المضرب والميل للقواطع الصخرية dykes، والذي يخبرك فيما إذا كنت تتعامل مع تجمع قواطع صخرية متوازية، أو قواطع صخرية شعاعية تأتي من مركز مشترك (شكل 4.7)، أو ألواح مخروطية (دائرية أو بيضوية في نمط نتوء صخري ولكن يميل إلى الداخل) أو قواطع صخرية حلقية (متماثلة ولكن تميل إلى الخارج؛ شكل 5.7). إذا كانت حافة جسم الصخر الناري تقع بشكل موازي لتطبق الصخر المضيف (سطح تماس غير متوافق)، عندئذ قد تكون إندساسية (حمم) أو طبقة من صخر فتاتي بركاني pyroclastic rock. ومع ذلك، فإنه يمكن أن يكون لا يزال إندساسي.

عادة ما تستغل الإندساسات التورق لتدخل إلى داخل الصخر المتحول المتورق، رغم أنه في بعض الأحيان يمكن رؤيتها في أماكن معينة تقطع الصخر المتحول بشكل غير متوافق. في الميغماتايت migmatite، تتشكل الأجزاء الفاتحة اللون leucosomes (طبقات أو عدسات من مادة نارية نضحت إلى الخارج) بتزامن مع النسيج العام، وبالتالي هي متطابقة عموما.



شكل 4.7 منظر تخطيطي لنمط النتوء الصخري المحتمل لقواطع صخرية شعاعية حول مركز بركاني: (أ) في حالة عدم وجود إجهاد إقليمي و(ب) مع تمدد شرق – غرب



شكل 5.7 (أ) ألواح مخروطية و(ب) قاطع صخري حلقي، يظهران نمطيهما النتوئي الصخري النموذجي والعلاقة مع حجرة الصهارة (التي سوف تتصلب إلى جسم ناري جوفي). سطح الأرض المبين في (ب) لم يتعرى لحد الان، والمنخفض الدائري المحدد بقاطع صخري حلقي هو كالديرا بركانية

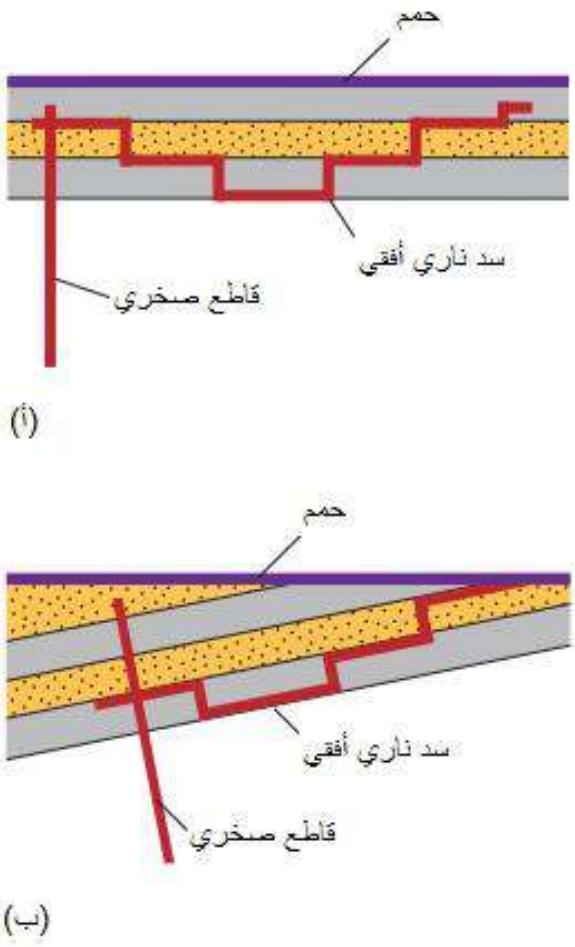
إذا كنت تظن أن سطح التماس المتوافق قد يكون الجزء الأعلى أو الأسفل من سد ناري أفقي sill (شكل 6.7)، يجب ان تحاول العثور على سطح التماس المقابل. السدود النارية الأفقية هي أجسام صفائحية، عادة ما تندس بين طبقات أفقية (أو مائلة قليلا). على الرغم من أنها قد تمتد أفقيا لعشرات مئات الكيلومترات، إلا أن معظم السدود النارية الافقية بسماكة بضع عشرات من الأمتار فقط، وبالتالي فإن الدليل المطلوب لتأكيد الطبيعة المتطابقة لكلتا سطحي التماس قد لا يكون بعيدا.

شكل 6.7 قاعدة سد ناري أفقي. تظهر الأحجار الرملية ناعمة الحبيبات باللون البرتقالي المصفر تحت مستوى كتف الشخص. قاعدة السد الناري الافقي هي ليست في الواقع حيث التجويف الواضح عند أعلى الرأس، خصوصا عند السطح المتجوي، والتغيرات اللونية. هذه طبقة رقيقة من حجر الغرين يعلوها اكثر من 1 متر حجر رملي. تكشف الدراسة القريبة في الحقل وبمساعدة عدسة اليد أن قاعدة السد الناري الأفقي عند المستوى المشار اليه بالأسهم.

عندما يتموضع إندساس في داخل صخور رسوبية رطبة ورديئة التماسك، عندئذ يمكن لتفاعلات المياه – الصخور أن تقود إلى بُنيات مكسرة أو مبريشة brecciated موقعيا، بخلاف سطح التماس المستوي تقريبا في شكل 6.7. هذا النسيج يدعى بيبيرايت peperite، وقد يبدو وكأنه نسخة معكوسة من سطح تماس متدرج (مثل شكل 2.7)، ويمتلك كتل زاويّة من الصخر الناري المنغلق داخل صخر مضيف بدلا من شظايا زاويّة من صخر مضيف منغلقة داخل صخر ناري.

قد يكون تمييز سد ناري أفقي عن تدفق حمم صعب للغاية، ولكنك ستكون في شك أقل إذا كنت تستطيع رؤية (أو تستنتج من رسم الخارطة) مكان ما حيث يخطو سواء السطح العلوي أو السطح السفلي للسد الناري الأفقي إلى أعلى أو أسفل الطبقات (شكل 7.7). لا يستطيع تدفق الحمم عمل هذا (ولكن أحترس من تدفق حمم متموضع بشكل غير متوافق على تعاقب رسوبي متعري أو مائل؛ شكل 7.7ب). يجب أن تكون متأهبا لهكذا لا توافق موضعي في السد الناري الأفقي. هذه قد تعطي أدلة عن شكل جسم بمقياس كبير، وبخاصة

سدود نارية أفقية مقتحمة داخل ترسبات رسوبية تميل لتكون بشكل صحن الفنجان، بحكم الخطوات غير المتناسقة والتي تسمح لها بأن تكون أكثر سمكا وأكثر عمقا على حد سواء نحو مراكزها.



شكل 7.7 (أ) رسم مقطع عرضي يوضح العلاقة النموذجية بين سد ناري أفقي (في هذا المثال غذي بواسطة قاطع ناري على اليسار) وطبقات أفقية يقتحمها سد ناري. السد الناري يكون متوافق عموما، ولكنه غير متوافق موضعيا عندما يخطو إلى الأعلى أو الأسفل بين الطبقات. تدفق الحمم يكون متوافق. (ب) كما هو الحال في (أ) ولكن في هذه الحالة قد مالت الطبقات التي يقتحمها السد الناري الأفقي والقاطع الصخري. في وقت لاحق تدفقت الحمم فوق المنطقة. في هذه الحالة تدفق الحمم هو غير متوافق.

وقد يكون تدفق الحمم متموضعا على سطح متجوي سابقا، وبالمقابل ربما قد تجوت قمته قبل أن يصبح مدفون بتدفقات حمم لاحقة أو من خلال راسب فتاتي بركاني أو رسوبي. على الرغم من أن السد الناري الأفقي قد يكون مندس بموازاة أفق متجوي سابقا، لا يمكن لقمة السد الناري الأفقي نفسها أن تصبح متجواة (باستثناء

إذا كانت منكشفة على السطح في وقت ما بعد الإندساس). ولذلك، قمة متجوية (عادة بلون محمر، وربما حتى متطورة إلى تربة) في لوح ناري متوافق هي دليل قوي على أنها تدفق حمم.

تعتمد طرق أخرى للتمييز بين تدفقات الحمم والسدود النارية الأفقية على المعالم النسيجية ذات المقياس المتوسط والكبير، والتي نشير لها هنا على انها "معمارية داخلية" لتجنب الخلط مع نسيج متبلور صخاري (فقرة 3.7).

2.2.7 معمارية داخلية: فواصل وعروق

يمكن إستعمال نمط التمفصل jointing في التدفق للأستدلال على تاريخ التبريد والتبلور (وقد يخبرك أيضا حول التضاريس الموقعية القديمة)، وينبغي أن تكون موثقة عبر رسومات تخطيطية وصور لكل من الأوجه العمودية والأفقية. الفواصل العمودية columnar joints هي النوع الأكثر وضوحا لخصائص "المعمارية الداخلية" لبعض أجسام الصخور النارية، والتي تعزى عموما إلى الإنكماش الحراري خلال التبريد. تنمو الفواصل العمودية عموديا على الأسطح المبردة للأجسام النارية الصفائحية. ويمكن أن يحدث هذا في القواطع الصخرية (شكل 8.7)، والتي تكون فيها حالة الأعمدة أفقية عندما تتشكل، ولكن تميل الفواصل العمودية لتكون أكثر تطورا في السدود النارية الأفقية وفي تدفقات الحمم بسمك (>5 متر) والتي شكلت الواح ممتدة مبردة بالتساوي (شكل 9.7). كما ويمكن أن تكون موجودة في بعض أنواع الإجنمبرايت ignimbrite الملتحمة، والتي كانت ساخنة جدا عندما تموضعت وبردت في نمط مشابه. يمكن أن تشكل الفواصل العمودية في تدفقات الحمم نمط رتيب من الأعمدة العمودية يدعى "صف أعمدة أو معمّد colonnade" في الثلث الأسفل إلى النصف من التدفق (حيث يميل التبريد ليكون أبطأ ومعظمه منتظم)، والذي عادة يكون فوقه تغير حاد إلى أعمدة أكثر نحافة مع إتجاه أقل أنتظاما. هذا النطاق يدعى "سطح معمّد entablature"، وقد يستمر إلى قمة التدفق تقريبا، أو يمكن أن يكون هناك صف أعمدة علوي. تكون الأعمدة المعمّدة بعرض ما بين 0.3 متر و2 متر.

هناك معلم آخر مميز للسدود النارية الأفقية هي أن مفاصلها المعمّدة قد تخترق متر أو مترين أعلى وأسفل السد الناري إلى داخل الصخر المضيف، والذي قد تم تسخينه بسبب الإندساس ومن ثم برد معه. يكون التمفصل العمودي واضح في الصخر الرسوبي تحت السد الناري الأفقي في شكل 6.7، ولكن الدليل في هذه الصورة الواحدة غير كافي لإثبات أن هذا هو سد ناري أفقي وذلك لأن الفواصل العمودية يمكن أيضا أن تنفذ إلى داخل الصخر المضيف تحت تدفق حمم سميكة.

شكل 8.7 فواصل عمودية نمت عموديا على حافة قاطع صخري عمودي تقريبا. (أ) منظر عام، (ب) منظر عن قرب. العملة المعدنية كمقياس.

شكل 9.7 الجرف الصخري بارتفاع 40 متر تقريبا. قاعدة التدفق هو الأفق الحجري النحيف تقريبا عند أسفل الأعمدة (عند سقف الكهف). الأعمدة منتظمة بشكل ملحوظ في صف أعمدة مشكلة ال 15 متر السفلى من التدفق، والتي تكون فوقها فواصل السطح المعمد أكثر تقاربا. ربما كان التدفق الأصلي أفقيا تقريبا، ولكنه مال تقريبا بحدود 3 درجات إلى الشرق (اليمين).

يمكن للأجسام النارية الجوفية أن تمتلك فواصل أيضا. إذا عثرت على خامات معدنية أو أسطح فواصل مكسوة بالزيولايت، هذا دليل على أن الفواصل قد تشكلت أثناء التبريد، بينما لا تزال الموائع المنصهرة السائلة منتشرة.

ليس بالضرورة أن تكون الفواصل في الصخور النارية كسور مفتوحة؛ فهي قد يتم ملئها تماما من خلال تبلور مائع صهاري في مرحلة متأخرة أو مائي لتشكيل عروق. قد تكون العروق في الصخور النارية أحدث بكثير من مضيفها، كما يمكن أن تكون في أي نوع صخري، وبالتالي فمن المهم محاولة تحديد أهمية أي عروق تجدها. يلخص الجدول 2.7 المعالم المميزة.

جدول 2.7 الخصائص المميزة للعروق في الصخور النارية

نوع العرق	الوصف	الأهمية
بيجماتايت Pegmatite	بلورات خشنة، تكون المعدنية مماثلة أو أكثر فلسية felsic من الصخر المضيف، ربما يحتوي أيضا على بلورات كبيرة لمعادن دخيلة من أباتايت، تورمالين وبيرل.	تبلور جزء الصهارة الأخير والغني بالمواد الطيارة، إذا كانت هناك أنطقة (المعدنية في الوسط تختلف عن الحافات) فهذا يدل على تطور العمليات الكيميائية كلما تمدد الفاصل.
أبلايت Aplite	ناعم الحبيبات، سكري، عروق فلسية، شائع في صخور الغرانايت	تبلور جزء الصهارة الأخير الغني بالسليكا، ربما نجمت عن الهروب المفاجئ للمواد المتطايرة عندما بدأت الفواصل.
عرق حرمائي Hydrothermal vein	كوارتز ابيض أو كالسايت، يحتوي أحيانا على كبريتيدات فلزية، إبيدوت أو فلورايت. أحيانا جدار الصخرة متغير، ولكن مع ترسيب قليل أو بدون ترسيب أي مادة. الميل لأختراق أبعد في داخل الصخر المضيف من عروق أخرى.	موائع مائية مشحونة كيميائيا، منتشرة بين الجسم الناري والصخر المضيف. يمكن أن تعكس الانتشار الحرمائي كلما أصبح الجسم الناري الجوفي باردا، أو يمكن أن يكون أحدث ولا علاقة له.

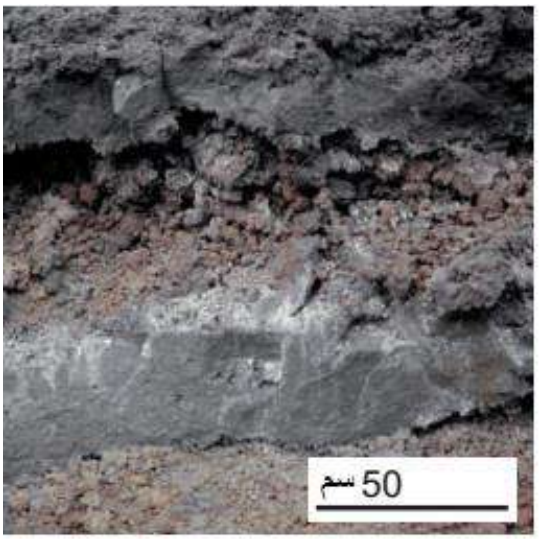
غالبا ما يكون من السهل جدا تحديد المضرب والميل لفواصل فردية، وفي حالات مثل تلك المبينة في الشكل 8.7 يمكن عمل عدد كبير من القياسات. ومع ذلك، تحتاج إلى النظر في ما إذا كان ذلك ضروريا وماذا قد يكون الهدف من جمع كل هذه البيانات. كن حذرا أيضا من أن بعض الفواصل، أو مجاميع من

الفواصل في إتجاهات معينة، قد تنتج عن عملية تكتونية أو تحرر ضغط محصور، وبالتالي ليس لها علاقة بالتاريخ الناري للمكشف.

3.2.7 معمارية داخلية: أنسجة أخرى

المعالم الأخرى التي يتم البحث عنها وتسجيلها في تدفقات الحمم القديمة تتضمن:

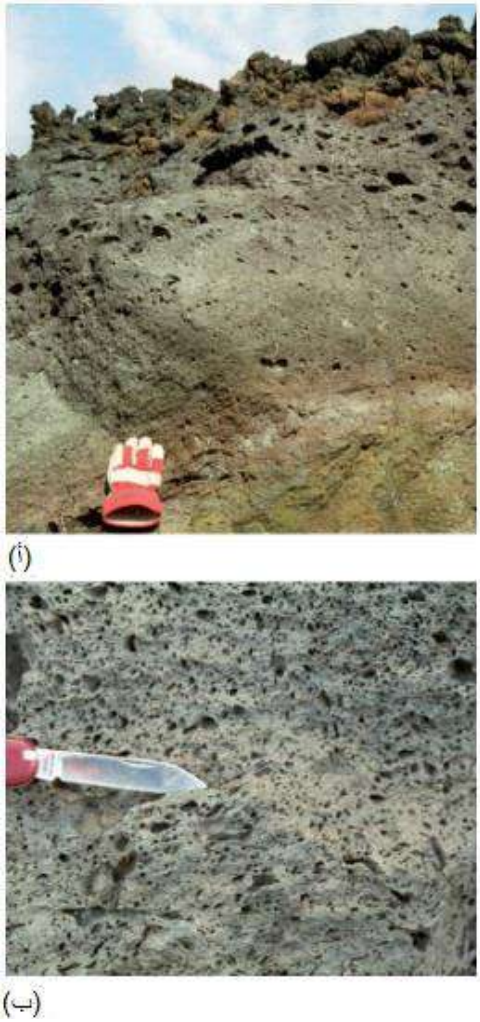
- *الشكل العام والنسيج*. هل هناك أية وسائد (دالة على ثوران داخل المياه أو تحت الجليد)؟ هل هناك قمة أو قاعدة حجرية، تقترح تموضع على الأرض كتدفقات "أأ" (شكل 10.7). هل هناك شظايا زجاجية "كلاستايت زجاجي hyaloclastite" فوق أو أسفل، أو قاعدة بيبرايتية peperitic (أيضا تشير إلى المياه)؟ إذا عثرت على قمة بيبرايتية، فهذا لا يمكن أن يكون تدفق حمم؛ بل يجب ان يكون سد ناري أفقي مندس في داخل راسب رطب.



شكل 10.7 جانب من طريق مقطوع يكشف الداخل الكتلي وقمم حجرية لتدفقات أأ في هاواي

- *معمارية التدفق*. هل وصل التدفق إلى المكان بسمكه الكامل الذي تراه الآن، أو كان "منتفخ" عبر سلسلة من التذبذبات؟ أبحث عن إشارات داخلية للتدفق، ولكن أدرس أعلى التدفق أيضا. إذا أستطعت أن تعثر على نسيج باهوي هوي pahoehoe أو على هضيبات صغيرة بعلو عدة أمتار والتي قد تكون أركمة ترابية tumuli، عندئذ فعلى الأرجح أن التدفق قد نما عن طريق التضخم، متضمن معدل إنبعاث بطيء نسبيا للحمم ولكن لمدة طويلة.

- *الحويصلات*. قد تسجل تراكيز أو طبقات من حويصلات *Vesicles* داخل تدفق ما (شكل 11.7) توقفات في أنتفاخ أو تضخم التدفق. قد تُشير الحويصلات غير الكروية إما إلى قص خلال التدفق أو إلى تسطح فيما بعد. الحويصلات بشكل عام، إذا تركزت نحو الأعلى فهي مؤشر جيد على تدفق حمم بدلا من سد ناري أفقي. المعادن المالئة للحويصلات (محولة إياها إلى لوزات amygdales) تتكون نتيجة لترشح مائع بعد التموضع. قد يساعد التعرف على هذه المعادن على تحديد درجة التحول.



شكل 11.7 حويصلات داخل تدفق حمم بركانية نوع أأ. (أ) منظر عام يبين كيف تصبح الحويصلات أكبر نحو أعلى التدفق. (ب) منظر عن قرب ضمن الجزء الرمادي المركزي من التدفق يكشف أن الحويصلات بمقياس سنتمترات إلى ملمترات تكون وافرة جدا

يمكن للحويصلات في الحمم والقنابل البركانية أن تحفظ سجل على تاريخ تنوية وتوسع الفقاعات في الصهارة. إستعمل عينيك وعقلك في الحقل لتقييم المعلومات المحتملة المنقولة عن الحويصلات، ولكن كن

حذرا من أن التحليل الكامل للتوزيع الحجمي لتجمعات الفقاعات يتطلب قياسات في المختبر (أعتمادا على قياس أعداد كبيرة من الفقاعات، وغالبا في شرائح صخرية).

إن تدفقات الحمم البركانية رقيقة جدا على تطوير تمفصل عامودي وتميل لتمتلك باطن كتلي ولكن في بعض الأحيان قاعدة حجرية. سيكون الجزء العلوي من البازلت حجري إذا ما كان التدفق متموضع مثل أأ (شكل 10.7). إذا كانت متموضعة مثل باهوي هوي، قد يكون من المحتمل العثور على بقايا مميزة من حبال أو فصوص باهوي هوي على السطح العلوي. من غير المرجح أن يمر تدفق رقيق من تحت الماء إلى سطح الأرض، لذا إذا كانت هناك وسائد، فمن المحتمل قد حدث كل التدفق تحت الماء (شكل 12.7).

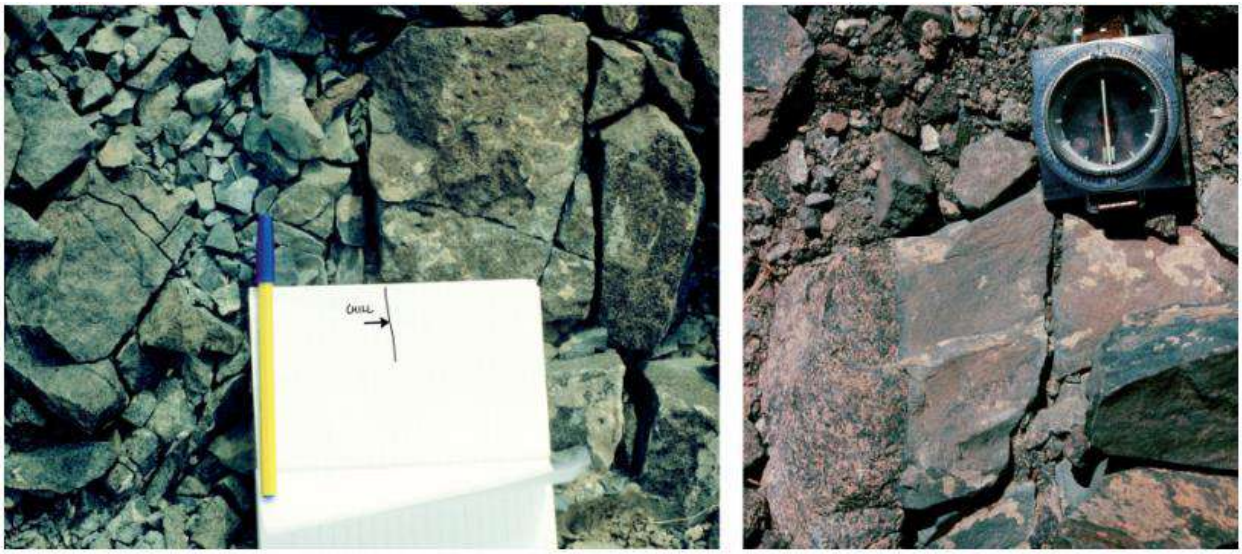
شكل 12.7 حمم وسائدية لافتة للنظر محفوظة جيدا ومميزة بسهولة، عمان، الجزيرة العربية

التبريد والحافات المبردة

من المحتمل أن يكون أي إندساس بسيط كقاطع صخري أو سد ناري أفقي قد تم تموضعه عند عمق ضحل نسبيا داخل صخر مضيف بارد نسبيا. وبالتالي يجب عليك أن تتوقع العثور على حجم حبيبي متناقص على مقربة من سطح التماس، وتشكيل حافة مبردة 'chilled margin'. عادة لا تمتد آثار التبريد إلى الداخل أكثر

من سنتمتر واحد أو أثنين. قد تكون الحافة زجاجية، مفتقرة إلى فرشة أرضية من أي حجم من البلورات، ولكن بعيدا عن سطح التماس تصبح الأرضية من بلورات أكبر وبالتالي أكثر وضوحا للعيان.

لتحديد حافة مبردة من متر أو نحو ذلك، أبحث عن تغيرات في لون الصخرة (13.7). صخرة بازلتية غير متجوية بحافة مبردة ستكون رمادية اللون من الداخل، وتصبح أكثر قتامة كلما يصبح الفلدسبار أصغر وأكثر شفافية في أرضية الصخرة ، وينتهي تقريبا إلى الأسود عند سطح التماس الزجاجي. يمكن للتغير اللاحق و/أو التجوية أن يحجب الأشياء، ولكن قد تبقى القصة واضحة، على سبيل المثال، كالتغير التدريجي من الأخضر إلى الأحمر عند الحافة المبردة. إستعمل عدسة يدوية للتحقق من تغيرات الحجم الحبيبي ولمحاولة تأكيد أي تشخيص أولي بناء على صفة أو لون.



(a) (b)

شكل 13.7 حافات قاطع صخري مبردة. (أ) تمتد الحافة المبردة من الأعلى إلى الأسفل بصورة موازية للقلم. موقعها محدد من خلال السهم المرسوم في المفكرة الحقلية. هذا المكشف متجوي ومتشظي، ولكن هناك دكانة طفيفة على سطوح حديثة (غير متجوية) من اليسار إلى اليمين نحو الحافة المبردة. هناك قاطع صخري آخر إلى اليمين من الصخرة المقتحمة الباردة. (ب) حافة مبردة لقاطع صخري (يمين) مقابل صخرة غابرو (يسار). لاحظ البوصلة في الصورة لإظهار المضرب (اوفيولايت عُمان، الجزيرة العربية).

يمكن أن يؤثر التبريد على الأرضية فقط. إذا أحتوت الصهارة على بلورات بارزة phenocrysts، قد يظهر البعض منها محاط بالزجاج عند الحافة المبردة. وبالمثل، أي تبريد عند سطح التماس لا يمكن أن يبرهن عن نفسه في الحجم الحبيبي للإندساس والذي كان متموضعا كعجينة غنية بالبلورات. إذا وجدت سطح تماس

إندساسي (سطح تلتقي فيه الصهارة مع صخور المنطقة فتحدث درجة معينة من التحول أو تلتقط قطعا منه تدمجها في مادته) يفتقر إلى أي أشارات تبريد، يجب عليك أن تسأل نفسك فيما إذا كان الإندساس متموضعا كعجينة، أو فيما إذا كان متموضعا في الأعماق و/أو داخل صخر مضيف كان ساخنا جدا ليسبب تبريد سريع.

عندما يحدث إندساس في داخل صخرة من نفس التركيب ونفس معدل الحجم الحبيبي، فإن التبريد عند سطح التماس سيمكّننا من إستنتاج الأعمار النسبية، حتى إذا لم تكن هناك أدلة أخرى. ينبغي ان تكون الصخرة التي بردت أحدث عمرا من الصخرة التي تبرد في الجهة المقابلة. بالقرب من سطح التماس، سوف يكون هناك تغير تدريجي (على طول سنتمتر أو أثنين) في اللون أو الحجم الحبيبي داخل الصخرة الأحدث عمرا، ولكن لن تكون مثل هذه التغيرات عندما تقترب من سطح التماس من الجهة الأخرى.

إن العثور على حافات مبردة داخل جسم ناري جوفي يعد أمرا أستثنائيا، ولكن هناك عادة سطوح تماس بين دفقات من الصهارة تمتلك تركيب مختلف قليلا. وهذه قابلة للتمييز من مسافة عن طريق اللون المختلف وواضحة عند مسافة قريبة من خلال الأختلافات في الوفرة أو الحجم البلوري للمعادن الرئيسية. بالنسبة للصهارات الفلسية، تحول اللزوجة دون الخلط، بحيث حدة سطح التماس بين أنواع الصهارة قد تكون مقيدة من خلال حجم البلورات فقط.

صخور الفتات الناري

صخور الفتات الناري Pyroclastic rocks هي مجموعة فرعية من صخور الفتات البركاني volcaniclastic rocks. تتكون هذه الأخيرة من شظايا صخور بركانية، تشظت بواسطة أي عملية ونقلت بواسطة أي عامل نقل. ومع ذلك، فإن محتويات راسب الفتات الناري وحسب التعريف يجب أن يتم تشظيه ونقله كجزء من عملية ثورانية. عند تفسير صخر فتات بركاني أبحث عن أدلة لمحاولة إثبات ما إذا كان حقا فتات بركاني (الراسب الساقط من البركان يفسر على أنه فتات بركاني، مالم يكن قد تم إعادة ترسيبه بواسطة الرياح أو المياه).

قد تحتوي صخور الفتات الناري على أدلة نسيجية عن طبيعتها وأسلوب تموضعها. قد تصبح شظايا قطيرات حول عنق بركاني ملتحمة معا بطريقة بحيث لم يعد من الممكن تحديد استقامتها، ولكن صخر الجفاء scoria الذي برد أكثر من خلال الوقت، فإن تراكمه قد يحفظ نسيجه الأصلي. شظايا الحمم المغطاة بالرماد، أو الرماد أو الحمم او كلاهما موجودين بالاشتراك مع كتل تصل إلى عشرات الأمتار في الحجم من الأنواع

الصخرية الأخرى، والتي جرت العادة في كثير من الأحيان على أعتبارها أجلوميرات عنق بركاني ' vent agglomerate' (صخر يتراكم في عنق بركان أو في القصبة البركانية، ويتكون من شظايا بركانية متفاوتة الأحجام)، يدل على راسب ملء شق أو عنق بركاني بعد أنفجار أو أنهيار. أبحث عن دليل يساعدك في الأختيار من بين تفسيرات بديلة مثل لاهار lahar (أنهيار طيني بركاني) أو راسب أنهيار حطام، أو ترسبات السقوط الأقرب الممتدة إلى ما وراء حدود العنق البركاني. قد يساعد رسم العلاقات الحقلية، ولكن في بعض الأحيان قد تتركك مع شكوك كبيرة.

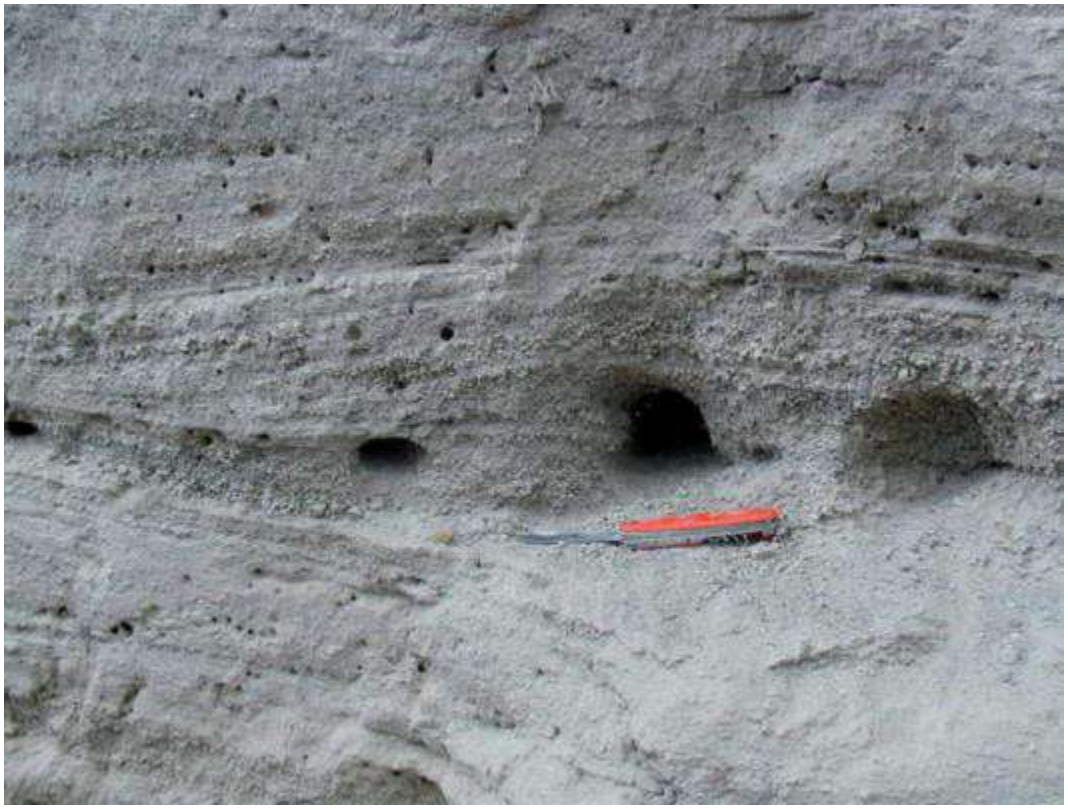
يمكن أن تبدو ترسبات الرماد ناعم الحبيبات القديمة التي تستقر في قاع البحر شبيهة جدا بالأحجار الطينية البحرية (حتى بما في ذلك وجود الترقق والأحافير) وطبيعتها الحقيقية قد تبدو بدون حل. إن المعالم التي يتم البحث عنها تتضمن ألوانها المميزة عندما تكون غير متجوية (أبيض، رمادي مزرق أو رمادي مخضر)، سطح تماس حاد، تدرج محتمل و(في حال تحولت إلى أطيان مونتموريلونايتية) نسيجها الناعم. قد يحتاج تحديدها إلى إستعمال شرائح صخرية وتحاليل جيوكيميائية. إن الترسبات المتساقطة الأكثر قربا تتضمن لوبيات تراكمية أو حصى بركانية متنامية accretionary lapilli بحجم بضع مليمترات إلى 2 سم (شكل 14.7). وهي أجسام كروية في الأصل ولكنها قد تصبح مسطحة أثناء الانضغاط. وهي تتشكل عادة من خلال التنوية المحمولة جوا في ظروف رطبة، مثل سقوط قطرات المطر في سحب من الرماد.

شكل 14.7 لوبيات تراكمية في هذا الراسب المتساقط يمكن تمييزها من خلال شكلها الكروي و(حيثما تتكشف) تركيبها الداخلي متحد المركز

غالبا ما يكون السجل الصخري هو السجل الأكثر فائدة الذي تستطيع عمله لرواسب الفتات الناري في الحقل. قد تُظهر الرواسب المتساقطة أختلافات كبيرة في الحجم الحبيبي. من المحتمل أن تلاحظها أولا على مسافة، وتظهر كطبقات رسوبية. سوف يكون الفتات المنفرد مرئي، وخاصة عند أقترابك من آفاق الحبيبات الأكثر خشونة. قد يكون التطبق المتقاطع في رواسب تدفق الفتات الناري واضحا إضافة إلى الأختلافات في حجم وتركيب الفتات. عند عمل سجل صخري بياني لرواسب الفتات الناري المشكوك به، فإن الجوانب التي يتم البحث عنها بشكل خاص تتضمن:

- *أختلافات الحجم الحبيبي*. تتنعم القاعدة خشنة الحبيبات صعودا مما يقترح ثوران أنفجاري منفصل، و مادة ناعمة الحبيبات تأخذ وقتا أطول للسقوط. من جهة أخرى، إذا وجدت حجم حبيبي يصبح خشنا صعودا ومن ثم يهبط مرة أخرى (وهو ما قد يحدث مرارا وتكرارا) قد تشتبه بوجود ثوران متواصل قوته تزداد وتتضائل. إذا كانت الرواسب غير متماسكة، خذ نماذج من طبقات مختلفة لغربلتها لغرض تحليل الحجم الحبيبي.
- *طبيعة الفتات*. وهذه تبرز بوضوح أكثر في الشظايا الأكبر. وهي قد تكون صخر الخفاف (تمثل صهير مزبد، مبرهنة هروب المواد المتطايرة)، كتل من صخر كثيف (مقتلعة من جدران القناة) معروفة باسم "شظايا حجرية" 'lithic fragments' أو شظايا بلورات منفردة. وبخاصة في الرواسب الملتحمة، مثل العديد من الإجنمبريت ignimbrites، ربما يكون قد حدث انضغاط كبير في حين لا تزال الرواسب حارة. عندما يحدث هذا، تصبح أحجار الخفاف منسحقة (وتدعى عدسات زجاجية داكنة اللون fiamme؛ شكل 15.7) ولكن تحتفظ الأحجار والبلورات بأشكالها بشكل أفضل. إذا عثرت على عدسات زجاجية داكنة اللون، فيمكنك القول أن الراسب كان حارا عندما استقر.
- *التطبق المتقاطع*. سجل هذا بدقة، بنفس طريقة الترسبات الرسوبية (الفقرات 2.6 و 3.6). في صخور الفتات البركاني عادة ما ينطوي هذا على "راسب تموج" 'surge deposit' من تدفق منخفض الكثافة (شكل 16.7)، ولا يحدث في الرواسب الساقطة. أبحث عن تمزق موضعي لتطبق أو ترقق متقاطع، والذي يمكن أن يكون ناجم عن هروب تصاعدي للبخار والمواد المتطايرة الأخرى عندما يستقر تدفق فتاتي ناري فوق أرض رطبة أو مغطاة بالنباتات.

شكل 15.7 فتات صخر خفّاف مسحوق (داكن) داخل أرضية رماد ذات لون فاتح من التف.



شكل 16.7 تطبق متقاطع في راسب فتات ناري متموج، متضمن أختلافات واضحة في حجم الفتات. الثقوب الموجودة هي بسبب ما يقوم به الجيولوجيون والحيوانات من حفر في الوجه الصخري

- *تحزم دفقي Flow banding*. قد يكون هناك بعض "تحزم دفقي" مرئي بالعين المجردة، على سبيل المثال ناتج عن زحف نحو الأسفل بعد بدء الألتحام في راسب فتات ناري حار. قد يكون من الصعب أن يتم تمييزه في صخور قديمة أو مشوهة مثل "تف أنسيابي التشوه" ' rheomorphic tuff ' عن وحدة ذات تطبق متقاطع أو تطبق أولي، لذلك يجب أن تكون على علم بجميع الأحتمالات والبحث عن أدلة إضافية للتمييز بين الفرضيات.
- *العلاقات بين الرماد والشظايا الكبيرة*. هل "الرماد" صنع من نفس المادة الخام مثل الفتات الكبير؟ هل الفتات الأكبر يدعم بعضه البعض (بدلا من العوم في أرضية من الرماد)؟ إذا كان الجواب لكليهما "نعم"، يجب عليك أن تفكر في خطوط من "تدفق رماد وكتل" ناتج عن أنهيار أو تشظي أنفجاري لقبة حممية.

الخصائص المميزة الأخرى بين الرواسب المتساقطة وتدفقات الفتات الناري هي أن الرواسب المتساقطة تغطي التضاريس في حين تدفقات الفتات الناري تكون أسمك بكثير في الوديان. وبالتالي، يجب أن تحاول توثيق أية أختلافات في السمك وعلاقتها بالتضاريس القديمة.

3.7 المعدنية والأنسجة صغيرة المقياس للصخور النارية

هنا ننظر في أدلة التشخيص المعدني والنسيجي والتي يمكن أن تشاهد بالعين المجردة في الحقل للصخور خشنة الحبيبات، وتشاهد بسهولة بعدسة اليد للصخور متوسطة الحبيبات، ولكن تُرى بصعوبة حتى مع عدسة اليد بالنسبة للصخور ناعمة الحبيبات.

1.3.7 النوع الصخري

فيما يتعلق بأي صخرة نارية متبلورة، ينبغي عليك محاولة التعرف على نوع الصخرة على أساس محتواها من المعادن. بالتأكيد ستجد هذا أسهل في حال كان لديك بعض الخبرة في تشخيص العينات اليدوية بمساعدة الشرائح الصخرية. من غير المرجح وأنت في الحقل، أن تكون قادر على الذهاب إلى أبعد من مخطط التصنيف البسيط المتوفر في ملحق 7، شكل م1.7. إن التصنيف الأكثر تقدما والمعتمد على الصخارية يتم بإستعمال الشرائح الصخرية والتحليل الجيوكيميائي. ربما النصائح الثلاث الأكثر فائدة هنا هي:

- قد يكون من الصعب تحديد البايروكسين والأمفيبول كل على حدا في صخور متوسطة أو ناعمة الحبيبات. لا تقلق، فهذا لا يهم كثيرا. أكثر من 40% من أي معدن مافي يعني أن صخرتك مافية؛ 20 – 40% تجعلها متوسطة.

- عادة ما تكون بلورات الكوارتز واضحة في الصخور النارية (على عكس الكوارتز في العروق، الذي يمكن أن يكون حليبي)، ولكن غالبا ما يكون الفلدسبار متغير بحيث يبدو أبيض. إذا كان البلاجوكليز لا يزال حديثا (غير متجوي) يمكن أن يكون واضحا مثل الكوارتز. ولكن، على سطح مكسور حديثا لعينة يدوية فإن بعض الكسور في البلاجوكليز ستكّون مستويات أنفصام مسطحة تلتقط الضوء كلما قمت بتدوير العينة، في حين كل الكسور في الكوارتز ستكون غير منتظمة ومنحنية.

- معظم الصخور النارية تحتوي على بعض فلدسبار بلاجوكليز. إذا كان يمكنك تحديد ذلك، فإن تقدير نسبته المئوية سوف يساعدك في تحديد نوع الصخرة.

2.3.7 الطراز والنسيج المعدني

ينبغي عليك التحقق من أن صخرتك تمتلك نسيج ناري. بإستثناء الحمم الزجاجية والأرضية في صخور المقذوفات البركانية، هذا يعني أن الصخرة يجب أن تمتلك بلورات متشابكة. ولكن، هذا غير صحيح، مع ما تقترحه بعض النصوص من أن الصخور النارية يجب بالضرورة أن تفتقر إلى التورق. في الواقع، يجب أن تبحث بدقة عن إشارات لترتيب وتراصف معدني في المستويات. وقد يكون هذا أكثر دقة مما في الصخور المتحولة، ولكن إذا كان موجودا فإنه يمكن أن يخبرك الكثير حول عملية التموضع.

‘تحزم دفقي’ أو ‘تورق دفقي’ ‘ flow foliation ’ or ‘ Flow banding’

وهذا نتيجة القص في رواسب مقذوفات بركانية أو حمم لزجة مثل أنديسايت، داسايت أو رايولايت بحيث تصبح البلورات (أو في الأوبسيدين، تحدد البنية الزجاجية من خلال مايكرولايت microlites، فقاعات، بلورات منفصلة و/أو الألوان في الزجاج) متراصفة مع إتجاه التدفق. قد يكون المظهر الأكثر وضوحا لهذا في الحقل هو في طريقة تكسر وتجوية الصخور. أبحث عن عدسات زجاجية داكنة اللون لتمييز صخور المقذوفات البركانية عن حمم التدفقات الشريطية.

تكدس التطبق Cumulate layering

كان يعتقد فيما مضى أن هذا ناتج عن ترسب البلورات على قاع حجرة الصهارة، ولكن ثبت أن الأنسجة المتماثلة يمكن أن تنتج عن نمو بلوري تجاه جدران حجرة الصهارة. أحيانا، يكون التطبق المتقاطع واضح. يحدث تكدس الطبقات على مقياس سنتمتري (شكل 17.7)، ويمكن ان يتضح من خلال الأختلافات في وفرة المعادن. على سبيل المثال، في طبقات غابرو متعاقبة من 60% : 40% مقابل 40% : 60% بلاجوكليز وبايروكسين تدعى "نسبة التطبق" 'ratio layering'. ويطلق على ظهور أو أختفاء طور معدني معين "طور التطبق" 'phase layering'. ومثال على "طور التطبق" هو أمتلاك صخر غابرو لطبقات متعاقبة مع أو بدون أوليفين. يمكن أن يسجل تكدس التطبق عبر وسائل السجل الصخري (فقرة 3.6)، مع الإنتباه فيما إذا كانت التغيرات تدريجية أم حادة.

شكل 17.7 تكدس التطبق في صخرة غابرو في اوفيولايت عُمان، الجزيرة العربية. الطبقات الداكنة الغنية بالأوليفين مع قواعد حادة تصبح تدريجيا أكثر فلسية صعودا، متكررة في مقياس من بضعة سنتمترات. على هذا السطح المتجوي، الطبقات الفلسية تكون محمرة. كما يمكن أن يرى من البوصلة الموجّه، مضرب الطبقات تقريبا 060 والميل ينحدر باتجاه الشمال.

يمكن أن توفر الصفات الأخرى من النسيج المعدني رؤى حول تتابع التبلور. بلورات معزولة أكبر من فرشة الأرضية هي على الأرجح بلورات بارزة phenocrysts بدأت بالنمو في وقت مبكر (ربما أثناء خزن الصهارة). عندما تطوق إحدى البلورات الأخرى فإن البلورة المنغلقة يجب أن تكون قد نمت قبل إنغلاق البلورة، وربما نمت البلورات مكتملة الشكل قبل البلورات رديئة الشكل والتي يتضح أنها تملئ الفراغات. هكذا دليل في الحقل، يمكن أن يستعمل لتقييم الصخور خشنة الحبيبات فقط، وحتى بالنسبة لتلك الصخور فمن الأفضل دراسة الشرائح الصخرية تحت المجهر.

صخور البيجماتايت

قد تجد بلورات خشنة متشابكة النمو في أجزاء من جسم ناري جوفي، أو بقع خشنة ضمن سد ناري أفقي. على الأرجح هذه بجماتايت (جدول 2.7)، وفيها يكون حجم البلورة لا علاقة له بمعدل التبريد، ولكن بدلا من ذلك كان مسيطر عليها من خلال توفر مواقع التنوية و/أو وفرة المواد المتطايرة في الفضالة الأخيرة من الصهير. عادة ما تظهر البيجماتايت في عروق أو عدسات. الأشياء التي تلاحظ على وجه الخصوص هي شكل جسم البيجماتايت ووضوح حافاته. هل يبدو أن الجسم الناري الرئيسي كان صلبا وهشا، أم طريا ولدنا، عندما كان البيجماتايت نشطا؟.

"مناطق حبيسة" ' Enclaves '

قد تجد أحيانا داخل صخرة نارية بقع (أو "مناطق حبيسة") بمعدنية أو نسيج مختلف، ولكنها ليست خشنة أكثر (في الواقع قد تكون ناعمة أكثر) وبالتالي هي ليست بيجماتايت. قد تكون هذه المناطق الحبيسة مختلفة بشكل واضح جدا (وكبيرة بما فيه الكفاية) بحيث يمكنك أكتشافها من مسافة. أفحصها بدقة لكي تقرر بين الأحتمالات المتنافسة التي يمكن أن تفسرها.

- زينوليتات او صُخيرات حبيسة Xenoliths؟ هذه تكون شظايا صخر مضيف كانت منغمسة في صهارة نارية وانتقلت داخله. إذا كان الأمر كذلك، فإنها قد لا تكون نارية في الأصل. معظم الزينوليتات الدخيلة تأتي من الجبة. تميل حافات الزينوليتات لتكون محددة جيدا، ويمكن أن تكون أشكالها غير منتظمة. يمكن في حجمها الأصغر، أن تتألف شظية زينوليث من بلورة دخيلة واحدة، وفي هذه الحالة تعرف ببلورة دخيلة xenocryst. أحذر من الخطأ في تحديد مجموعة من البلورات البارزة (المعروفة باسم "عنقود بلورات" glomerocryst) كزينوليث.

- صهارة من تركيب مختلف تجنبت إلى حدا ما الهضم الكلي داخل الصهارة الرئيسية؟ وهذه يشار لها أحيانا كصخور ذاتية autoliths، قد تكون قطرات حقنت في صخرة مضيفة رئيسية في حين كانت لا تزال منصهرة جزئيا (شكل 18.7). وهي تميل إلى أن يكون لها شكل مستدير، وحوافها قد تكون منتشرة.

4.7 البراكين الحديثة والنشطة

تسمح لك البراكين النشطة أن ترى الصخور النارية وهي تصنّع، أو على الأقل قبل أن يتم تغيرها بواسطة التجوية، الدفن أو عمليات أخرى. وهي أماكن حيث يمكن دراسة العمليات على مقاييس تمتد من الكيمياء الجزيئية (عندما تختلط الغازات البركانية مع الغلاف الجوي) إلى تشوه بركان مخروط طبقي تحت وزنه.

شكل 18.7 صخرة ذاتية او دخيلة Autolith بطول 60 سم. عند الفحص عن قرب، أتضح أن الصخرة الذاتية ليست مافية (بسبب لونها). هي غرانايت دقيق، بنسبة عالية من البايوتايت من الغرانايت خشن الحبيبات الذي يطوقه.

1.4.7 المعدات والسلامة

يجب أن تتضمن معدات السلامة الخاصة بك قبعة صلبة حتى لو كنت لا تنوي العمل على مقربة من أي جرف صخري، لتوفير حماية للرأس في حال حدوث ثوران إنفجاري. قد تكون الأرض غير مستقرة (وبخاصة على حمم باهوي هوي حديثة وعلى حمم أأ من أي عمر)، ولذلك فمن الحكمة أن تحمل عصا طويلة من أجل الأسناد (وإذا لزم الامر) لغرض الجس. يجب عليك أيضا إرتداء سراويل متينة وقفازات من مادة مناسبة للحماية من الحروق والجروح، والتي لا تذوب عند تعرضها للحرارة (شكل 19.7). إذا كنت تتوقع العمل بالقرب من مداخن بركانية fumaroles يجب أن تحمل قناع غاز قادر على تصفية الغازات الحامضية مثل ثاني اوكسيد الكبريت.

شكل 19.7 هذه القشرة الصدفية لتدفق باهوي هوي حديث منحت طريقا تحت وطأة أقدام عالم البراكين. بحكمة، هو يرتدي سراويل طويلة (بدلا من سراويل قصيرة) من شأنها أن تحمي ساقه في حال تعثر في حافة حفرة بركانية.

يجب أن لا تخاطر بوضع نفسك في واحدة من الحالات الاتية، وإليك بعض النصائح والتي قد تنقذ حياتك فيما إذا تعرضت لهكذا نوع من المخاطر.

- إذا بدأت القنابل البركانية بالتساقط نحوك، لا تستدير وتهرب. من الأفضل الوقوف ومواجهة القنابل. راقب سقوط القنبلة بحذر، وإذا كنت متأكد أن إحدى هذه القنابل متجهة نحوك، تنحى جانبا لكي لا تصيبك.
- إذا كانت موجة الفتات البركاني قادمة باتجاهك، لن تكون قادرا على تجاوزها، على الرغم من أنك قد تكون قادرا على الهروب من طريقها بالتنحي جانبا. إذا لم تستطع غطي أكبر جزء من جسمك، وبخاصة وجهك، وانخفض بقدر ما تستطيع في حفرة أو خلف صخرة كبيرة. وبينما يمر التدفق، أحبس أنفاسك لأطول فترة ممكنة لكي لا تحرق رئتيك عبر استنشاق الرماد والغاز الحار.

سوف تعتمد معدات القياس والنمذجة على طبيعة دراستك. يمكن لمقاييس الحرارة تحت الحمراء أن تسجل درجات الحرارة لدراسة عمليات عنق البركان أو معدلات تدفق الحمم (شكل 20.7)، وهناك العديد من أجهزة الاستشعار فوق البنفسجية أو الأشعة تحت الحمراء لدراسة الغازات البركانية، وبالطبع قد ترغب في جمع عينات من الصخور.

شكل 20.7 تم تنصيب مقياسي حرارة تحت الحمراء وكاميرة فيديو واحدة تحت الحمراء للنظر إلى داخل هذه الكوة في حقل باهوي هوي، لتسجيل التغيرات في معدل التدفق في أنبوب الحمم

2.4.7 الملاحظات

إن التقنيات المتضمنة معدات جيوكيميائية وجيوفيزيائية متخصصة في مراقبة البراكين النشطة هي خارج نطاق هذا الكتاب. مجهز بحواسك فقط يمكنك تسجيل أوقات ومواقع الأنفجارات المنفصلة أو قياس سرعة تدفق حمم بركانية (أرمي صخرة على الحمم لتكون بمثابة علامة). هنا نلاحظ بعض العلامات التي يمكن فعلها بآمان في تضاريس بركانية حديثة عندما لا يكون هناك أنفجار وأحتمالية أندلاع وشيك.

- *فحص شكل تدفق الحمم البركانية*. حدد تدفقات الحمم المنفردة التي أنشأت حقل الحمم. إذا كانت الحمم بازلتية، أبحث عن باهوي هوي (تأتي بتشكيلات عديدة، الاشكال 19.7 و20.7) و أأ (شكل 11.7أ). أنظر إذا أمكنك العثور على تدفقات باهوي هوي تحّولت إلى تدفقات أأ حيث مرت على منحدر حاد بحيث أجبر معدل التدفق على الازدياد. في حقل تدفق باهوي هوي، أبحث عن أركمة ترابية (هضاب صغيرة) حيث أنضغطت الحمم من الأسفل بأتجاه الأعلى. يمكن أن تشير خطوط الأركمة الترابية إلى مسار أنبوب الحمم. إذا كان الأنبوب مفرغ، كن متأكدا تماما أنه آمن ويمكنك أن تجد مدخل، وقد يكون من المفيد الأستكشاف للبحث عن "علامات مد" 'tide marks'على الجدار تُركت عبر التدفق المتضائل.

- هل يمكنك العثور على أي قنابل بركانية؟ أكانت مائعة تماما، أم قشرية، أم متصلبة تماما عندما أرتطمت بالأرض؟ هل تمثل صهارة، أم جدار صخري أقتلع من العنق البركاني؟

- أكان هناك تدفق مقذوفات بركانية في الآونة الأخيرة؟ هذه قد تكون فرصة جيدة لرؤية الضرر الذي يمكن أن يفعله.

- هل هناك تساقط رماد حديث لا يزال في المنطقة؟ هل هو على منحدرات شديدة الأنحدار، وعرضة للإنجراف خلال موسم الأمطار الغزيرة لتوليد لاهار؟ أي المناطق هي في خطر؟.

- هل يمكن الوصول إلى أي من الأعناق البركانية؟ إن المعالم كمخاريط الخبث البركاني scoria cones، حلقات التف، مخاريط تف وفوهات بركانية maars والتي يصعب تفسيرها عندما تكون موجودة في مقطع عرضي في صخور قديمة تكون أسهل لإضفاء لمسة في بيئة حديثة.

الفصل الثامن

تسجيل المعلومات التركيبية

كوكبنا هو كوكب نشط، بصفائح تكتونية في حركة مستمرة. تخضع قشرته وجبته إلى إجهادات متغيرة تسبب تشوه الصخور، إما من خلال التكسر وإما من خلال الإلتواء/التمدد (تشوه هش أو مطاوع على التوالي). على الرغم من أننا قد نجمع بعض المعلومات عن هذا التشوه من طرق زلزالية متطورة تسبر أعماق الأرض، أو عن طريق قياس حركات أرضية متناهية الصغر بإستعمال أقمار صناعية، إلا أن التسجيل الأكثر تفصيلا محفوظ في الصخور المشوهة المنكشفة على سطح الأرض.

يوفر قياس التراكيب الهشة معلومات حول كيف ولماذا تتشوه القشرة العليا بشكل خاص، وخصوصا إتجاه الإجهادات الإقليمية والمحلية، وإتجاه الحركة على الصدوع. هكذا بيانات تساعدنا على فهم لماذا وكيف وأين تحدث الزلازل. إن فهم أنظمة الكسور هو أيضا أمر بالغ الأهمية في أستثمار النفط والغاز والفحم والموارد المعدنية بكفاءة؛ لا توفر تراكيب الصخور التحديات فقط، ولكن الفرص أيضا (مثل المصائد الهيدروكاربونية). تتأثر بقوة حركة الموائع خلال القشرة العليا بالكسور، لذا تلعب الجيولوجيا التركيبية دورا حاسما في مدى واسع من الحقول ذات الصلة، بما في ذلك دراسات المياه الجوفية، السيطرة على التلوث، مخططات الحرارة الأرضية وتخزين ثاني أوكسيد الكربون. أرتكزت المخططات الهندسية الكبيرة (على سبيل المثال، السدود، القناطر، الطرق السريعة، الأنفاق) حرفيا على أساس الجيولوجيا التركيبية. توضح الفقرة 2.8 بعض التراكيب الهشة المهمة، لمساعدتك في التعرف عليها، قياسها وتفسير البيانات الناتجة.

يسود التشوه اللدن عميقا في القشرة والجبة، لذا يوفر قياس التراكيب اللدنة معلومات عن حركات الصدوع وإتجاهات الإجهاد في الأعماق، مما يعطي رؤى حول أنماط التشوه الإقليمية. توضح الفقرة 3.8 بعض التراكيب اللدنة الشائعة.

1.8 المعدات والقياس

الجيولوجيا التركيبية هي دراسة المعالم الهندسية (على سبيل المثال، المستويات، الخطوط، السطوح والأشكال البيضوية). نحن نصف ونقيس إتجاه وأبعاد هذه العناصر الهندسية من أجل فهم أفضل عن كيف ولماذا تشكلت، من ناحية حركة الصخور (علم الحركة) والإجهادات (الديناميكيا). وبالتالي، قد يتطلب العمل

الحقلي التركيبي بعض المعدات الأختيارية والتخصصية (على سبيل المثال، مناظير، ستريوسكوب جيب، جدول 3.2)، إضافة إلى معدات أساسية للعمل الحقلي الجيولوجي (جدول 1.2). من أجل قياس دقيق للسمت، الميل والغطس، يوصى ببوصلة – مقياس ميل متخصصة (على سبيل المثال، نوع برونتون، فقرة 3.2).

1.1.8 القياسات التركيبية والتدوينات

عرضت الفقرة 3.2 البوصلة – مقياس الميل، وتم تغطيت قياس المضرب والميل لمستوي مائل في الفقرة 1.3.2، والأشكال 6.2 – 8.2. وصفت الفقرة 2.3.2 والاشكال 9.2 و10.2 كيفية قياس معالم خطية مثل محاور الطيات، التخططات والحزوز، والتي لا تقل أهمية عن المستويات في الجيولوجيا التركيبية. جمع بيانات الإتجاه هو جزء بالغ الأهمية في العمل التركيبي، وبالتالي هي فكرة جيدة من أجل تطوير إستراتيجيات كفوءة ومتناسقة للقياس في الحقل.

لأن العديد من الدراسات التركيبية تتطلب قياسات غزيرة لمستويات وخطوط مختلفة، فمن المهم تسجيل البيانات بطريقة موجزة ومنظمة ومنطقية في مفكرتك الحقلية. أفصل البيانات التركيبية عن الملاحظات الأخرى (ربما حتى بواسطة اللون)، ورتبها في شكل جداول. الأختصارات لمعالم مختلفة (على سبيل المثال، قس = قياس السمت) هي مختصر مفيد، ولكن تأكد أنك متناسق في إستعمالها، وتتضمن مفتاح في كل مفكرة، على سبيل المثال على الغلاف الداخلي. كما هو موضح في الفقرة 3.2 من المهم أن نتبع الأصطلاح لتسجيل قيم السمت والميل (أو الغطس):

السمت (المضرب؛ إتجاه المعلم الخطي)	عدد مكون من ثلاثة أرقام	076
الميل أو الغطس (الميل عن الأفق)	عدد مكون من رقمين	76

يجب على هذا الأصطلاح أن يتجنب الخلط بين العددين، بغض النظر عن نمط التدوين المستعمل (جدول 1.8). وهذا مهم بشكل خاص، لأن متخصصي الجيولوجيا التركيبية يستعملون التدوين القصير لمستويات "زاوية الميل \ سمت الميل" ، بدلا من التدوين الأطول "سمت المضرب \ زاوية الميل + إتجاه الميل". هذا يوفر مساحة، ولكن هذا يعني أن تسجيلات المفكرة للمستويات والخطوط سوف تبدو متشابهة جدا، وبالتالي يجب أن تكون مصنفة بدقة لتحديد ما هي. لأن مضرب المستوي هو أسهل للقياس بدقة من إتجاه الميل مع بوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا، فإن تدوين "سمت المضرب \ زاوية الميل + إتجاه الميل" يميل ليكون أكثر شعبية بين الجيولوجيين غير المتخصصين بالتركيبية.

جدول 1.8 التدوينات لبيانات الإتجاه التركيبية

الوصف	التدوين	النوع	الملاحظات
مستوي مضربه في إتجاه زاوي °047 ويميل عند °23 نحو الجنوب الشرقي	047/23 SE	مضرب، ميل، إتجاه ميل	ربما أقل إرباك مع قياس الغطس وإتجاه الغطس للمعلم الخطي. يمكن رسم المضرب مباشرة على ورق الخارطة.
	23 ---> 137 او 23 \ 137	ميل، سمت الميل	عناصر أقل وأقصر ليتم نسيانها أو سوء تسجيل. يجب حساب المضرب ليرسم على ورق الخارطة
خط يغطس °23 نحو °137 (خط أقصى ميل على المستوي المذكور أعلاه)	23 ---> 137 او 23 \ 137	غاطس، سمت الغاطس	من المحتمل الأرتباك مع إتجاه المستوي المسجل في تدوين الميل وسمت الميل.

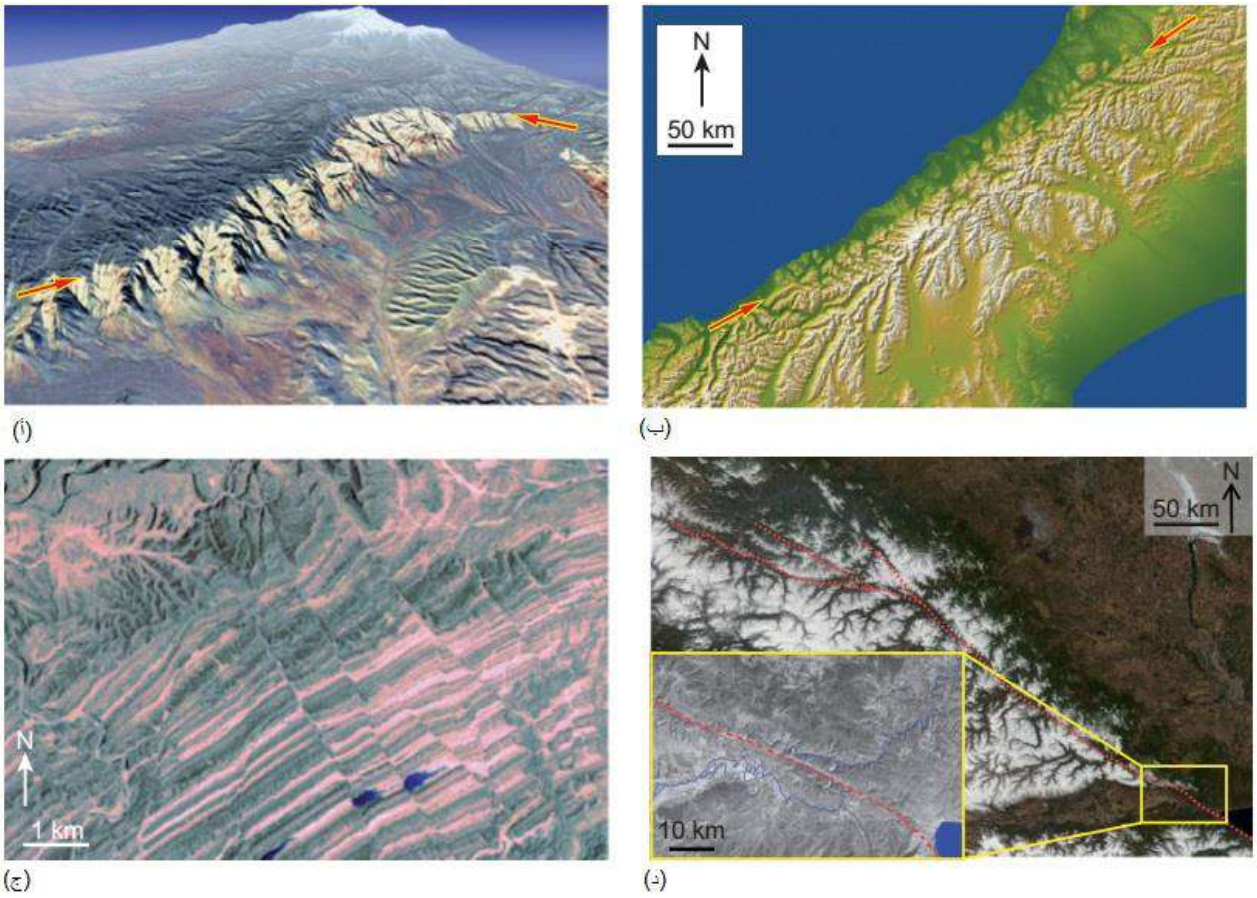
2.8 التراكيب الهشة: الصدوع، الفواصل والعروق

يفضل أثناء دراسة المعالم الهشة أن يتم التركيز أولا على إتجاهها، قبل النظر في أدلة أكثر تفصيلا إلى إتجاه وقيمة إتجاه الحركات القديمة على تلك المعالم، وعلاقتها مع التراكيب المترافقة معها.

1.2.8 معالم مستوية هشة – الإتجاه

تتأثر وضعية الصدوع بقوة بحسب إتجاهات الإجهادات الرئيسية الثلاث (σ الأكبر، σ المتوسطة و σ الأصغر). إن الصدوع التي نحددها عادة مثل إعتيادية، إندفاعية وإنزلاق – مضربي تمتلك ميل حاد، معتدل وتقريبا عمودي على التوالي. يمكن تقدير ميل الصدع في الحقل بشكل تقريبي، أو من الخرائط والصور الفضائية (شكل 1.8)، عن طريق ملاحظة إذا ما كان وجه الصدع يقطع التضاريس بحدة (ميل حاد) أو يتبع خطوط مناسيب الأرض (ميل معتدل). تختفي العديد من الصدوع في الحقل بسبب الغطاء النباتي، التربة

ورواسب سطحية أخرى، لذا أبحث عن أدلة مباشرة على وجودها (جدول 2.8 وشكل 2.8). المعالم العامة للصدوع مبينة في شكل م1.8(ملحق 8).



شكل 1.8 (أ) مشهد لمستوي إندفاعي يميل باعتدال (سطح تماس مؤشر عليه بالأسهم بين طبقات داكنة اللون على الجدار المعلق وطبقات شاحبة اللون على جدار القدم) يتبع خطوط مناسيب التضاريس. المسافة بين الأسهم حوالي 20 كم. (ب) صدع إنزلاق مضربي رئيسي (مؤشر بالأسهم) يقطع التضاريس في هذه الصورة. (ج) صدوع شديدة الإنحدار تجانب طبقات مائلة في هذه الصورة الفضائية. (د) وديان أنهار تصطف في موازاة صدوع (خطوط حمراء متقطعة) في هذه الصورة الفضائية

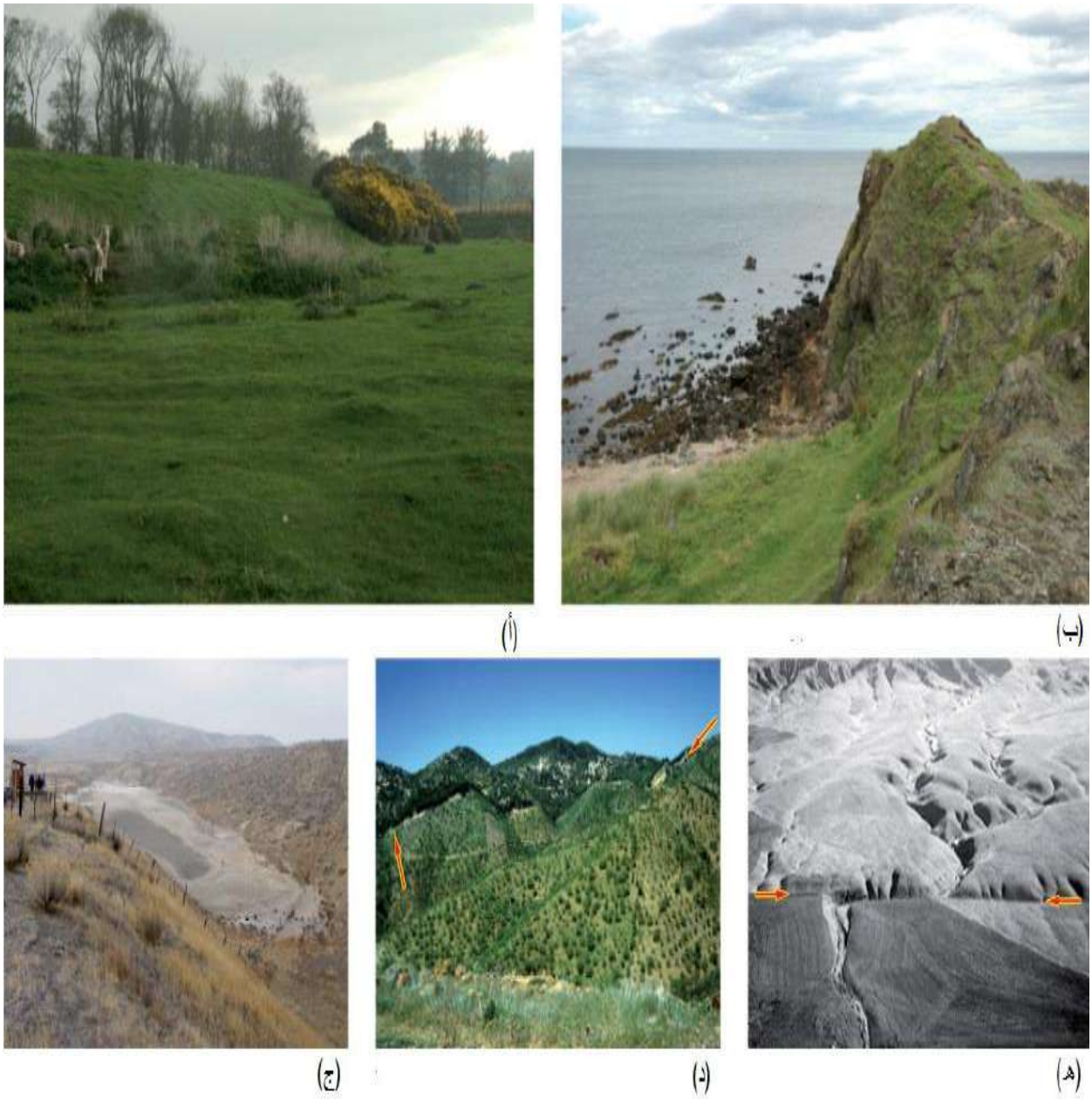
يقاس ميل ومضرب المعالم المستوية البسيطة بسهولة بإستعمال البوصلة – مقياس الميل. بالنسبة للأسطح غير المستوية يمكن إستعمال حافظة ورق أو كتاب لإزالة عدم الأستواء (شكل 3.8أ). إذا كان المستوي غير منتظم جدا أو يصعب الوصول إليه قد يكون من الضروري تقدير الإتجاه من خلال النظر في موازاة المستوي من خلال بوصلة (شكل 3.8ب). إذا كان يمكن النظر إلى حافة المستوي فقط فإن الميل المسجل سيكون الميل الظاهري، وهو أقل من الميل الحقيقي بقيمة تعتمد على مدى دقة تقدير المضرب. إذا كان ممكنا، من المفيد قلع جزء صغير من مستوي الانزلاق لغرض القياس.

جدول 2.8 أدلة المناظر الأرضية على وجود الصدوع

المظهر	المعالم النموذجية
التضاريس	قطع في المنحدر (شكل 2.8أ)، حوض trough أو حيد ridge (شكل 2.8ب)، جرف scarp، نهر وادي عميق river gorge، تباين تضاريسي مفاجئ
التعرية	أخدود ravine/ فج gully/ مجرى/ نهر يتبع خط الصدع (الصخور المسحوقة تتعرى بسهولة)، حيد (إذا كان الصدع المشبع بالمواد المعدنية اقسى من الصخر المضيف؛ شكل 2.8ب)
التصريف	ينابيع، برك حوضية sag ponds (العديد من الصخور الحاوية على الصدوع هي غير نفاذة؛ شكل 2.8ج)؛ البالوعات sinkholes (الحجر الجيري هو أحد جوانب الصدع)؛ تغاير تصريفي مفاجئ عند الصدع
الغطاء النباتي	تغير حاد عبر الصدع، ناجم عن التربة و/أو تغير التصريف على أنواع صخور مختلفة (شكل 2.8د)
الإزاحات	إزاحة معلم خطي (مجرى، حيد، قاطع ناري، طريق، سياج، سكة حديد)، وبخاصة للصدوع النشطة (شكل 2.8هـ)

مع زيادة العمق، تميل الصدوع في التوسع إلى أنطقة بكسور متعددة، ومن ثم أنطقة طين صدع fault gouge أو بريشيا محتواة ضمن أسطح محددة (شكل 3.8ج). قد تبدو الكسور الثانوية فوضوية داخل أنطقة الصدوع هذه، ولكن إتجاهتها تتعلق في نهاية المطاف بمجمل حركة نطاق الصدع. حتى إذا لم تكن الصدوع المحددة منكشفة، فإن مجموعة الصدوع هذه قد تشير إلى كل من الإتجاه والحركة لنطاق الصدع الرئيسي (أنظر الفقرة 2.2.8).

يمكن أيضا أن يساعد إتجاه الفواصل على فهم مجال الإجهاد الإقليمي. تحدث الفواصل القصية عادة في مجاميع مقترنة، في إتجاهات منعكسة عبر σ الأكبر وσ الأصغر، مشكّلة أنماط "شكل – X" مميزة (شكل 4.8أ)؛ المجاميع المقترنة للصدوع الأعتيادية هي أيضا شائعة جدا. يمكن قياس مجاميع الفواصل لإعطاء معلومات حول أنظمة الإجهاد المحلية أو الإقليمية (على سبيل المثال، في تركيب طية واحدة، شكل 4.8ب؛ أو ناجمة عن إزالة حمل الألواح الجليدية أو صخور الغطاء، شكل 4.8ج).



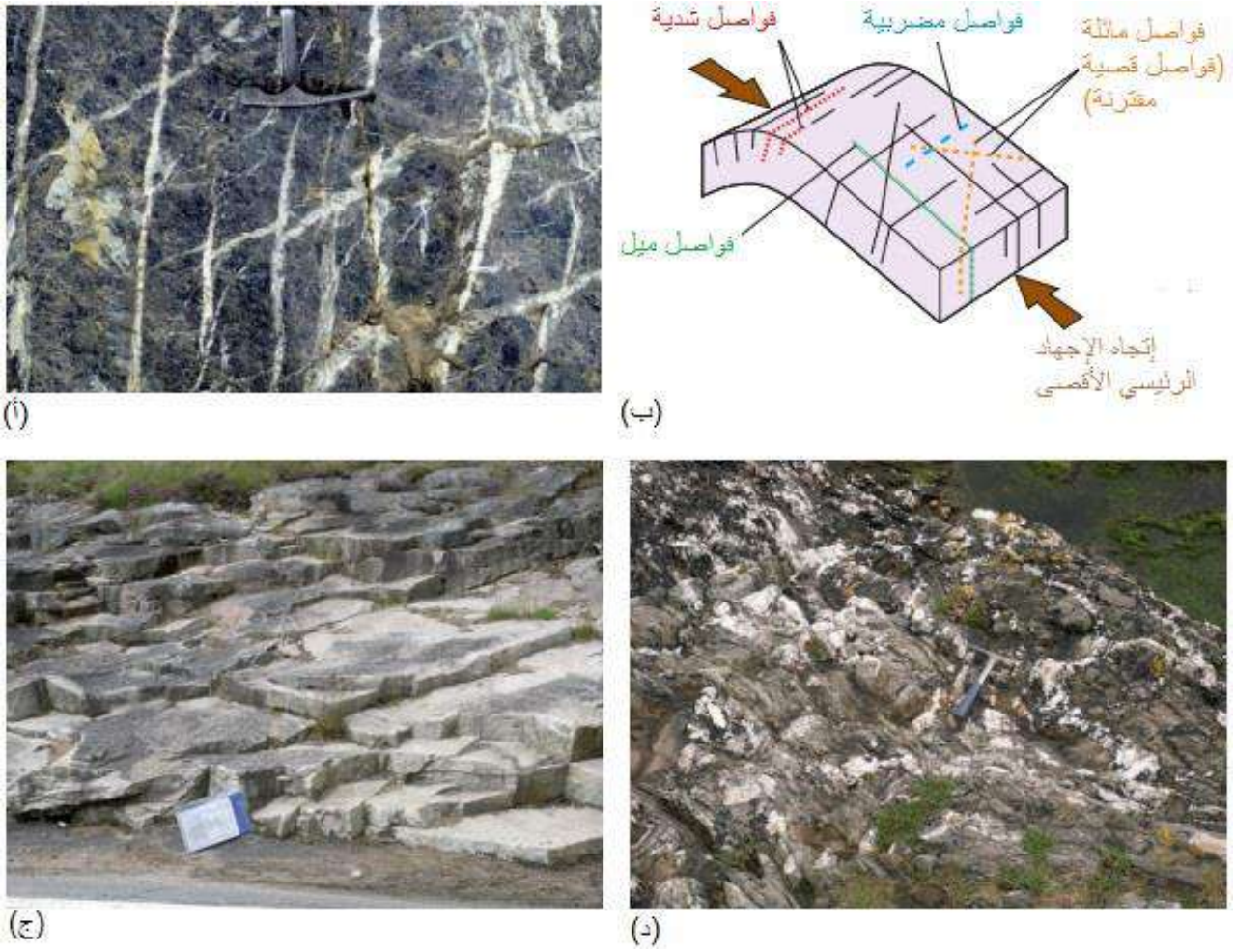
شكل 2.8 أدلة تضاريس أرضية على صدوع. (أ) خط صدع يمتد بشكل مائل من اليسار (خلف الحملان) إلى اليمين، متميز بقطع في المنحدر وجرف منخفض. (ب) صخرة صدع متمعدن صلب تشكل نتوء بأرتفاع 10 متر. (ج) بركة حوضية في منخفض في موازاة صدع سان اندرياس. (د) صدع أعتيادي شديد الأنحدار (مؤشر بالأسهم) متميز بتباين الغطاء النباتي. (هـ) إزاحة مجرى عبر صدع سان أندرياس (مؤشر بالأسهم)

عندما تتمعدن الكسور (مُشكّلة عروق)، قد توفر الأنسجة المعدنية معلومات قيمة عن أي حركة قديمة على الكسر. في بعض الحالات يسيطر ضغط مائع عالي محليا على مجال الإجهاد الإقليمي، بحيث يمكن

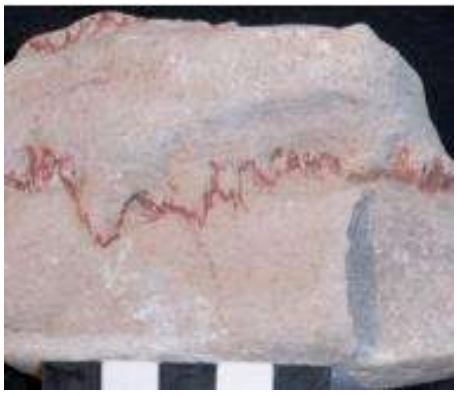
أن تنفتح الشقوق في جميع الإتجاهات (عملية تعرف باسم "التكسير الهيدروليكي hydraulic fracturing")، مما يؤدي إلى عروق تقطع المكشف بشكل فوضوي (شكل 4.8د).

عادة، تتشكل التضرسات الصخرية Stylolites (شكل 5.8) عموديا على σ الأكبر، مما يعكس إما تضاغط الراسب (تطبق – متوازي) وإما إجهادات تكتونية إقليمية. وعادة هي أسطح أقل انتظاما من الصدوع، وتكون دليلا على تركيب الصخور إضافة إلى إتجاهات الإجهاد.

شكل 3.8 (أ) قياس مستو غير منتظم بمساعدة لوح كتابة. تأكد من أن مشبك الورق المعدني سوف لن يؤثر على القياس. (ب) قياس ميل صدع غير منتظم عن طريق التصويب من بوصلة – مقياس ميل. الصورة الداخلية تظهر توجيه البوصلة – مقياس الميل وتفاصيل خط التصويب. (ج) مجموعة من كسور ثانوية او فرعية (أسهم رقيقة) بعلاقة زاوية متناسقة مع نطاق الصدع الرئيسي (سهم سميك). وهذه هي كسور ريدل Riedel (فقرة 2.2.8)، دليل على أن الصدع رميته حادة النزول إلى اليمين



شكل 4.8 (أ) عروق مقترنة، مع نمط مميز على شكل X وإزاحات ثانوية. (ب) رسم بياني لكسور قصية وتمددية على طية. (ج) فواصل ناتجة عن إزالة الحمل في مكشف غرانايت. مجموعتين شبه عمودية، تقريبا بزوايا قائمة مع بعضها البعض، بينما المجموعة الثالثة موازية تقريبا لسطح الأرض. (د) عروق مختلطة في هذا المكشف تشير إلى تكسر هيدروليكي تحت ضغط مائع عالي



شكل 5.8 نتوء صخري منتقى في حجر جيري من خلال أوكسيد حديد أحمر غير قابل للذوبان. مقياس=5سم

2.2.8 تحديد الحركة القديمة على تراكيب هشة

إن الهدف الأساسي عند التعامل مع أي كسر هو معرفة في أي إتجاه تحركت الصخور المجاورة، وإلى أي مدى. تراكم هكذا بيانات يبني صورة عن التشوه الهش المحلي وبعد ذلك الإقليمي والتي تغذى إلى دراسات زلزالية عن الصدوع الرئيسية، وخاصة في أنطقة حدود الصفائح. تحمل العديد من الصدوع أدلة عن حركتها القديمة. المؤشرات الاتية هي الأكثر شيوعا:

- أسطح صخرية ليفية Slickenfibres (الأشكال 6.8أ و 6.8ب)، هي ألياف معدنية تنمو أثناء زحف الصدع. تكون المحاور الطويلة للألياف موازية لإتجاه أنزلاق الصدع، بينما قد تكشف التدرجات في الألياف حركة الصدع. إتجاه الحركة نحو أسفل التدرجات.

- أسطح صخرية مخططة (slickenlines) هي أخاديد وحزوز على أسطح الصدوع (أسطح صخرية مصقولة slickensides) والتي تمتد أيضا بالتوازي مع إتجاه إنزلاق الصدع (شكل 6.8ج)، نعني ميل إلى الأسفل على صدوع أعتيادية وأندفاعية، أو ميل شبه أفقي على صدوع إنزلاقية مضربية. تلاحظ الأسطح الصخرية المخططة على الإتجاه المتوسط بين ميل ومضرب مستوي الصدع مما يوحي إلى أن الصدع قد تحرك عبر إنزلاق مائل، وهو مزيج من حركة إنزلاق ميل وإنزلاق مضرب وهي ليست نادرة. يفترض هذا التفسير أن الصدع يكون في إتجاهه الأصلي. لاحظ أيضا أن الأسطح الصخرية المصقولة تميل لتسجيل المراحل الأخيرة من حركة الصدع، والتي قد تختلف في بعض الحالات عن الطور الرئيسي للإنزلاق على الصدع.

- كسور ثانوية في أطيان مسحونة gouges أو بريشيا نطاق الصدع قد تحمل أيضا أسطح مصقولة، والتي يمكن قياسها لبناء صورة للحركة في كامل النطاق.

قد يتم في بعض الحالات، تسجيل تزايد الانزلاقات (ربما تمثل زلازل منفردة) من خلال خطوط أو نتوءات بزاوية عالية مع الحزوز (على سبيل المثال، النتوءات شبه الأفقية في شكل 6.8ج)، والتغير في إتجاهات الإنزلاق يمكن أن ينتج أسطح مصقولة منحنية، أو مجموعة مضاعفة من أسطح صخرية ليفية مع إتجاهات مختلفة. يمكن في بعض الحالات تحليل تراكب هذه المعالم لبناء تسلسل زمني نسبي لإنزلاق الصدع.

(أ)

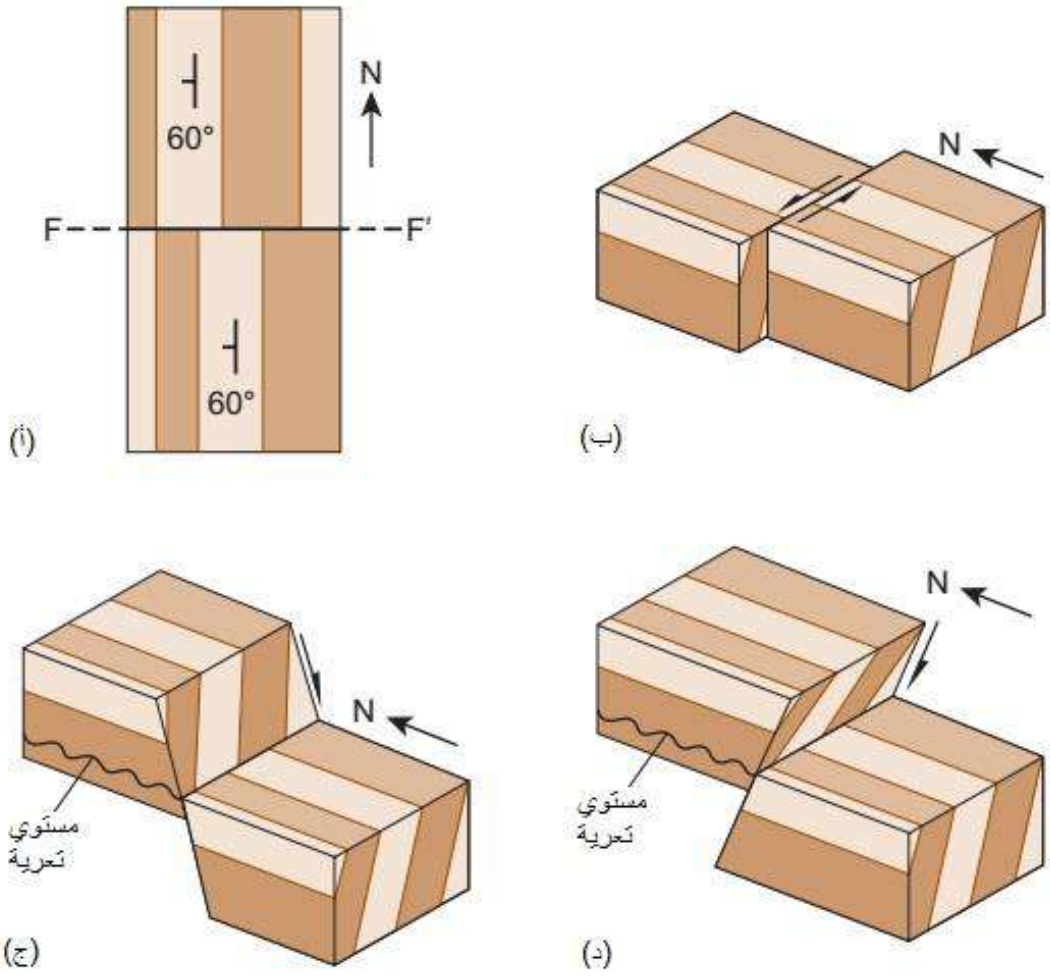
(ب)

(ج)

شكل 6.8 (أ) نمت الألياف المعدنية في هذا العرق بزوايا قائمة مع جدران العرق، مبينة أنها عروق تمددية. العرق عرضه 15 ملم في أعلى الصورة. (ب) أسطح صخرية ليفية من الكوارتز تبين إنزلاق مائل (موازي لمقبض المطرقة) على صدع إندفاعي ثانوي. إتجاه حركة الكتلة العليا هي من اليمين إلى اليسار، موازية لمقبض المطرقة. (ج) حزوز شديدة الإنحدار (نعني أسطح مصقولة مخططة) على صدع في حجر جيري في جبال الألب تدل على حركة إنزلاق ميل. قد تسجل النتوءات شبه الأفقية حوادث إنزلاق متعاقبة، ولكن ليس إتجاه الحركة

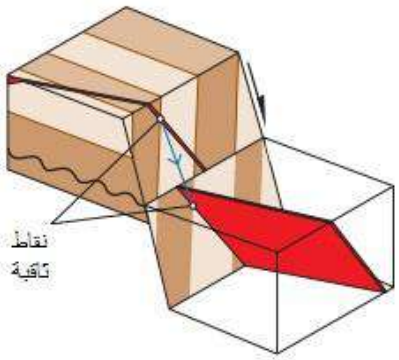
حالما يتم التأكد من إتجاه الحركة على الصدع، يكون السؤال التالي هو: ما هو نوع حركة الصدع (علاقة جانبي الصدع مع بعضهما من حيث الحركة)؟ هناك العديد من الملاحظات التي يمكن أن تساعد في الإجابة على هذا السؤال. يجب أن يكون إتجاه القص دائما موازي لإتجاه الحركة (أي موازي لتخططات الإنزلاق التي قمت بتسجيلها مسبقا). إذا لم تستطيع تحديد إتجاه الحركة، عندئذ لا يمكنك أن تكون متأكدا من أهمية أي

مؤشرات إتجاه قص تجدها. توضح معالم الإزاحة البسيطة هذه النقطة جيدا (شكل 7.8)؛ فمن السهل أن تسيء تفسير إزاحة طبقات مائلة إذا لم تكن حددت أولا إتجاه حركة الصدع.

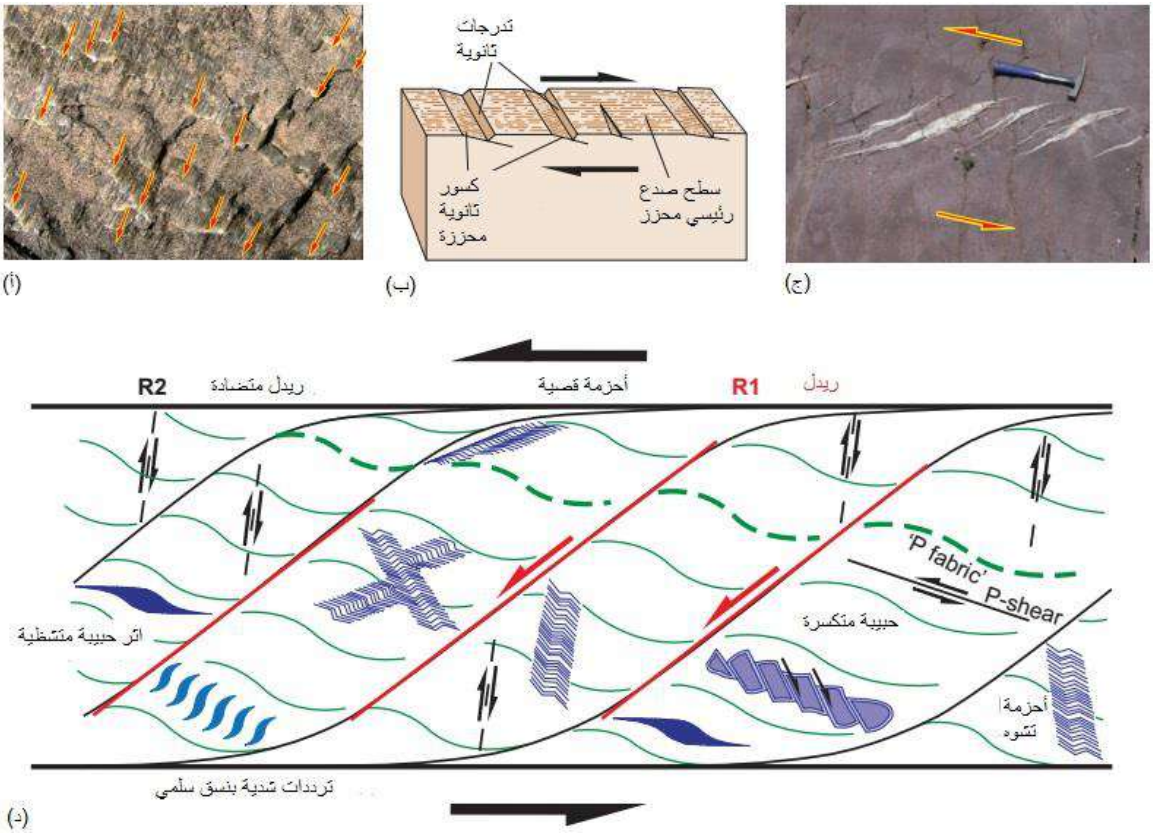


شكل 7.8 (أ) نمط المكشف هذا من طبقات بإزاحة بسيطة يقترح صدع إنزلاق مضربي بسيط يساري، كما هو مبين في (ب)، ولكن يمكن أيضا أن ينتج النمط بواسطة تصدع أعتيادي (ج) أو معكوس (د)

أفضل إشارة بشأن حركة الصدع (إعطاء كل من إتجاه وقيمة الإزاحة) هي إزاحة معلم خطي يقطع مستوي الصدع، وظاهر للعيان كأنه "نقطة ثاقبة" على جانبي الصدع (شكل 8.8). تخيل أنبوب مدفون يقطع ويزاح بواسطة صدع نشط: تستطيع مطابقة نهايتي الأنبوب المكسوررتين على جانبي الصدع لترى إلى أي مدى تحرك الصدع. ولكن، نادرا ما تتوفر معالم خطية مثل الأنبوب، وهكذا دليل عن الحركة النسبية للصدع يجب أن تلتقط من مؤشرات حركية أخرى في المنطقة المجاورة للصدع (شكل 9.8).



شكل 8.8 مطابقة نقاط ثاقبة متناظرة، في هذه الحالة حيث يقطع قاطع ناري (أحمر) حد طباقي صخري، هي الطريقة الأفضل لتحديد الإزاحة الكلية على صدع. المعالم الخطية، مثل قناة نهرية في تعاقب رسوبي، تكون نادرة جدا في السجل الصخري. الوضعية الأكثر شيوعا حيث يتقاطع معلمين مستويين على طول خط، كما هنا



شكل 9.8 (أ) أسهم تحدد تدرجات منفردة وتشير إلى إتجاه الإنزلاق للكتلة المفقودة على هذا السطح المصقول. (ب) كسور ثانوية قد تتطور لكي تنتج آثر متدرج أمام تلك التدرجات الموجودة في (أ). (ج) نمط ترتيب عروق بنسق سلّمي en échelon تشير إلى إتجاه نسبي للقص، مؤكدة عن طريق شقوق ذوبان داكنة خلال نطاق القص الذي سبب تشكل العرق. (د) بعض المعالم داخل نطاق قص اوسع يمكن أن تستعمل لتشخيص إتجاه القص (كسور ريدل، كسور ريدل متضادة، ألياف طين صدع، فتات متكسر)

بالنسبة للعديد من المؤشرات الحركية، يعد رسم تخطيطي حقلي بسيط تسجيلا كافيا. كما أن الصور الفوتوغرافية أيضا مفيدة، ولكن الرسومات التخطيطية يمكنها إدراج مستوى تفسير غير متوفر في أي صورة. بالنسبة لأي صورة أو رسم تخطيطي تركيبي، لا بد من تحديد:

1. التوجيه، وذلك بإستعمال إتجاهات البوصلة (على سبيل المثال، "صورة تبدو جنوب غرب"، شمال غرب – جنوب شرق على نهايتي الرسم التخطيطي)؛

2. وضعية السطح المرسوم أو المصور (على سبيل المثال، جرف صخري شبه عمودي، لوح صخري يميل باعتدال).

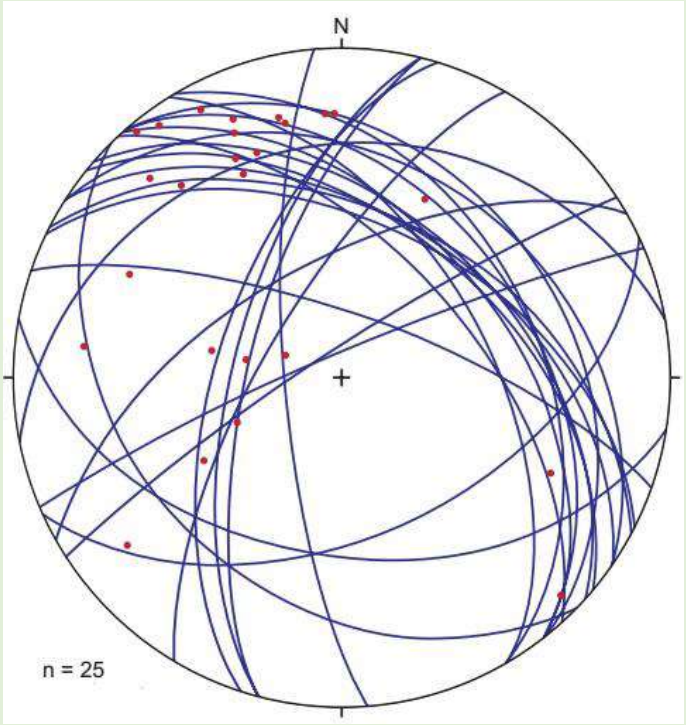
بالنسبة لبعض المعالم (على سبيل المثال، كسور ريدل، ألياف طين الصدع)، يمكن أن توفر القياسات مزيد من المعلومات، على سبيل المثال إتجاه النطاق الكلي للصدع، في حالة كان غامضا أو مبهما (مثال عملي 1.8).

مثال عملي 1.8 التحري عن نطاق صدع

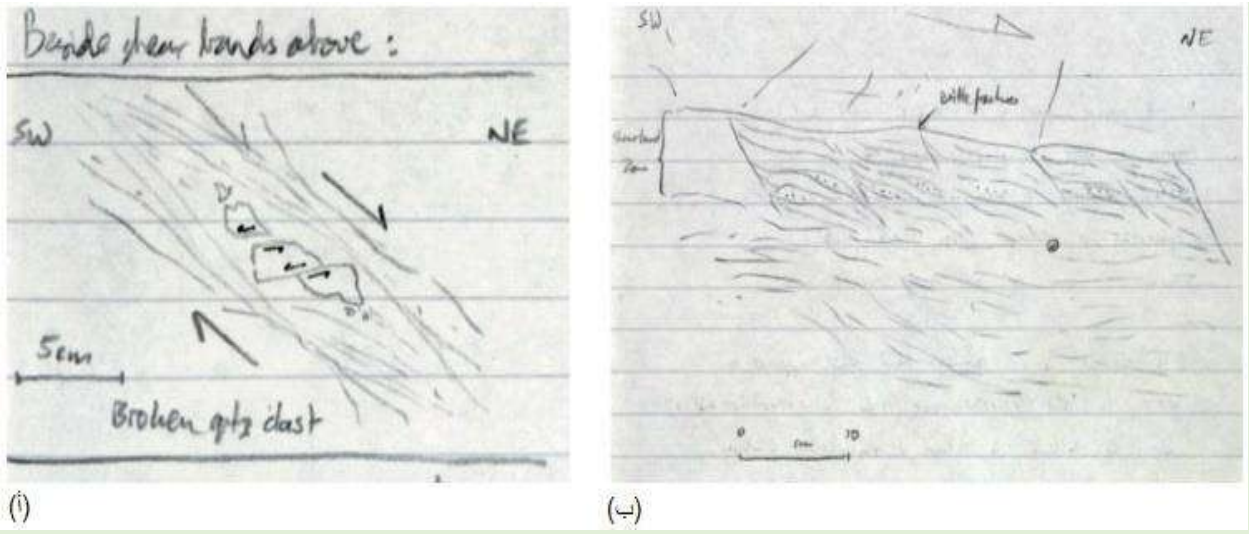
شكل 10.8 منظر يبدو شرق جنوب شرق على طول مكشف صخري ضيق لصخور رسوبية من عمر النيوجين (الحقل البني في الأسفل) الذي يفصل صخور شست متماسكة (منحدرات شديدة الانحدار إلى اليمين) عن صخور الصدع (هضبة باهتة اللون يسار مركز الصورة). قرب إليشورو، جنوب إسبانيا

يظهر شكل 10.8 واحد من عدد من مكاشف صخور مكسرة ومفتتة على حافة مضيق او معبر ضيق ومرتفع col بين نتوئين من صخر مايكا شست. يظهر في هذا المضيق مكشف صخري ضيق من رواسب بعمر النيوجين، والذي كان يشتبه في ملئه المنخفض تشكل عندما أستغلت التعرية نطاق الصدع. أكدت المكاشف المتهشمة مع أنطقة كسور ثانوية ومواد صخرية مسحوقة أن نطاق الصدع الرئيسي كان موجودا. تم عمل ملاحظات وقياسات أسطح كسور ثانوية، مستويات نسيجية مسحوقة وأسطح صخرية مخططة مترافقة لكي نحدد: (1) إتجاه نطاق الصدع، (2) إتجاه إنزلاقه و(3) إتجاه حركته.

أظهرت البيانات أختلافات مهمة في إتجاه الكسور والأسطح الصخرية المخططة slickenlines ضمن نطاق الصدع، ويتضح ذلك من خلال تبعثر بيانات كلتا المجموعتين على شبكة مجسمة stereographic (شكل 11.8؛ وأنظر ملحق 8). ومع ذلك، مالت مجموعة كبيرة من كسور وأنسجة مسحوقة بشكل معتدل إلى الشمال الشرقي، محددة وضعية النطاق الكلي للصدع. تقريبا، جميع الأسطح الصخرية المخططة على هذه السطوح غطست بأعتدال بين الشمال والشمال الغربي (متضمنة إنزلاق مائل)، ومؤشرات حركية قليلة (شكل 12.8) مقترحة جزء علوي على إتجاه القص الشمالي. تميل كسور فرعية صغيرة بشكل حاد إلى الغرب، مع تخططات تميل نحو الأسفل، يمكن ان تمثل كسور ريدل؛ إتجاهها سوف يكون متناسق مع إتجاه القص العام لنطاق الصدع. نطاق الصدع المنزلق المائل هذا، والرمية النازلة إلى الشمال، ساعدت في تنحيف مقطع القشرة الأرضية أثناء المراحل الأخيرة من إنكشافه إلى السطح في حزام بيتي الاوروجيني Betic orogenic belt.



شكل 11.8 بيانات مستوي كسر ثانوي متغيرة (أقواس زرقاء) وبيانات سطح صخري مخطط (نقاط حمراء) ممثلة على شبكة مجسمة. تفسر المجموعة الرئيسية لبيانات مستوي الكسر لتقريب الإتجاه الشامل لنطاق الصدع (يميل باعتدال إلى الشمال الشرقي)، بينما الكتلة الرئيسية لبيانات التخططات تمثل الإتجاه العام للإنزلاق (تغطس رويدا شمال شمال غرب).

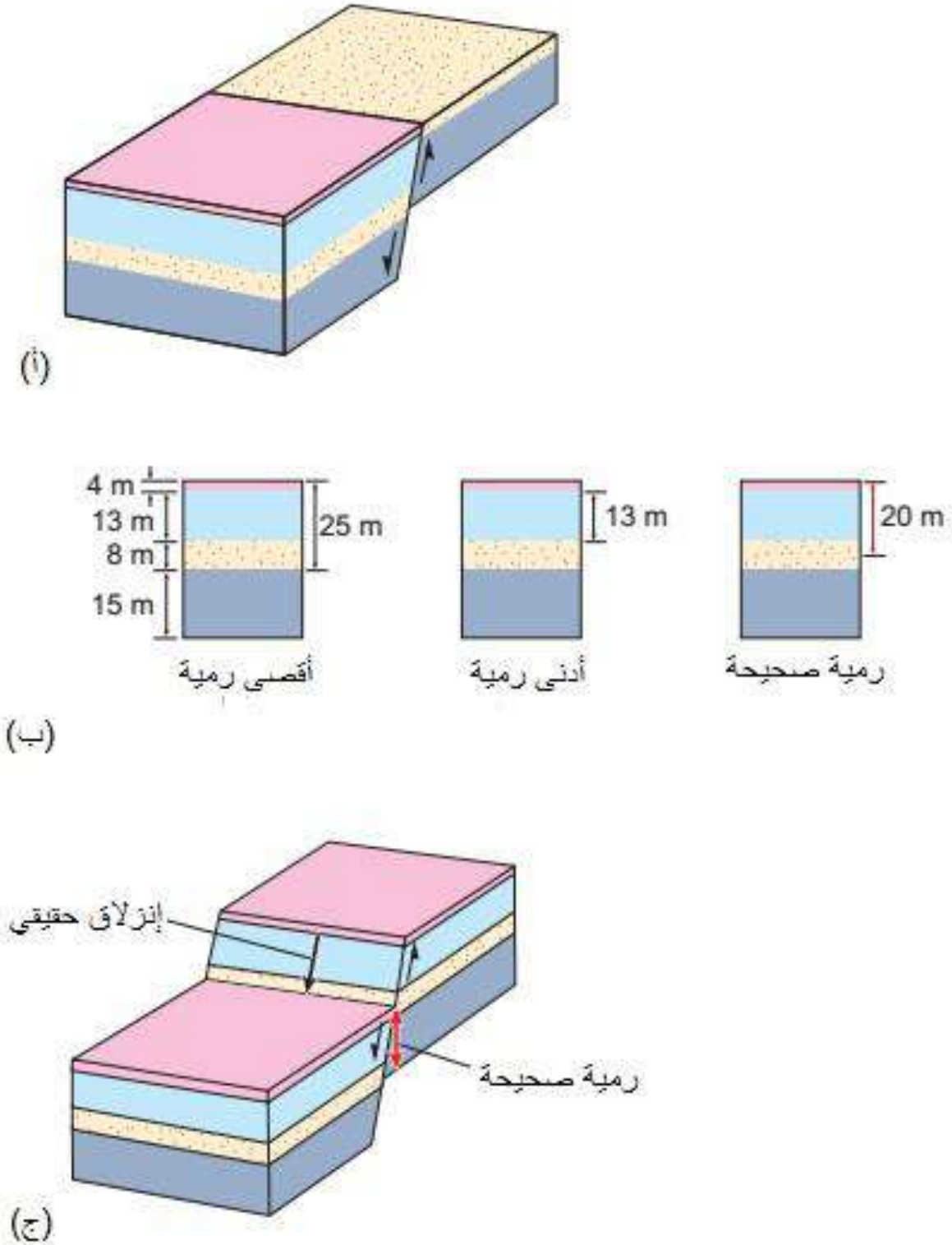


شكل 12.8 مؤشرات حركية من نطاق الصدع. (أ) فتات متكسر من عرق كوارتز داخل نطاق صدع. (ب) كسور ريدل مشكوك بها بالقرب من نطاق

بدون نقطة ثاقبة مرئية، نادرا ما يمكن تحديد القيمة الحقيقية للإنزلاق على صدع ما في الحقل، وذلك لأن الإزاحات المرئية يمكن أن تنشأ عن مدى من إزاحات الصدوع (شكل 7.8). إن الطبقات المجاورة في مقطع طباقي موثق جيدا قد يسمح لك بتحديد أدنى رمية للصدع (إزاحة عمودية؛ شكل 13.8)، والتي بالنسبة لصدوع إنزلاق ميل تعد مقارنة مفيدة من الدرجة الأولى (الصدوع الكبيرة تمتلك رميات أكبر). تتكشف قلة من مستويات الصدوع بما يكفي لإضافة تدرجات إنزلاق صدع متزايدة (شكل 6.8ج)، أو أطوال أسطح صخرية ليفية (شكل 6.8ب). بما أن الألياف عادة ما تسجل جزء من تاريخ الحركة فقط، سيعطي قياس أطول الألياف أدنى تقدير في أحسن الأحوال.

3.8 التراكيب المطاوعة: أنطقة القص، التورق والطيات

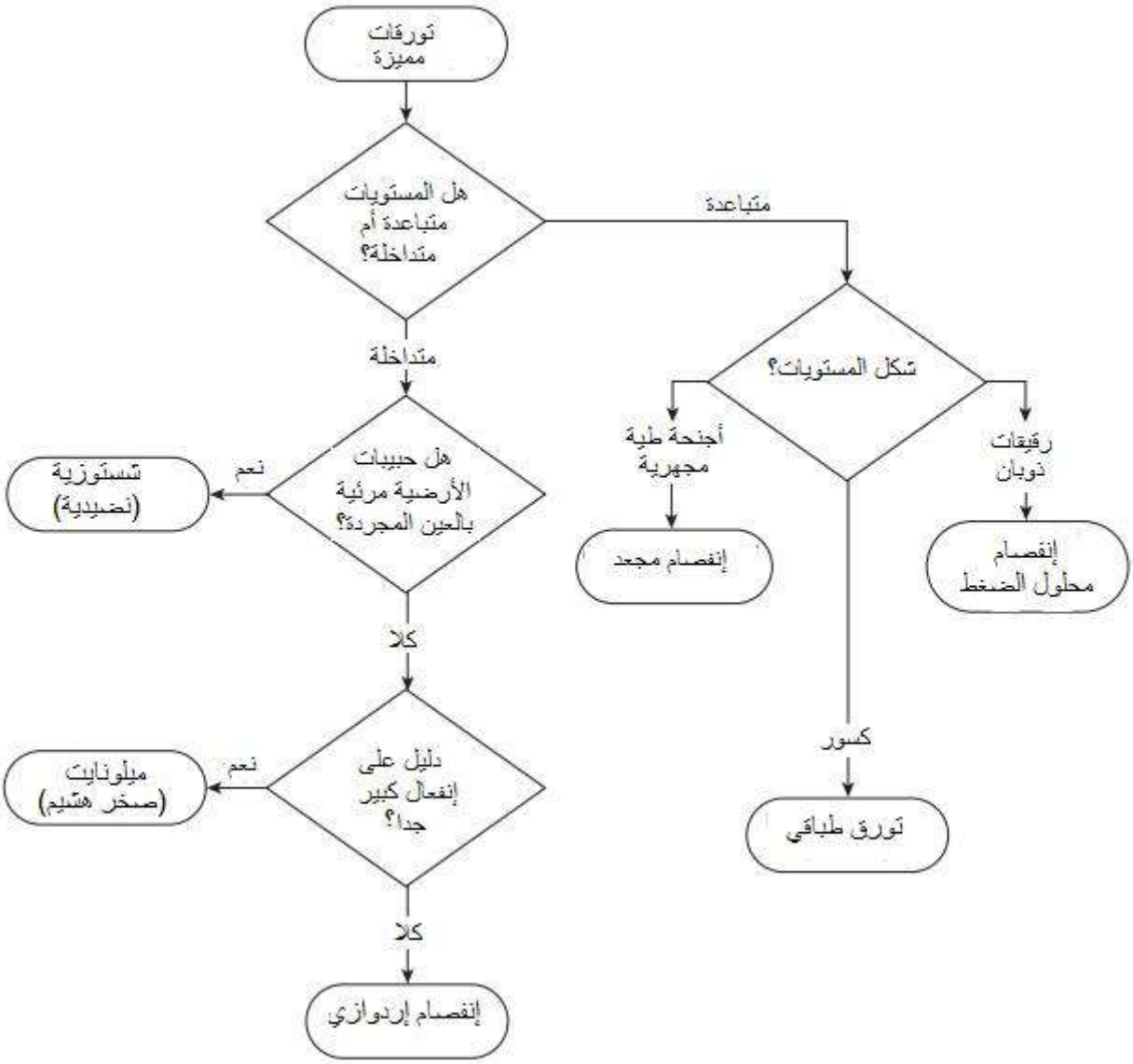
تميل التراكيب المطيلة لتتشكل عميقا في صخور، يمكن أن تتدفق أو تنبعج نتيجة لدرجات الحرارة العالية جدا. يوفر قياس هذه التراكيب معلومات عن التشوه العميق في القشرة والجبة، وأنظمة إجهاد تعكس القوى التكتونية بمقياس كبير تقود النظام الأرضي بدرجة كبيرة.



شكل 13.8 تقدير رمية على صدع ما من طبقات معروفة. (أ) وحدتين تتجاوران عبر صدع في الحقل. (ب) تقديرات محتملة لرمية مقارنة مع رمية صحيحة. (ج) رسم بياني يمثل حالة نظرية في حال لم تعمل التعرية على منظر أرضي متصدع

1.3.8 إتجاه معالم مستوية مطيلة

يمكن العثور على أنسجة تكتونية (تورقات foliations) في أنطقة قص منفصلة (خاصة، صدوع مطيلية)، أو أنها قد تحدث في جميع أنحاء الصخرة كأنسجة مستوية إقليمية. بصورة عامة، تتشكل العديد من التورقات الإقليمية عموديا على σ الأكبر، إستجابة إلى القوى التكتونية الإقليمية، وتتغير مع نوع الصخرة والعمق (أي زيادة درجات الحرارة، الضغط). المخطط الأنسيابي التالي قد يساعد على التمييز بين تورقات مختلفة في الحقل.

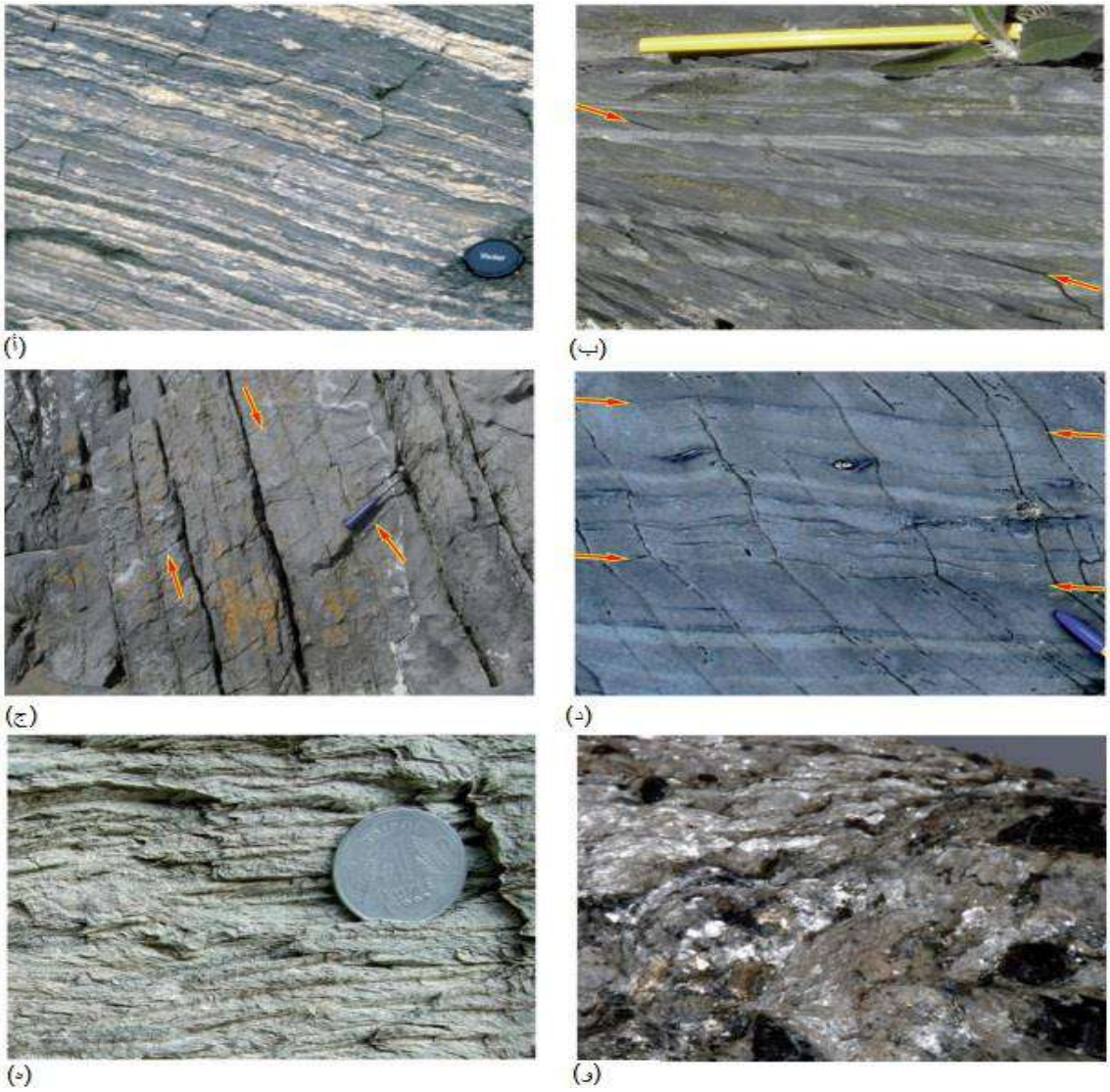


يظهر شكل 14.8 أمثلة عن تورقات مختلفة لتوضيح بعض الفروقات بينها، ويلخص جدول 3.8 بعض خصائص الأنواع الرئيسية للأنسجة التكتونية.

يمكن لبعض الأنسجة الميلونايتية أن تكون خاطئة فيما يتعلق بالإنفصام الإردوازي (أو حتى تحزم تدفق ناري دقيق المقياس). لتأكيد نسيج ميلونايتي، أبحث عن أدلة إنفعال عالي، مثل: تخططات ممتدة بقوة (فقرة 2.3.8)؛ فتات بورفيري تحولي porphyroclasts مغلف بقوة مع "ذيول" (فقرة 3.3.8)؛ حبيبات أو طبقات محشاة boudinaged؛ وطيات بين ورقية intrafolial (شكل 15.8).

نادرا ما يتم الحفاظ على تراكيب التطبق الأصلية في الميلونايت (صخر متهشم) mylonites، في حين يمكن تتبع الطبقات عادة كحزم مطوية من أحجام حبيبية وألوان مختلفة في صخور بإنفصام إردوازي. قد يتغير إتجاه الإنفصام الإردوازي في صخور من حجم حبيبي متغير، تدريجيا داخل طبقة منفردة، وفجأة عبر مستويات تطبق تفصل طبقات بحجم حبيبي متفاوت. هذه الظاهرة معروفة باسم إنكسار إنفصامي cleavage refraction (شكل 14.8د): في صخور خشنة الحبيبات، يميل الإنفصام للتشكل بزاوية عالية مع التطبق، ولكن عندما يصبح الحجم الحبيبي أكثر نعومة، قد تنحني مستويات الإنفصام هنا وهناك حتى تتوازى تقريبا مع التطبق. تكون الأنسجة الطباقية disjunctive والإردوازية (محلول ضغط وإنفصام مكسري) شائعة في الأنطقة الخارجية من الأحزمة الجبلية، وعلاقاتها مع الطي الإقليمي المتناسق (فقرة 5.3.8) يمكن أن تكون حاسمة لفهم التشوه الإقليمي. في لباب الأحزمة الجبلية، تعكس إتجاهات التورقات المطيلة الإجهادات التكتونية الإقليمية.

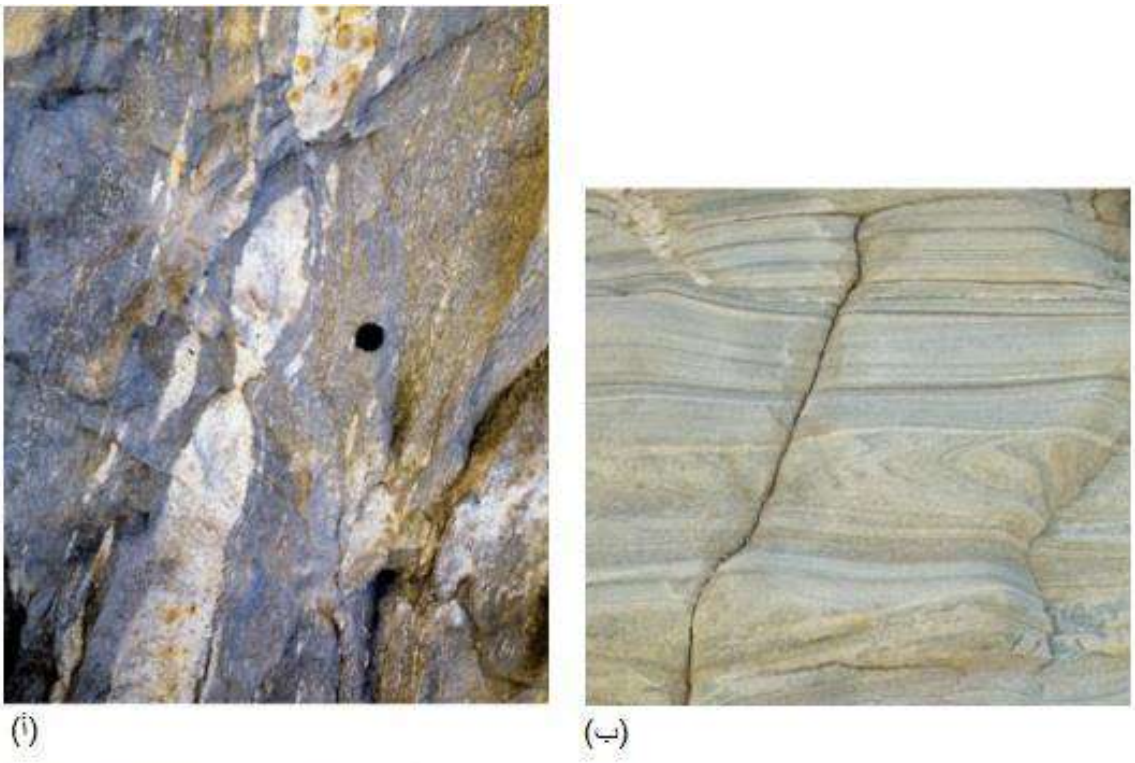
بعض الصخور التي تتأثر بأكثر من حادث تشوه واحد قد تطور أنسجة متعددة. على سبيل المثال، قد يحتفظ الإنفصام المجعد في شكل 14.8هـ بأدلة عن تورق مطوي في وقت سابق، وفي بعض الأحيان يكون التطبق الأصلي مرئي أيضا. إتجاهات هذه الأنسجة الماضية والتراكيب الخطية المترافقة، وعلاقتها مع الأنسجة اللاحقة، يمكن أن تكشف معلومات مفصلة عن كيفية تشوه الصخور تدريجيا. يكون التشوه الأخير في بعض الحالات شديد جدا بحيث تدار أية أنسجة قديمة في تواز مع المستويات المحورية المجعدة ولا يمكن تتبعها، بعملية تدعى تغيير الوضع transposition.



شكل 14.8 أمثلة عن تورقات تكتونية. (أ) تورق ميلونايتي. يُحدّد الإنفعال العالي من خلال النسيج المستوي القوي وفتات بورفيري تحولي مغلف بإحكام مع ذيول مخططة داخل النسيج. (ب) إنفصام إردوازي، مرئي كخطوط دقيقة تمتد من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين (مستويي إنفصام منفصلين موضحين بالأسهم). في هذه الأحجار الغرينية والطينية ناعمة الحبيبات يقطع الإنفصام التطبق بشكل مائل (طبقات شبه أفقية داكنة/ فاتحة). (ج) كسور متباعدة (موضحة بالأسهم) تقطع تطبق شبه عمودي في حجر جيري. ويشار إلى هذا النسيج أحيانا باسم "إنفصام تشققي" 'fracture cleavage'. (د) إنفصام محلول الضغط (خطوط دقيقة/ داكنة) في أحجار غرين. لاحظ أيضا الإنكسار الإنفصامي، حيث يتغير إتجاه الإنفصام فجأة عبر بعض مستويات التطبق (مؤشرة بالأسهم)، مما يعكس تغيرات في الحجم الحبيبي. هناك أيضا إنفصام إردوازي دقيق جدا (بالكاد يرى) موازي إلى إنفصام المحلول. (ه) إنفصام مجعد crenulation شبه أفقي في شست schist، يظهر مفاصل طية مجهرية واضحة. (و) منظر عن قرب لمستويات نضيدية او شستوزية schistosity تظهر حبيبات معدنية مرئية، متضمنة المايكا. سطح النموذج يقطع من خلال مستويات تورق عديدة غير نظامية بمقياس مليمتري.

جدول 3.8 بعض الأنسجة التكتونية الشائعة

النسيج	الوضعية النموذجية	تشكل عن طريق	أدلة في الحقل
إنفصام محلول الضغط Pressure solution cleavage	القشرة العليا، الأنطقة الخارجية من الأحزمة الجبلية	إذابة الحبيبات القابلة للذوبان نتيجة للإجهاد الموجّه	خطوط بألوان فاتحة/داكنة؛ أحافير مذابة جزئيا؛ فتات؛ أسطح نتوئية صخرية
إنفصام إردوازي Slaty cleavage	القشرة العليا، الأنطقة الخارجية من الأحزمة الجبلية، صخور ناعمة الحبيبات	إرتصاف حبيبات مسطحة من خلال الدوران، ذوبان وإعادة تبلور أثناء الإجهاد المسلط	نسيج ناعم بحيث تنفصم الصخور إلى الأمام؛ يترافق عادة مع الطيات
إنفصام مكسري Fracture cleavage	القشرة العليا، الأنطقة الخارجية من الأحزمة الجبلية، صخور قوية	إنهيار شدي تحت ضغط مائع عالي في أنواع من صخور قوية	شقوق متباعدة في نوع صخر قوي
تورق ميلونايتي Mylonitic foliation	أنطقة قص وصدوع إنفعالية عالية في كل الأعماق ما عدا الأعماق الضحلة جدا	تمدد وتسطح شديد للغاية في أنطقة قص ضيقة وعالية الأنفعال	نسيج مستو بشدة؛ معالم أخرى عالية الانفعال
شستوزية أو نضيدية Schistosity	القشرة الوسطى، الأنطقة الداخلية من الأحزمة الجبلية؛ صخور متحولة	إصطفاف معدني تحت إجهاد مسلط، أثناء تبلور تحولي	حبيبات معدنية مرئية؛ طبقات رقيقة أو وريقات بمقياس مليمتر إلى سنتمتر، أخشن من الإنفصام الإردوازي
إنفصام مجعد Crenulation cleavage	القشرة الوسطى، الأنطقة الداخلية من الأحزمة الجبلية؛ صخور متحولة	طي مجهري لنسيج مستو موجود مسبقا (تكتونية أو رسوبية)	مفاصل طية مجهرية، تركيب خطي مجعد



شكل 15.8 معالم نموذجية عالية الانفعال من الميلونايت. (أ) حشوة Boudinage من طبقة قوية. (ب) طيات داخل وريقات Intrafolial folds

تمتلك العديد من الصخور خشنة الحبيبات وذات درجة عالية من التحول نسيج تكتوني مستو يُحدد من خلال حبيبات معدنية مصطفة و/أو مسطحة، والتي أصطلح على تسميتها "نايسية" "gneissosity". ومع ذلك، تم تطبيق المصطلح نفسه على تحزم تركيبي بمقياس سنتمتري في صخور النايس (شكل 16.8). قد يعكس التحزم النايسي Gneissic banding عمليات أخرى غير التشوه (على سبيل المثال، إنصهار جزئي، فصل تحولي، تغيير وضع تطبق صخاري أصلي)، في حين التورق النايسي هو شكل أخشن ببساطة من الشستوزية او النضيدية.

2.3.8 إتجاه القص/ التمدد: تمدد التخططات

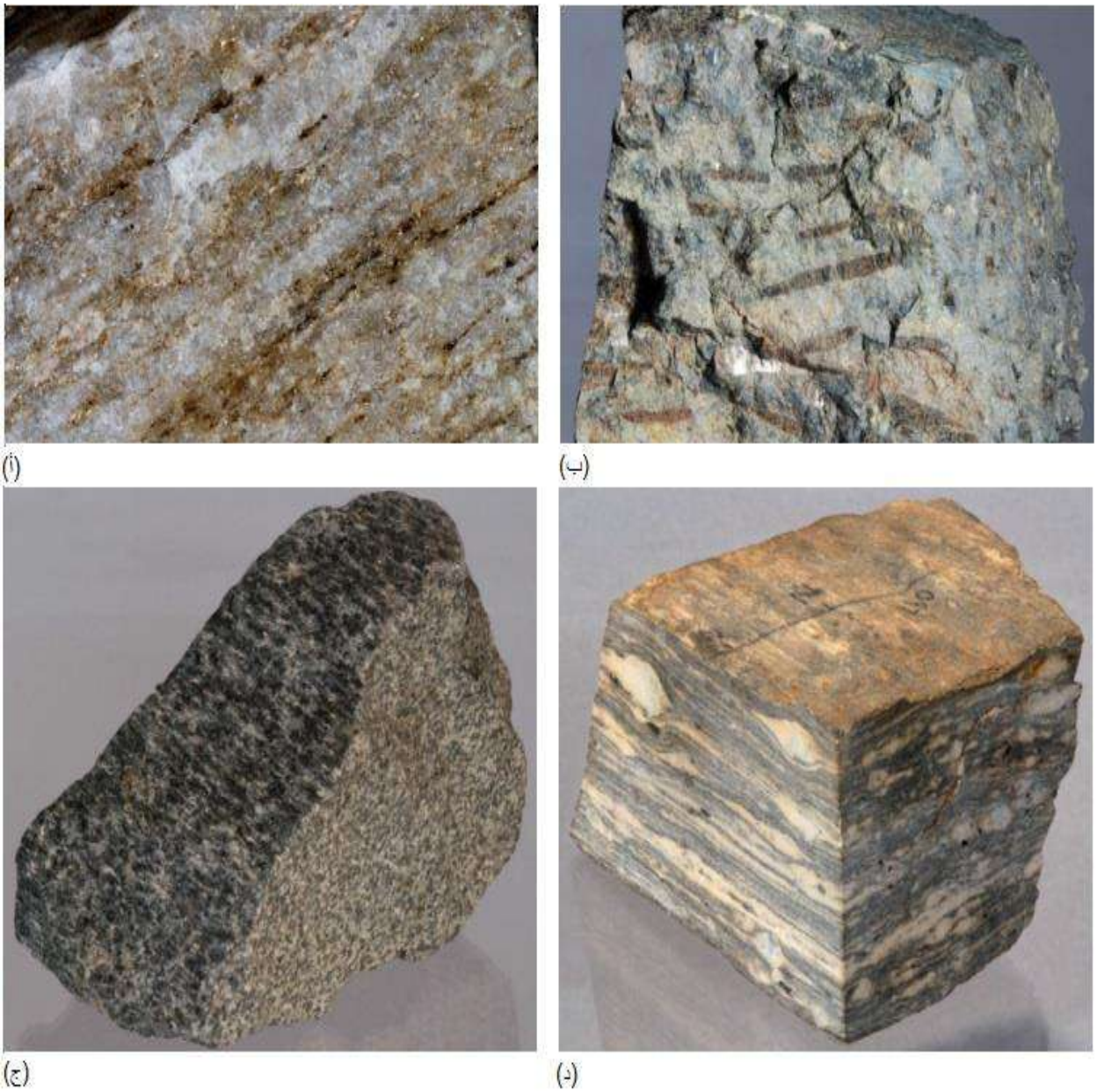
عندما تتشوه الصخور، يميل التمدد ليسود في إتجاه واحد، مما يؤدي إلى إتجاه مفضل للعناصر الخطية (على سبيل المثال، أحافير وحصى وحبيبات معدنية ممتدة، أو بلورات طويلة مصطفة). تقاس التراكيب الخطية بسهولة أكثر على مستويات التورق (إذا كانت موجودة؛ شكل 17.8). من المحتمل أن تعكس مساحات كبيرة من التراكيب الخطية المتناسقة إتجاهات الإجهاد الإقليمي، في حين تشير إتجاهات التراكيب الخطية في الأنطقة

الضيقة إلى إتجاه الحركة في أنطقة القص الرئيسية تلك. يجب عليك دائما أن تسجل ما يحدد أي تركيب خطي (على سبيل المثال، حبيبات كوارتز ممدودة، أحافير بيليمنايت belemnites مصطفة) في نفس الوقت عندما تسجل إتجاه التركيب الخطي، وهذا يمكن أن يوفر معلومات عن التاريخ التحولي للصخر المشوه.

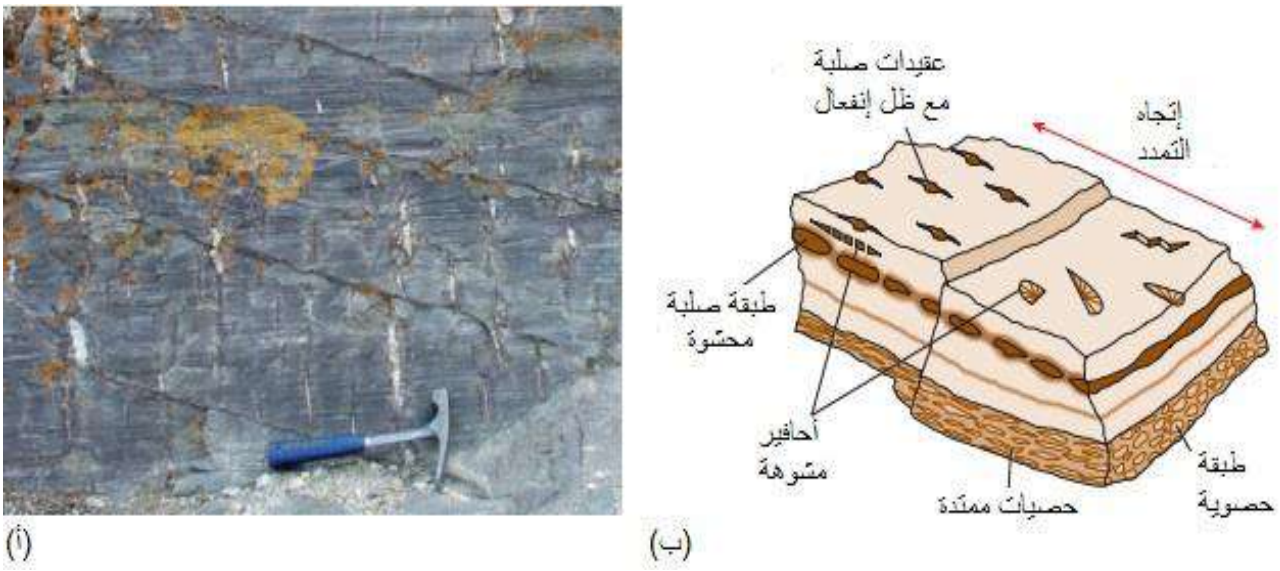
شكل 16.8 تحزم نايسي: تطبق تركيبي على مقياس سنتمتري في صخرة نايس خشنة الحبيبات. من الصعب القول فيما إذا كان هذا التحزم يمتلك أصل رسوبي، تكتوني او تحولي بدون تحاليل جيوكيميائية وصخارية مفصلة

قد تكون قادرا على التمييز بعدسة يدوية بين حبيبات ممتدة أو ممطوطة stretched grains (تمدد تخطط) وحبيبات مستطالة elongate grains نمت أو استدارت في إتجاهات متوازية (تراصف تخطط). تظهر بعض الصخور النارية إصطفاف ضعيف لبلورات كبيرة مستطالة بسبب تدفق الصهارة (تخطط صهاري).

إن الحرص مطلوب للتمييز بين تمدد تخططات عن تخططات أخرى مثل تقاطع تخططات (فقرة 5.3.8) أو حزوز (شكل 6.8ج). أفحص الحبيبات المعدنية بعدسة يدوية لتأكيد طبيعتها الممطوطة، والتثبت من صحة إنطباعك الاولي عن إتجاه التمدد مع الأدلة الأخرى؛ مثل حصى ممطوطة، أحافير ممطوطة، عدسات كوارتز ممطوطة، عروق محشوة أو طبقات ممطوطة، كسيرات شد ممطوطة وظلال ضغطية ممطوطة (على سبيل المثال، حول بورفيروبلاست porphyroblasts و بورفيروكلاست porphyroclasts). تم تحديد بعض أمثلة المعالم للبحث عنها كأدلة عن إتجاهات التمدد في شكل 18.8.



شكل 17.8 تمدد تخططات. (أ) تمدد تخطط محدد من خلال تمدد حبيبات من الكوارتز والبايوتايت في كوارتزايت ميلونايتي (عرض 5 سم). (ب) حبيبات اورثوبيروكسين مصطفة بشكل ضعيف تحدد تقريبا إتجاه التمدد في صخر بيريدوتايت من الجبة (قاعدة النموذج 10 سم عرضا). (ج) تمدد تخطط محدد من خلال بلورات أمفيبول مستطالة في صخرة أمفيبولايت تفتقر إلى التورق (قاعدة النموذج 8 سم عرضا). (د) صخرة نايس تعرضت إلى إنفعال عالي مع وجوه متعامدة تتقاطع بشكل موازي مع (الوجه الأيسر) وعموديا (الوجه الأيمن) على تمدد تخطط، والذي هو مرئي بصورة ضعيفة كتخطيط ملون على السطح العلوي (تورق متجوي). لاحظ أن الوجه الأيسر (موازي إلى التخطط) يبدو أكثر تعرضا للقص بكثير من الاوجه المقطوعة الأخرى: هذا يمكن أن يكون معلم مفيد للبحث عن مكشف غير منتظم عند البحث عن تمدد تخططات. الخط على السطح العلوي هو جزء من العلامة المستعملة في الأصل لتوجيه العينة. (الوجه الأيمن 5 سم عرضا).



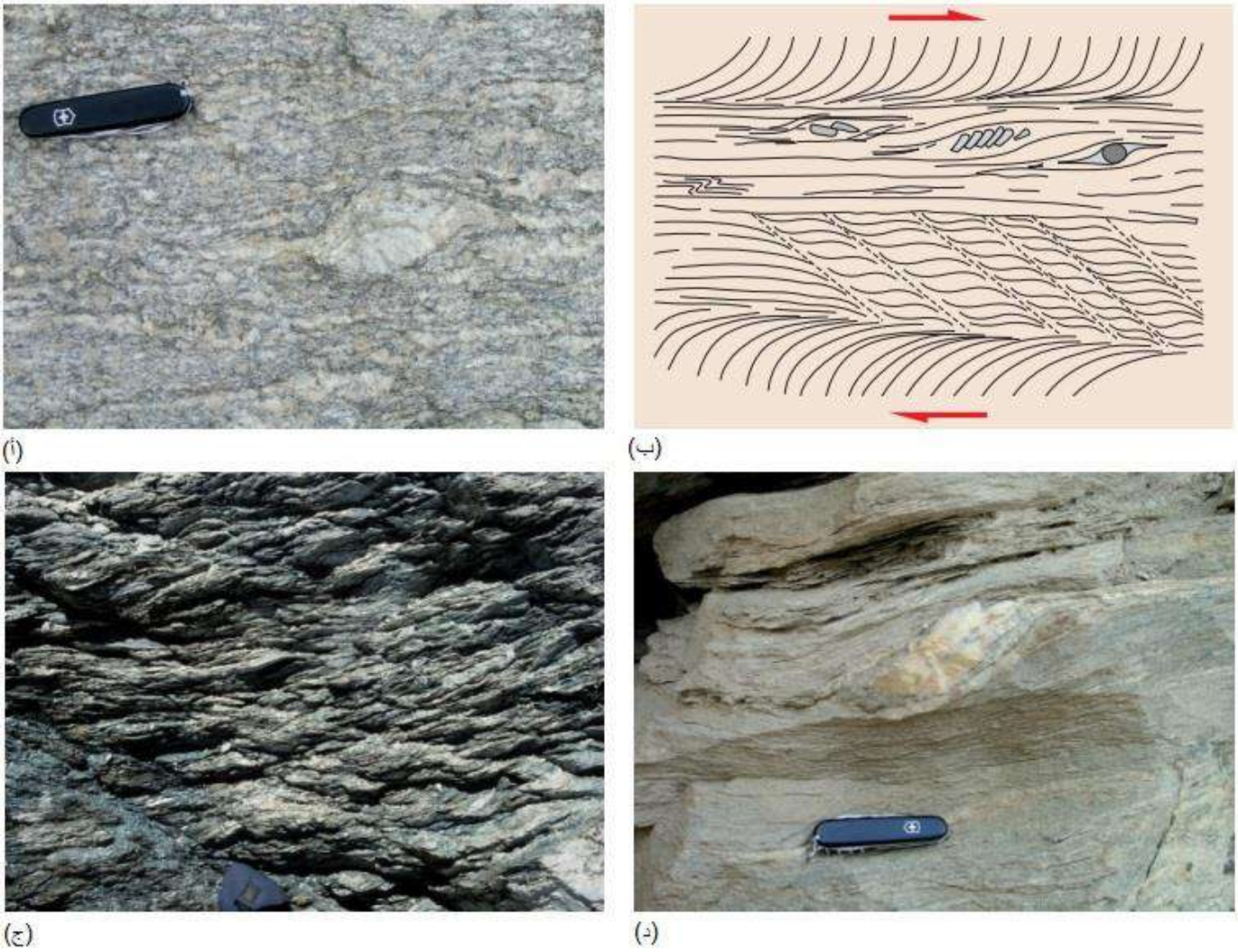
شكل 18.8 أدلة عن إتجاه التمدد. (أ) كسور شدية عمودية على تخطط معدني في مستو تورق ميلونايتي يؤكد إتجاه التمدد. (ب) رسم تخطيطي مركب يمثل أدلة عن إتجاه التمدد

3.3.8 إتجاه القص: مؤشرات حركية

واحدة من الملاحظات الأكثر أهمية في أنطقة التشوه المطيلي هي إتجاه القص. تقيد مؤشرات القص المتناسقة إتجاه الحركة في أنطقة قص مطاوعة رئيسية بنفس طريقة الصدوع، ولكن عادة ما يتوزع إنفعال القص عبر منطقة أوسع.

مع المؤشرات الحركية، قد تجد أنه ليس كل المؤشرات تتشارك إتجاه القص نفسه. إلا إذا وجدت أن معظم المؤشرات هي متناسقة فيجب عليك أن تستنتج إتجاه قص محدد غير متحد المحور.

في أنطقة إنفعال قصي قوي غير متحد المحور، يهيمن إتجاه قص واحد على معظم، إن لم يكن كل المؤشرات الحركية. قد تخضع بعض الصخور إلى أكثر من حادثة قص، ولكن، عادة تحت ظروف مختلفة (ضغط، حرارة، موائع، الخ). إن المؤشرات الحركية والانسجة القصية الحديثة قد تُطبع بشكل جزئي فوق السابقة منها، لذا من المهم ملاحظة أية معالم إستعملت لإستنتاج أيهما إتجاه القص، إضافة إلى إتجاهات المعالم. يوفر شكل 19.8 بعض الأمثلة لمؤشرات إتجاه قص مطاوع شائعة.



شكل 19.8 مؤشرات حركية مطاوعة: جميعها تشير إلى إتجاه قص يميني (علوي إلى اليمين). (أ) ذيول غير متناظرة على بورفيروكلاست فلدسبار داخل ميلونايت. (ب) رسم تخطيطي مركب يصف معالم متنوعة مستعملة لتحديد إتجاه القص (العرض 40 سم). (ج) نسيج S–C (إنفصام حزام قص) في مايكا شست. (د) ظلال ضغط غير متناظرة على صخرة نايس

4.3.8 مقدار إنفعال القص

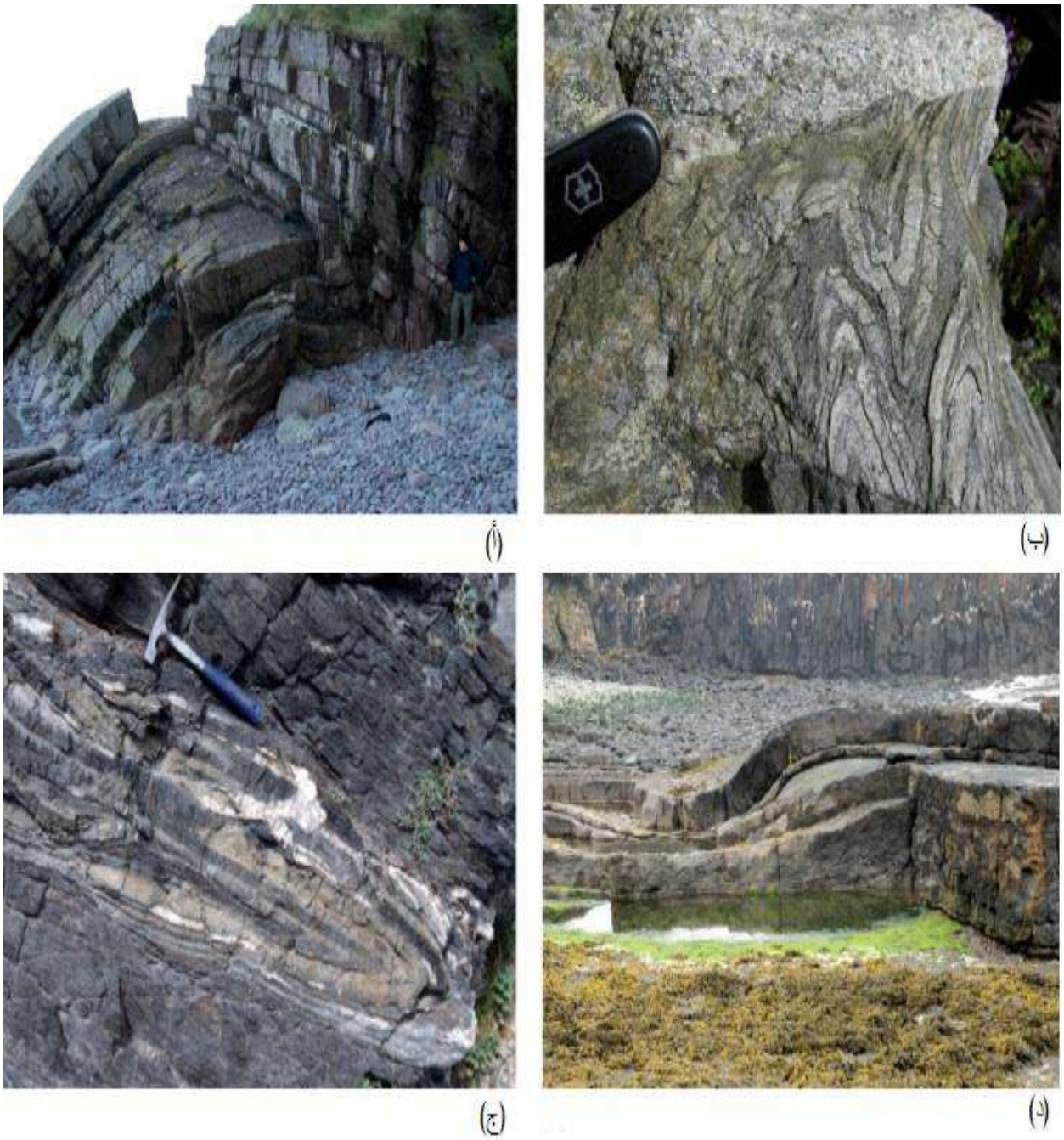
نادرا ما يكون من السهل تقييم كمية الإنفعال الذي تحملته صخرة ما. يمكن في حالات نادرة مقارنة جسم مشوه مع شكله وحجمه المعروف قبل التشوه (على سبيل المثال، متحجر). تميل الصخور عالية الإنفعال لإظهار موازاة قوية لعناصر مطاوعة خطية ومستوية، بينما تزداد نسب مظاهر أجسام أكثر قساوة عند إنفعالات أعلى. سوف تتشوه الأجسام الكروية تقريبا (على سبيل المثال، سرئيات، حصيات) إلى أشكال أهليلجية (شكل 20.8)، مع نسبة محاور طويلة إلى قصيرة يمكن أن تعطي تقدير لمقدار الإنفعال.

شكل 20.8 مدملك مشوه يظهر تسطح حصيات ربما كانت أقرب كثيرا إلى الشكل الكروي في الراسب الأصلي

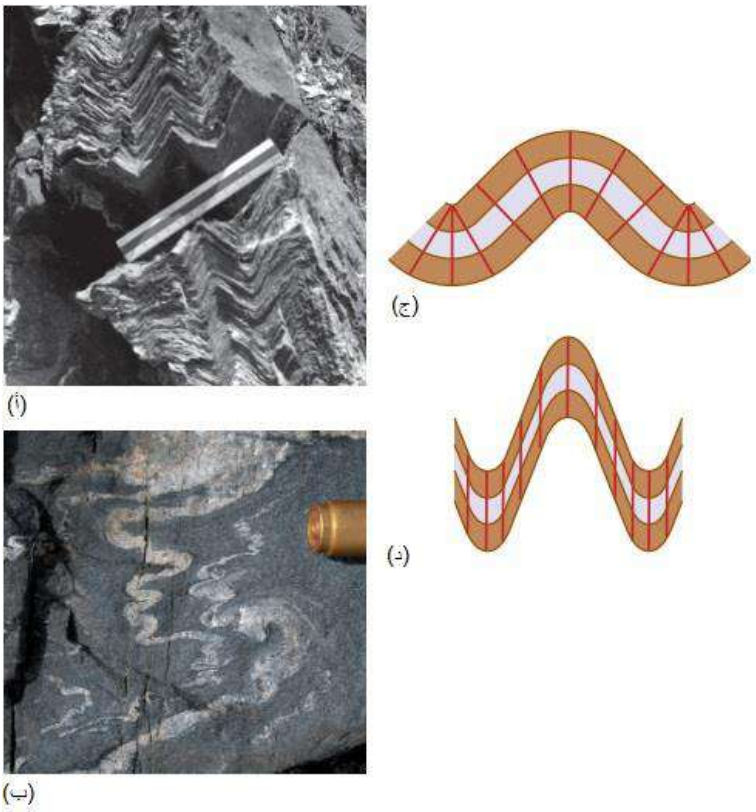
5.3.8 تحليل الطية

تحتوي العديد من الصخور على سطوح مستوية تنحني أثناء التشوه، لتكوين أشكال متنوعة من الطيات. يمكن لوصف ورسم الطيات أن يعطي معلومات عن صخورها المضيفة والظروف التي شكلتها (درجة الحرارة، العمق، شدة الإنفعال). تم توضيح التشريح العام للطية في ملحق 8، شكل م2.8.

ينبغي عند وصف الطيات أن يؤخذ الحجم، الشكل والإتجاه بنظر الأعتبار. يمكن تلخيص حجم الطيات من خلال تسجيل أطوالها الموجية وسعتها (على سبيل المثال، على رسم تخطيطي). تتواجد الطيات في جميع المقاييس، وعادة ما تظهر طيات ثانوية متراكبة على طية أكبر أثناء حادثة تشوه واحدة. شكل الطية متغير جدا، ويمكن أن يوصف في عدد من الطرق. يجب عليك ملاحظة إتجاه إنغلاق الطية (طية قبوية الشكل antiform أو طية قعيرية الشكل synform؟)، والزاوية ما بين جانبي الطية (ملحق 8، م3.8)، والذي يعطي دليل على كمية الإنفعال الذي عانته الصخور المطوية. تعكس الطيات المفتوحة إنفعالات واطئة نسبيا، في حين تشير الطيات متساوية الميل إلى أنطقة قص ذات شدات إنفعال عالية في العمق داخل الأحزمة البانية للجبال (شكل 21.8). يعتبر شكل الطبقة المطوية في مستو المقطع الجانبي مهم أيضا، هل الطيات في سلسلة من شاريّات chevrons متكدسة بشكل مرتب (شكل 22.8أ)، أم هي طيات لا تناسقية (22.8ب)؟. هل الطبقات المتعاقبة متوازية، أم متماثلة في الشكل (شكل 22.8ج و د)؟. يعكس شكل الطية الكفاءة النسبية للطبقات في وقت تشكل الطية.



شكل 21.8 أمثلة لإحكام او تراص طيات مختلفة. (أ) طية مفتوحة في طبقات واطئة الانفعال. (ب) طيات محكمة تشير إلى إنفعال عالي تقطع عرضيا بغرانايت غير متشوه. (ج) طيات متماثلة الميل تظهر إنفعال شديد في أحجار رملية (بني فاتح) وأحجار وحل (داكنة) متحولة. (د) طية أحادية الميل في صخور رسوبية كاربونية. المطرقة بالقرب من المركز عوضا عن المقياس

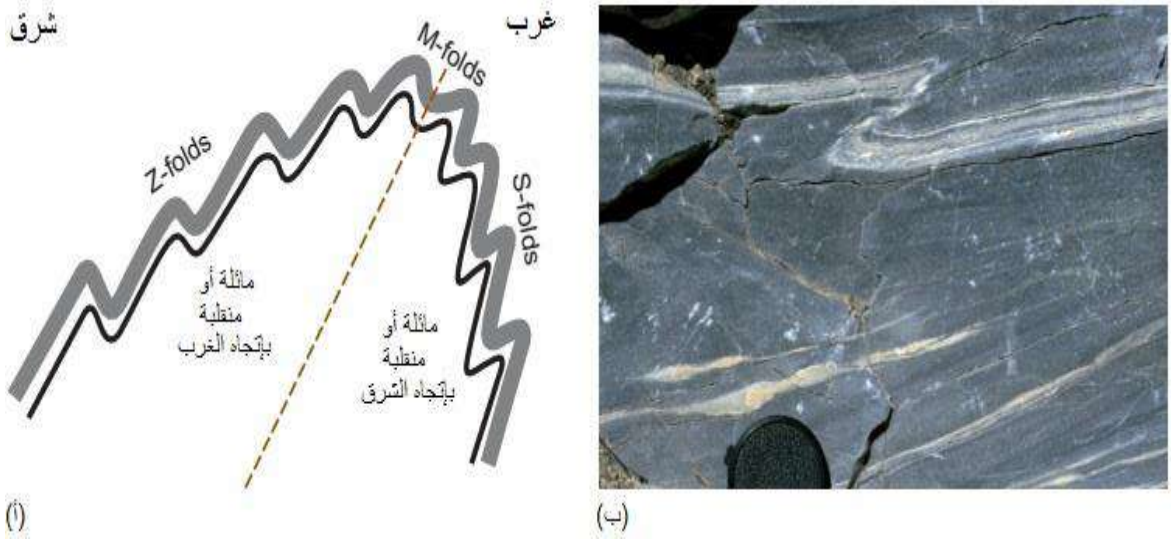


شكل 22.8 أمثلة لأشكال طيات مختلفة. (أ) طيات شاريّة Chevron، شائعة في طبقات متطبقة بانتظام عند مستويات ضحلة نسبيا من القشرة. (ب) طيات لا تناسقية تعكس الإنسياب والتشوه المتفاوت لطبقات مختلفة. (ج) طيات متوازية تعني طبقات قوية. (د) طيات متماثلة، مع تثخن مناطق المفصل وتنحف الأطراف، تقترح صخور أضعف يمكن أن تتشوه بسهولة

في مناطق مشوهة معقدة مثل الأحزمة البانية للجبال، تصبح أدلة الشواهد الجيولوجية مهمة. قد تكون الطبقات، بل وحتى جميع التراكيب مقلوبة. الإتجاه الأحدث لمعالم الشواهد الجيولوجية (على سبيل المثال، تراكيب تعرية، تطبق متدرج)، يحدد موازيا لسطح الطية المحوري، ويوضح فيما إذا كانت الطية هي ظهارة facing (الإتجاه الذي تنتقل فيه الطية على إمتداد مستواها المحوري خلال طبقات أصغر عمرا) صاعدة أم هابطة. إذا عثرت على الأخيرة، هذا يشير إلى أن الطية قد تأثرت على الأقل بحادثين تشوهين منفصلين، وهو استنتاج قيم من مكشف معزول.

تمتلك الطيات المتناظرة جوانب متساوية الطول والتي هي صورة مرآة لكل جانب من مفصل الطية، ولكن العديد من الطيات تكون غير متناظرة (شكل 23.8). قد تساعد طية غير متناظرة في توثيق التالي:

- بالنسبة للطيات الثانوية، فإن تغيراتها غير المتناظرة عبر مفصل طية رئيسية – أداة مساعدة مفيدة في رسم الخرائط (شكل 23.8أ)؛
- قد تكون الطيات غير المتناظرة المتعلقة بالقص مؤشرات حركية جيدة لأنطقة القص (شكل 23.8ب).

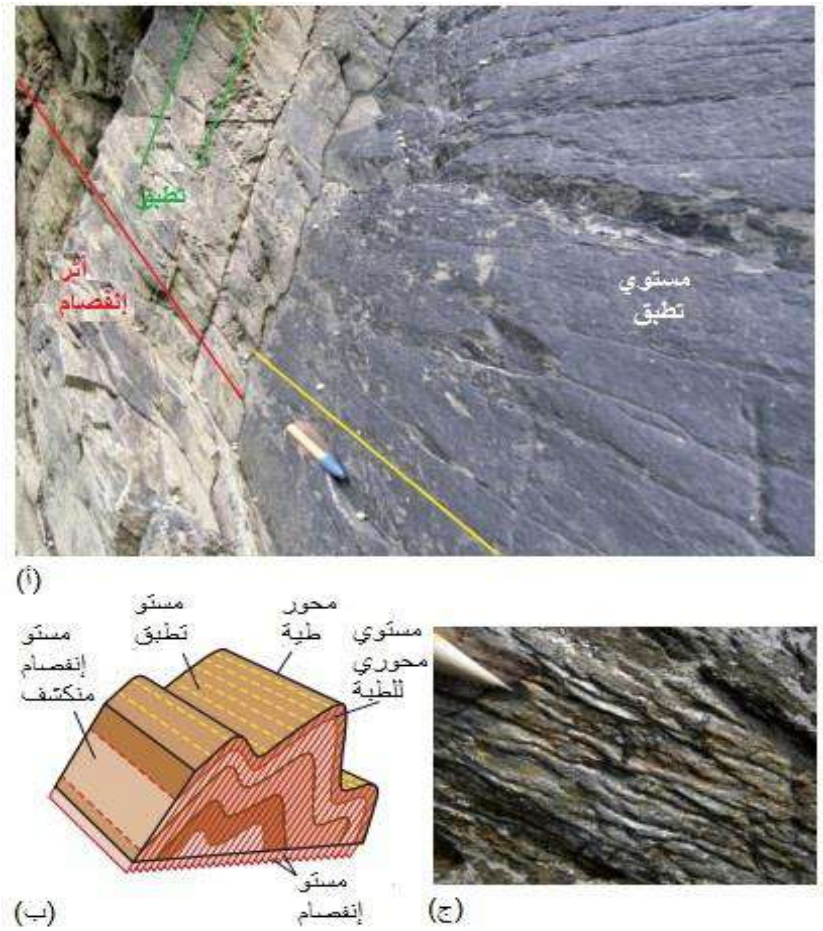


شكل 23.8 معلومات من طية غير متناظرة. (أ) مقطع عرضي تخطيطي يظهر كيف تتغير طية غير متناظرة (والتقالب او التمايل vergence) عبر مستو محوري للطية (خط أحمر). (ب) طية غير متناظرة معزولة في ميلونايت جيري، متضمنة قص يميني (أعلى – إلى – اليمين).

في بعض الحالات قد يكون من السهل قياس خط مفصل الطية، والذي عموما يساوي محور الطية، ولكن في حالة عدم إمكانية الوصول إلى مفصل الطية، قد تساعد الحيل التالية.

حيثما يقطع إنفصام مستوي محوري مستو تطبق مطوي، فإن التخطط المتقاطع الناتج (شكل 24.8أ) يكون موازيا لمحور الطية. هذه التخططات عادة تكون أسهل في العثور والقياس من محور الطية المناظر، حيث يمكن أن تظهر في أي مكان على الطية (شكل 25.8ب).

عادة ما يكون تقاطع تخطط لإنفصام على تطبق مرئيا في الحقل كخطوط داكنة نحيفة على مستويات التطبق، في حين يميل تطبق على تقاطعات إنفصام ليظهر كأشرطة من ألوان مختلفة حيث تقطع الطبقات المتعاقبة مستو الإنفصام. مفاصل الطيات الثانوية المتشكلة في نفس وقت الطية الرئيسية قد تحدد أيضا تخطط يكون موازيا لمحور الطية الرئيسي. وهذا يعرف بالتخطط المتعرج (شكل 25.8ج)، ويقاس بسهولة على طول مفاصل الطيات الثانوية.

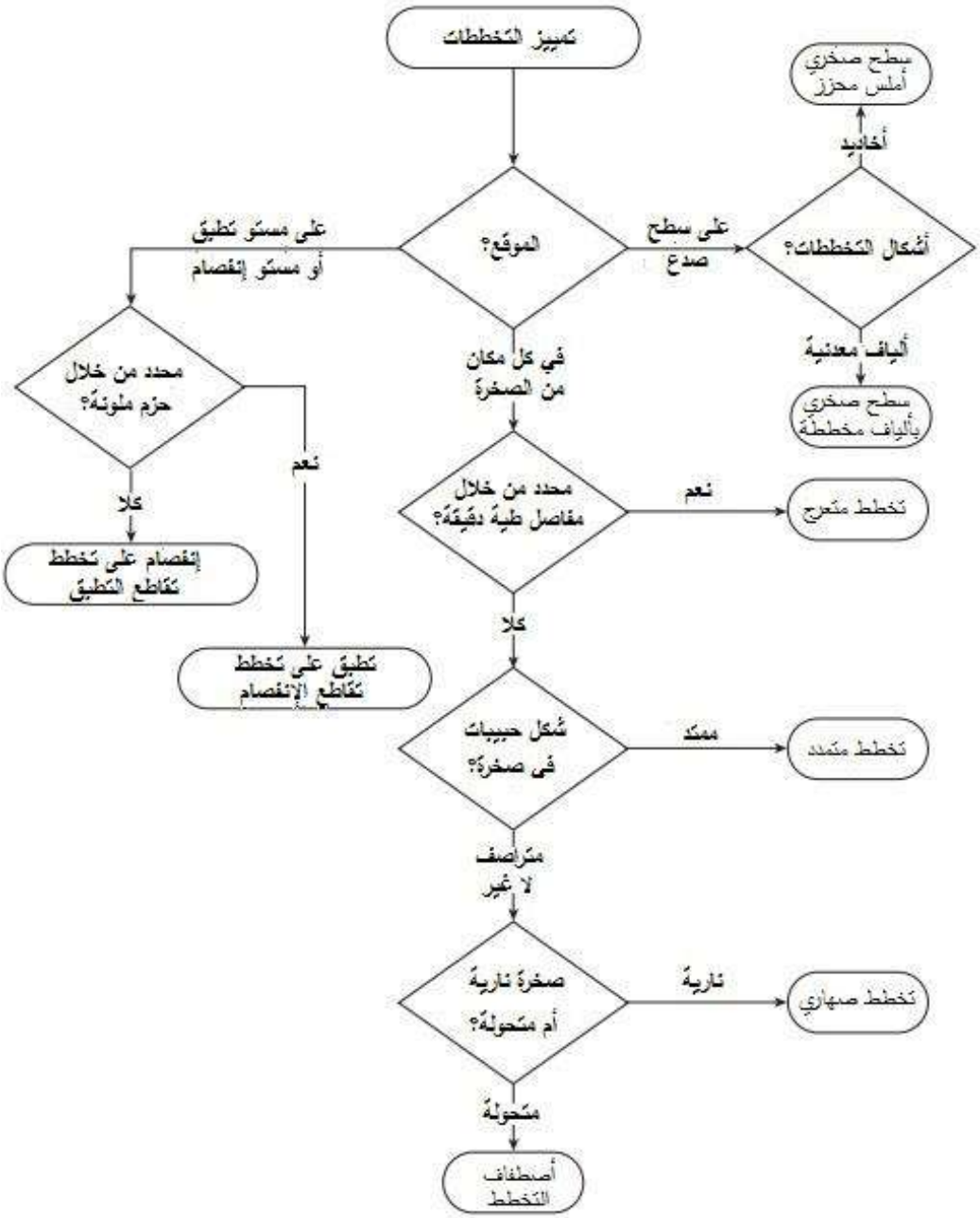


شكل 24.8 مقاربات لمحاور الطية. (أ) خطوط وأخاديد رفيعة (موازية للخط الأصفر) على مستو تطبق رمادي داكن هي تقاطع الإنفصام مع التطبق. يميل مستو التطبق بحدة إلى اليسار. آثار إنفصام (موازية للون الأحمر) مرئية على سطح الفاصل العمودي على يسار الصورة، تقطع خلال طبقات رسوبية مائلة بشدة (معلمة بخطوط خضراء). (ب) مخطط يوضح علاقة التراكيب الخطية المتقاطعة مع تركيب طية رئيسي؛ طبقات مطوية تظهر في تدرجات من اللون البني. تقاطعات إنفصام على تطبق معلمة بخطوط صفراء منقطة على مستو تطبق مطوي بلون بني متوسط؛ تقاطعات مستويات تطبق على إنفصام (معلمة بخطوط حمراء منقطة) موضحة على مستو إنفصام حاد على الجانب الأيسر. التركيبين الخطيين كلاهما موازي لمحور الطية. (ج) تركيب خطي متعرج، محدد من خلال مفاصل طية بمقياس مليمتري، على طرف الطية الأكبر الغير مرئي في الحقل.

إن إتجاه الطيات (ملحق 8، شكل م4.8) والذي يتعلق مباشرة بكل من الإجهادات التكتونية المحلية أو الإقليمية، يثير سؤال عن ما الذي يقاس بالضبط. يجب عليك قياس العناصر التالية إن أمكن (إستعمل التدوين المفضل لديك؛ جدول 1.8):

مستو الطية المحوري	الميل وسمت الميل	على سبيل المثال، 147\83
محور الطية (خط المفصل)	الغطس وسمت الغطس	على سبيل المثال، 056\11

كيف تقاس هذه العناصر النظرية؟ سيكون إنفصام المستوي المحوري المترافق موازي تقريبا لمستو الطية المحوري، ويمكن قياسه بسهولة. إذا كان إتجاه الإنفصام متأثرا بقوة بإنكسار إنفصامي، قيّم الإتجاه الكلي للإنفصام عبر عدة طبقات – هذا سوف يُقّرب إلى المستوي المحوري للطية المترافقة. في حالة إنفصام قاطع لاحق يقطع الطيات، فمن غير المحتمل جدا أن يكون مستوي محور لها. التراكيب الخطية المتعرجة أو المتقاطعة قد تكون مفيدة أيضا: يظهر المخطط الأنسيابي أدناه كيف يمكن التمييز بين التراكيب الخطية المختلفة (أنظر أيضا ملحق 8 ، شكل م5.8).



الفصل التاسع

تسجيل معالم الصخور المتحولة

تتشكل الصخور المتحولة في بيئات ذات ضغوط ساحقة، درجات حرارة عالية وإجهادات تعمل على تمدد وتشوه الصخور التي ضعفت بسبب درجات الحرارة العالية. إن دراسة أنسجة ومعدنية الصخور التي خرجت إلى سطح الأرض هي نافذة رائعة إلى هذه البيئات الغريبة، وتعطي رؤى دقيقة عن كيفية عمل الأرض، والعمليات التي تعمل في الأحزمة الجبلية النشطة وأنطقة الغطس وكيف يعاد تدوير مواد القشرة والجبة. تلعب العمليات المتحولة دورا مهما في تركيز عدد من العناصر المفيدة في داخل رواسب معدنية مهمة أقتصاديا، وهكذا تعد دراسات الصخور المتحولة أساسية في إستكشاف وإستغلال هكذا موارد.

هذا الفصل سوف يأخذ بنظر الأعتبار المعادن والأنسجة المتحولة الشائعة، قبل البحث في كيفية إستخراج المعلومات حول توقيت العمليات التحولية المختلفة من الصخور المتحولة في الحقل.

1.9 المهارات والمعدات الأساسية للعمل الحقلي المتعلق بالصخور المتحولة

تحتاج دراسة الصخور المتحولة في الحقل إلى أكثر قليلا من المعدات الأساسية (جدول 1.2). سوف تجد أيضا مساعدة بسيطة لكشف هوية المعادن (على سبيل المثال، لوح مخدش، سكينة فولاذية صغيرة وحامض مخفف) من معدات أختيارية في جدول 3.2. إن الدراسة الحقلية للصخور المتحولة تتطلب في الأساس ملاحظة حادة على جميع المقاييس، ولا سيما الأنسجة الناعمة (فقرة 2.9) بإستعمال عدسة اليد وتمييز المعادن (فقرة 3.9).

1.1.9 العلاقات الحقلية والسياق

قبل التركيز على مكشف ما بالتفصيل، خذ بنظر الأعتبار حالته الأوسع. هل الصخرة ذات مظهر متطبق، كتلي أو مرقع؟ هل هناك علاقات تطبق متقاطع أو سطوح تماس بين أنواع مختلفة من الصخور؟ هل هناك إندساس قريب؟ يجب عليك أن تلاحظ هكذا معالم عيانية، حيث من المحتمل أنها توفر أدلة حاسمة عن الخصائص الصخرية الأصلية للصخرة ما قبل التحول (خصائصها الصخرية الأولية)، وربما تقترح تجمعات الصخور التي قد تكون موجودة. إذا أخذنا كل الصخرة بنظر الأعتبار (على سبيل المثال، اللون، الكثافة، الصلابة، الجانب المتجوي)، قد تتوفر أدلة عن معادنها الأساسية. على سبيل المثال، من المرجح أن يحتوي

صخر مافي على معادن مافية داكنة اللون (بايوتايت، أمفيبول، بايروكسين، الخ.). يظهر المثال العملي 1.9 كيف يمكن تجميع أدلة متنوعة لتحديد هوية معدن.

إن العديد من الصخور المتحولة مشوهة، وبالتالي الإلمام بالمعالم التركيبية (الفقرة 4.9) هو أيضا مصدر حقيقي في وصف وتفسير عملية التحول في الحقل.

مثال عملي 1.9 تحديد المعدنية

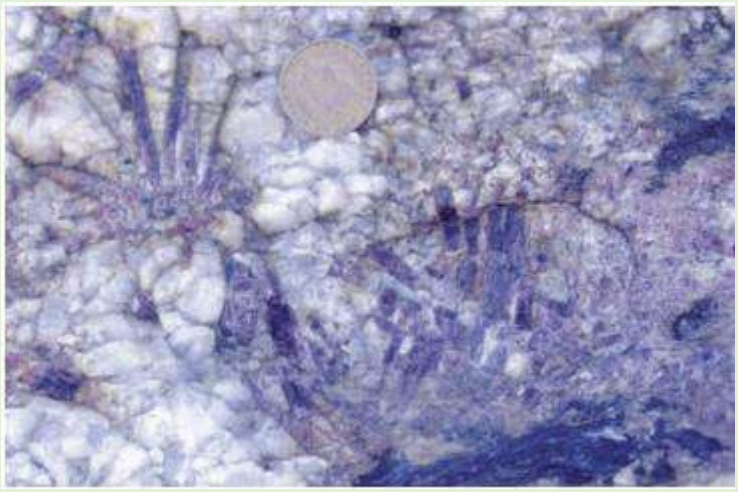
شكل 1.9 مواشير رمادية داكنة في صخرة شست ناعمة الحبيبات في جنوب اسبانيا. النموذج طوله 5 سم

يظهر شكل 1.9 عينة يدوية من صخرة شست رمادية اللون ناعمة الحبيبات مع مواشير رمادية أكثر دكانة من معدن بورفيري تحولي porphyroblast لا يمكن التعرف عليه بسهولة؛ فهو يمكن أن يكون واحد من عدة معادن شائعة، بما في ذلك الكلوريتويد chloritoid، أندلوسايت او أمفيبول. ونتيجة لذلك، تم إستعمال عدة أدلة للمساعدة في التمييز في الحقل:

- شكل موشوري، مع نهاية مقاطع متساوية الأبعاد تقريبا؛
- تجمع صخاري – سلاسل متطبقة من رواسب متحولة رملية بلون بني فاتح وحجر طيني رمادي؛
- درجة تحولية – متبلور جيدا، وبالتالي على الأرجح درجة واطئة إلى متوسطة؛
- معادن متصاحبة – غارنت، بايوتايت، مسكوفايت (نطاق غارنت)؛
- صخر مضيف – مواشير وفيرة في أحجار طينية رمادية، ولكن غائبة من طبقات رملية.

وجد في كل أنحاء منطقة الدراسة أنها تحتوي على بلورات جيدة الشكل لواحدة او أكثر من سليكات ألومينا متعددة الأشكال (أندلوسايت، كايانايت وسيليمنايت؛ شكل 2.9). أظهر رسم الخرائط جنبا إلى جنب مع دراسات الشرائح الصخرية، تطابق معادن سليكات الألمنيوم Al_2SiO_5 في العروق مع تلك في صخور الشست المضيفة، محددتا مجموعة من الأنطقة التحولية. إضافة إلى ذلك، أكدت الأنسجة في العروق التوقيت النسبي لنمو متعددات الأشكال الثلاث، مع إحلال مبكر للكايانايت بالسيليمنايت او أندلوسايت، أعتمادا على الظروف الحرارية.

في هذا المثال، وفرة المواشير الرمادية في هذا الموقع المعين هو إشارة أخيرة.



شكل 2.9 مواشير جيدة الشكل في عرق متزامن التحول لوحظت ليس بعيدة عن صخرة الشست في شكل 1.9 تظهر خصائص اللون الوردي للأندلوسايت. تفتقر هذه البلورات إلى العديد من شوائب الغرافايت التي تعطي الأندلوسايت – والبورفيرات التحولية الأخرى في صخور الشست المحيطة – لون رمادي باهت

2.9 الأنسجة

لا ينبغي ترك دراسة الأنسجة المتحولة إلى أن تتمكن من الوصول إلى مجهر بتروغرافي. يمكن للملاحظة الدقيقة في الحقل أن تساعد في فهم مبكر للصخور المعقدة، وتجنب الأفتراضات المضللة وتساعد مع النمذجة وجمع البيانات الحقلية.

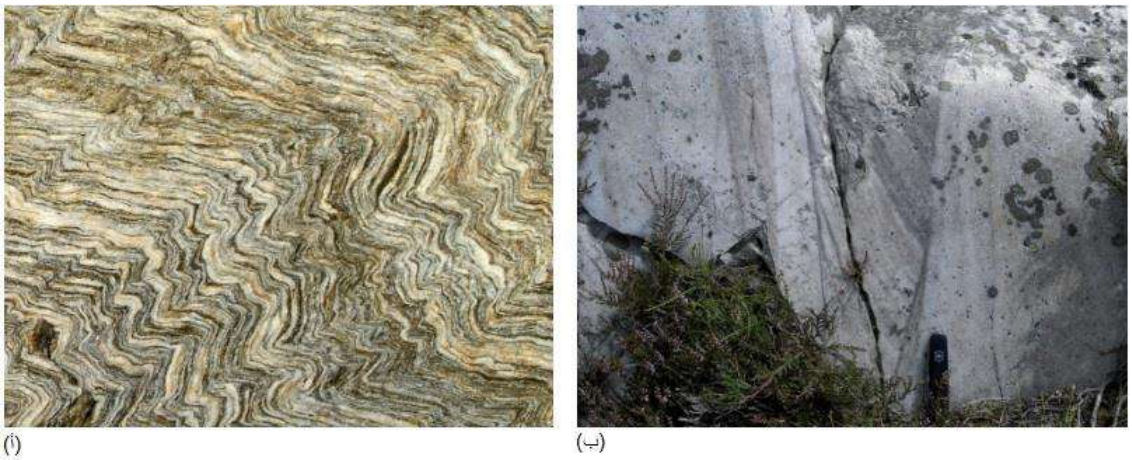
1.2.9 التحزم

تحتوي العديد من الصخور المتحولة على أنسجة تكتونية، ولكنها أيضا قد تحفظ التطبق التركيبي للصخرة الأولية (على سبيل المثال، تطبق رسوبي؛ شكل 3.9). تُحدّد الأنسجة التكتونية من خلال حبيبات معدنية مسطحة أو متراصفة، في حين يفضل تمييز التطبق التركيبي من خلال الأختلافات في اللون والمعدنية. أبحث عن معالم رسوبية باقية في صخور درجة تحولها واطئة (على سبيل المثال، ترقق متقاطع، علامات قاع sole marks) كتأكيد.

هناك فئة ثالثة من التحزم تعتبر متحولة في الأصل، تتضمن فصل المعادن إلى حزم متجاورة. قد يحدث هذا في الدرجات الواطئة من التحول، والذي ينطوي على ذوبان تفضيلي لبعض المعادن لإنتاج إنفصام متباعد منتقى من خلال حزم متناوبة من معادن فاتحة (كوارتز، كالسايت) وداكنة (مايكا، أكاسيد غير قابلة للذوبان،

أطيان). قد تعكس حزم أخشن في صخور ذات درجة تحول أعلى مثل صخور النايس (شكل 4.9أ) عمليات مختلفة تشكل أو تعزز الحزم، مثل تعرج لتورق سابق، أو إنصهار جزئي أبتدائي.

شكل 3.9 أحجار رملية متحولة metapsammites وأطيان متحولة metapelites متطبقة بينية. نمت المعادن المتحولة بخشونة أكثر في الأطيان (النصف الأيمن من المنظر) مما في الأحجار الرملية (تحت غطاء العدسة)، حيث قد أختزلت حتى حبيبات الكوارتز في الحجم بسبب إعادة التبلور تحت الانفعال. وهكذا أنعكس حجم الحبيبات النسبي للرواسب الأصلية، وألوانها وتراكيبها المستنتجة هي أدلة أفضل بكثير لصخورها الاولية بدلا من الحجم الحبيبي



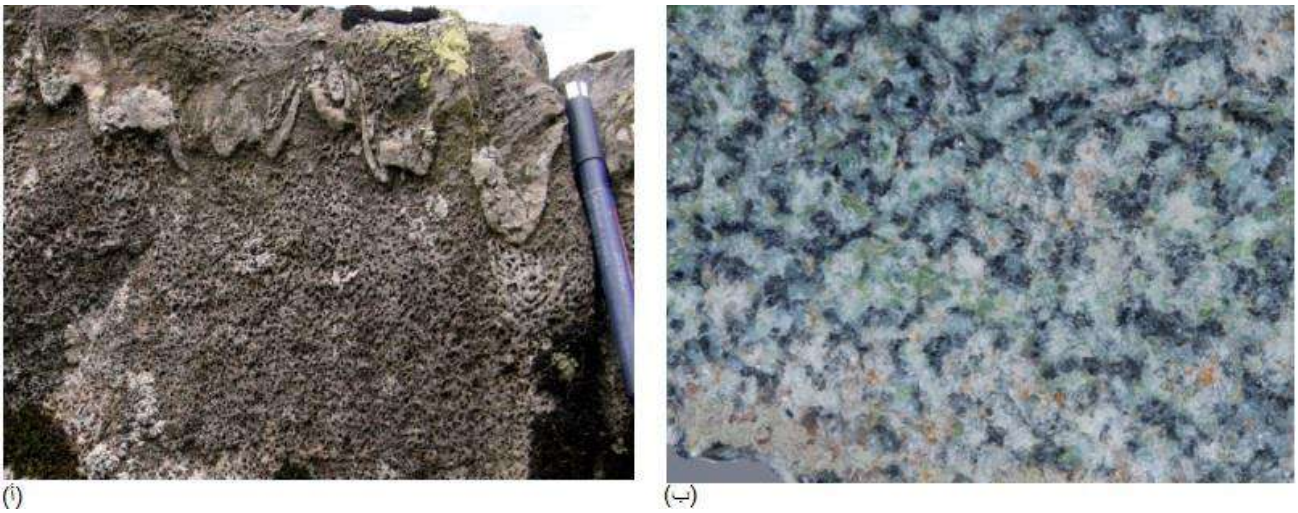
شكل 4.9 (أ) تحزم نايسي محدد من خلال حزم فلسية (فاتحة) ومافية (داكنة) متناوبة على مقياس سنتمتري. أختلاف اللون على مقياس أكبر (عرض الحزم 5 – 10) يقترح ان الأصل كان متطبق تركيبيا (رسوبي او بركاني). مجال الرؤيا هو بعرض حوالي 5 سم. (ب) تطبق متقاطع في كوارتزايت متحول أختير من خلال أحزمة لونية ناجمة عن تراكيز معادن ثقيلة

في بعض صخور النايس قد يكون من المستحيل تقريبا تمييز تحزم متحول من تطبق رسوبي موروث حيث طمست جميع الأدلة الرسوبية. أبحث عن دليل أختلاف تركيبي يكون متميز أو مختلف عن التناوب المهيمن للأحزمة النايسية الفلسية والمافية – على سبيل المثال، في سلسلة من صخور نايس طينية أو رملية، وطبقات بمعادن كاربونايتية وكلسية – سليكية (على سبيل المثال، أمفيبول، دايوبسايد، كالسايت) والتي تعكس عادة طبقات جيرية في الرواسب الأصلية. تمتلك العديد من هكذا طبقات متميزة تركيبيا كفاءة متباينة مع طبقات النايس الأخرى، وعادة تكون محشاة boudinaged. عادة ما تعرض صخور النايس المتشكلة من أسلاف نارية مع بلورات كبيرة من معادن قوية (على سبيل المثال، فلدسبار وبايروكسين في صخور شبه غرانايتية أو غابروية) نسيج عدسي ما لم تتشوه بقوة جدا. تقاوم البلورات الكبيرة phenocrysts القوية إعادة التبلور أفضل من الأرضية matrix، التي تلتف حول الحبيبات الكبيرة بحيث تظهر على شكل عين. قد يتشكل النسيج العدسي من إتحاد التشوه والنمو المتحول في بعض صخور النايس الرسوبية المتحولة، ولكن الأختلافات التركيبية الأصلية بين الطبقات تعني عموما أن الوفرة أو حتى النسيج العدسي يتفاوت أيضا. تميل صخور النايس المشتقة من الإندساسات البورفيرية إلى إظهار أختلافات قليلة في الصفة على مقياس عشر المتر إلى متر.

2.2.9 الأنسجة الحبيبية

هناك ملاحظة أساسية هي فيما إذا كانت الصخرة تظهر بلورات موجّهة (صخور مشوهة متحولة إقليميا)، أو نسيج حبيبي. قد يشير النسيج الحبيبي إلى تحول تماس ناجم عن جسم ناري قريب (على سبيل المثال، هورنفلس hornfels؛ شكل 5.9أ)، ومجال إنفعال واطئ حيث قد سيطر أو طمس نمو الحبيبة المتحولة معالم الإنفعال (شكل 5.9ب)، أو نمو بلورة ما بعد الحركية حيث قاوم التسخين الإقليمي التشوه (شكل 1.9).

يميل الحجم الحبيبي الكلي نحو الزيادة مع زيادة درجة التحول، وهو دليل عام جيد (على سبيل المثال، صخور النايس عادة أخشن من صخور الشست). ومع ذلك، يمكن للإنفعال العالي عادة أن يختزل الحجم الحبيبي (على سبيل المثال، في الميلونايت). علاوة على ذلك، قد تنمو بعض الحبيبات (عادة معدن معين واحد) أكبر بكثير من غيرها، لتصبح بورفيروبلاست (بلورات معدنية كبيرة في صخرة متحولة) في أرضية ناعمة (على سبيل المثال، شكل 1.9). لتحديد درجة تحول في الحقل، تحتاج للنظر في التجمعات المعدنية (فقرة 2.3.9) وكذلك الحجم الحبيبي.



شكل 5.9 أنسجة حبيبية. (أ) نسيج حبيبي في هورنفلس متحول تماسيا. حبيبات معدن كورديرايت Cordierite قد تجوت، لكن النسيج محفوظ في أرضية من الكوارتز المقاوم. مجال الرؤيا 25 سم عرضا. (ب) نسيج حبيبي في صخرة غابرو سحنة إيكلوجايت eclogite، حيث تجزء الانفعال في داخل أضعف الصخور القريبة. مجال الرؤيا 4 سم عرضا

3.2.9 أنسجة التفاعل

تعد الأنسجة المسجلة للتفاعلات قيّمة لتجميع قطع التاريخ التحولي لصخرة ما معا؛ بعض الأمثلة الشائعة مجملة أدناه.

الأشكال الزائفة

الأشكال الزائفة Pseudomorphs هي ركام من حبيبات معدنية جديدة تشكلت من خلال تغير أو إحلال بورفيروبلاست موجودة سابقا. في كثير من الحالات يحتفظ الركام بشكل سلف البلورة الأصلي، والتي ربما يمكن تحديدها كنتيجة (شكل 6.9أ). يمكن لمعادن جديدة في الركام أن تكون قابلة للتمييز بإستعمال عدسة اليد. إذا أمكن تحديد إما المعدن الأصلي وإما المعدن الذي يحل محله، ربما يمكن إستنتاج التغيرات في ظروف الضغط و/أو درجة الحرارة.

الهالات

قد تشير الهالات Coronas إلى إحلال جزئي لمعدن بآخر، أو تمثل حافة لمعدن جديد تشكل عند السطح البيني لأثنين آخرين (شكل 6.9ب).

شكل 6.9 أنسجة تفاعل في الحقل. (أ) أشكال زائفة من مايكا بيضاء ناعمة الحبيبات ومعدن زيوسايت أحادي الميل clinozoisite (سليكات Ca, Al) ويليه معدن لوسونايت lawsonite في صخرة شست زرقاء. يستدل على معدن اللوسونايت جزئيا من شكل البلورة (أشكال معينيه). الأشكال المعينيه الأكبر هي بعرض 5 ملم. (ب) نسيج هالة في إيكلوجايت. هالات حمراء رقيقة من الغارنت تفصل أشكال زائفة بيضاء من التالك من زيوسايت بلون مزرق باهت وبايروكسين أحادي الميل أخضر.

أنطقة تفاعل

أنطقة التفاعل reaction zones هي أنطقة محددة من خلال تغيرات لونية (ومعدنية) قد تعكس تحول معدني محلي، على سبيل المثال عن طريق موائع حارة تتغلغل على طول الشقوق (شكل 7.9)، أو تتحرك من خلال الصخرة.

3.9 علم المعادن

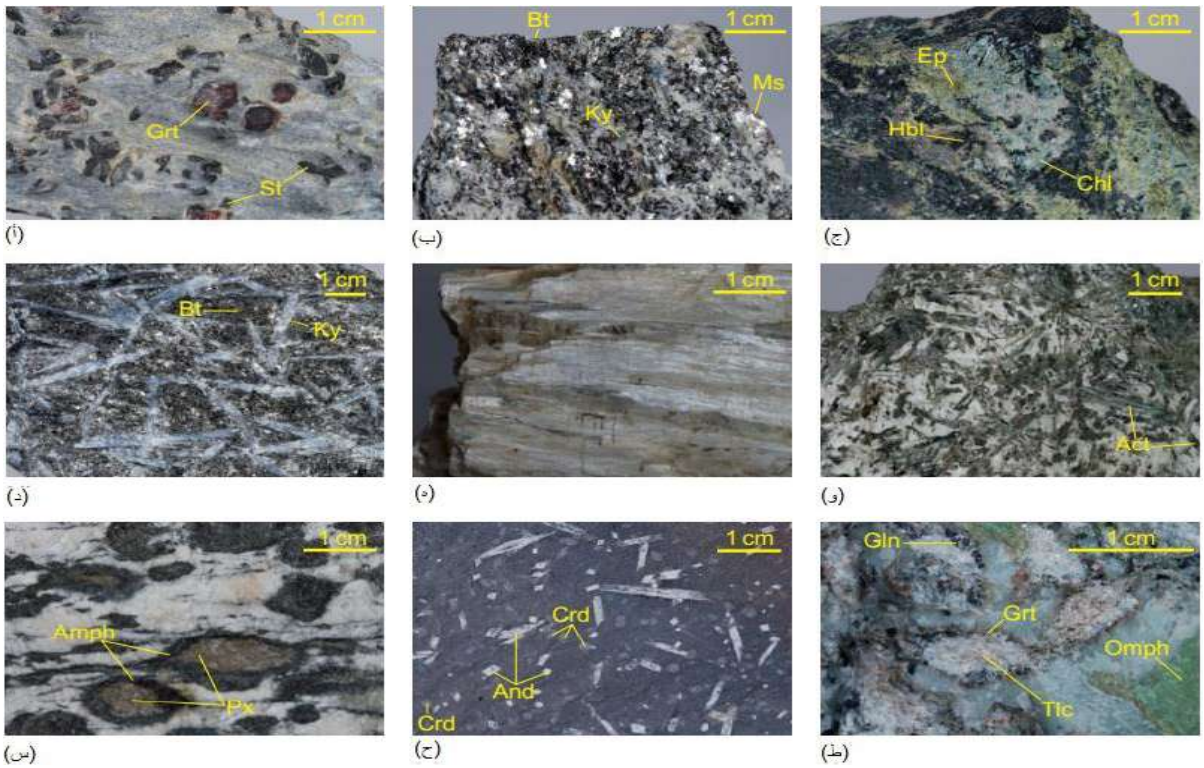
1.3.9 تحديد المعادن المتحولة الشائعة

تُحدد بعض المعادن في الحقل بسهولة، إلا أن العديد من المعادن تختلف في مظهرها من صخرة إلى أخرى. إذا كنت في شك حول هوية هذه المعادن، لاحظ خواصها (اللون، الشكل، البريق، الإنفصام، الخ.). وارسم أمثلة. قد تحتاج إلى تبني إستراتيجيات مختلفة لجمع المعلومات، مثل:

شكل 7.9 تغير لون تحول معدني (إحمرار) مشيرا إلى تغير المائع على جانبي الشق. تم العثور على هذه الصخرة مجاورة لنطاق صدع مع إحمرار شديد بواسطة تحول معدني للهيماتايت. مجال الرؤيا هو بعرض 7 سم.

- وصف مظهر الحبيبات المتجوية (قد يبدو المعدن المتجوي مختلف جدا – على سبيل المثال قد يختار الإنفصام بشكل واضح مع أن اللون باهت)؛
- ملاحظة خصائص المعادن على سطح حديث غير متجوي (أبحث أولا عن قطع مكسورة حديثا قبل طرق النموذج بالمطرقة)؛
- ترطيب السطح، والذي قد يساعد على توضيح اللون والنسيج (أو ببساطة إزالة الغبار)؛
- التركيز على معادن وافرة، بورفيرية تحولية، تُشكّل أنسجة أو معادن دالة محتملة؛
- إستعمال مخططات تمييز المعادن عند الضرورة؛
- ملاحظة هيئة وشكل البلورة (هذه أفضل مساعدة لتمييز المعادن المتحولة من اللون، الذي يمكن أن يكون متغيرا ومتأثرا بعوامل أخرى مثل المعادن الدخيلة والتغيرات).

يُدرج جدول م1.9 في ملحق 9 خصائص العديد من المعادن المتحولة الشائعة. ويوضح شكل 8.9 بعض المعالم التشخيصية الموثوقة لمعادن متحولة شائعة.



شكل 8.9 أمثلة لمعادن متحولة شائعة. (أ) بلورات مدورة مثالية لمعدن غارنت أحمر داكن (Grt)، مغلف بنسيج تكتوني. المواشير الداكنة مع نهايات مدببة هي بلورات ستارولايت staurolite (St)، تظهر سوداء بسبب شوائب الغرافايت. شكل البلورة هو معلم تشخيصي أفضل من اللون. ستارولايت هو صفة مميزة لرواسب متحولة غنية بالحديد. (ب) بايوتايت (Bt) ومسكوفايت (Ms) شائعين كرقائق مرنة لامعة تحدد التورق، كما في صخرة النايس هذه. الحبيبات الزرقاء الساطعة هي بلورات كايانايت صغيرة (Ky). (ج) ثلاث معادن خضراء متصاحبة مع كالسيوم غارنت وردي باهت في هذا الصخر القاعدي المتحول. المعدن الأخضر المصفر على نحو مميز هو إبيدوت (Ep)، والذي يوجد عادة كركام. المعدن الأخضر الداكن (تقريبا أسود) هو الهورنبلند أمفيبول (Hbl). المعدن الأخضر المزرق الاخر هو كلورايت (Chl)، شائع في صخور واطئة التحول ناعمة الحبيبات. (د) شكل الشفرة لمعدن الكايانايت (Ky) هو معلم تشخيصي موثوق. (ه) كتل ليفية من السليمينايت ببريق لؤلؤي ينمو بينيا هنا مع الكوارتز، ولكن غالبا ما يوجد مع البايوتايت. (و) بلورات أمفيبول موشورية قد تظهر مقاطع عرضية معينيه في بلورات جيدة الشكل. الأمفيبولات واسعة الأنتشار، ووفيرة في العديد من الصخور المافية. هذا الأمفيبول الأخضر الداكن هو أكتينولايت actinolite (Act)، نما متداخلا مع مايكا بيضاء. (س) يبدو البايروكسين عموما أكثر شحوبا من الأمفيبول، وقد يظهر مقاطع عرضية مربعة او مستطيلة. البايروكسين هو صفة مميزة لصخور ذات درجة عالية من التحول. في هذا الغابرو المتعرض للقص، قد تغيرت بلورات البايروكسين ذات اللون البني الزيتوني (Px) أثناء التشوه إلى هالات داكنة من الأمفيبول (Amph)، مشكلة معالم بشكل العين معروفة بمعالم عدسية. (ح) يتواجد معدن الكورديرايت (Crd) عادة كقطرات بيضوية الشكل غير واضحة كما هنا، تبدوا تقريبا مثل بقع دهنية او قطرات المطر. تباين هذه مع الحدود الواضحة لبورفيروبلاست أندلوسايت (And) في هذا الهورنفلس. (ط) معدن التالك ناعم الملمس جدا بحيث يعطي إحساس صابوني. هنا يشكل التالك (Tlc) أشكال زائفة بيضوية مع بريق لؤلؤي بعد الاوليفين في صخرة غابرو متحولة، مع هالات (وردية) غارنت (Grt)، معدن غلوكوفان glaucophane داكن (صوديوم أمفيبول ؛ Gln) ، معدن اومفسايت omphacite أخضر ساطع (صوديوم بايروكسين؛ Omph) وأرضية باهتة من بلاجوكليز متغير.

إذا لم تتمكن من تحديد معدن ما في الحقل، قد تحتاج لجمع عينات لإجراء مزيد من الأختبارات في المختبر. لاحظ أية خصائص غير أعتيادية للمعادن الشائعة، وفسر تحديدك للأطوار الأقل شيوعا. بقدر الإمكان، أكتب النسب النسبية للمعادن في الصخرة بإستعمال مخططات النسبة المئوية في ملحق 1، شكل م1.1، لتجنب سوء الفهم فيما بعد من تركيب أو درجة تحول.

2.3.9 إستعمال المجاميع المعدنية

التعرف على المعادن والتجمعات المعدنية يعطي معلومات هامة عن:

- تركيب الصخرة الأولية – ما هو نوع الصخرة قبل التحول؛
- درجة التحول – قد تضع معادن دالة رئيسية، أو مجاميع معدنية، قيودا على ظروف الضغط و/أو الحرارة للتحول المعدني؛
- تاريخ التحول – كيف سارت تفاعلات التحول.

يمكن أن يكون مظهر الكوارتزايت والحجر الجيري المتحول (الرخام) متشابه جدا، ولكن إذا أمكن خدش الحبيبات المتشابكة بشيء مصنوع من فولاذ، عندئذ تكون الصخرة الأكثر أحتمالا هي كوارتزايت. أي دليل ما على تركيب الصخرة يمكن أن يساعد في المقابل على البحث عن معادن دالة مناسبة. تخصيص صخرة ما إلى سحنة متحولة أو نطاق باروف Barrow (ملحق 9، الأشكال م1.9، م2.9) ليس مجرد فهرسة: فهي يمكن أن تقيد ظروف الضغط والحرارة للتحول المعدني، وهذه البيانات تحسن من فهمنا للعمليات التكتونية واسعة النطاق مثل الغور والتصادم القاري. بعض المعادن هي صفة مميزة لظروف معينة (على سبيل المثال، معدن غلوكوفين يقترح نسبة ضغط \ حرارة عالية نسبيا؛ يتواجد معدن كورديرايت عند ضغوط واطئة؛ يميل الكلورايت للتواجد في درجات حرارة واطئة). ومع ذلك، يرتبط التركيب والمعدنية بشكل وثيق وتتغير مجالات استقرارية المعادن في أنواع صخور مختلفة (على سبيل المثال، يوجد معدن الغارنت عند درجات حرارة اوطئ في رواسب متحولة غنية بالمنغنيز). لا تحتوي بعض تراكيب غالبية الصخور على ما يكفي من العناصر المطلوبة لنمو معادن دالة مفيدة. على سبيل المثال، قد يُطّور حجر رملي متحول كوارتز فقط وربما بعض البايوتايت، وهذين المعدنين يمكن أن يتواجدا فوق مديات واسعة من ضغط وحرارة. يدرج جدول 1.9 بعض المعادن الشائعة التي هي مفيدة لتقييد ظروف التحول المعدني في تراكيب أغلب الصخور في ظروف مختلفة، والبعض يحدث عبر مديات واسعة من ضغط وحرارة ولهذا السبب تكون أقل فائدة (الصف السفلي).

جدول 1.9 هو ملخص مبسط جدا؛ إن تمييز معدن متحول واحد قد لا يقيد ظروف التحول المعدني بشكل جيد جدا. حاول تحديد مجاميع معدنية نمت في توازن معا، وبقدر ما تستطيع من معادن في الحقل من أجل إدخال تحسينات على تفسيراتك عن درجة التحول. رسم المظهر الأول للمعادن الدالة على خارطة لبناء خطوط تساوي درجة التحول isograds هي طريقة جيدة لتلخيص التطور التحولي في منطقة ما.

جدول 1.9 معادن رئيسية في تراكيب صخور متحولة شائعة

ظروف حرارة \ ضغط	طينية (حجر طيني)	مافية (بازلت)	فلسية (غرانايت)	فوق مافية (بيريدوتايت)	كلسية – سليكية (حجر جيري غير نقي)
حرارة واطئة	كلورايت	كلورايت	كلورايت؛ إبيدوت	سيربنتاين	تالك
ضغط واطئ	أندلوسايت، كورديرايت، لا يوجد غارنت	بايروكسين، اوليفين، لا يوجد غارنت	أندلوسايت		
ضغط \ حرارة متوسطة	كلوريتويد، ستارولايت	أكتينولايت، إبيدوت، زويسايت		تالك (وافر)	تريمولايت
ضغط عالي	كاياناايت، تالك، روتايل، لا يوجد بلاجوكليز	لوسونايت، صوديوم بايروكسين، ورتايل، غلوكوفان،لا يوجد بلاجوكليز	صوديوم بايروكسين، كاياناايت، لا يوجد بلاجوكليز		زيوسايت
حرارة عالية	سيليمانايت، سبينل، اورثوبايروكسين، لا يوجد مسكوفايت	كلاينوبايروكسين، اورثوبايروكسين	اورثوبايروكسين، كورديرايت، سيليمانايت	اورثوبايروكسين	ولاستونايت، مغنيسيوم اوليفين، كالسيوم بايروكسين، سبينل
مديات واسعة من حرارة وضغط	مسكوفايت، بايوتايت، غارنت، كوارتز، بلاجوكليز	غارنت، هورنبلند، بلاجوكليز، بايوتايت، كوارتز، تيتانايت	كوارتز، بايوتايت، بوتاسيوم فلدسبار، بلاجوكليز، مسكوفايت	اوليفين، كلورايت، ماغنيسايت	كالسايت، دولومايت، بلاجوكليز، كالسيوم غارنت، هورنبلند، كلورايت، إبيدوت

3.3.9 تصنيف الصخور المتحولة

نادرا ما يمكن كشف التعقيد الكامل لصخرة متحولة من خلال العمل الحقلي، ولكن تصنيف صخرة متحولة يوجه الملاحظة ويشجع التسجيل المنهجي للملاحظات. وهناك اصطلاح جيد هو بجمع المعادن الرئيسية مع مصطلح نسيجي، على سبيل المثال، 'كايانايت – كلورايت شست' او 'أندلوسايت هورنفلس'. أصطلاح آخر، هو بإضافة لاحقة باللغة العربية وبادئة باللغة الأتكليزية 'متحول –Meta' إلى أسم الصخرة الأول (على سبيل المثال، غابرو متحول metagabbro، حجر جيري متحول metalimestone)، وقد يتطلب تفسير نضطر إلى تنقيحه أو تعديله بعد العودة إلى المختبر. ينبغي تدوين أي تفسيرات أو أستدلالات عن التركيب أو الصخرة الاولى بشكل واضح، ويبرر من خلال أدلة داعمة (على سبيل المثال، أنسجة نارية محفوظة؛ لون؛ معدنية). بالنسبة للصخور ناعمة الحبيبات حيث يكون التعرف على المعادن مستحيل في الحقل، إستعمل الأسماء النسيجية مع مصطلاحات وصفية أخرى (على سبيل المثال، أردواز بنفسجي، فايلايت رمادي مجدول، هورنفلس مبقع، مايلونايت محزم).

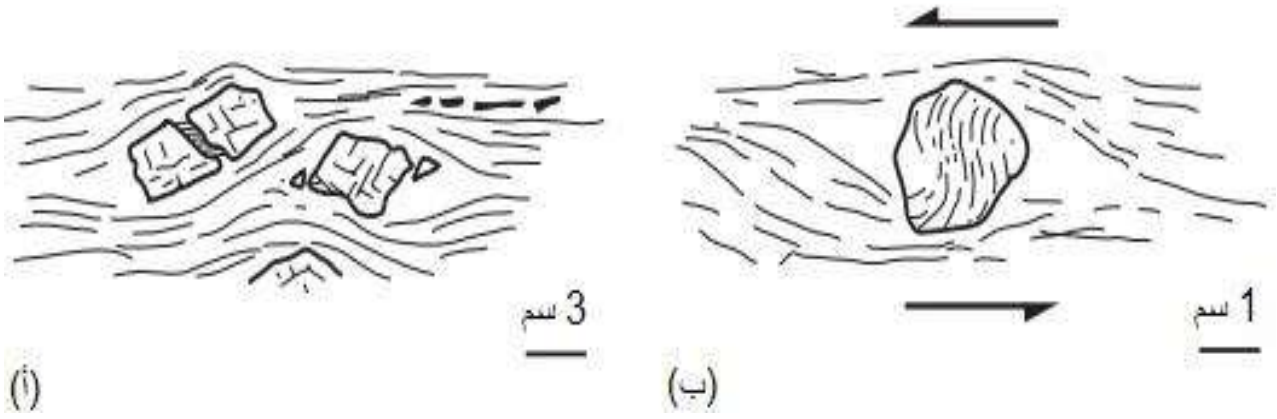
4.9 كشف لغز التحول المعدني والتشوه

بما أن التحول عادة ما يرتبط ارتباطا وثيقا بالتشوه ، يمكن فحص العديد من المعالم داخل صخور متحولة بحثا عن أدلة عن التوقيت النسبي للتحول المعدني والانفعال. تلقي الفقرات التالية الضوء على أمثلة شائعة لمعالم ما قبل الحركة، متزامنة الحركة، ما بعد الحركة والتي يمكن ملاحظتها في الحقل.

1.4.9 معالم ما قبل الحركة

عادة ما يتغلف البورفيروبلاست المبكر بتورقات تكتونية لاحقة (شكل 9.9)، ولكن أيضا قد تُظهر أجسام أكبر (على سبيل المثال، بودين boudin) هذه العلاقة، محتفظة بمعادن و/أو أنسجة سابقة في البودين boudin. فهي تُعوّض عن ملاحظة دقيقة، وتسجيل وربما أخذ عينات بحيث يمكن فك شفرة التاريخ الكامل للصخرة. قد يكون الفتات أو الحبيبات ما قبل المعلم الحركي متشققة، منحنية أو حتى ممزقة؛ هذا النسيج يكون شائع في صخور ميلونايتية. يجب رسم آثار الشوائب في البورفيروبلاست، إن أمكن، بحيث أن أشكالها لا تكشف فقط التوقيت النسبي لنمو المعدن، ولكن من المحتمل أيضا معلومات حركية (شكل 10.9).

شكل 9.9 بلورات ستارولايت ما قبل الحركة مغلفة بقوة بواسطة شستوزية قوية (موجه عموديا). بعض البورفيروبلاست (على سبيل المثال، بلورة كبيرة في المركز) مطوقة بظلال إنفعال، مملوءة أساسا من قبل معدن باهت. المنظر عرضه حوالي 7 سم.



شكل 10.9 رسومات تخطيطية لحبيبات معدنية مع علاقات مختلفة للتشوه. (أ) حبيبات بوتاسيوم فلدسبار مكسرة ما قبل الحركة وبلورة تورمالين محشوة (أعلى اليمين)، مغلفة بتورق عالي الأنفعال. (ب) معدن غارنت متزامن الحركة مع آثار شوائب منحنية، تظهر إتجاه قص مستنتج

2.4.9 معالم متزامنة الحركة

ينبغي عليك دائما تسجيل ما المعدن (أو المعادن) الذي يُحدّد النسيج التكتوني الرئيسي، وأيضا أية أنسجة أخرى، خاصة إذا كانت هناك علاقة توقيت متميزة بينها (على سبيل المثال، أحزمة قصية تُشوه تورق سابق). تحديد المعادن التي تحدد تخططات مختلفة يمكن أن يعطي معلومات قيمة عن الظروف المتحولة أثناء التشوه. قد تشير ملاحظة دقيقة من أنسجة التخطط إلى أي المعادن كان مستقرا في ذلك الوقت، كما تشير النقاط الاتية:

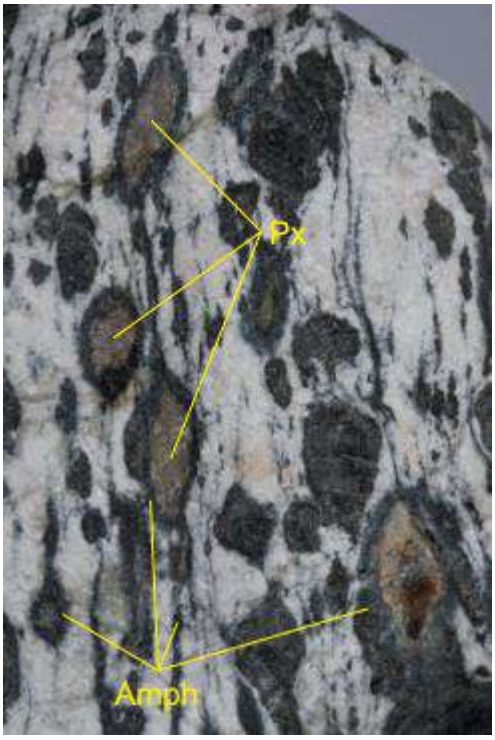
- حبيبات معدنية ممدودة في إتجاه واحد (معدن (معادن) مستقر أثناء التشوه)؛
- حبيبات متطاولة قد نمت في إنتظام (معدن (معادن) مستقر أثناء التشوه)؛
- حبيبات متطاولة قد تم أستدارتها إلى خط مستقيم (معدن (معادن) ليس مستقرا بالضرورة)؛

قد يعطي نمو معدن متزامن تكتونيا في ظلال ضغط أو حافات أو تمزقات معلومات قيّمة عن ظروف الضغط والحرارة خلال حدث تكتوني معين.

أحد أدلة الانفعال العالي في الصخور المتحولة هو تطور شكل العين augen، حيث قد خططت حبيبات أو فتات صلب ذيول من معادن معادة التبلور عند كلتا النهايتين. عموما، تتركب الذيول من حبيبات أكثر نعومة من نفس المعدن، والتي تقترح أن المعدن كان مستقر تحوليا تحت ظروف من القص. يتفاعل جوهر العين في بعض الحالات ليشكل معدن جديد، مما يعني أن معدن جوهر العين كان غير مستقر خلال القص. قد يوفر المعدن الجديد المتشكل من العين أدلة عن ظروف الحرارة والضغط المتغيرة في وقت التشوه (شكل 11.9).

3.4.9 معالم ما بعد الحركة

عادة ما تُظهر معالم ما بعد الحركة إتجاه عشوائي، مما يشير إلى تطور ثابت ما بعد الحركة. تعتبر الهالات غير المشوهة وأنطقة التفاعل هي مثال شائع، وكما الأشكال الزائفة حيث يتم توجيه الحبيبات المعدنية البديلة بشكل عشوائي (متقاطع). ومع ذلك، فإن المثال الأكثر وضوحا للتحول المعدني ما بعد الحركة هو عندما يكسو بورفيروبلاست موجه عشوائيا نسيج سابق (شكل 1.9). وهذا معلم شائع لصخور متحولة تماسيا (شكل 8.9ح). يوضح المثال العملي 2.9 كيف يمكن إستعمال الملاحظات المتنوعة لبناء تاريخ التحول.



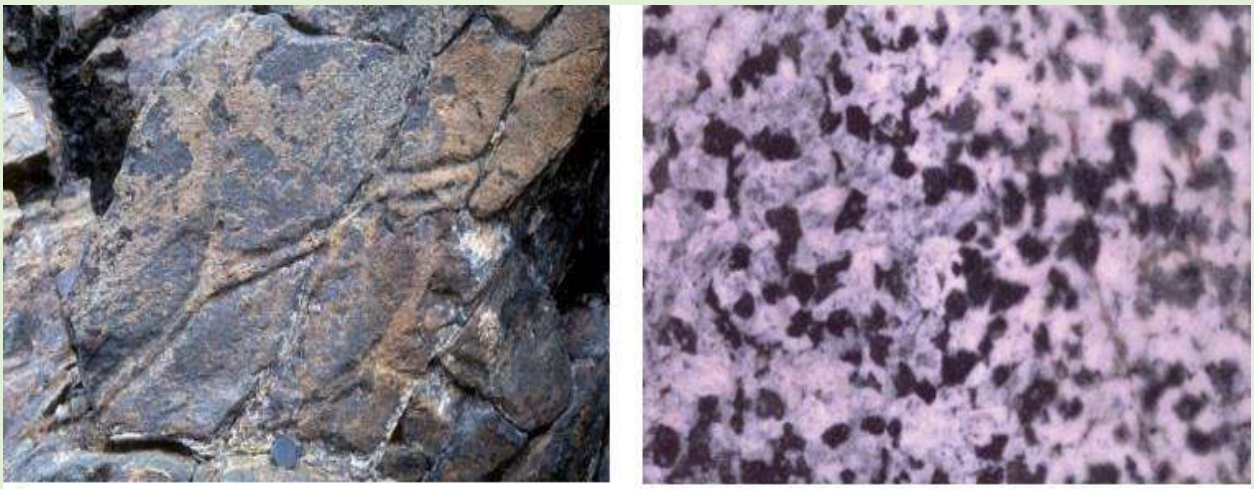
شكل 11.9 : عين من البايروكسين في غابرو متحول، مع حواف وذيول من الأمفيبول طويلة جدا في داخل التورق القوي

مثال عملي 2.9 : إستعمال ملاحظات متنوعة لبناء تاريخ تحول لقشرة محيطية غائرة

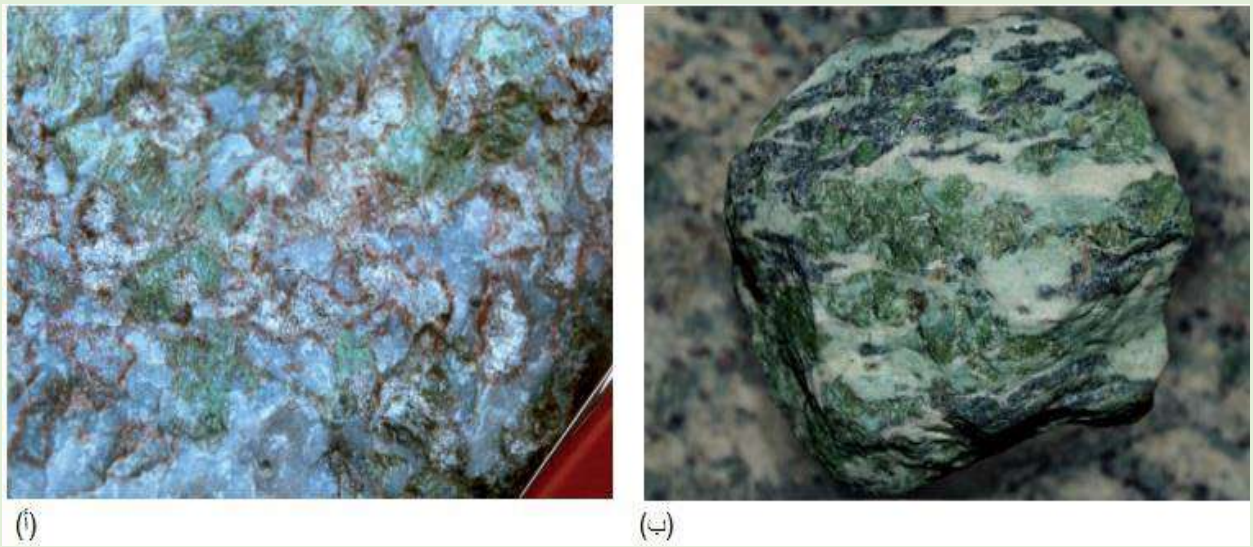
في قلب جبال الألب الغربية، قرب منطقة زيرمات، سويسرا، تم دراسة مجموعة من الصخور المافية المتحولة من قبل عدد من الباحثين. وقد تم تفسير الصخور على أنها جزء مشوه من قشرة محيطية (اوفيولايت) بإستعمال ملاحظات حقلية مثل المعالم المبينة في شكل 12.9.

لقد أستجابة صخور مختلفة ضمن الأوفيولايت بطرق متفاوتة للتشوه خلال التصادم القاري الذي شكل جبال الألب. العديد من أجسام الغابرو كانت مشوهة بصعوبة بإستثناء قرب حوافها، وبعض النماذج حفظت النسيج والمعادن النارية الأصلية (شكل 12.9ب). كما تظهر صخور الغابرو المتحولة الأخرى غير مشوهة، ولكن أعيد تبلورها بشكل كامل إلى مجاميع معدنية دالة على ظروف سحنة إيكلوجايت، في أعماق توحي على أنها كانت متحولة خلال الغور (شكل 13.9أ). يبدو ان تشكّل مجاميع سحنة الإيكلوجايت قد تعزز من خلال وجود مائع أثناء التحول المعدني (شكل 12.9ب). في بعض نماذج الغابرو المتحول المشوه بشكل ضعيف (شكل 13.9ب) يحدد التورق من خلال أمفيبول أزرق (غلوكوفان)، تشكل عند ضغوط اوطئ في حقل سحنة الشست الأزرق، عندما كان الاوفيولايت ينكشف بإتجاه السطح، في هذه الحالة ساعد التشوه على إعادة التبلور التحولي.

عادة ما تكون صخور البازلت المتحولة الضعيفة في بعض المناطق مشوهة بقوة اكثر، إما تحت ظروف سحنة الشست الأزرق، وإما عند ظروف حرارة وضغط اوطئ قرب سطح الأرض، في حقل الشست الأخضر. يسيطر على هذه الصخور المتحولة تراجعيا من قبل تورق قوي محدد من خلال معادن أمفيبول خضراء، إبيدوت وكلورايت.



شكل 12.9 دليل أن الصخور المتحولة في منطقة زيرمات كانت فيما مضى قشرة محيطية. (أ) اشكال معينيه مشوهة في بازلت متحول، فُسر كوسائد تشكلت في بازلت ثار تحت الماء. يشير التجمع المعدني إلى أن هذه الصخور كانت متحولة إلى سحنة إيكلوجايت، عند أعماق حوالي 90 كم (غطاء عدسة للمقياس عند قاعدة المكشف). (ب) معادن نارية (بلاجوكليز وبايروكسين) شبه مستقرة محفوظة في صخر غابرو متحول من نفس منطقة صخور البازلت المتحولة. المنظر عرضه حوالي 6 سم



شكل 13.9 أنسجة متحولة من صخور في منطقة زيرمات، سويسرا. (أ) غابرو متحول سحنة إيكلوجايت، مع بلورات خضراء من اومفاسايت (صوديوم بايروكسين) وهالات من غارنت أحمر تطوق اشكال زائفة غنية بالتالك. الأرضية الباهتة هي بلاجوكليز متغير. منظر عرضه حوالي 9 سم. (ب) غابرو متحول سحنة إيكلوجايت مع تورق سحنة شست أزرق ضعيف محدد من خلال أمفيبول أزرق داكن، الذي يلتف حول بلورات أمفوسايت (خضراء) ما قبل الحركة. منظر عرضه حوالي 7 سم

من هذه الملاحظات الحقلية لوحدها، يمكن أستنباط التاريخ التالي:

- تشكيل القشرة المحيطية تضمن صخور كتلية من البازلت والغابرو، كان بعضها بازلت وسادي تحت بحري؛
- غور هذه القشرة المحيطية إلى أعماق كبيرة خلال التصادم القاري؛
- تحول الصخور المافية عند ضغط عالي في سحنة الإيكلوجايت، مع صخور غابرو كتلية تقاوم التشوه في حين العديد من صخور البازلت المتحولة كانت مشوهة؛
- الإنكشاف الأولي للأوفيولايت، وبدون تسخين إضافي، طبع العديد من الصخور بمجاميع معدن سحنة شست ازرق متزامن تكتونيا.

الفصل العاشر

عمل خارطة جيولوجية

1.10 المبادئ والأهداف

الخارطة الجيولوجية هي أحد أكثر الأدوات أهمية في مهنة الجيولوجي. فهي تبين كيف تتوزع المعالم الجيولوجية (وحدات صخرية، صدوع، الخ.) عبر المنطقة. وهي تمثيل ثنائي الأبعاد لجزء من سطح الأرض، مصغرة إلى حجم يكون ملائم للعرض على ورقة أو شاشة حاسوب. تُدرج المعلومات عن البعد الثالث من خلال رموز المضرب والميل وعلامات تركيبية أخرى. تُعرض الوحدات الصخرية المختلفة كألوان مختلفة (و/أو زخارف) وتوضع فوق خارطة أساس تضاريسية لغرض تعيين الموقع بسهولة. كما تدرج أيضا معلومات إضافية عن المعالم مثل التركيب، الصخارية والطباقية، مما يسمح بتفسير ما تحت السطح. أكثر فأكثر، تخزن بيانات رسم الخرائط الجيولوجية مع معلومات ما تحت السطح في موديلات حاسوبية تسمح لتصور أكثر تطورا وتلاعب في الأبعاد الثلاث مما هو عليه مع الخرائط الورقية التقليدية.

تصنع الخرائط الجيولوجية لأسباب متنوعة، وأعتمادا على المنطقة، فهي:

- لتسجيل موقع مكاشف أو معالم جيولوجية معينة؛
- لتساعدنا على فهم التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما؛
- لتعيين موقع موارد طبيعية، وفهم الطريقة الأفضل لإستغلالها؛
- لتحديد المخاطر المحتملة (على سبيل المثال؛ صدوع، براكين، طبقات تحتية غير مستقرة، رواسب خطرة)؛
- لأكتساب نظرة ثاقبة حول البيئة القريبة من تحت السطح، التي تحكم الترب، التصريف، الزراعة والأنظمة البيئية؛
- لتوفير قاعدة لبناء مقطع عرضي جيولوجي مفصل لإستنباط وتصور الطبقات تحت الأرض.

يهدف رسم الخرائط الجيولوجية إلى ترشيح البيانات بطريقة مختصرة على خارطة أساس تضاريسية، وإنتاج تمثيل واضح ومفصل للجيولوجيا على مقياس مناسب. ينبغي أن تسمح النسخة النهائية من الخارطة المقروءة بتفسير جيولوجيا المنطقة بدون مساعدات أخرى – مع أن الخرائط عادة ما تُنشر مع تقرير موجز مصاحب يلخص معالم الوحدات الجيولوجية المبينة على الخارطة، جنبا إلى جنب مع مقاطع عرضية أفقية وعمودية. سيقدم هذا الفصل المهارات الأساسية المطلوبة لإنتاج خرائط جيولوجية ومقاطع عرضية. وتطبيق المبادئ الأساسية لرسم الخرائط مهما كانت الأدوات المستخدمة – أكانت أقلام رصاص وورق، أو حواسيب محمولة والتي هي مفضلة بشكل متزايد في المسوحات الجيولوجية. التفاصيل المحددة لهكذا طرق في رسم خارطة إلكترونية هي خارج نطاق هذا الكتاب.

2.10 التحضير والمواد

يتوفر التوجيه بشأن التحضير والمعدات الحقلية في الفصل 2. تبحث الفقرات التالية بتفصيل أكثر عن كيفية الاستعداد لرسم خارطة جيولوجية.

1.2.10 خرائط أساسية وخرائط مساعدة أخرى

خرائط تضاريسية

يعتمد رسم خرائط جيولوجية جيدة على خرائط أساس جيدة. يجب عليك معرفة ما هو متوفر لمنطقة رسم الخارطة بشكل جيد قبل أن تبدأ، بحيث تستطيع أن تُقيّم أي الخرائط مناسبة للإستعمال (وعلى أي مقياس). تنتج العديد من الدول خرائط تضاريسية بنوعية جيدة بناء على 'الشبكة الوطنية' المصممة تحديدا لذلك البلد، وهي متوفرة رقميا على نحو متزايد. بالنسبة لبعض البلدان أو الأقاليم قد تكون الخرائط الجيدة مكلفة أو من المستحيل الحصول عليها. من الضروري في هذه الحالة، تسجيل موقعك في الحقل بإستعمال وحدة نظام تحديد المواقع الجغرافية العالمي GPS المحمول، إضافة إلى أي خرائط موجودة، وسواء صور جوية أو صور أقمار صناعية.

عموما تُرسم الخرائط الأساسية بإستعمال شبكة، وهي عادة شبكة وطنية محددة لبلد معين. غالبا ما يكون شمال الشبكة على الخارطة مساوي تقريبا للشمال الحقيقي (محور دوران الأرض)، ولكن قد يكون هناك أختلاف قليل، كما موضح في فقرة 3.2 ومبين في شكل 4.2. لمقارنة أي قراءات بوصلة مأخوذة في الحقل مع الإتجاهات على الخارطة، يجب أن تصحح للفرق الزاوي بين الشبكة والشمال المغناطيسي، حيث قد يكون هذا

الأختلاف كبيرا أعتمادا على المنطقة والسنة. توضح فقرة 3.2 كيف تضبط بوصلتك قبل أن تستعملها لرسم الخارطة.

يتضمن شكل 1.10 خارطة بمقياس 1:25,000 فيها عدة معالم قد تكون مفيدة بشكل خاص لرسم خارطة:

- خطوط كنتورية تضاريسية تحدد الأشكال الأرضية في المنظر الأرضي وتعطي أرتفاعات؛
- معالم نقطية تؤخذ عليها نقاط الرصد أو الإتجاهات (على سبيل المثال، ركام على صخرة ميكلي عند NX 342572، ركن مزارع صنوبرية عند NX 348579، ركن جدار على قمة تل بابليس عند NX 361583)؛
- معالم خطية لفحص زاوية إنحراف البوصلة (على سبيل المثال، جدار يسير شمال شرق من طريق ثانوي عند NX 342580)؛
- بقع أرتفاعات لمعايرة مقياس الأرتفاع (على سبيل المثال، تقاطع طريق عند NX 357580)؛
- موقع مكاشف محددة (على سبيل المثال، فوق كريكدو مور عند NX 339572)؛
- مؤشرات غطاء نباتي (على سبيل المثال، مستنقعات عند NX 351575، أشجار منخفضة عند NX 338575، مراعي وعرة عند NX 343574).

شكل 1.10 مقتطف من خارطة تضاريسية 1:25,000 لجزء من جنوب اسكتلندا، من المساحة البريطانية (ضمن شبكة مربعة 10 كم 35(25)NX). مربعات الشبكة هي 1 كم عرضا، والفترات الكنتورية هي أمتار.

ينكشف على هذه الخارطة صخر الأساس في الركن الجنوبي الغربي، مع مكاشف صخرية قليلة مؤشرة في أماكن أخرى. ولكن، قد لا تكون المكاشف الأخرى ظاهرة مثل تلك الموجودة في الجداول. لا تعطي رموز المكاشف في هذه الحالة أنطباع قوي لمضرب الطبقات، ولكن في العديد من الخرائط تمتد المكاشف في إتجاه المضرب. في النصف الشرقي هناك عدة تلال متميزة بحدود بيضوية (على سبيل المثال، سبيتال هيل عند NX 357576)، مع محاور طويلة مصطفة شمال – جنوب تقريبا. فقدان مكاشف صخر الأساس وحدودها الناعمة يعني أنها قد تكون معالم تشكلت من رواسب سطحية خلال العصر الجليدي الأخير، مثل تلول مثلجية drumlins.

صور جوية

قد تستعمل الصور الجوية لرسم خارطة، سواء بإستعمال غطاء شفاف، أو رسم خارطة مباشرة على صور مكبرة إلى مقياس مناسب (على سبيل المثال، 1:7000). قد توفر صور الأقمار الصناعية تغطية لمناطق رسمت بطريقة أخرى على نحو رديء، ولكن عموما أقل دقة (على سبيل المثال، 60 سم بيكسل بالنسبة للكويك بيرد، 15 – 30 سم بيكسيل بالنسبة للاند سات). تغطية ودقة هكذا صورة سوف تتحسن بلا شك، مع أن التوفر (والكلفة) قد يبقى خاضع للضغوط السياسية والتجارية. ينبغي نقل أي بيانات خارطة مرسومة بدقة على الصور إلى خارطة عند العودة من الحقل، وستكون خاضعة لأنواع مختلفة من التشويه المتأصل في هكذا صور. يُقّيم جدول 1.10 المزايا النسبية للصور الجوية وصور الأقمار الصناعية.

صور الأقمار الصناعية

بعض المرئيات واطئة الدقة (على سبيل المثال، لاند سات) تكون متاحة مجانا على شبكة الإنترنيت، ولكن هذا الإستعمال محدود بالنسبة لرسم خارطة مفصلة، مع أنها قد تساعد على توفير سياق إقليمي. ومع ذلك، يتزايد عرض مدى من البيانات (خرائط، مرئية قمر صناعي عالي الدقة والصور الجوية) على الإنترنيت، سواء في منظر ثنائي أو منظور ثلاثي الابعاد، عبر وسطاء مثل غوغل مابس، غوغل إيرث، خرائط بينك (محرك بحث) مايكروسوفت. تعمل هذه الأنظمة على توفير قدرات التصور لنظم المعلومات الجغرافية GIS لأي مستخدم إنترنيت، ويمثل مصدرا لا يقدر بثمن عند التخطيط لرسم خارطة، وخاصة للمناطق النائية والمرسومة على نحو رديء. تسمح جودت الصورة في بعض المناطق بتحديد معالم كالطرق، مسارات، جداول ومكاشف، موفرة معلومات لوجيستية مفيدة يمكن أن توجه استراتيجية رسم الخارطة في الحقل.

جدول 1.10 المزايا والمساوئ للصور الجوية والمرئيات الفضائية لرسم الخرائط الجيولوجية

الطريقة	المزايا	المساوئ
صورة جوية	– تصوير واضح لمعالم المشهد الأرضي. – قد تُظهر تفاصيل أكثر من الخارطة. – قد تُفسر الاشكال الأرضية قبل رسم الخارطة. – المعالم الواضحة في الصور تجعل من السهل تحديد موقعك	– تغطية عالمية محدودة – مكلفة؛ نادرا ما تتوفر مجانا. – قد تكون قديمة: قد يتغير المشهد الأرضي. – قد يكون من الصعب الحصول على بعض المناطق. – ينبغي تصحيح التشوهات من خلال المعالجة. – عدم وجود خطوط كنتورية؛ قد لا تكون المنحدرات واضحة
صورة فضائية	– تميل لإظهار مناطق اوسع. – متوفرة بسهولة أكثر (مثل، لاندسات) – مصادر أكثر من المرئيات المجانية – معلومات أكثر في حزم طيفية مختلفة: تسمح بالتفسير قبل رسم الخارطة. – صور جديدة يجري بإستمرار اكتسابها	– معظمها أقل دقة من الصور – تغطية محدودة للصور عالية الدقة – الصور عالية الدقة مكلفة – غالبا ما تكون التضاريس أقل وضوحا من الصور الجوية – قد تكون قديمة: قد يتغير المشهد الأرضي – ينبغي تصحيح التشوهات من خلال المعالجة – الغيوم قد تحجب المنطقة

بيانات إضافية

قد تكون البيانات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية متوفرة لبعض المناطق، ويمكن لخرائط الجاذبية والشذوذ المغناطيسي أن توفر معلومات قيمة حول التراكيب تحت السطح على مقياس كبير والتي قد تؤثر في الجيولوجيا السطحية.

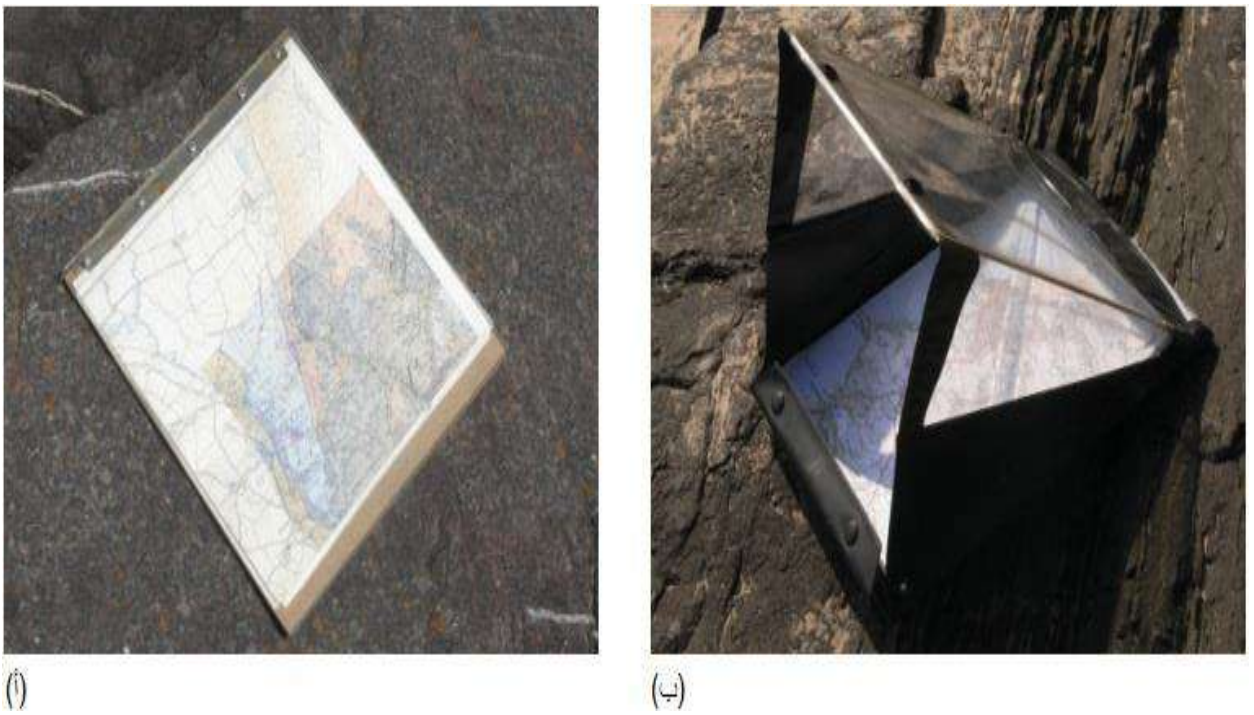
2.2.10 المعدات اللازمة لرسم الخرائط

تم تغطية إستعمال الأدوات في العمل الحقلي الجيولوجي في الفصل الثاني (الجداول 1.2 – 3.2)، وسيتم هنا التطرق إلى بعض الملاحظات الإضافية المتعلقة بالمعدات اللازمة لرسم الخرائط الجيولوجية (جدول 2.10). يعتبر شريط القياس المستعمل من قبل المساحين بطول (30 م) مفيد في العمل الحقلي (على سبيل المثال، شكل 13.2 فقرة 1)، مع ذلك يجب عليك أيضا ممارسة قياس المسافات بالخطوة بدقة. تعد حقيبة الخارطة (شكل 4.10) أمر ضروري لحماية الخرائط الحقلية من العناصر (المطر، الشمس، الغبار). ينبغي أن يكون لحقيبة الخارطة الجيدة غطاء يمكن النظر من خلاله حتى تتمكن من التحقق من موقعك وبياناتك بسرعة. كما يجب أن تسمح الحقيبة على إضافة البيانات إلى الخارطة بسهولة، مع قاعدة صلبة يمكن الكتابة وتعيين المواقع عليها. توفير مشابك أو أربطة مطاطية قوية لمسك الخرائط الحقلية والأوراق الأخرى في مكانها أمر لا غنى عنه. بعض الجيولوجيين يدعم التدرب على رسم الخرائط مباشرة على خارطة أساسية، والبعض الآخر يفضلون إستعمال غطاء لدن مقاوم للمطر مثل مايلر Mylar (شكل من راتنجات البوليستر)، والذي يسمح بمحو متعدد بدون إفساد الورقة. يجب أن تكون أغلفة مايلر مربوطة بشدة إلى الخارطة الأساس (أو الصورة الجوية) في الجزء العلوي، ولكن تترك غير مربوطة عند الجزء الأسفل بحيث يمكن رفع الغطاء لتدقيق المعالم تحتها.

يمكن إستعمال بوصلة – مقياس ميل نوع سيلفا لقياس ورسم مباشر لقيم السمت على الخارطة عن طريق ضبط قرص البوصلة – مقياس الميل المدرج على السمت ومن ثم أتباع التعليمات في خطوة 3 من شكل 12.2، وتعتبر المنقلة إضافة مفيدة أيضا. إذا كنت تستعمل بوصلة – مقياس ميل نوع برونتون، فالمنقلة هي إضافة ضرورية إلى معداتك. عموما، ينبغي في الحقل رسم البيانات التركيبية بدقة كخطوط المضرب وسهم التخطط بقلم رصاص على الخارطة. ويجب في نهاية اليوم أن تدقق وتحبر. ينبغي أيضا أن تكون مواقع البيانات المرقمة معلّمة بدقة، ومرتبطة بالرقم الموقعي مع بيانات مسجلة بشكل منهجي في المفكرة. إذا كنت ترسم خارطة لسطح تماس (فقرة 5.2.10)، يجب أن ترسم الحدود بدقة في الحقل. سواء كنت تستعمل أقلام حبر أو أقلام رصاص، يجب أن تكون بيانات وخطوط الخارطة حادة وواضحة. تُستعمل أقلام الحبر بشكل أكثر شيوعا في التحبير عند نهاية العمل اليومي. تفيد المسطرة في قياس المسافات على الخارطة، ولكن هناك أيضا "مقاييس" مع تدرجات مطابقة لمقاييس خارطة معينة، بحيث لا حاجة للتحويل ويمكن قراءة المسافات مباشرة. قد تحتاج إلى مقاييس بريطانية وكذلك مترية في حال كان رسم الخرائط على خرائط أساس قديمة.

جدول 2.10 ملخص المعدات المطلوبة لرسم خارطة (أنظر أيضا جداول 1.2 – 3.2)

معدات رسم الخارطة
مسطرة
منقلة
حقيبة خارطة
خرائط أساس
مشابك/أربطة مطاطية
أقلام حبر
أقلام رصاص ملونة



(أ) (ب)

شكل 2.10 (أ) حقيبة خارطة منزلية الصنع (عرض 30 سم) تدمج لوح صلب للرسم، وورق البيرسبيكس (بلاستيك شفاف صلب مصنع من البولي ميثال ميثاكريليت) المفصلي لحماية صفحات الخارطة بدون تعتيمها. (ب) حقيبة خارطة ثانية، لها قاعدة لحفظ اوراق حجم A4. المفصل على الغطاء اللدن هو نابضي بحيث يحتفظ بالموقع على الصورة إلا إذا كان محكم؛ تساعد الالواح الجانبية على حماية الاوراق من العناصر الجوية، في حين تسمح للوصول إلى الخارطة الحقلية

3.10 الموقع

تم تغطية العديد من المهارات الأساسية في الفصل الثاني، وهنا سنتطرق إلى بعض التقنيات بإيجاز.

1.3.10 المعدات

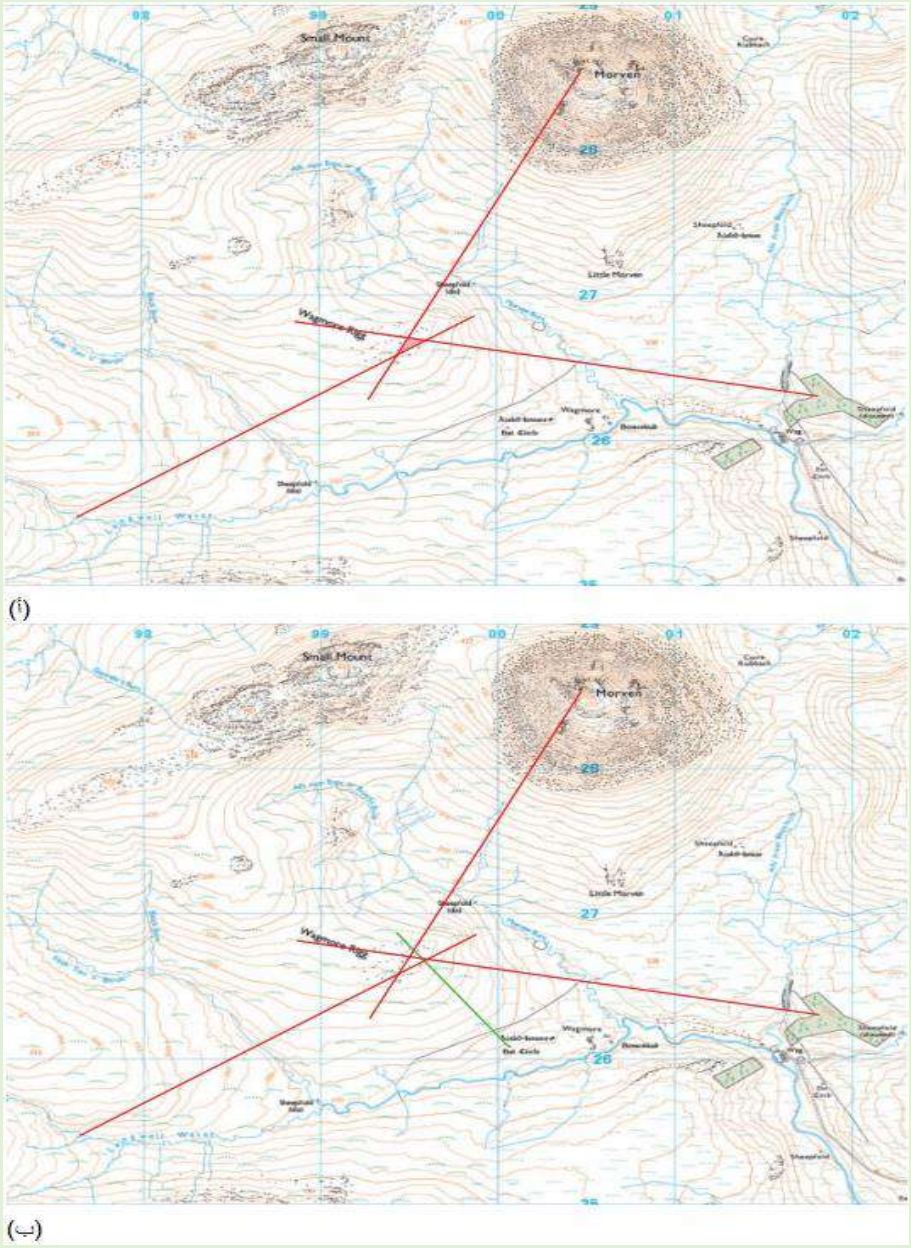
وحدات نظام تحديد المواقع العالمي GPS المحمولة هي أداة مساعدة قيمة في رسم الخرائط، ولكنها قد تفشل في بعض الحالات (الفقرة 6.2). إذا كنت تعمل في مناطق نائية، تأكد من أخذك بطاريات أحتياطية لجهاز نظام تحديد المواقع العالمي (أو بدلا من ذلك شاحن بطاريات يعمل بالطاقة الشمسية). من المهم إزالة البطاريات من جهاز نظام تحديد المواقع العالمي والتي لن يتم إستعمالها لفترة من الوقت (أسابيع او أكثر). خذ معك دائما بوصلة (بوصلة – مقياس ميل) كدعم (فقرة 3.3.2)، وفكر في أخذ مقياس الأرتفاع، لا سيما إذا كنت ترسم خارطة لمنحدرات مزروعة بكثافة حيث يصعب أخذ الإتجاهات، أو في منطقة ذات نقاط أستدلال قليلة و/أو خرائط أساس رديئة.

2.3.10 إستعمال خرائط الأساس

قد تسمح لك خرائط الأساس الجيدة بتحديد موقعك ببساطة نسبة إلى معالم من خلال المعاينة. قياس المسافات مشيا في موازاة معلم خارطة خطي (طريق، مجرى، جدار؛ أنظر شكل 1.10) هي أحدى الطرق في تحديد موقعك خلال رسم الخرائط. ينبغي عليك تثبيت معدل طول خطوتك، والخطى بوتيرة ثابتة؛ تذكر أن طول الخطوات سيكون أقصر على المنحدرات مما على السهول. غالبا ما تكون إتجاهات البوصلة مفيدة جدا (على سبيل المثال، لغرض التثليث كما في المثال العملي 1.10). إذا كنت بالفعل على معلم خارطة خطي (على سبيل المثال، مسار، سياج)، يمكن أخذ تصويب على معلم رئيسي أو نقطة أستدلال وإيجاد موقعك من تقاطع ذلك التصويب مع المعلم الخطي (فقرة 3.3.2). أختر معلم ما في إتجاه زاوي bearing بزاوية عالية إلى إتجاه المعلم الخطي لتحسين الدقة، وتذكر أن المعالم الأقرب إليك (لنقل، بعيدا 100 م) سيؤدي ذلك إلى اتجاهات أكثر دقة من المعالم البعيدة. تكرار العملية مع معلم ثاني، إن أمكن بحوالي 90 درجة مع المعلم الأول، يجب أن يؤكد صحة موقعك. تذكر ان البوصلات تعطي الإتجاه المغناطيسي للمعلم، والتي تحتاج إلى أن تحول إلى شبكة شمالية للمقارنة مع خارطة الأساس (فقرة 3.2).

مثال عملي 1.10 محاولة التثليث

يبين شكل 3.10 خارطة تضاريسية لمنطقة نائية مع عدد قليل من معالم رئيسية أو نقاط أستدلال حيث حدث فشل في نظام تحديد المواقع العالمي.



شكل 3.10 (أ) محاولة أولية في تثليث موقع في منطقة نائية بعدد قليل من معالم أو نقاط أستدلال مناسبة. تتقابل خطوط الاتجاه الثلاث المرسومة في مثلث خطأ (مضلل باللون الأحمر)، وبالتالي لم يتحدد الموقع بدقة عالية. (ب) محاولة منقحة في تثليث الموقع في (أ). إتجاه الخط المرسوم الرابع (أخضر) يقابل أثنين من الخطوط السابقة في مثلث خطأ أصغر، وبالتالي يحدد الموقع بدقة أكثر.

تعين تحديد المواقع من خلال التثليث، بإستعمال المعالم الرئيسية القليلة التي كانت مرئية ومعّلمة على الخارطة. جرت محاولة أولية في التثليث، مما أسفر عن ثلاثة اتجاهات لثلاث معالم رئيسية او نقاط أستدلال بعيدة نوعا ما مدرجة في جدول 3.10.

جدول 3.10 قائمة معالم رئيسية او نقاط أستدلال واتجاهات متناظرة مستعملة لمحاولة تثليث اولية

معلم نقطة الأستدلال	معلومات الشبكة	اتجاه مصحح
قمة مورفن Morven	NJ 005285	028 °
ركن واك وود Wag Wood	NJ 018263	100 °
إلتقاء جداول	NJ 976255	238 °

يرسم هذا التثليث الأولي على شكل 3.10أ بإستعمال ثلاث خطوط حمراء. ربما لأن نقاط الأستدلال ليست قريبة جدا من موقع الشخص الذي يرسم الخارطة، كان هناك بعض الأخطاء في القياسات، وهذا يؤدي إلى ثلاث خطوط حمراء لا تتقابل في نقطة واحدة، وإنما تتقابل في مثلث خطأ يعرف باسم "قبعة مطوية" 'cocked hat'.

لحسن الحظ أمكن عمل اتجاه إضافي على نقطة أستدلال منفصلة لحل عدم الدقة في الموقع. يظهر شكل 3.10ب نتيجة هذا القياس الإضافي، رسم كخط أخضر. هذا الخط يتقاطع مع خطين أحمرين في مثلث خطأ أصغر كثيرا، ويقطع الخط الأحمر الثالث بمسافة أبعد بعض الشيء إلى الشمال الغربي. حقيقة ان نقطة الاستدلال الرابعة أقرب إلى موقع راسم الخرائط بدلا من نقاط الاستدلال الأخرى يعني أن هذا الاتجاه من المرجح أن يكون أكثر دقة. لذلك نقح موقع راسم الخرائط إلى مركز مثلث الخطأ الأصغر، تشكل بواسطة الخط الأخضر والخطين الأحمرين، معطيا موقع يكون محدد أكثر ودقيق أكثر منه في شكل 3.10أ.

4.10 عمل خارطة حقلية

يهدف رسم الخرائط إلى تسجيل أكبر ما يمكن من المعلومات ذات الصلة عن جيولوجيا المنطقة بإستعمال خرائط حقلية ومفكرة، ومن ثم إيجاد تفسير لتلك الملاحظات في شكل نسخة خارطة نهائية مقبولة، والتي قد تتضمن مقاطع عرضية تفسيرية. تلخص هذه الفقرة كيفية تسجيل المعلومات على خرائط أساس تضاريسية تأخذها إلى الحقل.

1.4.10 معلومات تسجل على خرائط حقلية

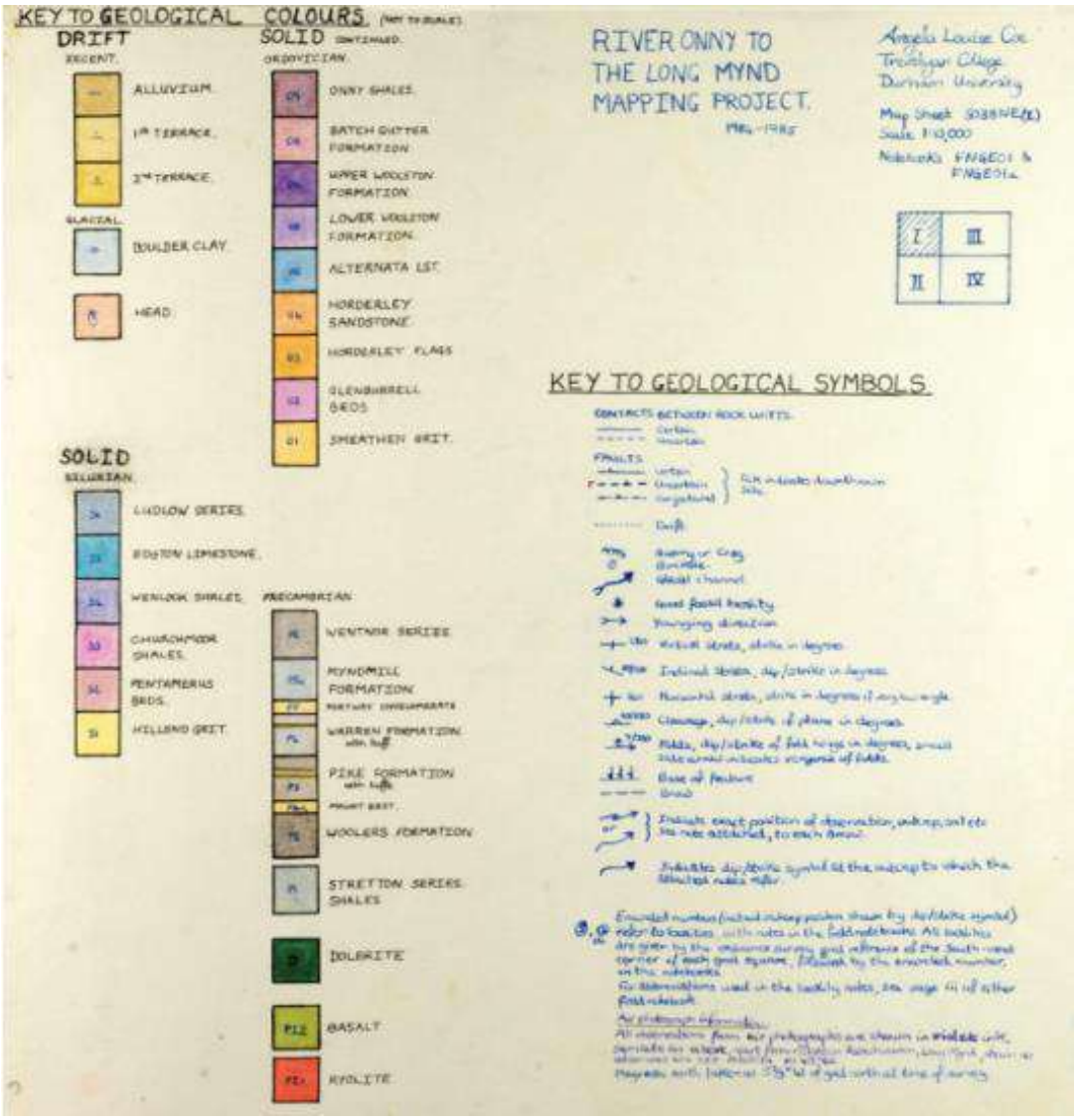
الخرائط الحقلية هي سجلات قيّمة للملاحظات والبيانات التي جمعت في الحقل، والتي منها سوف ترسم التفسيرات الجيولوجية اللاحقة. ينبغي أن تكون خارطتك الحقلية (ومفكرتك) مفهومة لأي جيولوجي يرغب بعمل

تفسيرات فيما بعد؛ لا ينبغي أن تكون مجرد سجلات شخصية. ينبغي أن تسجل الخرائط الحقلية الجيولوجيا التي تراها، وأيضا الدليل على أية إستنتاجات جيولوجية (فقرة 4.5.10)، والتمييز بين معالم تلاحظ مباشرة ومعالم استدلالية. يعتمد مستوى التفصيل في الخرائط الحقلية على الوقت المتوفر، وأيضا مقياس رسم الخرائط. يمكن تسجيل تفصيل أكثر (وبيانات) لمنطقة 1 كم^2 ترسم لها خارطة في يومين من منطقة 100 كم^2 ترسم خارطتها في نفس الوقت.

حافظ على خرائطك الحقلية بعناية؛ إستعمل صفحات مفردة تلائم حقيبة الخارطة، حيث أن الصفحات المطوية تتلف بسرعة بحيث يمكن فقدان بيانات أو تفاصيل تضاريسية مهمة. تأكد من أن كل صفحة خارطة حقلية تمتلك المعلومات في جدول 4.10 (على ظهر الصفحة إذا لم تكن هناك مساحة كافية كما في شكل 4.10). يوفر جدول 5.10 ملخصا للأنواع الأخرى من المعلومات التي يمكن إدراجها في الخارطة الحقلية، وبعض الأمثلة معطاة في شكل 5.10. سوف يعتمد التركيز على الغرض من الإستعمال.

جدول 4.10 قائمة من المعلومات المدرجة في كل خارطة حقلية

الإضافات إلى الخارطة الحقلية
مقياس وإشارة الشمال الجغرافي
تفسير الألوان المستعملة
العمود الطباقي (إذا كان مناسبا)
قائمة الرموز غير القياسية المستعملة
إشارة مرجعية إلى مفكرة (مفكرات) مستعملة
أسم وتفاصيل الأتصال للمؤلف
تاريخ رسم الخارطة
الإتجاه المرجعي للبيانات التركيبية (على سبيل المثال، شبكة شمالية)



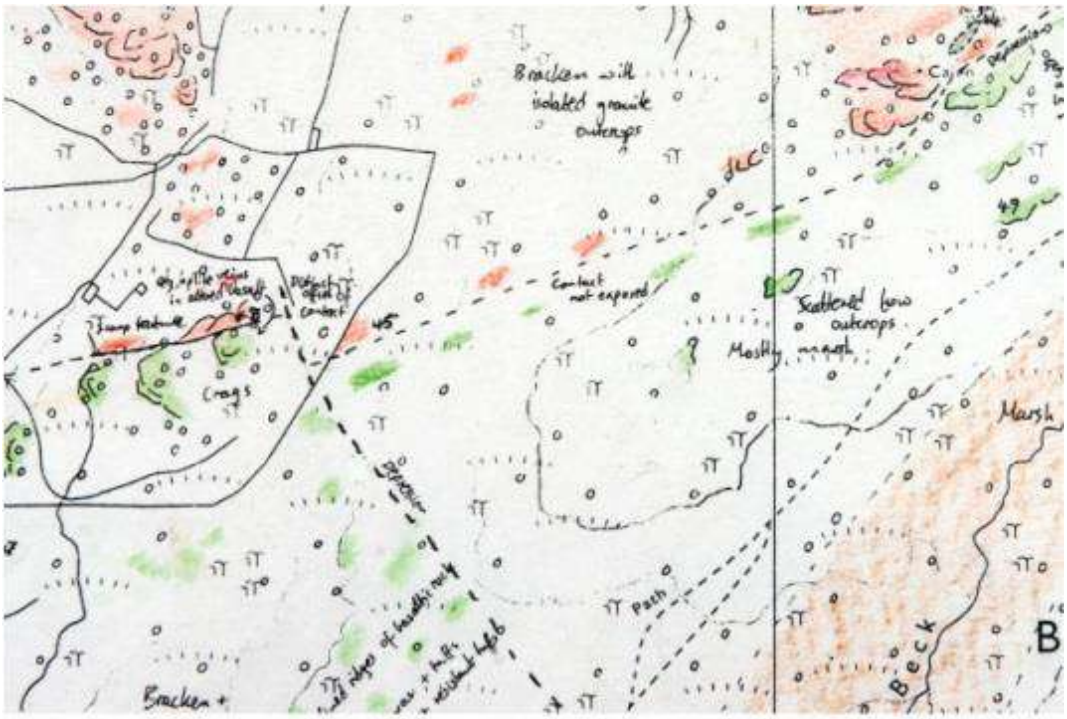
شكل 4.10 تصميم منظم جيدا لمعلومات إضافية على خارطة حقلية تحتوي على معظم العناصر المذكورة في جدول 4.10، بما في ذلك رسم صغير يظهر كيف ترتبط ورقة الخارطة الحقلية هذه مع ثلاثة اوراق مجاورة منتجة لأجل المشروع (جانب خلفي من خارطة حقلية)

ينبغي ان تكون الخرائط الحقلية متقنة، مرسومة بقلم رصاص دقيق وحاد، ويجب أن لا تتضمن الكثير جدا من الرموز والملاحظات بحيث تصبح الخارطة فوضوية. سجل ملاحظات أكثر تفصيلا، وملاحظات تركيبية عديدة في مفكرتك، مع مواقع مؤشرة على الخارطة. علّم المواقع على الخارطة الحقلية بنفس الأرقام المستعملة في المفكرة، وأحطها بحلقة أو صندوق لتمييزها عن الأرقام الأخرى في الخرائط الحقلية (شكل 5.10ج). علّم الصدوع وعدم التوافقات (على سبيل المثال، بحرف "ص" او "عت")، عندما لا تكون سماكات

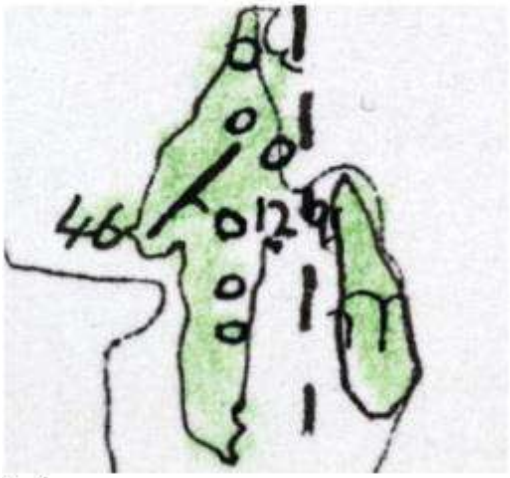
خط قلم الرصاص موحدة (يمكنك أيضا إستعمال أقلام رصاص ملونة لتمييز الخطوط المختلفة). لوّن المكاشف الصخرية على نحو خفيف (شكل 5.10أ) وعلّمها بوحدات صخرية مناظرة لها بأحرف و/أو أرقام. ينبغي تعيين موقع رموز البيانات التركيبية المهمة (ملحق م10، شكل م3.10) بدقة في الحقل، على أو أقرب ما يمكن إلى مواقعها، ومن ثم تدقق وتحبر فيما بعد (فقرة 1.6.10). تعيين موقع دقيق يشجع راسم الخرائط على تدقيق إتجاهات البيانات التركيبية في فترات قصيرة، والتي في المقابل تبقيه في حالة تأهب للإزاحات الدقيقة في الإتجاهات التركيبية. الأصطلاح يكون لموقع يقع عند تقاطع خط المضرب وعلامة الميل (معلم مستوي؛ شكل 5.10ب)، أو رأس إشارة السهم (معلم خطي). خطوط المضرب وإشارة الأسهم مهمة حيث تُظهر التغيرات في مضرب الطبقات أو إتجاهات التخططات، وبالتالي تشير إلى حيث يتم البحث عن الحدود والمعالم.

جدول 5.10 معلومات تسجل على خارطة حقلية. يحدد مستوى التفاصيل من خلال الوقت المخصص ومقياس رسم الخارطة. الرموز الاصطلاحية (المتفق عليها) المستعملة لتعيين موقع تلك البيانات معطاة في ملحق م10 (شكل م3.10).

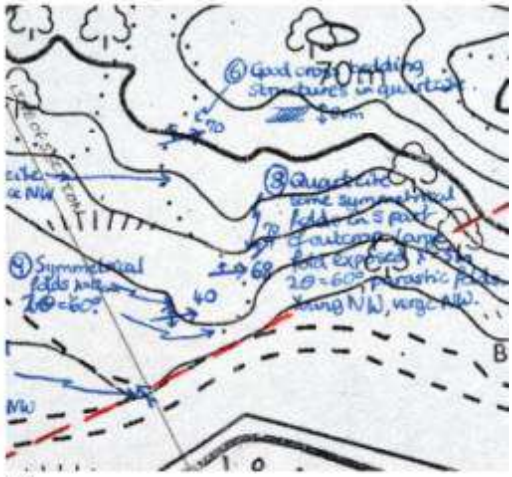
المعلومات	التعليقات
مكاشف صخرية	الموقع: الأمتداد إذا كان مناسبا، الطبيعة (على سبيل المثال، من صنع الإنسان). ملاحظات مختصرة عن أنواع الصخور او السحنات، ومعلومات أخرى مهمة (على سبيل المثال، أحافير، معادن دالة، تراكيب)
بيانات تركيبية	الرموز والقياسات (على سبيل المثال، ميل \ مضرب، غطس \ إتجاه) للتطبق، التورقات، التخططات، محاور الطية، إتجاه الفواصل، الخ)
مواقع المفكرة	علّم تلك المواقع بوضوح حيثما قمت بعمل ملاحظات مفصلة في كتابك
مواقع العينات	علّم المواقع حيث أخذت النماذج (صخرة، متحجر، راسب، ماء، الخ)؛ من الأفضل ربط هذه المواقع مباشرة مع مواقع المفكرة
صور، رسومات تخطيطية	حدد أين أخذت الصور الفوتوغرافية او أين تم عمل الرسومات الحقلية إذا لم يكن في موقع المفكرة
سطوح تماس رئيسية	صخارية وتكتونية: خط غير متقطع حيثما يلاحظ، وخط متقطع حيثما يستنتج
أدلة إضافية	على سبيل المثال معالم تضاريسية، تصريف، تربة، غطاء نباتي (شكل 7.10أ)
رواسب سطحية	على سبيل المثال مادة طموية، جليدية \ جليدي نهري، رمل، خث، شرفات نهرية، الخ.
درجة المكشف	تعليقات حول نوعية وكمية المكشف، التجوية، غطاء التربة، الخ.
مخاطر	ملاحظة مخاطر ليست واضحة من خارطة الأساس



(أ)



(ب)



(ج)

شكل 5.10 (أ) خارطة حقلية لمنطقة. المكاشف ملونة، ولكن ليست محددة او مميزة برمز وحدة. التدوين متفرق، ولكن يتضمن بعض التعليقات حول معالم الغطاء النباتي والمشهد الأرضي المتعلقة بالجيولوجيا تحت السطح (منخفضات، منحدرات، أرض مستنقعات). (ب) جزء مكّبر من خارطة حقلية مجاورة، يظهر رمز خط مضرب مرسوم عند موقع رقم 46. خط المضرب مرسوم بدقة، مع علامة قصيرة تشير إلى ميل الطبقة إلى الجنوب الشرقي عند 12 درجة، وتم رسم محيط المكشف بإستعمال خط قلم حبر رفيع أسود. هذه الخارطة يمكن تحسينها بإستعمال لون لتمييز خطوط رسم الخارطة بشكل أفضل عن خارطة الأساس، ومن خلال تطويق رقم الموقع للتوضيح. (ج) خارطة حقلية من تدريب على رسم خارطة موجزة. أرقام المواقع مطوقة، ومواقعها محددة من خلال الأسهم. ملاحظات مفصلة تتنافس مع رموز تركيبية فيما يتعلق بالمساحة، والخارطة مزدحمة نوعا ما.

2.4.10 الخارطة المتطورة

تقسيمات صخارية رئيسية

قد يكون هناك مخطط طباقي موجود يمكنك تبنيه أو تكييفه لتحديد وحدات أنواع الصخور المختلفة ضمن المنطقة المرسومة، وفي هذه الحالة ينبغي أن تكون المعايير لتعريف الوحدات موثقة سابقا. ومع ذلك، قد تحتاج إلى تطبيق تعريف الوحدات الخاص بك، إما لأنك مشغول في قيادة مجموعة العمل الحقلي، وإما لأن المخطط الموجود غير مناسب (على سبيل المثال، ليس مفصل بما فيه الكفاية). وهذا يكون عادة ممكن فقط بعد قيامك بفحص أنواع الصخور الرئيسية في المنطقة، على الرغم من أن أي مخطط يمكن تعديله لاحقا.

ربما من الجيد تذكر أن تعريف التكوين الجيولوجي هو وحدة قابلة للرسم على مساحة كبيرة، مع خصائص تميزه عن الوحدات المجاورة. تمتلك الوحدات المخططة عموما سطوح تماس متميزة مع الوحدات المجاورة، رغم أن حدود بعض الوحدات قد تكون إنتقالية أو غير واضحة، حيث لا توجد هناك حدود لسمك التكوين. قد يخصص تكوينين أو أكثر مع معالم مشتركة كمجموعة. معظم الصخور النارية والعديد من سطوح التماس الرسوبية هي حادة جدا (على سبيل المثال، حافات قاطع ناري، مستويات تطبق). ومع ذلك، بعض حدود الوحدات هي أقل وضوحا (على سبيل المثال، حدود النطاق المتحول، الحدود بين الوحدات الرسوبية التي تخضع لقانون والثر). قد تكون المعايير التالية مفيدة في تحديد مدى من الوحدات الصخارية:

- نوع الصخر الرئيسي (ناري، رسوبي، متحول)؛
- تغير تركيبي (محدد من خلال تغيرات في اللون، المعدنية، التجوية، الخ)؛
- تغيرات الحجم الحبيبي (على سبيل المثال، رواسب فتاتية سليكية، صخور فتاتية بركانية، سحنات نارية إندساسية)؛
- تغير نسيجي أو تركيبي (عموما تشير إلى تغير في العملية)؛
- تغير في تجمعات الأحافير (طباقية حياتية)؛
- تغير في مجاميع معدنية (أنطقة متحولة، وصف الصخور النارية).

تقسيمات فرعية صخارية وطبقات دالة

إن نوع ومقياس رسم الخرائط يتحكم في الكيفية التي يجب أن يكون بها المخطط مفصلا في تصنيف الوحدات الصخارية. قد تمتلك منطقة كبيرة مدى واسع من أنواع الصخور التي يسهل تصنيفها. رسم خرائط

مناطق أصغر، أو تلك المناطق التي بها أختلافات قليلة في نوع الصخور، تتطلب تمييز على معيار دقيق. على سبيل المثال، قد تُحدد الوحدات البركانية من خلال وفرة البلورات الكبيرة المختلفة، أو الوحدات الرسوبية من خلال نسب الرمل والغرين النسبية. قد تحتاج هكذا تقسيمات ثانوية إلى سجلات مفصلة من مقاطع معينة لتحديدها.

إن الوحدة الأساسية القابلة للرسم هي التكوين. قد تحتوي التكاوين على واحد أو أكثر من التقسيمات الثانوية المعروفة باسم أعضاء members، والتي هي وحدات ذات خصائص تميزها عن الأجزاء المجاورة من التكوين. ، يمكن لظهور واسع الأنتشار لعضو واحد مميز أو حتى طبقة داخل مقاطع متواترة من الطبقات أن يكون أمرا في غاية الأهمية لتفسير جيولوجية المنطقة. يمكن أن تتضمن الأمثلة على هكذا طبقة دالة مثل طبقة رماد بركاني، سد ناري أفقي سماقي، طبقة كلسية سليكية أو طبقة رسوبية مع خصائص درنات حجر حديدي. معرفة وتمييز هذه الطبقات الدالة مهم جدا لفهم طباقية وتركيب أي منطقة. ومن المهم أيضا أن نأخذ في الأعتبار الأختلافات الموضعية وتصنيف وتقسيم الوحدات بشكل ملائم.

3.4.10 رسم مقاطع عرضية

بالنسبة للجيولوجي، تتبع الطبقات عبر سطح الأرض كالطبقات الدالة يؤدي بطبيعة الحال إلى التساءل عن التركيب تحت السطح. غالبا ما يكون من المفيد رسم مقاطع عرضية خام أستنادا إلى البيانات التي تجمعها خلال رسمك للخارطة، خصوصا في مناطق حيث هناك معالم تضاريسية متميزة (شكل 1.4د) أو طي أو تصدع قد أثر على الصخور (4.4). كثيرا ما يجري العمل الحقلي على طول مسارات خطية (فقرة 1.5.10)، وفي حال كانت هذه المسارات تقطع مضرب الطبقات بزاوية كبيرة، يمكن بسهولة رسم المقاطع العرضية من البيانات التي تم جمعها.

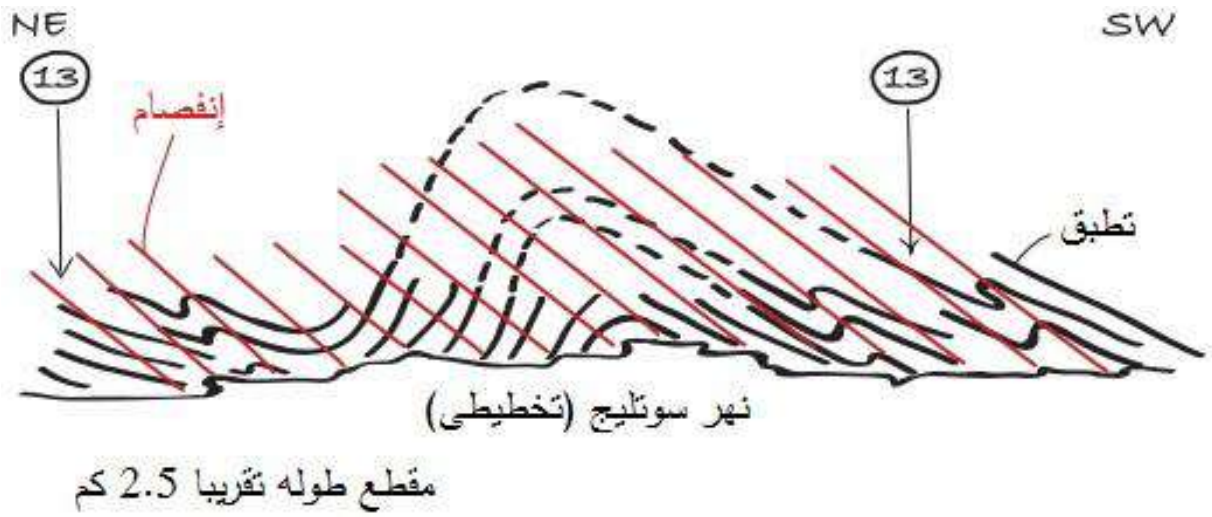
تُفصّل الفقرة 2.6.10 كيفية إنشاء مقطع عرضي دقيق، إلا أن رسم مقطع ما يمكن أن يكون تقريبي كيفما تشاء – وهو يساعدك على تطوير تفسيرات للتركيب الجيولوجي أو أختبار فرضيات مختلفة. يمكن أن يكون مقطع الرسم التخطيطي مجرد رسم سريع للكيفية التي قد تنطوي بها طبقة عبر منطقة ما، أو ربما تنطوي على أكثر من ذلك، كما في الوصف التالي. أولا، أختر خط أفتراضي على الخارطة يقطع مضرب الطبقات بزاوية قائمة كخط المقطع. أرسم داخل مفكرتك، أو على جزء معزول من ورقة، تفسير تقريبي للتضاريس على طول

هذا الخط الأفتراضي. ثم ضع علامة بسرعة على مواقع الحدود الرئيسية بين الوحدات الجيولوجية كخطوط قصيرة تميل أسفل السطح التضاريسي، مع أخذ زوايا الميل من القياسات الأقرب إلى خط المقطع.

أبدأ بنشر حدود الطبقات تحت السطح التضاريسي. وهذا سوف يعطيك إنطباع أولي للسماكات النسبية للوحدات المختلفة. لتستمر برسم المقطع، قد تحتاج إلى النظر فيما يلي:

- مطابقة قياسات ميل السطح للتراكيب على عمق؛
- إنشاء فرضيات لتفسير تكرار الطبقات (أعني الطي، التصدع)؛
- التغيرات المحتملة في سماكة الطبقات؛
- أية أشكال تركيبية بديلة قد تناسب البيانات المسجلة.

رسم المقاطع كالمثال في شكل 6.10 ليس معدا أن يكون دقيق، ولكن لتركيز الإنتباه على المشاكل التركيبية ومحاولة الخروج بأفكار عن الجيولوجيا الإقليمية. وقد تُرسم الخارطة مباشرة، على سبيل المثال من خلال تحديد أفضل موقع للزيارة من أجل أختبار الفرضية. وهذه قد تكون عملية مكررة في مناطق ذات مكاشف رديئة، وربما تكون هناك حاجة إلى قدر معين من التجربة والخطأ للأستدلال على سماكات الوحدات الصخارية التي تنتج مقطع عرضي معقول جيولوجيا.



شكل 6.10 مثال لرسم مقطع، أعيد رسمه من مفكرة، أعتمادا على ملاحظات وضعيات التطبق والإنفصام وتراكيب طيات ثانوية على مسار طريق في شمال غرب الهيمالايا. تشير الأرقام إلى المواقع. الطية قبوية الشكل بمقياس كيلومتري المستنتجة هنا هي تركيب ثانوي على الطرف المائل نحو الجنوب الغربي لطية مقعرة بمقياس 20 كم

5.10 تقنيات رسم الخرائط

يجب عليك دائما ان تهدف إلى تسجيل أكبر قدر ممكن من التفاصيل في مفكرتك لتساعد في بناء الخارطة الجيولوجية النهائية. يمكن تسجيل بعض المعالم (على سبيل المثال، طبقات تميل بانتظام) ببعض القياسات. قد تتطلب معالم أخرى كأنطقة الصدوع الهشة المعقدة العديد من القياسات والملاحظات لتحديد إتجاهها وحركتها كما ينبغي. قد يركز رسم الخرائط على مظاهر مختلفة من الجيولوجيا (على سبيل المثال، صخر الأساس، الرواسب السطحية، رواسب أصطناعية، رواسب معدنية، الترب)، والتي ستفرض تقييدات مختلفة على التقنيات المستعملة لرسم الخرائط. يضاف إلى ذلك، تقييدات أخرى مثل الوقت، التضاريس، الغطاء النباتي، الطقس، وما إلى ذلك، مما يعني أنه يجب عليك تطوير إستراتيجية رسم خرائط مناسبة للظروف. تم وصف ثلاث طرق شائعة لرسم الخرائط في الفقرات الاتية، مع أنه في بعض المناطق قد يكون من المناسب دمج هذه التقنيات المختلفة.

أيما تقنية رسم خرائط توظف، فمن الممارسات السليمة تطوير فرضيات باستمرار تتنبأ بما ستجده عند المكشف المجاور. ثم عند الوصول، يُختبر التنبؤ (على سبيل المثال، سيتغير الميل، سيكون نفس نوع الصخر) على الفور. إذا كان ذلك صحيحا، ستُدعم الفرضية؛ إذا كان خطأ، قد تحتاج إلى تطوير فرضية جديدة – على سبيل المثال، محور طية أو صدع قد عبر بين مكشفين.

1.5.10 رسم خارطة لمسار

غالبا ما يتم تبني هذه الطريقة لرسم خارطة أستطلاع لمنطقة كبيرة، على مقاييس صغيرة نسبيا (1:250,000 إلى 1:50,000). وقد تكون أيضا الطريقة الوحيدة الممكنة حيث يتم تقييد مكاشف الصخور بمقاطع نهرية أو طرق، أو حيث يحدد الوصول إلى الأنهار، الطرق، قمم التلال، وما إلى ذلك (شكل 7.10). عادة ما تكون مقاطع الأنهار في الأقاليم الجبلية شبه متوازية ومتباعدة بالتساوي، مما يقدم الفرصة لمسارات متعددة. يمكن للجيولوجيا أن تستقري ما بينها إذا كان التركيب بسيط، وخاصة إذا كان من الممكن إستعمال الصور الجوية أو المرئيات الفضائية للمساعدة في تتبع الوحدات أو الحدود عبر مناطق مزروعة بشكل متناثر.

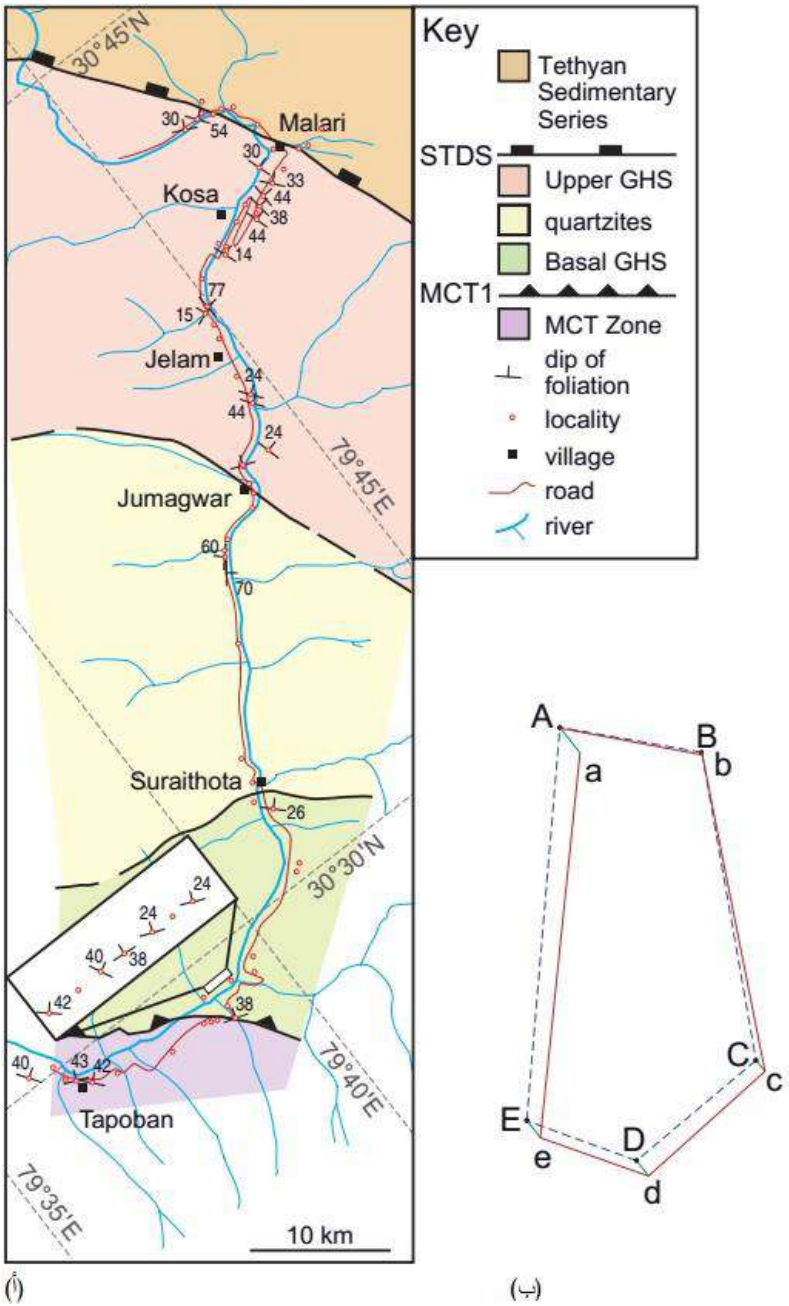
ببساطة، ينطوي رسم خرائط المسارات على تسجيلك للجيولوجيا أثناء السير على طريق محدد مسبقا. وهذا قد يكون خط مستقيم، أو سلسلة من خطوط مستقيمة بين نقطتين محددتين على الخارطة. عادة ما تتبع المسارات معالم خطية مثل طرق، سكك حديد، أنهار، وديان أو قمم تلال، لأنها توفر مكاشف جيدة و/أو

سهولة الوصول (أو ربما الوصول الوحيد الملائم!). هكذا طرق قد تُسجل تلقائيا على وحدات نظام تحديد المواقع العالمي. في الريف المفتوح، قد يكون المنظار مفيد لفحص طريق المسار؛ إضافة إلى ذلك، يمكن فحص المرئيات الفضائية عالية الدقة (وتؤخذ مطبوعة) قبل الخروج لرسم الخرائط (عبر خدمات الإنترنيت مثل غوغل إيرث) لتخطيط طرق محتملة.

شكل 7.10 أخدود نهري في الهند، يوضح أن في الأقاليم الجبلية، قد تكون الطريقة العملية الوحيدة لرسم الخرائط هي المسارات في موازاة مقاطع الأنهار او الطرق.

مسار خطي

يسير المسار عموديا على مضرب الطبقات أو التركيب معطيا معظم المعلومات عن الجيولوجيا الإقليمية. إذا كان المسار بموازاة معلم خطي محدد جيدا (على سبيل المثال، طريق أو نهر)، أرسم الجيولوجيا أثناء سيرك. علّم الوحدات التي تصادفها على الخارطة بإستعمال اللون المناسب أو رمز الصخارية، وأشّر فيما إذا كانت منكشفة جيدا أم بشكل رديء (على سبيل المثال، من خلال تحديد خط المسار كخط مستمر أو متقطع، على التوالي). يمكن أن تُسجل كل البيانات التركيبية، الصدوع، محاور الطية والمعلومات الجيولوجية الأخرى على المسار؛ مثال موضح في شكل 8.10أ.



شكل 8.10 (أ) مسار خطي مرسوم في وادي شمال غرب الهند. في هذا النطاق الأوروجيني المعقد، كان تركيز هذا المشروع على جمع بيانات تركيبية وجمع نماذج لغرض التحليل الجيوكيميائي. (ب) تصحيح مسار بوصلة مغلق بسبب أخطاء تصويب طفيفة. عندما رُسم المسار بإستعمال الاتجاهات والمسافات في المفكرة (خطوط حمراء) لم يتصل الخط الأخير (e إلى a) مع الأصل (نقطة A) تماما، من خلال خطأ إغلاق 43 م. تم تصحيح المسار عبر ضبط كل نقطة مرسومة (a إلى e) بالتوازي مع خطأ الإغلاق (خطوط خضراء) بمقدار يتناسب مع إجمالي المسافة المقطوعة للوصول إلى تلك النقطة. وبالتالي، بالنسبة للنقطة d، التصحيح = 43 × (780 \ 1435) = 23.4. النتيجة هي المسار المغلق المصحح ABCDE (خط أزرق متقطع). STDS= نظام إنفصال التبت الجنوبي، MCT= صدع الإندفاع المركزي الرئيسي، GHS= التتابع الهيمالايي الأكبر

مسار مقتصر على بوصلة

هناك طريقة أخرى لإنشاء مسار هي من خلال القياس بالخطوة والخروج بمضلع أعتمادا على مجموعة من إتجاهات البوصلة؛ قد تكون هناك حاجة لبعض التصحيحات لأخطاء طفيفة في الإتجاه عندما تصل في نهاية المطاف إلى نقطة النهاية (شكل 8.10ب). من المستحسن في هذه الحالة تسجيل البيانات الجيولوجية في مفكرة مع المسافات المقاسة بالخطوات، وأعمل التصحيح المطلوب لكل نقطة مسار قبل رسم البيانات الجيولوجية على الخارطة الحقلية.

تشكل المسارات العمودية على مضرب إقليمي أساس جيد لرسم مقطع عرضي في الحقل، أو في سحنات رسوبية مشكّلة سجل صخري بياني (فقرة 3.6). وهذا ربما يبرز شذوذ في التركيب الإقليمي، على سبيل المثال صدع غير مرئي، والذي يمكن التحري عنه مباشرة. في أقاليم يسهل الوصول إليها، يمكن لرسم خارطة مسار أن يحدد سطوح تماس جيولوجية مهمة بسرعة بحيث يمكن استغلالها، كما موضح في الفقرة القادمة.

2.5.10 رسم خارطة لسطح تماس

أحد الأهداف المهمة من رسم الخرائط الجيولوجية هو تتبع سطوح التماس بين الوحدات الجيولوجية المختلفة. غالبا ما قد يؤتي الفحص الدقيق للصور الجوية والمرئيات الفضائية نتائجه المثمرة، نظرا لأنها قد تلتقط أختلافات دقيقة في أنواع التربة والغطاء النباتي مما يمكن رؤيته على الأرض. قد تكون سطوح التماس في هذه الطريقة قابلة للتتبع بسرعة عبر تضاريس وعرة، وحتى تحت رواسب سطحية. لأن سطوح التماس تقع عادة بين وحدات صخرية لها خواص مختلفة (الصلابة، النفاذية، التركيب)، غالبا ما تكون هناك أدلة منظر أرضي على وجودها (فقرة 4.5.10).

كل ما هو مطلوب بعد ذلك هو تفسيرك من خلال زيارة مكاشف مختارة على فترات في موازاة (أو أقرب ما يكون إلى) سطح التماس المحدد من الصورة الجوية أو المرئية الفضائية. يمكنك تتبع سطح التماس المنكشف جيدا بسهولة، وتأشيره على الخارطة أينما ذهبت. قد تحتوي المكاشف على جانبي سطح التماس أدلة على تقاربها (على سبيل المثال، تصدع طفيف، إختلافات رسوبية، آثار تحول تماسي، صخور دخيلة xenoliths وفيرة). تُظهر الخارطة الحقلية في شكل 5.10أ سطح تماس مرسوم بهذه الطريقة بين غرانايت (أحمر) وصخور بركانية (أخضر)، موقعه مقيد بمكاشف مؤشرة على كلِا الجانبين.

عادة، هذه التقنية مناسبة لرسم خرائط على مقاييس بين 1:50,000 و 1:15,000، ولكن يمكن أيضا أن تستعمل لرسم خرائط مفصلة جدا لمناطق صغيرة. يمكن لهذه الطريقة في مناطق ذات مكشف جيد، أن تُنتج خارطة جيولوجية بشكل سريع، وخاصة إذا كان التركيب بسيط نوعا ما. يمكن أن تؤثر التضاريس الصعبة، المكشف الرديء أو الجيولوجيا المعقدة على أداء هذه التقنية. ومع ذلك، في تضاريس منكشفة بشكل رديء، قد يبقى تتبع سطوح التماس ممكنا من خلال جمع المعلومات من المكاشف القليلة مع معلومات أخرى (فقرة 4.5.10): معالم مشهد أرضي، التصريف، ورسم خرائط رواسب الإنجراف التي تحجب سطح التماس. يمكن تتبع سطوح التماس الواضحة بإستعمال منظار، خاصة في تضاريس وعرة ذات مكاشف واسعة (شكل 9.10).

شكل 9.10 سطوح تماس في جنوب التيبت قد تكون واضحة بما فيه الكفاية ليتم تتبعها عبر تضاريس صعبة بإستعمال منظار

لرسم خارطة سطح تماس، علّم سطح التماس كخط سميك على الخارطة الحقلية حيثما ينكشف، وكخط متقطع حيثما يُستدل (على سبيل المثال، تحت غطاء نباتي، ترسبات سطحية، جليد، مياه، وما إلى ذلك؛ أنظر شكل 5.10أ). أكد أي الوحدات الصخرية تقع مجاورة لسطح التماس (هذه قد تتغير على طول صدع رئيسي)، واستعمل اللون لإظهار مكاشفها. ظلّل المكاشف الفعلية للصخور بشدة أكثر من مناطق حيث تُستدل الوحدات الصخرية المحجوبة بترسبات سطحية أو غطاء نباتي (أي مكاشفها).

3.5.10 رسم خارطة لمكشف

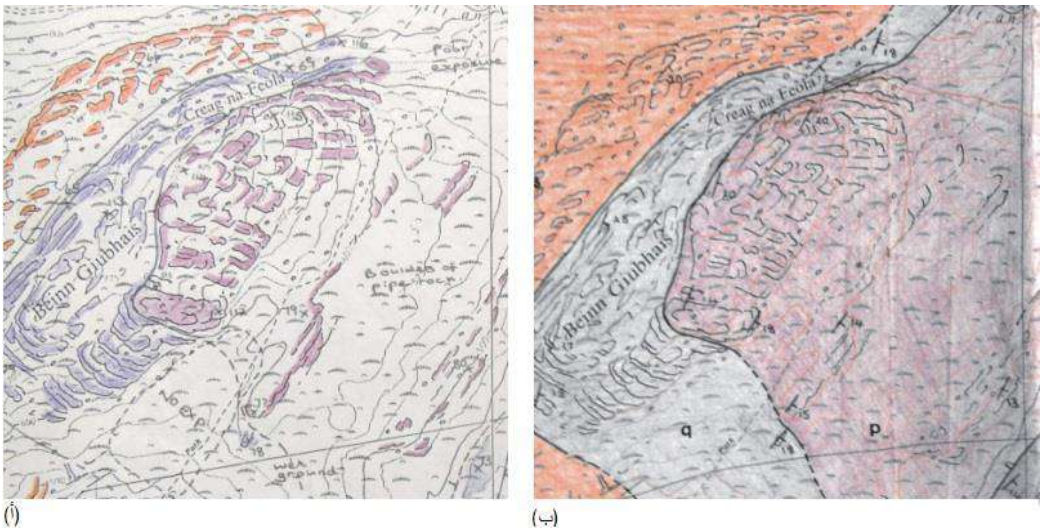
عادة، هذه التقنية أكثر تفصيلا من رسم خارطة لسطح تماس أو لمسار، وتستعمل لإنتاج خرائط على مقياس بين 1:15,000 و 1:1000. تتركب العديد من المناظر الأرضية من مكاشف صخرية متناثرة مفصولة بمناطق حيث تُحجب الصخور بواسطة ترسبات سطحية، غطاء نباتي، جليد، مياه وهلم جرا. يهدف الجيولوجي في هذه البيئة لدراسة أكبر عدد ممكن من المكاشف، ورسم محيط أمتداد الصخر المنكشف بواسطة قلم رصاص وتعبئة كل مكشف باللون المخصص لكل وحدة صخرية تظهر هناك (شكل 10.10). ينبغي لخطوط قلم الرصاص أن تُتبع بتحبير في نهاية اليوم، وذلك لأن قلم الرصاص سوف يتلطخ أو يتلاشى خلال موسم حقلي طويل. وهي فرصة جيدة أيضا لمراجعة عمل اليوم. ومع ذلك، رسم خارطة لمكشف هي ليست مجرد تمرين بالألوان! لا تحاول ترك حدود أو سطوح تماس مهمة يمكن أستخلاصها بين وحدات مختلفة لاحقا. يجب عليك أن تبحث وتؤكد وجود الحد المشكوك به في الحقل كلما كان ذلك ممكنا، وأشّر بفواصل خطية قصيرة للحدود المستدل عليها. سوف تساعدك إعادة التقييم المستمر للتركيب على إلتقاط الإزاحات والشذوذ بسرعة أكبر.

يمكن تأشير المكاشف الصغيرة جدا على الرسم بنقطة ملونة وتُشرح مع نوع الصخر في حالة وجود مساحة على الخارطة. حالما يتم رسم جميع المكاشف في المنطقة، يمكن تلوين المساحات الفارغة المتداخلة في الخارطة على نحو خفيف في حال إمكانية الأستدلال على وحدة الصخر السفلي من المكاشف المجاورة و/أو أدلة أخرى مثل تغيرات في الطباقية، نوع التربة والغطاء النباتي (4.5.10).

يمكن تتبع الطبقات، سطوح التماس و/أو الصدوع عبر منطقة خالية بموازاة مضاربها، بشرط أن تتطابق مكاشف كلتا جانبي المنطقة الخالية. إذا وجد معلم خطي على الخارطة (على سبيل المثال، سطح تماس، قاطع ناري، حد صخاري) ينحرف عبر مساحة خالية، قد يكون الصدع هو السبب. تكون الصخور المتكسرة على طول خطوط الصدع عرضة إلى التجوية والتعرية، وبالتالي تختفي الصدوع عادة في الوديان، الممرات المائية، أو المنخفضات التي تجمع الترسبات السطحية. أحيانا قد تسمح الأدلة في المنظر الأرضي أن يتم تتبع معلم عبر منطقة خالية من مكشف؛ على سبيل المثال، إن وجود عدم توافق بين حجر جيري نفاذ وحجر طيني غير نفاذ قد يكون مضلل من خلال تباين مفاجئ في التصريف السطحي (أرض جافة فوق حجر جيري، أرض رطبة فوق حجر طيني).

يمكن أن يكون رسم خارطة لمكشف ما تحديا في مناطق متطرفة، أي حيث يكون المكشف رديء أو تقريبا 100%. إذا كانت كل الصخور منكشفة تقريبا، قد يكون التحدي هو بفصل أنواع الصخور التي تتدرج

إلى داخل بعضها البعض (على سبيل المثال، صخور فايلايت، صخور شست، صخور نايس)، وتقسيمها إلى وحدات قابلة للرسم. قد يكون من الصعب إنجاز هذا قبل أن يتم فحص جميع الوحدات في المنطقة، مع إن دراسة متأنية لحَصيات النهر يمكن أن تساعد، أو مقطع مناسب خلال المنطقة. حالما يتم برهنة الوحدات، قد يكون عندئذ رسم خارطة سطح تماس هي الطريقة الأفضل للمضي قدما.



(أ) (ب)

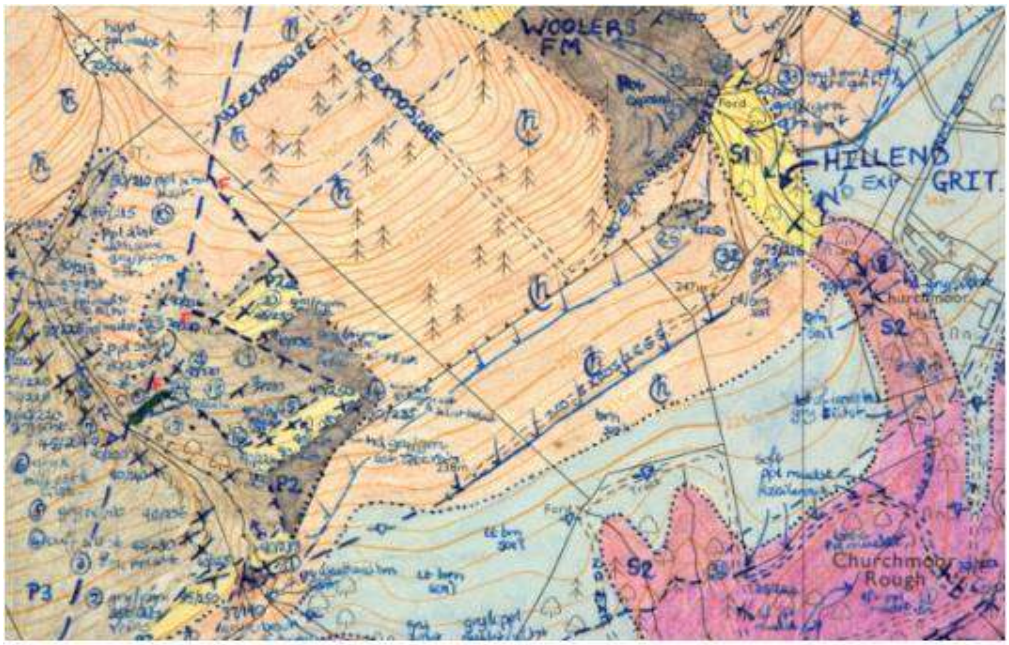
شكل 10.10 (أ) مثال لخارطة حقلية منتجة من خلال رسم خارطة لمكشف، مع مكاشف محددة بقلم حبر؛ يلاحظ أيضا أن حدود الوحدة تظهر كخطوط مستمرة ومتقطعة. (ب) جزء من نسخة معدلة لخارطة نهائية من الخارطة الحقلية في (أ)، تبين كيفية إظهار المكاشف المستنتجة للوحدات المرسومة كقوالب موحدة اللون.

هناك استراتيجيتين مفيدتين في مناطق قليلة المكاشف: (1) لاحظ المنطقة من مكان مراقبة عالي، وأشّر مواقع المكاشف على خرائطك الحقلية – يمكنك عندئذ رسم طريق لزيارة جميع المكاشف بفعالية؛ (2) تحقق من كل الأدلة والمكاشف الصغيرة الأخرى (جدول 2.3).

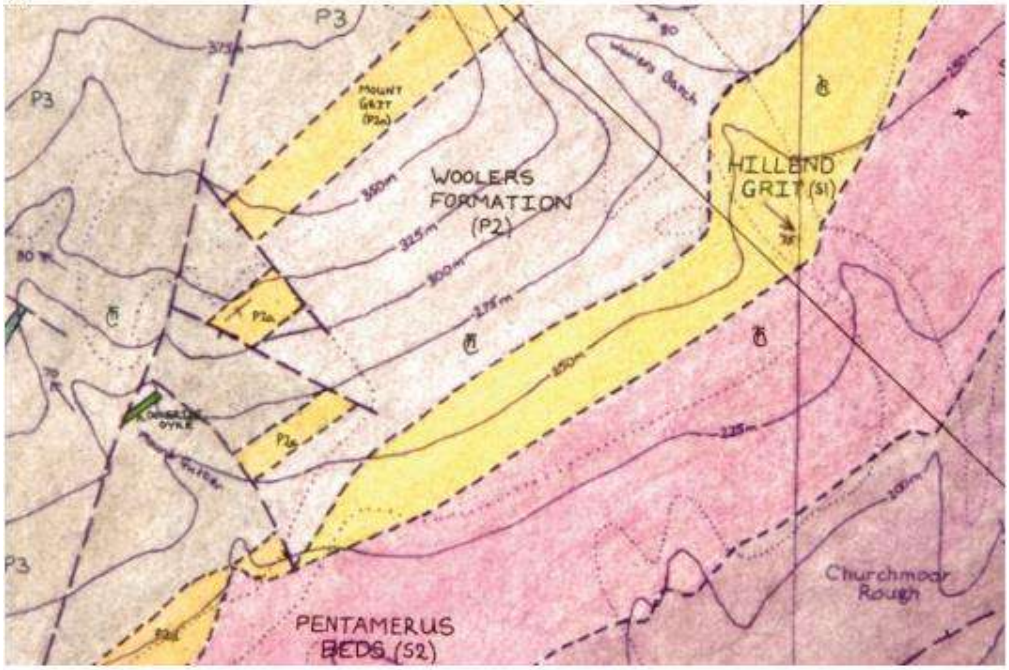
4.5.10 إستعمال أدلة أخرى

معالم تضاريسية: رسم خارطة لمعلم

ضمن أي منطقة خالية من مكشف، يكون جمع الأدلة عن جيولوجيا تحت السطح من المنظر الأرضي هي مهارة مفيدة. تتأثر التضاريس بشدة بالصخر الأساس تحتها، بحيث، على سبيل المثال، تدل العديد من الإنقطاعات في منحدر على موقع حد صخاري (شكل 11.10أ).



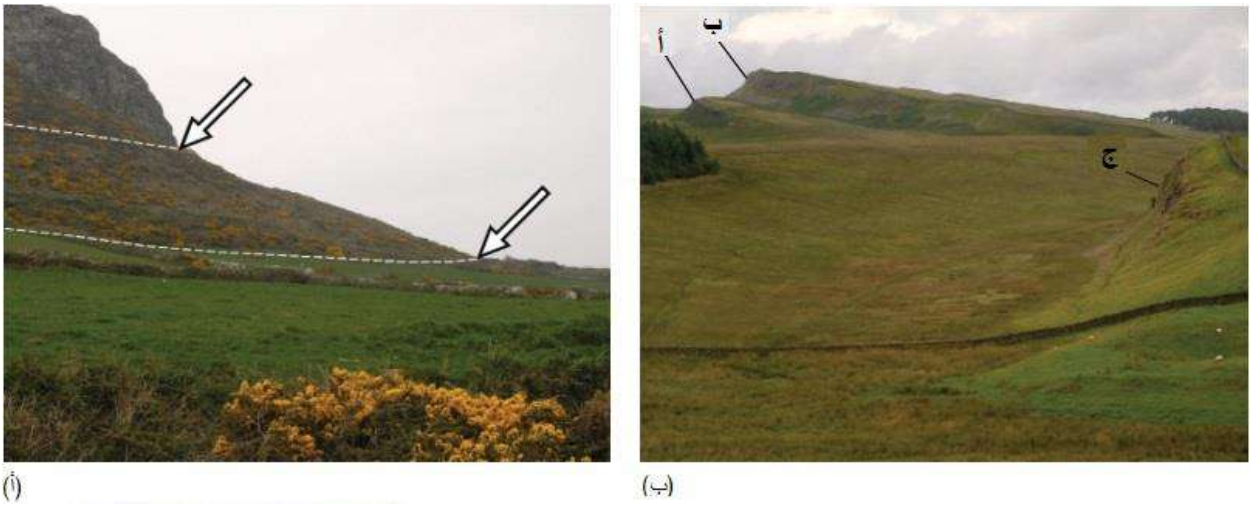
(أ)



(ب)

شكل 11.10 (أ) جزء من خارطة حقلية، تدمج معالم منظر أرضي (على سبيل المثال، أنقطاعات في المنحدرات) كدليل على الحدود الطباقية. كل أنقطاع في المنحدر يؤشر كخط مع سلسلة من الأسهم تدل عليه، يظهر أثنان في المركز، مع آخر عند أعلى اليمين. رسمت أيضا الترسبات السطحية التي تحجب جيولوجية الصخر الأساس. (ب) الجزء المتطابق من خارطة النسخة المعدلة النهائية من خارطة حقلية في (أ)، يبين كيف يوصف المكشف المستنتج من وحدات الصخر الأساس

يمكن رسم طبقات تميل قليلا من خلال تعاقب الجروف وميل المنحدرات (شكل 12.10ب)، حتى عندما لا تكون الصخور منكشفة. قد تشير الإزاحات النظامية لمعالم الجروف إلى صدوع، خاصة عندما تتزامن الإزاحات مع منخفضات خطية. قد تشير السلاسل الجبلية المنحنية إلى طي يمكن تتبعه، سواء على الأرض أو بالرجوع إلى الصور الجوية. عندما تختفي الجروف أو السلاسل الجبلية تدريجيا، قد تشتبه أن الطبقة المقاومة المشكلة للمعلم قد ترققت او أستدقت. يدرج جدول 6.10 كيف تعكس بعض المعالم التضاريسية الشائعة جيولوجية الصخر الأساس، مع بعض الأمثلة الموضحة في شكل 12.10. أُدرجت الرموز الأصطلاحية لهذه المعالم في ملحق م10، شكل م3.10.



شكل 12.10 بعض أدلة المناظر الأرضية على جيولوجية الصخر الأساس. (أ) إنقطاعين في منحدر (مؤشرة بالاسهم) يحددان الحدود بين غابرو كتلي (جروف شديدة الإنحدار على اليسار) وأحجار طينية متشققة (تحت الحقول على اليمين). تبطن المنحدرات المتوسطة بواسطة الأحجار الطينية المتحولة تماسيا وحطام الغابرو. (ب) منحدرات جرفية شديدة الانحدار تحدد طبقات مقاومة: حجر رملي عند أ وسد ناري أفقي دولورايتي عند ب و ج. الأفق المائل إلى اليمين (الجنوب) يتبع ميل السد الناري الافقي. تبطن المنخفضات بين الجروف بأحجار جيرية وأحجار غرينية أكثر نعومة

جدول 6.10 أدلة تضاريسية على جيولوجية صخر الأساس

معلم تضاريسي	السبب (الأسباب) الممكن
إنقطاع في منحدر	حد طباقي، صدع، عدم توافق، حد هالة تحول
منخفض، وادي	صدع، نطاق قص، طبقة من مادة أكثر نعومة، طية قعرية الشكل
نتوء أو حيد أو تل Ridge	ميلان طبقة صخرية مقاومة، نطاق صدع متمعدن، طية محدبة الشكل
جرف Escarpment	حافة طبقة مائلة بأعتدال، صدع

التصريف

إن العديد من معالم التصريف الواضحة تدين بوجودها إلى صخر الأساس أو الجيولوجيا السطحية (على سبيل المثال، شكل 13.10). يلخص جدول 7.10 بعض الأمثلة الشائعة. يتطلب الحذر في التفسير، لأن كل من صخر الأساس والترسبات السطحية قد تؤثران على التصريف. على سبيل المثال، أرض مشبعة بالماء قد تكون نتيجة طبقة رقيقة من راسب جليدي غير نفاذ والذي هو نفسه مبطن بحجر رملي نفاذ. بعض أنمطة التصريف قد تكون سالفة التكوين: أي أنها تسبق تشكل المنظر الأرضي اللاحق (على سبيل المثال، سلسلة جبال حديثة) وبالتالي تحمل القليل أو لا علاقة لها بجيولوجيا تحت السطح. ومع ذلك، يمكن أن تنحرف بعض مجاري المياه عبر صدوع مضرب–أنزلاقي، والحفاظ على الإزاحات التي تضلل وجود واتجاه الحركة للصدع.

شكل 13.10 أمثلة عن تغايرات التصريف والغطاء النباتي. (أ) أرض سبخة مع نباتات الأسل (صدر الصورة) تحدد مكشف أحجار طينية غير نفاذة من عمر السيلورين، في حين معظم الأغنام ترعى على مرج جيد التصريف مبطن بحجر جيري نفاذ من عمر الكاربوني (منكشف في الجرف الخلفي). يحدد سطح التماس بين نوعي الصخور من خلال إنقطاع متميز في المنحدر، واضح مقابل الغابة قرب الجانب الأيسر من الصورة. (ب) الغطاء النباتي الأخضر الوارف والأرض المنبسطة في صدر الصورة مبطنة بأحجار طينية وأحجار جيرية متعاقبة. تبطن المنحدرات الأشد أنحدارا مع غطاء نباتي نموذجي للتربة الحامضية (نبات الخلنج ونبات السرخس) بحجر رملي. يحدد سطح التماس من خلال تغير الغطاء النباتي.

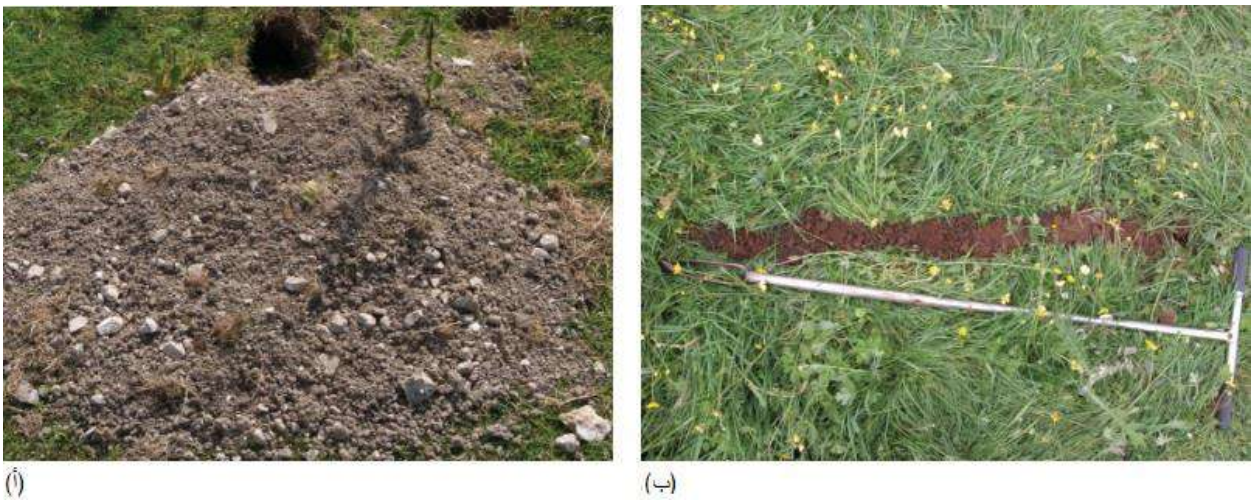
جدول 7.10 خصائص التصريف للجيولوجيا تحت السطح

معلم التصريف	السبب (الأسباب) الممكنة
أرض سبخة مشبعة بالماء، مستنقع	طبقة سفلى غير نفاذة (على سبيل المثال، حجر طيني، غرانايت، نايس، صلصال جليدي)
أرض جافة جيدة التصريف	طبقة سفلى نفاذة (على سبيل المثال، حجر جيري، طباشير، بعض أنواع الحجر الرملي، حصى، رمل الرياح)
جداول موسمية	صخر أساس نفاذ (على سبيل المثال، حجر جير، طباشير)، أو ساقط مطري قليل (مناطق جافة)
خطوط ينابيع، نضوحات	حد بين طبقات سفلى نفاذة (أعلى المنحدر) وغير نفاذة (أسفل المنحدر) (على سبيل المثال، صدع، عدم توافق، أو حد طباقي)
بالوعات	حد بين طبقات سفلى نفاذة (أعلى المنحدر) وغير نفاذة (أسفل المنحدر) (على سبيل المثال، صدع، عدم توافق، حد طباقي او ناري)؛ مناطق حجر جير نموذجية
حفر وعائية، كهوف، معالم كارستية	مناطق حجر جير نموذجية، نادر في أقاليم مبطنة بصخور أخرى
تصريف شجري	منطقة مبطنة بطبقات سفلية متماثلة (أو حتى نوع صخري واحد)
تصريف متعامد	إستغلال خطوط منتظمة من الضعف في صخر أساس، مثل فواصل في صخر غرانايت
تصريف شعاعي	يتصرف الماء نحو الخارج من معلم مرتفع (على سبيل المثال، قبة تركيبية، أندساس غرانايت، مركز بركاني)
تصريف خطي	خطوط ضعيفة نسبيا في صخر أساس (على سبيل المثال، صدوع، محاور طية، طبقات رخوة، قواطع نارية)

الترب والغطاء النباتي

يمكن استخلاص الأدلة الأخرى من التربة والغطاء النباتي. إن شظايا الصخر السفلي قد تكون موجودة في التربة (شكل 14.10أ)، مع أن هذه قد تكون مضللة أو خادعة في مناطق متجلدة سابقا براسب جليدي ممتد أو ترسبات حصى نهر يحتوي على حصيات من عدة مصادر (وربما بعيدة). من ناحية أخرى، قد يعطي المحتوى المعدني بعض التلميحات عن الصخر الأساس: الترب الرملية يمكن أن تعكس حجر رملي أو غرانايت؛ عادة، تظهر الترب الحمراء الغنية بالحديد على صخور مافية (على سبيل المثال، البازلت). هناك وسيلة فعالة للتحقق من نوع التربة في الأسفل ببضعة سنتمترات هي بإستعمال مثقب يدوي لأخذ عينة من

التربة وبخاصة التربة التحتية subsoil (شكل 14.10ب). إضافة إلى المعلومات عن نوع التربة، قد يعطي المثقاب اليدوي شظايا صخر أساس متجوي (الثرى regolith) غير منكشف على السطح، وهو أداة أستطلاع شائعة. يتأثر الغطاء النباتي بقوة بكل من نوع التربة والتصريف، وبالتالي قد تدعم أنواع صخور معينة مجاميع نباتية مميزة (على سبيل المثال، أراضي جيرية معشوشبة على حجر طباشير، تربة حامضية تحوي شجيرات نبات الرتم ونبات الخلنج على أحجار رملية (شكل 13.10ب) ومستنقعات الخث على غرانايت).

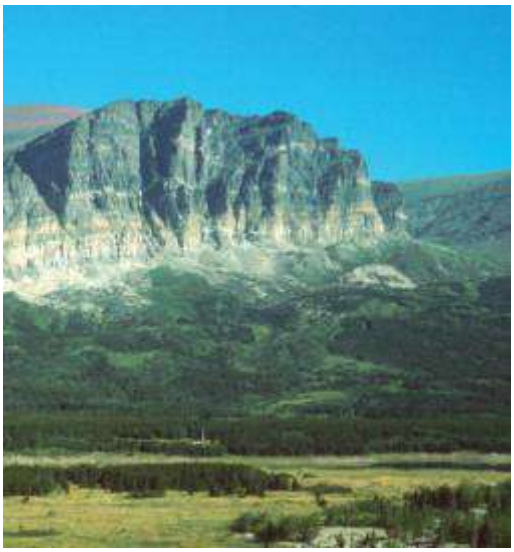

(أ) (ب)

شكل 12.10 (أ) شظايا بيضاء من طباشير في هذه التربة دليل واضح على صخر الأساس في الأسفل. من الجيد دائما تدقيق التربة المستخرجة بواسطة الكائنات الحافرة. (ب) مثقب يدوي مفيد للحصول على عينات تحت سطحية ضحلة. المثقاب موضوع بجانب "لباب" مفكك من تربة تم الحصول عليها من هذا الموقع

الترسبات السطحية

عادة ما تعكس التضاريس الأرضية الترسبات السطحية، والتي يجب أن تكون مدونة على خرائط حقلية، ولا سيما حيث تحجب صخر الأساس. إلى أي مدى يمكنك رسم توزيع الترسبات السطحية المختلفة، هذا يعتمد على مدار مشروع رسم الخرائط؛ في بعض الحالات، يهدف رسم الخرائط تحديدا إلى ترسبات سطحية من العصر الرباعي. تمثل الكثبان الرملية، الخث، الطمى، ترسبات اللاتيرايت وترسبات الشاطئ فصل في التاريخ الجيولوجي للمنطقة، وقد تُركز مشاريع مختلفة على واحد أو أكثر من هذه الترسبات. يمكن لترسبات ثلجية وثلجية نهرية أن تشكل معالم منظر أرضي مثيرة (على سبيل المثال، كثبان جليدية drumlins ، ضلوع كثيب مثلجي eskers ، ركام جليدي طرفي moraines ، شرفات)، لذلك ينبغي عليك تمييز هذه التضاريس الأرضية للصخر الأساس حيثما أمكن. يمكن لبعض الترسبات السطحية (على سبيل المثال، إنزلاقات أرضية) أن تكون

مضلِلة بلا شك. قد لا تكون الإنزلاقات الأرضية الكبيرة واضحة في البداية (شكل 15.10) والتركيب المختلط قد يكون لغزا محيرا. تتضمن الأدلة على الإنزلاقات الارضية: ندبة بارزة (منحنية عادة)، أرض نائتة مع معدل انحدار واطئ نوعا ما وتصريف على نطاق صغير، برك صغيرة، وما إلى ذلك؛ تغاير الغطاء النباتي بين حطام إنزلاق أرضي وأرض ثابتة محيطة.

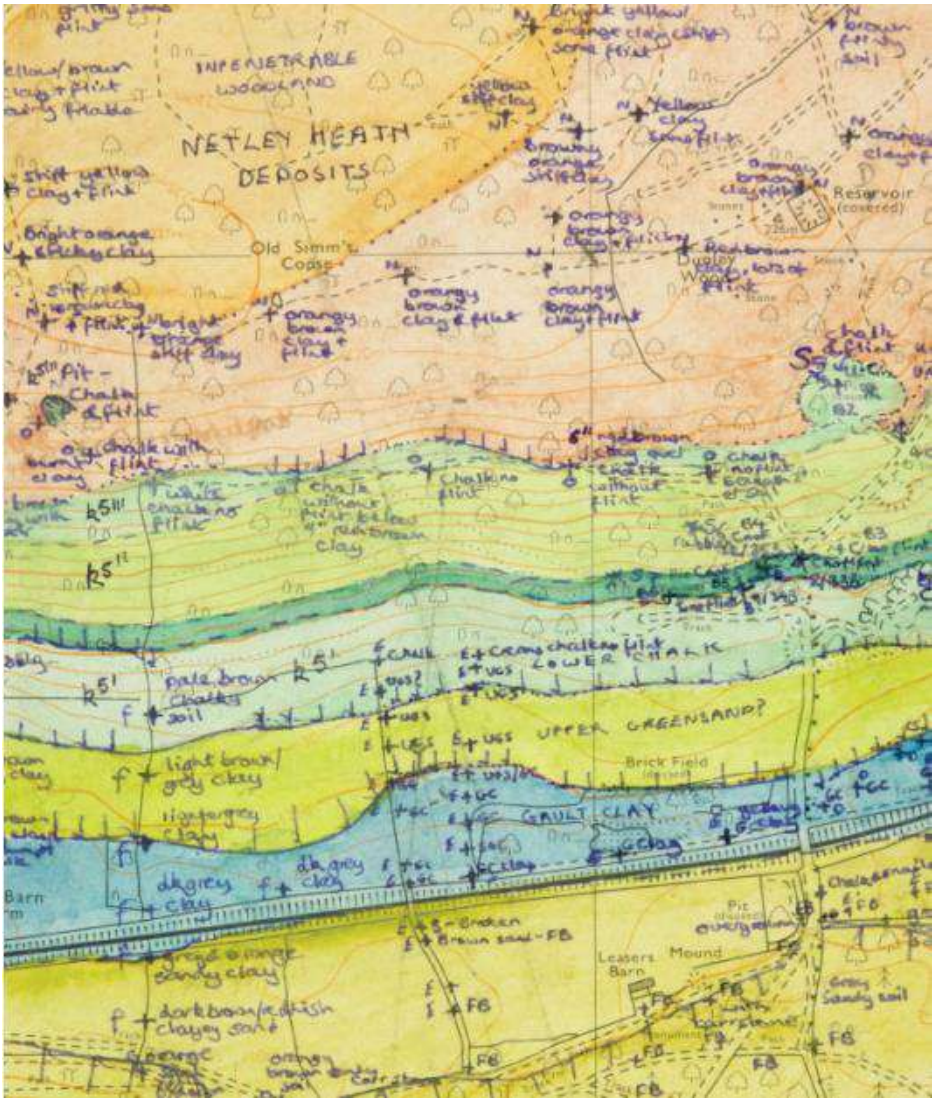


شكل 15.10 تضاريس إنزلاق أرضي نموذجية في المتنزه الجليدي الوطني، الولايات المتحدة. تشكل مادة الإنزلاق الأرضي أرض نائتة (رابية) مع غطاء نباتي غير مكتمل ينحدر من مراوح ركام المنحدرات عند قاعدة الجروف الصخرية نحو السهل المستوي في مقدمة الصورة

أينما يكون المكشف رديء، أغتنم هذه الفرصة للتعليق على خارطتك الحقلية بأية معلومات ذات صلة بالتضاريس، الترسبات السطحية، التصريف، الترب أو الغطاء النباتي. يبين شكل 16.10 مثال من خارطة حقلية مرسومة على الأغلب من نتائج عديدة من حفر مثقاب يدوي، جنب إلى جنب مع معالم مشاهد أرضية. هذه الملاحظات سوف تساعد على تعزيز تفسيرك لجيولوجيا تحت السطح عند رسم الخارطة النهائية.

6.10 الخارطة الجيولوجية

هذه الفقرة ستناقش كيفية المضي قدما من خرائط حقلية ومعلومات مفكرة حقلية ومن خلالهما لإنتاج نسخة معدلة للخارطة النهائية، جنبا إلى جنب مع مادة تفسيرية إضافية كالمقاطع العرضية.

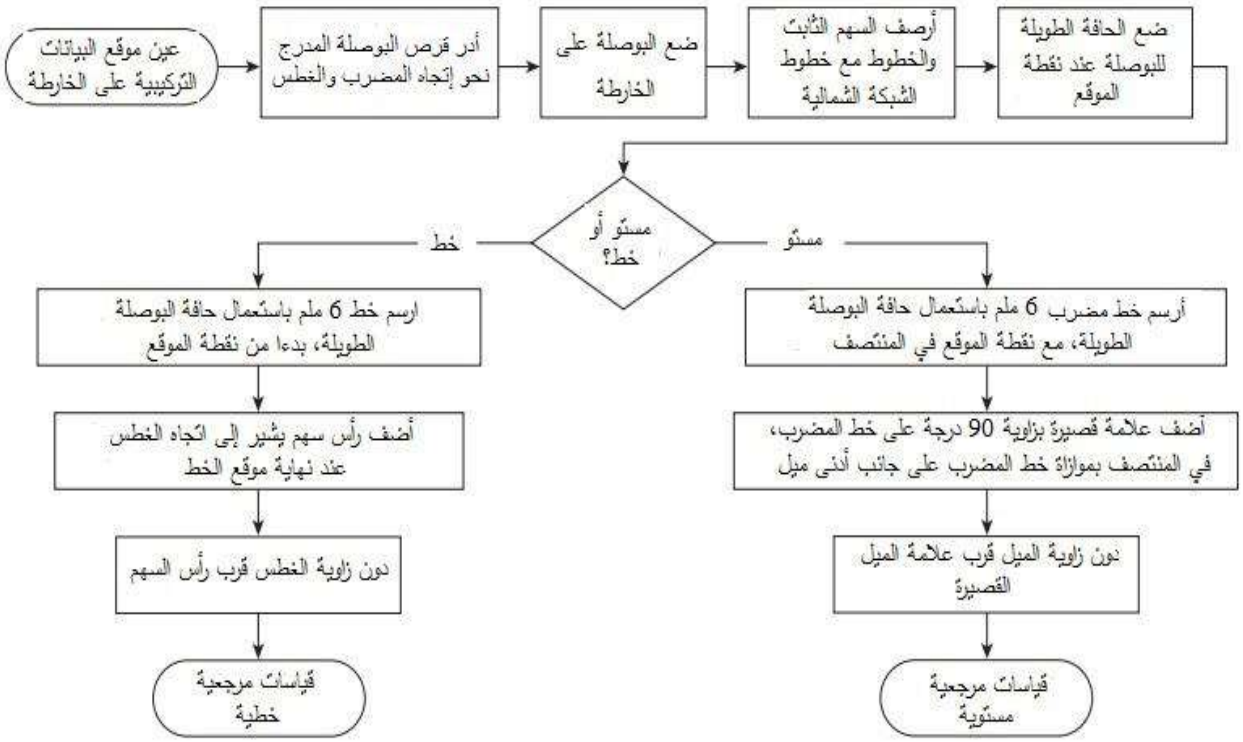


شكل 16.10 خارطة حقلية في منطقة ذات مكشف رديء، مع تعليقات عن حفر مثقاب من تحت سطح ضحل مضاف اليها ملاحظات عن انقطاعات في المنحدر. معظم الحدود مشرطة أو منقطة (مستنتجة). تحدد ثقوب المثقاب برمز زائد (+)؛ تحدد المكاشف الفعلية بنجمة (*)؛ تشير الاحرف إلى مدخلات المفكرة

1.6.10 التحبير في الخارطة الحقلية

بعد رسم الخرائط، من المستحسن أن يتم تحبير الخرائط الحقلية في أقرب وقت ممكن (على سبيل المثال، في المساء). والهدف من ذلك ليس لإنشاء "خارطة نهائية" أنيقة، ولكن لمراجعة الملاحظات والأدلة وهي ما تزال جديدة في عقلك، ولحل أي تناقضات، ومن ثم حفظ وتأكيد المعلومات لمزيد من التفسير. سيتضمن التحبير ما يأتي كما هو مناسب للمنطقة.

1. ينبغي أن تكون الرموز التركيبية مدققة ويعاد رسمها بإستعمال أقلام رسم خرائط ثابتة بحبر مقاوم للماء، في سماكات مختلفة (أو في ألوان مختلفة) للصدوع وعدم التوافقات. تأكد من أن الرموز تحدد بانتظام نسبة إلى مواقعها: الأصطلاح يكون بالنسبة لموقع يقع عند تقاطع خط مضرب وعلامة ميل (معلم مستوي) أو رأس السهم (معلم خطي). أجعل خطوط المضرب وأسهم الغطس طويلة بما فيه الكفاية (6 ملم) بحيث يمكن تتبعها، أو تحديد سمتها، إذا لزم الأمر (على سبيل المثال، في حال فقدت المعلومات). تأكد من إمكانية أسترداد إتجاهات جميع البيانات، في حالة كان الإعداد غير كامل. أحذف الرموز فقط لتجنب الأزدحام، ثم أحذف البيانات التي هي أقل أهمية لدراستك (على سبيل المثال، فواصل، إتجاهات عروق). يلخص المخطط الأنسيابي أدناه عملية التسجيل المهمة هذه.



2. يمكن إعادة كتابة تذييلات أو تعليقات أخرى مثل أرقام المواقع وملاحظات موجزة بالحبر، ويمكن في نفس الوقت تغيير موضعها من أجل الوضوح.

3. يمكن تحبير خطوط تبين حدود جيولوجية مؤكدة ويمكن ترك تلك الخطوط التي تبين حدود جيولوجية غير مؤكدة بقلم رصاص، ولكن قد تحتاج إلى إعادة تجديد.

4. يمكن أن تُخطّط المكاشف بالحبر وتلون بشدة، ولكن ينبغي أن تلون بصورة خفيفة في مناطق حيث الوحدات الصخرية تكون استدلالية.

2.6.10 مقاطع عرضية

إنشاء أو بناء مقاطع عرضية أثناء رسم خارطة منطقة ما هي خطوة مهمة لفهم الجيولوجيا. عادة ما ترسم المقاطع بموازاة خط عمودي على المضرب السائد للطبقات والتراكيب (على سبيل المثال، صدوع، محاور طية)، بحيث أنها تُظهر التراكيب تحت السطح بوضوح أكثر. عادة ما تمتلك المقاطع الدقيقة مقياس أفقي مساوي لمقياس الخارطة، ولكن قد يكون المقياس العمودي مبالغ فيه لإبراز التراكيب (تميل الطبقات في هذه الحالة أكثر على المقطع منها في الواقع). تتضح عملية رسم المقطع من خلال شكل 17.10. وتقسيمه إلى مراحل في المقطع الاتي.

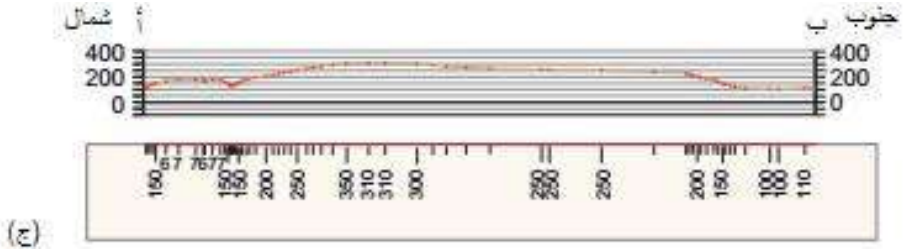
3.6.10 خرائط نسخة مقبولة

يصنع الجيولوجيين نسخة نهائية مقبولة من خرائطهم الحقلية لتقديم تفسيراتهم الجيولوجية، وعادة كجزء من تقرير. عموما الخارطة نفسها هي عنصر واحد فقط من صفحة خارطة كاملة، والتي تتضمن مقياس، مادة تفسيرية وعادة مقاطع عرضية أيضا؛ تخطيط نموذجي موضح في شكل 18.10. تسحب الخرائط الجيولوجية إلكترونيا على نحو متزايد، ولكن هناك عدة طرق لتحويل المعلومات الجيولوجية التي جمعت في الحقل إلى نسخة خارطة مقبولة. فيما يأتي مراجعة موجزة للخطوات الرئيسية في تلك العملية.

- حاول إما رسم نسخة خارطتك المقبولة على نسخة جديدة من خارطة الأساس (في ورقة أو صيغة رقمية) وإما أبدأ مع صفحة فارغة وأعد رسم عناصر تضاريسية كافية لإيجاد المعالم الجيولوجية (على سبيل المثال، شكل 18.10). على الأقل، تأكد من أن بعض عناصر التضاريس ستُمثّل على خارطة نهائية؛ على سبيل المثال، إذا كانت الخطوط الكنتورية كثيفة، تتبع بعضها على فترات مختارة. إذا لم تتوفر خطوط كنتورية، حاول وأدرج على الأقل تصاريف (أنهار، جداول)، وقمم رئيسية. يمكن أن تطلى خرائط الأساس الإلكترونية في تدرج رمادي وذلك لتمييزها عن البيانات الجيولوجية الملونة.
- حول الحدود الجيولوجية والصدوع إلى نسخة خارطة أساس مقبولة. يمكن القيام بذلك في تشكيلة من الطرق (جدول 8.10). ينبغي ان تكون الخطوط مستمرة، إلا إذا كانت الحدود استدلالية؛ في هذه الحالة يتم إستعمال خطوط متقطعة. أرسم الصدوع بخطوط أكثر سمكا من الحدود الطباقية، وطبّق الزخرفة (على سبيل المثال، علامات رمية سفلى لصدوع أعتيادية، اسنان متعامدة لصدوع أندفاعية).

(أ) أتخذ قرار حول مقياس عمودي مناسب لأجل المقطع العرضي. حدد خط المقطع على الخارطة بخط خافت، او حدد النقاط النهائية. أرسم على ورقة منفصلة من ورقة الرسم البياني خط أفقي مستقيم من نفس الطول، لتمثيل مستوى سطح البحر. أضف محاور عمودية عند كل نقطة، مميزا إياها بمقياس مناسب لأجل الارتفاع النسبي إلى مستوى سطح البحر.

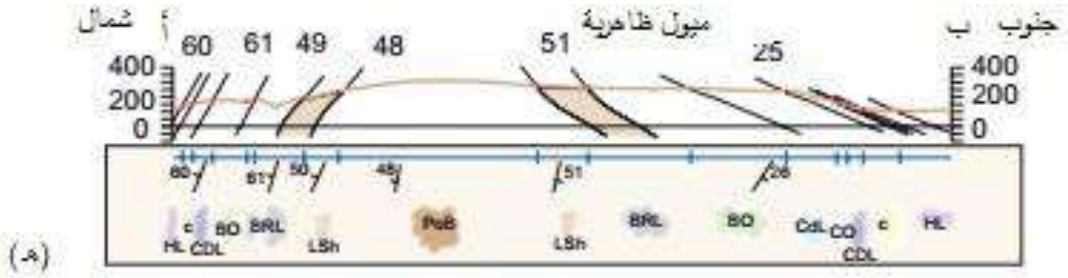
(ب) ضع الحافة المستقيمة لصفحة ثانية من ورقة على طول خط المقطع على الخارطة. حدد نقاط النهاية لخط المقطع على حافة الورقة، وضع علامات حيثما تقطع خطوط كنتور تضاريسية خط المقطع وموسومة بارتفاع الكنتور، على الصفحة الثانية من الورقة. (قد يكون من المفيد وضع علامة على الأنهار وقمم الجبال أيضا).



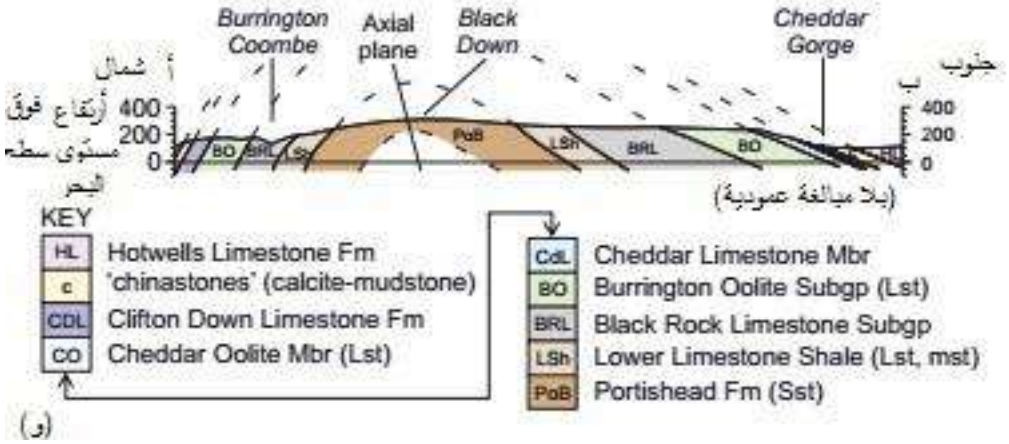
(ج) حوّل أرتفاعات الخطوط الكنتورية إلى الورقة البيانية من خلال وضع حافة الورقة بموازاة المحور الأفقي، وضع علامات نقاط مسقطة وفق الارتفاع الصحيح على طول المقطع العرضي. أربط هذه النقاط بمنحني سلس لإنتاج مقطع جانبي تضاريسي كأساس لمقطعك العرضي. صنّف النقاط النهائية بإشارة نظام تحديد المواقع العالمي او شبكة، او إتجاه بوصلة.

(د) بإستعمال صفحة ثالثة من ورقة، حول المعلومات الجيولوجية مثل حدود طباقية، صدوع وسطوح تماس نارية على طول خط المقطع من الخارطة إلى المقطع العرضي بنفس الطريقة التي قمت بها بالنسبة لأرتفاعات الخطوط الكنتورية (مرحلة (ب)).

شكل 17.10

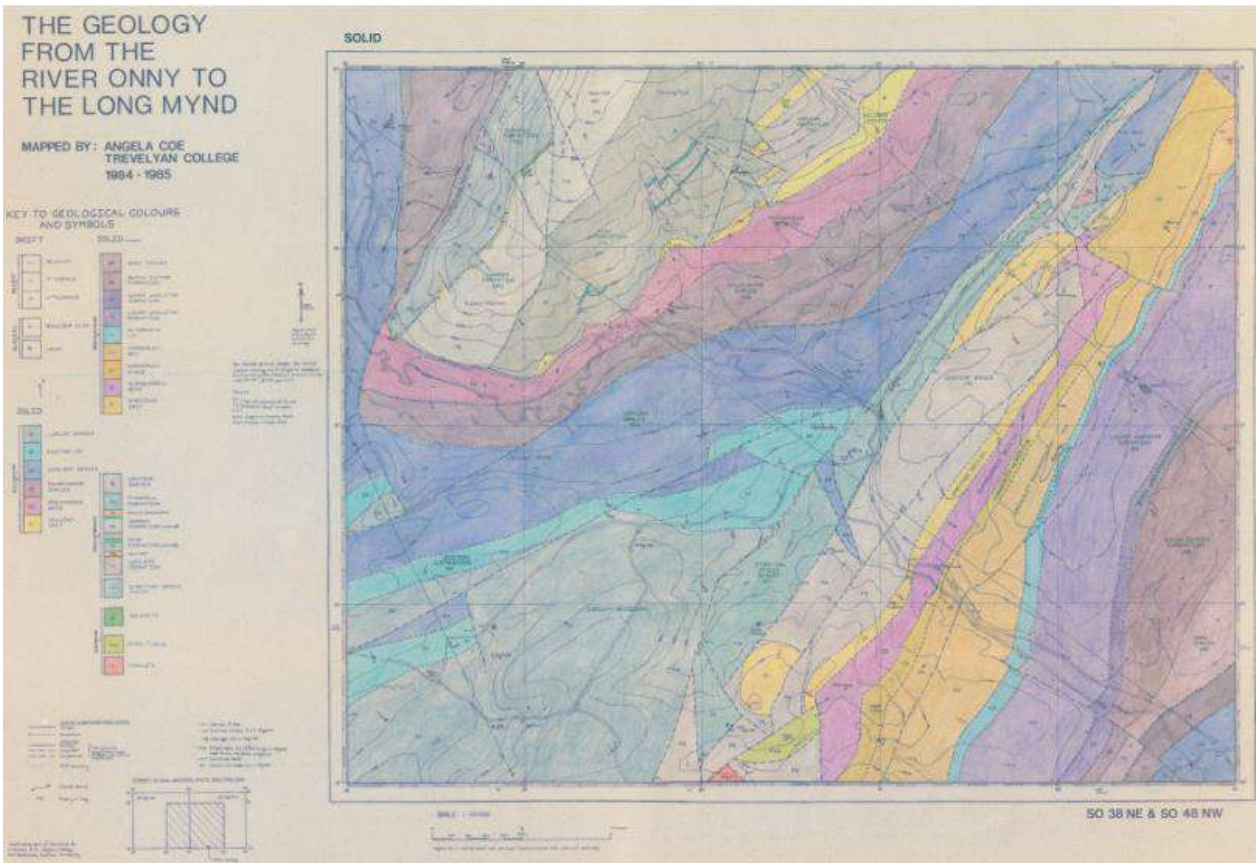


(هـ) حول موقع هذه المعالم مباشرة فوق المقطع التضاريسي على الورقة البيانية. يمكن أيضا تحويل قياسات الميل على المقطع. إذا لم يكن هناك أي شيء على خط المقطع، يمكن تسقيط البيانات الموضوعة على مسافات قصيرة بعيدا عن خط المقطع بزاويا قائمة فوق الخط. ومع ذلك، يمكن فقط رسم زوايا ميل مضرب طبقات بزاوية 90 درجة على خط المقطع مباشرة فوق المقطع العرضي. ينبغي تصحيح ميول طبقات تتجه بزوايا مائلة أكثر على خط المقطع إلى أدنى قيم، لأن معناه أن المقطع العرضي يقطع هذه الطبقات بشكل مائل، وبالتالي ميولها سوف تكون ميول ظاهرية على المقطع العرضي. مضرب مائل أكثر على خط المقطع، سيكون اوطأ ميل ظاهري. (يظهر ملحق 10، شكل م1.10 رسم بياني يمكن إستعماله لتحديد الميل الظاهري) في البداية أرسم خطوط قصيرة لبيانات الميل عند الزاوية الصحيحة مباشرة فوق المقطع الجانبي، كدليل.



(و) أختر أفق دال مهم أو حد طباقي، وأرسم هذا الأفق أو الحد عبر المقطع، مطابقا ميله على قياسات الميل حيثما كان ذلك ممكنا، وأستكمال ما بين النقاط المختلفة في التقاطع مع التضاريس. مع هذا الدليل للتركيب العام، أضف حدود وحدة أخرى بنفس الطريقة؛ ما لم يكن لديك دليل على تغير سماكة الطبقات، أرسم هذه موازية للأفق الاول. في بعض الحالات، قد تكون قادرا على تحديد الرمية على الصدوع، ووضعيتها، وقد تكون قادرا أيضا على تحديد التراكيب القديمة. عموما، سوف تكون قادرا على تمديد مقطعك أبعد تحت سطح الأرض في مناطق مطوية؛ أشر على عدم التأكد بعلامات أستفهام. أخيرا، أضف مفتاح إلى لون الوحدات ورموز أخرى.

شكل 17.10 مراحل رسم مقطع عرضي جيولوجي



شكل 18.10 مثال تخطيطي لنسخة خارطة مقبولة

جدول 8.10 طرق لتحويل خطوط إلى نسخة خارطة مقبولة

طرق تحويل خط
حوّل إلى أرقام (أرسم) خرائط حقلية ممسوحة إلكترونيا على حاسوب
أنسخ من خلال المعاينة على ورقة حديثة أو خارطة أساس رقمية (إذا كانت مفصلة بما فيه الكفاية)
أنسخ على خارطة أساس حديثة، بإستعمال نفس الشبكة على كلتا الخارطتين لتكون مرجعا
راكب الخارطة الحقلية مع خارطة النسخة السليمة على منضدة مضيئة وتتبع يدويا
أرسم الخارطة رقميا بإستعمال نظم المعلومات الجغرافية او برامج رسوم بيانية وأنت في الحقل

- إن تشوه الصفحات الحقلية بسبب الأستنساخ الأولي وأثر العوامل الجوية لاحقا يعني أنها لا تطابق تماما النسخة السليمة لخارطة الأساس، والتي قد تحتاج إلى تغيير إتجاهها مرارا وتكرارا بمقادير صغيرة للحفاظ على التطابق بين الأثنين قدر الإمكان.

- لوّن مكاشف الوحدات الجيولوجية كقوالب مستمرة، وحتى عند الاستدلال. إستعمل الألوان بشكل مدروس: على سبيل المثال، أختر ألوان باهتة للوحدات واسعة الأنتشار وألوان أقوى لتلك الوحدات بمكشف محدود (على سبيل المثال، قواطع نارية، طبقات نحيفة). يمتلك اللون على جهاز الحاسوب ميزة كونه موحد. بالنسبة لخرائط النسخ المطبوعة، يمكن توظيف وسائل مختلفة (على سبيل المثال، ألوان مائية، أقلام رصاص ملونة).

- ينبغي أن تحدد كل وحدة برمز، وفي كثير من الحالات يوضع أختصار لأسم الوحدة.

- أضف رموز تركيبية كافية (تطبق، تورق، تخطط وطيّات) للسماح بتحديد الطباقية والتركيب. حدد فقط زاوية الميل والغطس من خلال الرمز، وليس إتجاه المضرب (لأن الخط نفسه يحدد سمت المضرب). تأكد من أن أحجام وأنواع الرموز متناسقة (ملحق م10، شكل م3.10)، عبر الخارطة وفي المفتاح التوضيحي.

- الوضوح أساسي، لذا تأكد أن الرموز نظيفة وليست مزدحمة. أحذف أرقام النماذج والمواقع، ومعلومات ليس لها تاثير على الجيولوجيا؛ قد يتم الاحتفاظ بمواقع الأحافير والخام المعدني إذا كان ذلك مناسبا.

بجانب الخارطة الفعلية، هناك العديد من العناصر الأخرى تكون إما أساسية وإما مرغوبة بشدة، وعموما كإضافات هامشية. ويلخص جدول 9.10 هذه المكونات.

4.6.10 الخرائط الرقمية ونظم المعلومات الجغرافية

تصاغ العديد من الخرائط الجيولوجية النهائية إلكترونيا، بإستعمال نظام المعلومات الجغرافي (GIS) لرسم البيانات الجيولوجية في إطار بيانات جغرافية مكانية. ولكن في بعض الحالات، يجري أيضا الرسم الفعلي للخارطة بإستعمال حواسيب محمولة (حواسيب نقّالة (laptops) أو حاسوب محمول ذو شاشة تقبل الدوران (tablet) PCs))، والتي تسمح بإدخال البيانات مباشرة إلى قواعد البيانات، ولصياغة الخرائط على الشاشة على خارطة أساس إلكترونية.

جدول 9.10 عناصر إضافية لنسخة خارطة مقبولة نهائية

العنصر	التعليقات
العنوان	يتضمن أسم المنطقة المرسومة، ويشير إلى أي موضوع خاص (على سبيل المثال، تمعدن خام)
المقياس	كنسبة (على سبيل المثال، 1:10,000)، وفي شكل رسم بياني (على سبيل المثال، شريط متدرج)
إشارة سهم الشمال	تشير إلى الشمال الحقيقي، وأيضا تظهر إنحرافات نسبية للشبكة والشمال المغناطيسي
المؤلف، الوقت	تشمل كل من تاريخ رسم الخارطة ونشر الخارطة
المصادر	أستشهاد بمصادر خرائط أساس تضاريسية وأي بيانات إضافية مستعملة (على سبيل المثال، خرائط سابقة)
التفسير	مفتاح مفصل يظهر الألوان، الزخرفة والحروف للوحدات، جميع الرموز، الخطوط، وما إلى ذلك.
عمود طباقي	مقطع عمودي، يظهر الترتيب الطباقي والسمك النسبي للطبقات
مقطع عرضي	يتضمن مقطع عرضي أفقي واحد أو أكثر، عموما على طول القاعدة، ليوضح تركيب المنطقة

الفصل الحادي عشر

تسجيل البيانات العددية وإستعمال الأدوات في الحقل

يمكن إستعمال مدى واسع من الأدوات الجيوفيزيائية لكشف ووصف الأجسام الصخرية غير المنكشفة؛ تحديد كمية التغيرات النسبية في مكونات الصخرة؛ وقياس الحركات الأرضية المتعلقة بالزلازل والبراكين النشطة. تتضمن أجهزة جمع البيانات عن الجيولوجيا تحت السطح مقاييس المغناطيسية، مقاييس الجاذبية واللاقطات الأرضية لغرض المسح الزلزالي. تتضمن الأدوات الشائعة المستعملة لتحديد التركيب المتغير لصخرة ما مطياف أشعة كاما المحمول ومقياس القابلية المغناطيسية. هذه الأجهزة مفيدة بشكل خاص في تعاقبات الحجر الطيني ويمكن إستعمالها كممثل للتغيرات في المعادن الطينية (مطياف أشعة كاما) والتغيرات النسبية في كمية الطين إلى الكاربونايت (مقياس القابلية المغناطيسية).

تتميز جميع هذه الطرق الجيوفيزيائية بأنها ليست هدامة. هنا نقدم لمحة موجزة لبعض الأدوات المتوفرة وتطبيقاتها الممكنة (جدول 1.11)، جنبا إلى جنب مع بعض الملاحظات العامة عن جمع البيانات.

1.11 جمع البيانات

تجعل الذاكرة المدمجة في العديد من الأجهزة الجيوفيزيائية من جمع البيانات أسرع وأسهل. ومع ذلك، يمكن أن يكون ذلك تحديا نظرا لظروف الطقس والطريق الحقلي. ولهذا السبب في حال لو كان إعادة جمع البيانات صعب أو مكلف جدا أو هناك أحتمالية فقدان للبيانات، فمن الضروري إما عمل نسخة أحتياطية بانتظام وخزنها على جهاز منفصل وإما عمل نسخة ورقية في الحقل. وجود سجل منفصل للبيانات سوف يمنع ضياع البيانات في حال سرقة الجهاز، أو مصادرته. أكثر الطرق سهولة في إمكانية الوصول إلى عرض كمية كبيرة من البيانات والتأكد من عدم فقدانك أي شيء هي بإنشاء جدول مع خلايا لكل من مدخلات المعطيات التي تحتاجها.

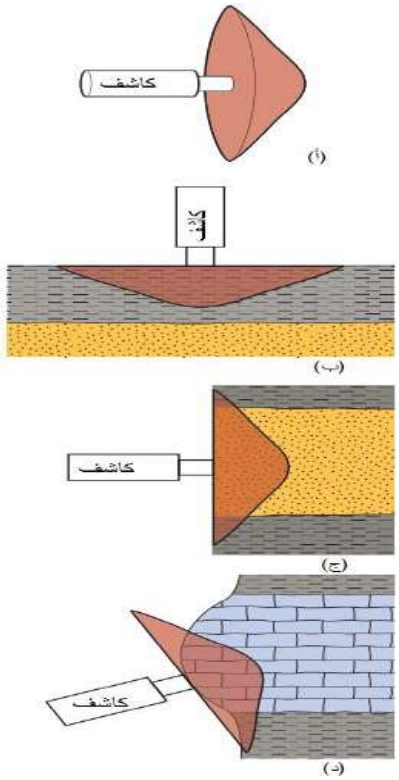
جدول 1.11 المعدات المستخدمة عادة، والإستعمال الرئيسي والأمثلة

الأداة	الإستعمالات الرئيسية	الأمثلة
مقياس الجاذبية Gravity meter	مسوحات على مقياس كبير لأجسام تحت سطحية مختلفة الكثافة او أجسام متغيرة الكتلة او الحجم	حدود الأحواض الرسوبية، الكشف عن صخور الغرانايت الجوفية و،بالتعاون مع مسوحات الارتفاع (مثل نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي)، دراسات أنتفاخ وانكماش المناطق البركانية
مقياس المغناطيسية Magnetometer	مسوحات على مقياس صغير إلى متوسط لأجسام ذات خاصية مغناطيسية تختلف اختلافا واضحا عن تلك الصخور المحيطة بها	قواطع نارية، سدود نارية أفقية، خامات وسطوح تماس جيولوجية مدفونة أخرى
مسوحات زلزالية Seismic surveys	مسح معالم ذات تباين للمقاومة الصوتية (متعلقة بالكثافة) على مدى واسع للمقاييس من عشرات الأمتار إلى الاف الكيلومترات	طريقة مستعملة على نطاق واسع لمسح الطباقية داخل الاحواض الرسوبية. يمكن أن تستعمل أيضا لدراسة تركيب القشرة الأرضية العميقة او لتحديد حجرات الصهارة
جهاز تفلور الاشعة السينية المحمول Portable XRF	أختلاف على مقياس صغير (ديسيميترات إلى أمتار) في تراكيز العناصر الرئيسية والثانوية للصخور المنكشفة على السطح	أصل الصخور المشتقة من خلال الخصائص الكيميائية. تشخيص عام لتحديد موقع مسوحات عالية الدقة. إنشاء بيانات لتحليل سلاسل زمنية لتحديد ما إذا كانت هناك دورات منتظمة تتعلق بزمن الترسيب المسجل في الصخور
مطياف اشعة كاما Gamma-ray spectrometer	تباين مكاني بمقياس صغير في تركيز الثوريوم Th والبوتاسيوم K واليورانيوم U في الصخور المنكشفة على السطح. 30 سم إلى عشرات الأمتار	أختلاف في محتوى المعادن الطينية و/او الكاربون العضوي (يمكن إستعمال اليورانيوم كبديل للكربون العضوي). تشخيص مكونات اليورانيوم، الثوريوم والبوتاسيوم للغرانايت
مقياس القابلية المغناطيسية Magnatic susceptibility meter	تباين مكاني على نطاق ضيق جدا في استجابة الصخور إلى حقل مغناطيسي مفروض؛ هذا لا يتعلق فقط بتركيب الصخور المحتوية معادن مغناطيسية ولكن أيضا المعادن البارامغناطيسية مثل المعادن الطينية	تغاير في محتوى الطين، السليكا والكاربونايت لتعاقبات الحجر الطيني. كشف التباين في ترسبات الملح وحجر الطين/الكاربونايت المتعاقبة. إنشاء بيانات لتحليل سلاسل زمنية لتحديد ما إذا كانت هناك دورات منتظمة في الصخور

عند جمع بيانات رقمية بإستعمال جهاز ما خذ بنظر الأعتبار:

- أبتكار طريقة منهجية بحيث لا تفقد أي شيء؛
- فيما إذا كانت دقة البيانات مناسبة لهدف العمل الحقلي ولكن أيضا محددات الجهاز؛
- أنسب طريقة لإستعمال الجهاز تعتمد حيث يحصل الجهاز على معظم إشارته منه.

قد تبدو النقطة الثالثة واضحة ولكن سيكون هنا مثال لمطياف أشعة كاما الذي يقيس أشعة كاما من جزء يكون بشكل جرس مسطح مجاور لنهاية الكاشف (شكل 1.11أ). بالنسبة لقراءة تميز طبقة معينة يكون من الأفضل وضع الكاشف عمودي على مستوي التطبق (شكل 1.11ب). ولكن، للحصول على قراءة أكثر شبها بسجل بئري والذي يجد معدل التغير الطباقي، فمن الأفضل وضع الجهاز عموديا على التطبق (شكل 1.11ج). يوضح شكل 1.11د نسبة الإشارة المفقودة عبر وضع الكاشف على سطح غير مستوي. هذا من شأنه أن يؤدي إلى قياس غير دقيق للغاية.



شكل 1.11 (أ) تمثيل ثلاثي الابعاد لجزء شبيه بالجرس (موضح باللون الأحمر) والذي عن طريقه يقيس مطياف أشعة كاما. تمثيل ثنائي الأبعاد للمنطقة التي سيكشفها الجهاز إذا إستعمل (ب) موازيا لمستو التطبق، (ج) عموديا على مستو التطبق و(د) عند زاوية

1.1.11 معايرة الجهاز والمحطات الأساسية

تحتاج الأجهزة إلى الفحص والمعايرة بشكل منتظم قبل الخروج إلى الحقل. ومن الممارسات الجيدة الأخرى هي إنشاء محطة أساسية في موقع ملائم حيث يمكن أخذ عدة قراءات كل يوم على نفس البقعة للتدقيق، ولمراقبة إنحراف الجهاز. ليست كل "الإنحرافات" هي من صنع الجهاز، على سبيل المثال تتذبذب قوة المجال المغناطيسي للأرض بشكل مستمر (بشكل يومي على الأغلب ولكن توجد تغيرات قصيرة الأمد أيضا)، وتغير الجاذبية الظاهرية عند أي نقطة بسبب تأثيرات المد والجزر. يمكن حساب هذه التغيرات الجذبية، ولكن يجب قياس التغيرات المغناطيسية. عمليا ليس هناك حاجة لحل أيّا" من هذه التغيرات من الإنحراف المتعلق بالجهاز؛ تكرار القراءات عند المحطة الأساسية تُظهر مجموع كلا التأثيرين، والذي هو كل ما تحتاج إلى معرفته من أجل اشتقاق تصحيح لوقت المسح الخاص بك. ومن المرجح أيضا أن تكشف قراءات المحطة الأساسية أي مشكلة مع الجهاز.

2.1.11 شبكات المسح

جزء أساسي من أي مسح جيوفيزيائي هو إنشاء شبكة مناسبة تؤخذ من خلالها القياسات. تتطلب الشبكة النظر في دقة الجهاز، حجم وشكل المعلم الجيولوجي المراد التحري عنه و/أو الهدف العام، نوع التضاريس والوقت المتوفر. تعتبر دقة الجهاز مهمة جدا. ليس من المفيد إجراء المسح كل 10 سم إذا كانت دقة الجهاز هي 1 م فقط. وبالمثل إذا كانت دقة الجهاز ليست سوى بضع سنتمترات عندئذ يحتاج المسح أن يصمم بحيث لا يتم فقدان البيانات المهمة بين محطات القياس، ما لم يكن الغرض هو دراسة إقليمية.

إذا كانت المنطقة غير معروفة قد يكون من المفيد عمل دراسة أستطلاعية بشبكة دقة منخفضة أولا، تليها دراسة بدقة أعلى فوق المنطقة المطلوبة. يتطلب الحذر لضمان جمع البيانات الكافية لتعيين حدود حافة المعلم الجيولوجي قيد التحري.

ينبغي في جميع الظروف عدا الظروف الاستثنائية جمع البيانات على فترات متباعدة بشكل منتظم لكي تكون المعالجة الرياضية التي ستحتاج إلى إتمامها لاحقا أسهل. ينبغي أن تستعمل الخرائط، المرئيات الفضائية، نظام تحديد المواقع العالمي و/أو معدات المسح لإنشاء شبكات بمقياس كبير. يمكن تأسيس شبكات المقياس الصغير والمقاطع الطباقية بإستعمال أشرطة، مساطر، شاخص يعقوب وبوصلة (فقرة 5.2). يجب الحرص على قياس ليس فقط المسافة بين محطات القياس ولكن أيضا المسافة الكلية بين عدد من محطات القياس

للتحقق من الخطأ التراكمي. على سبيل المثال، إذا أخذت القياسات كل 10 سم تحقق أن محطات 1 م موضوعة بشكل صحيح نسبة إلى بعضها البعض.

2.11 نقل وحماية الأجهزة

يتطلب بعض الشيء من التروي في نقل المعدات الإلكترونية في الحقل. قد يكون من الضروري إستعمال حقائب ظهر كبيرة و/أو حقائب حمل مصممة بشكل خاص. تحتاج جميع المعدات الإلكترونية إلى الحماية من المطر وخاصة المياه المالحة. إذا كنت تحمل أجهزة إلى بلد اخر تأكد من أن لديك وثائق تشير إلى ماهية الجهاز، وإلى أي شيء سوف يستخدم وعائدية الجهاز.

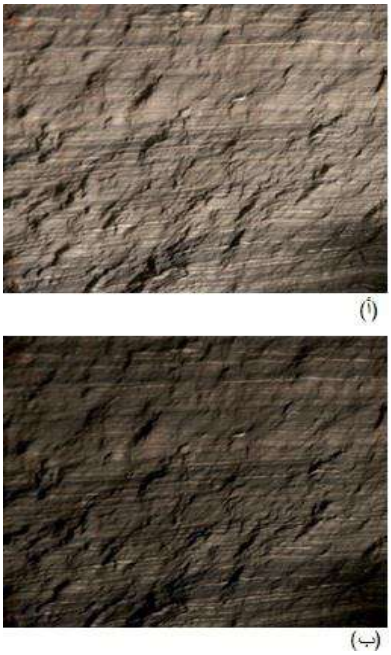
3.11 المضاهاة مع مجاميع البيانات الأخرى

غالبا ما تحتاج البيانات الجيوفيزيائية للمضاهاة مع بيانات جيولوجية، وفي بعض الحالات مع بيانات تضاريسية. ويفضل القيام بذلك عند إنشاء شبكة القياس. إذا كان مناسبا لحجم ونوع المسح، أنظر في دمج كل مجموعة بيانات في داخل نظام المعلومات الجغرافي (GIS) والتي ستسمح بعرض مناسب لكل مجموعة من البيانات وسوف تتيح لك البحث عن مضاهاة. دقة أعلى لمجموعة البيانات الجيوفيزيائية، يعني وجود صعوبة أكثر، لا سيما إذا كانت مجموعة البيانات الجيولوجية غير دقيقة. في بعض الحالات قد يكون من الضروري تهذيب أو حتى إعادة جمع البيانات الجيولوجية.

الفصل الثاني عشر

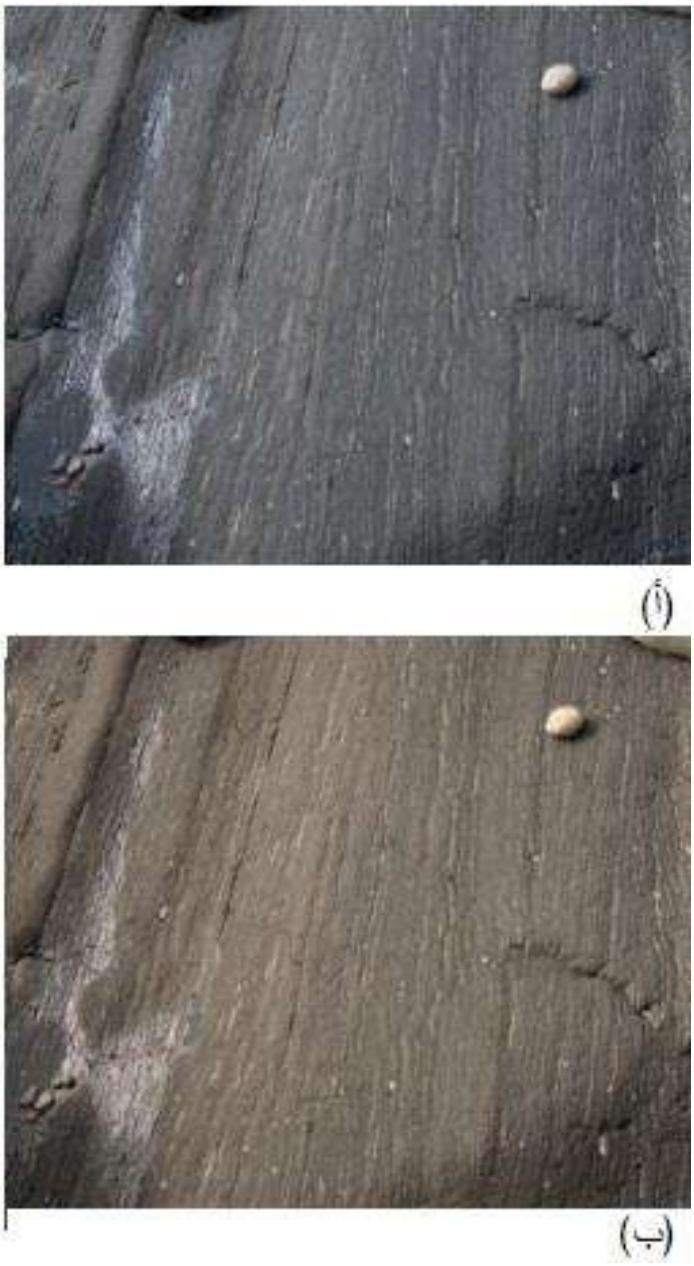
التصوير الفوتوغرافي

الصور الفوتوغرافية هي جزء أساسي لمعظم العمل الحقلي الجيولوجي. ويمكن ان تكون بمثابة مذكرة مساعدة، يمكن إستعمالها لتحليل الصورة (الفقرات 4.5 و5.5)، لتوثيق التغيرات في مكشف ما مع مرور الوقت، كما أنها ضرورية لتوضيح المعالم الجيولوجية الرئيسية في تقرير أو محادثة أو نشرية. كما أُجمل في فقرة 3.4 ليس من المهم في الحقل ألتقاط صورة فقط ولكن أيضا عمل رسومات وملاحظات حقلية، لأن الصورة ليست بديلا عن الرسم الحقلي. يسجل الرسم الحقلي كيفية تقسيم التعاقب، ويوفر مفتاح لمزيد من الملاحظات ويظهر بعض التفسير الجيولوجي. يجب أن تكون الصورة الملتقطة مسجلة في مفكرتك الحقلية وتضاف المعلومات الإلكترونية عن المعالم الجيولوجية والموقع إما من خلال الكاميرا وإما من خلال برنامج معالجة الصور (شكل 1.12).



شكل 1.12 صورتين ألتقطتا تحت سرع مختلفة قليلا لعدسة كاميرا لتوضيح تأثير تغير أعدادات الكاميرا. أرتفاع الصورة 40 سم. (أ) سرعة عدسة 3.6 و(ب) سرعة عدسة 5.4. البيانات الذاتية المترافقة والتي من المفيد أن تدرج في ملف إلكتروني هي: نوع الكاميرا، سرعة مصراع الكاميرا، سرعة العدسة، وضعية الأيزو ISO، توازن اللون الأبيض (أنظر شكل 2.12)، البعد البؤري، التاريخ، الوقت، المكان، الموضوع، كلمات مفتاحية. البعض منها يُسجل تلقائيا وأجزاء أخرى مثل جوهر الموضوع يحتاج أن تضاف من قبل المستخدم

توفر كاميرات الصورة المنعكسة الرقمية أحادية العدسة المقدار الأكبر من المرونة لمدى من ظروف الإضاءة ولأنواع من الصور؛ وهي تمتلك أفضل العدسات. ومع ذلك، تعطي العديد من الكاميرات المدمجة نتائج ممتازة ولها ميزة مضافة أنها صغيرة وخفيفة. قد تعطي الكاميرات المستعملة في الهواء الطلق وتصوير المناظر الطبيعية أفضل الصور الحقلية الجيولوجية. إضافة إلى ذلك تسمح الكاميرات الحساسة ذات مدى واسع من ظروف الإضاءة بأقصى قدر من المرونة.



شكل 2.12 صورتان لحجر طيني رمادي تظهر الفارق اللوني الكبير عند إستعمال وضع مختلف لتوازن اللون الأبيض. أرتفاع الصور 1 م. (أ) وضع ذاتي. (ب) بعد إستعمال بطاقة توازن اللون الأبيض لضبط التوازن لظروف الإضاءة

ليس هناك حدود لعدد الصور التي يمكن التقاطها مع كاميرا رقمية، بشرط ان يكون لديك ذاكرة كافية وسعة بطارية للكاميرا. هذا يعني أنك يمكن أن تلتقط الكثير من الصور عن ما سوف تستعمله في نهاية المطاف. قد تساعدك النصائح الاتية على إعطاءك مجموعة من الصور التي تغطي جميع الأحتمالات.

- أجعل الصورة الاولى في الموقع منظر عام؛ هذا سيذكرك من أين التقطت الصور التي بعدها.
- صّور كل من مناظر عامة ومناظر قريبة لمعالم مختلفة.
- أحط علما بظروف الإضاءة. غالبا ما يكون المنظر الأفضل تحت ظروف مشمسة والشمس تقع خلفك، وبالتالي هذا يعني العودة إلى الموقع في وقت مختلف من اليوم للحصول على أفضل إضاءة. توفر الظروف الغائمة إضاءة أكثر أنتظاما، ولكن يمكن أن تظهر الظروف المشمسة بعض المعالم الجيولوجية على نحو أفضل.
- إذا كانت ظروف الإضاءة رديئة أو متغيرة صوّر عدة لقطات بوضعيات مختلفة. لاحظ أن الصور الرقمية المتعرضة للضوء عرضا ناقصا يمكن معالجتها لاحقا للحصول على صورة جيدة في حين الصور المتعرضة للضوء أكثر مما ينبغي لا تسجل كل المعلومات. في شكل 1.12، (ب) أفضل من (أ).
- الإضاءة المتأخرة في اليوم والمبكرة في الصباح (بمعنى إضاءة منخفضة الزاوية) يمكن أن تبرز معالم تضاريسية بمقياس صغير إلى متوسط مثل آثار الأحافير والتراكيب الرسوبية.
- يكون الحامل ثلاثي القوائم مفيدا في ظل ظروف إضاءة منخفضة؛ إذا لم يكن معك حامل ثلاثي القوائم حاول وضع الكاميرا على صخرة وإستعمل المؤقت الذاتي أو تحرير مصراع الكاميرا عن بعد.
- إذا كنت تعمل حيث ظروف الطقس سيئة فكر في شراء حقيبة كاميرا مقاومة للماء من النوع المستعمل من قبل الغواصين للتصوير تحت الماء.
- إذا كنت تلتقط الكثير من الصور؛ على سبيل المثال طبقات صدفية أو محارية أو تفاصيل دقيقة، ألتقط الصور بالترتيب الطباقي لتجنب الإرباك وفكر في وضع علامة على الصخور بطريقة ما، على سبيل المثال بقلم أو سائل تصحيح أو مخطاط قرميد، بحيث تعرف كيف ترتبط الصور المختلفة مع بعضها البعض.

- من الأفضل في معظم الحالات أن تقف عموديا على الجسم المراد تصويره.
- أدرج مقياس أو أعمل ملاحظة لحجم المنطقة التي يجري تصويرها. أعتمادا على موضوع الصورة يمكن أن يكون المقياس أي شيء من شخص إلى مسطرة، غطاء عدسة الكاميرا، عملة أو سكين جيب. بالنسبة للصور ذات المقياس الصغير، يكون الأصبع مفيد أيضا. إستعمل مع الاجسام المتوسطة والصغيرة مقياس متري بدلا من أجسام مثل غطاء عدسة أو عملة لأن هذه تمتلك أبعاد مختلفة. بالإضافة إلى المقياس يفضل ان يكون اللون محايد (رمادي) بحيث لا يؤثر على التصوير الفوتوغرافي للمكشف. بدلا من ذلك أرسم مقياس على غلاف مفكرتك بقلم علامة واضح.
- إستعمل صفحة من مفكرتك الحقلية للإشارة إلى أو تسمية معالم معينة (على سبيل المثال، شكل 15.7) على الصورة.
- على أفتراض أنك تستعمل كاميرا رقمية تحقق من، بإستعمال شاشة عرض الكاميرا، المكشف وبقدر الإمكان أن الطول البؤري على ما يرام قبل أن تترك موقعك بحيث يمكنك ألتقاط صورة أخرى إن لزم الأمر.

الفصل الثالث عشر

النمذجة

يمكن أن تكون النمذجة جزء أساسي من البرنامج الحقلي، وذلك لأن كل ما سوف تملكه عند عودتك من الحقل هي عينات، ملاحظات حقلية وصور. ولكن غالبا ما تكون عملية جمع العينات سريعة بسبب إما لأنها المهمة الأخيرة المنجزة وإما بسبب الحاجة لتغطية منطقة واسعة في غضون فترة زمنية قصيرة وإستخراج المواد التي يمكن الوصول إليها بسهولة. غير أنه، من المفيد قضاء بعض الوقت في جمع العينات وتسجيل موقعها بالضبط، وخاصة إذا كنت تنوي قضاء عدة ساعات من العمل المختبري عليها. النقاط الأساسية التي تؤخذ بنظر الأعتبار عند أخذ العينات هي:

- ما هي الأهداف وبالتالي مقدار ونوع العينة المطلوبة؟
- هل العينة نموذجية؟
- ما الذي تحتاج إليه دقة النمذجة؟
- هل العينة حديثة وغير متجوية؟ (بالتأكيد ما لم تكن الدراسة حول التجوية)
- هل تحتاج العينة أن تكون موجهة؟
- هل تمتلك الأدوات المناسبة للعمل؟
- هل سجلت بالضبط من أين جائت العينة؟
- هل يوجد سجل للكيفية التي جمعت بها العينات، على سبيل المثال الأدوات المستعملة (لإزالة تلوث محتمل) والدقة الطباقية؟
- ما هي قضايا الحفظ؟ هل أخذت ما هو ضروري فقط، هل حصلت على التصريح اللازم وهل فكرت في التأثير البصري على البيئة؟

1.13 أختيار وتسمية العينات

يعتمد حجم وطبيعة العينة المطلوبة على نوع التحاليل التي تحتاج إلى إنجازها. ستعتمد فواصل النمذجة الأفقية والعمودية المناسبة على الغرض من الدراسة. وإضافة إلى هذا فكر فيما يأتي: تغيرات صخارية، معدل الترسيب، القرب من حدود مشكوك بها، تكرار معروف أو مشكوك به، موارد وتقييدات حقلية. تستعرض هذه الفقرة العوامل التي ينبغي أخذها بنظر الأعتبار أعتمادا على الغرض المقصود من العينات.

يتطلب أخذ الحذر لتجنب إنتقال التلوث عند أختيار العينات لغرض التحليل الجيوكيميائي، التحليل المعدني، الأحافير الدقيقة والدراسات عالية الدقة.

1.1.13 عينات لغرض الشرائح الصخرية

عادة، عينة بسمك 10 سم × 5 سم × 5 سم تكون كافية لإنتاج شريحة صخرية واحدة أو أكثر بشرط أن لا تكون الصخرة خشنة الحبيبات جدا. إذا كانت الصخرة خشنة الحبيبات ينبغي عندئذ أخذ حجم عينة تتناسب مع الحجم الحبيبي. في الصخور المشوهة من المفيد قطع شريحتين صخريتين أو حتى ثلاث بزاوية قائمة مع بعضها البعض، لذلك قد يتطلب عينة أكبر قليلا.

2.1.13 عينات موجهه

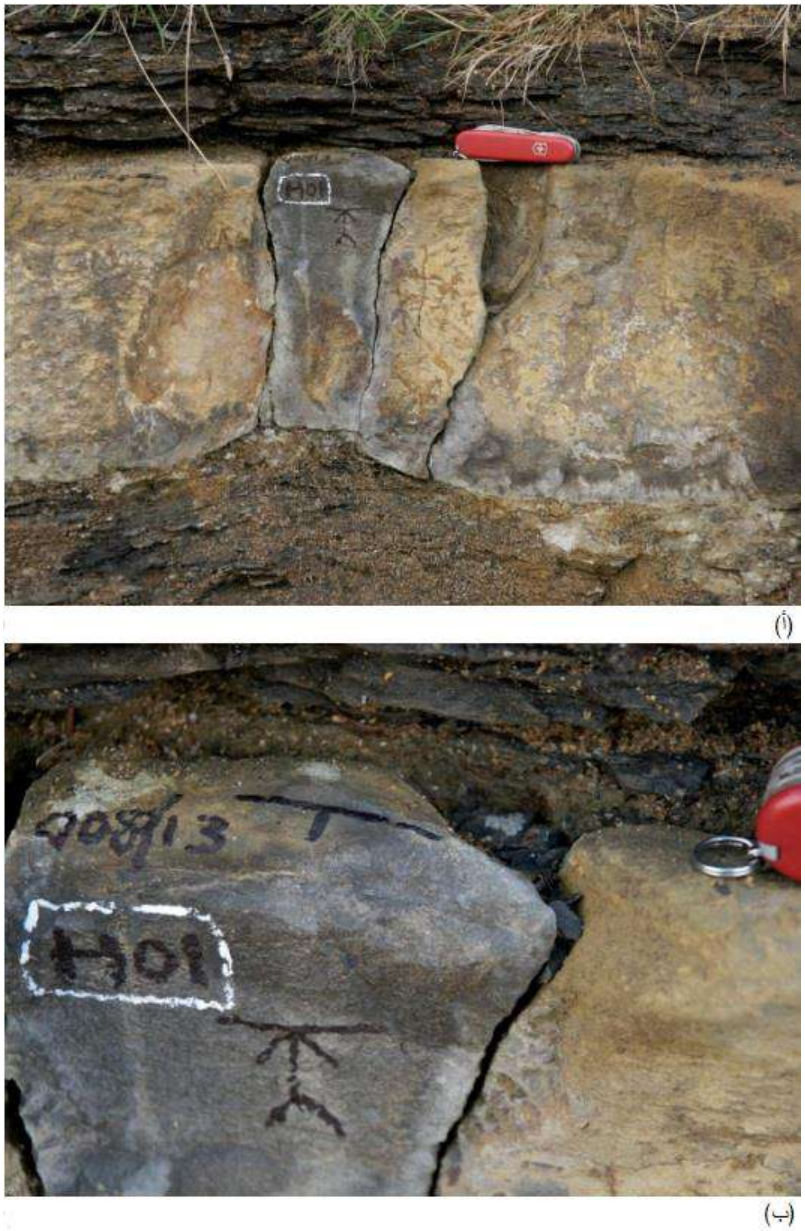
الإتجاه نحو الأحدث وعينات موجهه تقريبا

بالنسبة للصخور الرسوبية غالبا ما يكون الإتجاه نحو الأحدث مطلوب ويتم عادة تسجيله على السطح العمودي على التطبق بسهم. إذا كان إتجاه التطبق ليس واضحا قد يحتاج إلى أن يتم تسجيله بحيث يمكن قطع المقطع عموديا على التطبق. قد يحتاج الإتجاه نحو الاحدث بالنسبة للصخور النارية إلى أن يتم تسجيله لصخور المقذوفات البركانية المتكدسة والصخور البركانية المحتوية معالم تدفق وحويصلات. بالنسبة للعينات من صخور متحولة فإنه غالبا ما يكون من الضروري تسجيل السطح العلوي بسبب الحاجة للحصول على شرائح صخرية في إتجاه معين نسبة إلى الأنسجة التركيبية.

عينات موجهة بدقة

تحتاج بعض العينات في الحقل إلى أن تكون موجهة بدقة بحيث يمكن أن تؤخذ بعين الأعتبار خلال المعالجة اللاحقة (شكل 1.13). وهذا يشمل عينات للدراسات المغناطيسية القديمة وبعض العينات لتحاليل تركيبية وتحولية أكثر دقة. للقيام بذلك، أعثر على قطعة من الصخر على مكشف تكون قابلة للاستخراج بسهولة، أو إذا كانت الصخور تتكسر بطريقة مناسبة، استخرج العينة الصخرية ومن ثم أعد تركيبها في

موضعها بالضبط. بإستعمال بوصلة – مقياس ميل علّم الصخرة بخط مضرب، إتجاه ميل وإتجاه للأعلى (شكل 1.13) أو القمة. أنتبه للميل والمضرب. كما يمكن الحصول على عينات موجهة بالحفر المستعمل لدراسات المغناطيسية القديمة. يحصل على العينات من خلال حفر الصخور للحصول على أسطوانة من الصخر والتي لا تزال ملتصقة في الجزء الخلفي. عندئذ توجه هذه الأسطوانة بإستعمال بوصلة – مقياس ميل محورة وسلك لوضع علامة على اللباب قبل استخراجه.



(أ)

(ب)

شكل 1.13 عينة موجه مع خط مضرب واتجاه ميل على السطح العلوي ورقم العينة (H01) والإتجاه للأعلى (إشارة سهم) على الجانب.

3.1.13 عينات لغرض التحليل الجيوكيميائي

عادة، عينة 200 غم تكون كافية لمدى من تحاليل العناصر الرئيسية والثانوية، والعناصر النزرة والنظائر، باستثناء الصخور غير المتجانسة والخشنة الحبيبات جدا، حيث قد يتطلب حوالي 1 كغم. ينبغي التأكد من أن العينة حديثة. وهذا قد يعني أن هناك حاجة لإزالة المادة المتجوية أولا. إذا كان ممكن فمن الأفضل إزالة المادة المتجوية في الحقل لضمان أن ما تعود به من الحقل هو عينة حديثة. التغيرات اللونية هي مؤشر جيد على التجوية، ولكن أيضا نمط الكسر وصلابة الصخر تميلان إلى التغير. إضافة إلى ذلك تحتوي بعض الصخور على معادن هي نتاج التجوية (غالبا ما تنمو بلورات جبسم داخل أحجار طينية متجوية). قد يتطلب أيضا ممارسة بعض الحذر في عينة يجري تحليلها من أجل النظائر لتجنب التلوث من المطارق والأزاميل المعدنية.

4.1.13 عينات لغرض الاستخلاص المعدني

إن مقدار العينة التي تحتاج إلى جمعها لأجل التحليل المعدني يعتمد على المعادن التي يتم استخراجها ومكونات الصخرة. بالنسبة للمعادن الثقيلة مثل الزركون الذي يتواجد بوفرة قليلة، قد يتطلب 1 – 2 كغم. بالنسبة للزجاج البركان ومجموعة الفدسبار من أجل تحديد عمر $^{40}Ar - ^{39}Ar$ و Ar – K، يتطلب على الأقل 1 كغم من الصخر. بالنسبة للصخور الرسوبية والمقذوفات البركانية من المهم بشكل خاص الجمع من قاعدة الطبقة كالمعادن خشنة الحبيبات التي يسهل التقاطها بسهولة وتكون أكثر وفرة هناك.

5.1.13 عينات لغرض الأحافير

عينات لغرض تحاليل الأحافير الكبيرة: تميل عينات الأحافير الكبيرة والمواد الصخرية الساندة لها إلى أن تكون كبيرة. ومن المفضل تغليفها بالورق. إذا كانت هشة أو تحتاج الصخرة إلى التجفيف ببطء، غلفها بشريط لاصق/ غلاف طعام بلاستيكي ومن ثم ورق. ينبغي التبرع بالعينات المهمة إلى المتحف بعد تحليلها ويشار إلى أرقام العينة (او أقتناء المتحف) في أي نشرية لاحقة.

عينات لغرض تحاليل الأحافير الدقيقة: يعتمد حجم العينات من أجل تحاليل الأحافير الدقيقة على الوفرة المحتملة للأحافير داخل العينة. لمعدل وفرة من أحافير الفورامنيفيرا ينبغي أن تكون 200 غم كافية، وعينة صغيرة 10 غم تكون كثيرة للأحافير المجهرية nanofossils والدايتومات. تتطلب عينات حبوب اللقاح والأبواغ القديمة palynology حوالي من 0.5 إلى 1 كغم.

عينات لغرض الأحافير الجزيئية: يتطلب عينات صغيرة جدا من أجل الأحافير الجزيئية ولكن تحتاج العينة إلى أن تكون كبيرة بما فيه الكفاية (2 – 5غم) لتجنب التلوث. ينبغي أن تعبأ العينات في رقائق معدنية أو زجاج أو أكياس نايلون من تركيب معروف.

6.1.13 نمذجة لغرض دراسات إقليمية

تتطلب الدراسات الإقليمية ودراسات الدقة المنخفضة عينات تكون نموذجية للمنطقة ككل. إضافة إلى ذلك ينبغي جمع العينات من وحدات تحتاج إلى تحليل مختبري لأن مكوناتها غامضة. جمع عينة من كل من الوحدات الطباقية الصخارية الرئيسية ربما يكون مكان جيد للبدء. إذا كان الإقليم متجانس إلى حدا ما (على سبيل المثال إقليم ناري كبير) عندئذ خذ عينات متباعدة بانتظام تكون منفصلة مكانيا أفقيا وعموديا على حدا سواء، إضافة إلى معالم رئيسية أخرى مثل مجرى قاطع ناري محتمل. العينات الأخرى التي تستحق التفكير فيها هي مجموعة لفحص التباين التركيبي عبر جسم ناري، أحافير نموذجية، أسطح تماس تكتونية، عينات نموذجية من أنطقة متحولة وعينات نموذجية من مجموعة من القواطع النارية.

7.1.13 مجموعة عينات عالية الدقة

تتطلب النمذجة عالية الدقة صبر وأهتمام كبير. سوف تحتاج إلى وسائل منطقية مبتكرة لتسمية العينات/ موقع العينات. حيثما يتطلب عينات متقاربة يكون من الأفضل وضع علامة على المكشف بشكل واضح أولا مع مقياس (شكل 2.13)، وإذا تطلب عينات متباعدة بصورة غير منتظمة، ضع علامة حيث سيتم أخذ العينات منها. يمكن عندئذ تصوير المكشف كسجل دائم قبل استخراج العينات. يمكن إجراء التأشير على المقطع بمخطاط قرميد، قلم علامة، صبغ أو سائل تصحيح الكتابة وفقا لما هو مناسب ويظهر بوضوح على الصخر. هناك طريقة بديلة، بشرط أن لا توجد قضايا حفظ، هو بالتأشير نحو الأعلى بدقة ومن ثم استخراج عينة كبيرة أو مجموعة من العينات ومن ثم أخذ عينة فرعية منها والعودة بها إلى المختبر. قد يتطلب عينات متراكبة و/أو مكررة وفقا لأهداف المشروع. يظهر شكل 2.13 جزء من مقطع رسوبي مؤشر عليه جاهز للنمذجة. وقد تم أختيار زاوية مقطع لسهولة الاستخراج وتم تأشير مقياس سنتمتري بإستعمال كل من مخطاط قرميد وسائل تصحيح الكتابة. تم إستعمال مخطاط القرميد لإنشاء علامة دقيقة ولكن دائمة تبقى بعد الرزم والنقل، وتم إستعمال سائل التصحيح لأنه يجعل علامات المخطاط أسهل بالتحديد في الصور وبنظرة سريعة.

شكل 2.13 مقاطع مؤشرة جاهزة للنمذجة. (أ) متر طباقي واحد من الصخر مؤشر كل 1 سم. (ب) مقطع تفصيلي يظهر علامات كل 1سم صنعت العلامات بمخطاط قرميد وسائل تصحيح. لاحظ في هذه الحالة الحرف "m" يشير إلى سالب حيث العلامات هي تحت مستوى المرجع صفر الموضح في (أ). (ج) مقاطع مؤشرة على كلتا جانبي الزاوية يمكن أن يكون مساعد عند وضع المقطع الخلفي معا

التلوث هو مشكلة لمجموعة العينات عالية الدقة. أعتمادا على طبيعة المكشف قد يكون من الأفضل أخذ عينة من الأسفل باتجاه الأعلى لتجنب سقوط المادة على الجزء الذي لم يتم بعد أخذ عينات منه. إضافة إلى

ذلك يجب أن تكون الأدوات المستعملة لجمع العينات منظفة بعناية. هناك وسيلة فعالة لنمذجة الصخور الرسوبية والصخور الناعمة الأخرى عندما يكون مسحوق الصخور مطلوب للتحاليل الكيميائية هو بتأشير الصخرة ومن ثم حفرها بلقمة حفر مستعملة في البناء بين قطر 10 إلى 15ملم، وجمع المسحوق في كيس معقود تحت لقمة الحفر. يجب توخي الحذر عند تنظيف لقمة الحفر فيما بين العينات لضمان عدم وجود تلوث متبادل. هذه الطريقة ليست ملائمة للعينات التي ستحلل من أجل النظائر بسبب أحتمالية التلوث من الأتصال الوثيق بلقمة الحفر. الرواسب الناعمة جدا، وخاصة تلك التي تمتلك نسبة عالية من المياه يمكن نمذجتها بسكين من خلال قطع العينات المطلوبة. يمكن إستعمال أدوات حفر مصممة لدراسات المغناطيسية القديمة والتي تستخرج لباب صغير بقطر حوالي 2 سم للحصول على عينات صغيرة عالية الدقة من صخور أكثر صلابة.

غالبا ما يتطلب عينات من طبقة كاملة أو مجموعة طبقات. عند هذه الحالة من الأفضل استخراج عينات كبيرة متراكبة طباقيا. ينبغي إيجاد مقطع مناسب للاستخراج وتأشير الصخرة قبل الاستخراج بكل من مطرقة وإزميل أو منشار قرصي للصخور. لا تنسى الحصول على تصريح إذا كنت تستخرج عينات كبيرة أو إذا كانت هناك قضايا الحفاظ على البيئة.

8.1.13 تسمية العينات وتعبئتها

من الجدير قضاء بعض الوقت لأبتكار مخطط تسمية مناسب لعيناتك. هناك تشكيلة متنوعة من الأحتمالات تبعا للغرض من الدراسة. بالنسبة للدراسات الإقليمية غالبا ما يستعمل رقم الموقع أو أختصار الأسم ومن ثم رقم العينة في ذلك الموقع، ولكن الطريقة البديلة هي بإستعمال مربع الشبكة الوطنية ومن ثم رقم العينة. ميّزة هذه أن رقم العينة يعطي إشارة مباشرة على مكان وجودها بدون الحاجة للنظر في الملاحظات الحقلية. إمكانية أخرى هي بإدراج التاريخ أو جزء من التاريخ في رقم العينة من أجل السماح لك بالعثور على الملاحظات الحقلية المترافقة بسهولة. بالنسبة لدراسات أعلى دقة حيث يجري جمع مئات العينات غالبا ما تتطلب استراتيجية مختلفة. إذا كانت العينات على أرتفاعات طباقية معينة فيكون من المفيد دمج الأرتفاع في رقم العينة. هذا يجعل معالجة الأرقام في جداول البيانات أسهل في مرحلة لاحقة. أختصار لعمر العينة، على سبيل المثال، س لعمر السيلوري أو لأسم الطباقية الصخارية هي إمكانيات أخرى يمكن التفكير في أدراجها.

يفضل تسجيل رقم العينة على العينة نفسها، بشرط أن تكون كبيرة بما فيه الكفاية وأن لا تكون هناك مشكلة تلوث، وإذا أمكن الإتجاه. يفضل تسجيل ما يأتي على كيس العينة أو خارج مادة التغليف نفسها وحسب الإقتضاء:

- رقم العينة؛
- إشارة مرجعية إلى صفحة مفكرة حقلية أو تاريخ جمعها؛
- الموقع؛
- فيما إذا كانت العينة موجهة أم غير موجهة؛
- نوع الصخرة؛
- عينات مترافقة معها.

2.13 نصائح عملية

1.2.3 رزم وتأشير المواد

شريط لاصق/غلاف بلاستيك: وهذه مفيدة جدا للعينات الهشة مثل الأحافير والأحجار الطينية. فضلا عن الميزة الواضحة للمساعدة في مسك العينة مع بعضها، يحتفظ الشريط أيضا بالرطوبة في العينة، والسماح لها أن تجف تحت ظروف مسيطر عليها.

الورق: وهذا مفيد للمساعدة في حماية العينات الحساسة وفي الرزم. ينبغي أن لا تُستعمل في تماس مباشر مع الصخور إذا كانت العينات نفسها مستخدمة للتحاليل الجيوكيميائية، ولا سيما تحليل الكاربون العضوي.

أكياس النايلون: من الممارسات الجيدة وضع كل عينة في كيس نايلون جديد لتجنب انتقال التلوث. تأتي معظم الأكياس مع ملصقات يمكن الكتابة عليها. تحقق من الصخور ذات الحواف الحادة لأنها تميل إلى تمزيق الكيس. إذا كانت الصخرة لديها حواف حادة، إما تزال هذه الحواف من خلال النقر عليها بلطف بإستعمال النهاية المربعة من مطرقتك وإما بوضع الصخرة في الكيس بحذر ومن ثم تغليف الكيس بورق.

رقائق الألمنيوم: وهي مفيدة لمسك عينات هشة جدا مع بعضها مثل أحجار طينية mudstones. لف الرقاقة حول العينة بعد استخراجها مباشرة بطريقة منتظمة بحيث تكون قادرا على إزالتها في المختبر بشكل متسلسل. من الأفضل تجنب رقائق الالمنيوم في حال سيتم تخزين العينات لمدة من الزمن لأن أملاح الصخرة ستعمل على تآكل الرقائق.

الغراء: يمكن إستعمال غراء قوي مناسب لمعدن أو خشب للصق العينات معا. إذا كنت بحاجة لحماية العينات الهشة مثل مادة صدفية داخل حجر طيني أو أسنان فقريات قبل شحنها أو نقلها من الحقل، أنقع العينة لعدة ساعات في مزيج 50:50 غراء بولي فينيل الكحول PVA وماء. ومن ثم السماح للعينة بأن تجف.

أقلام التأشير: توفر أقلام التأشير الدائمة ملصق مميز. لاحظ أن الصخور الرطبة أو المتربة أو ناعمة الحبيبات الملونة بلون داكن يكون من الصعب وضع علامة عليها. من المفيد حمل عدة أقلام تأشير إلى الحقل لأنها تميل إلى أن تبلى بسرعة.

2.2.13 إستخراج العينات

تتكسر الصخور المختلفة بطرق مختلفة، ولكن المهارة والخبرة تمكن الجيولوجي من الحصول على أفضل العينات. أبحث عن مكان ما يكون آمن وسهل الوصول وحيث توجد قطعة بارزة إلى الخارج ربما تسهل إزالتها. ينبغي عليك التفكير في تأثير الاستخراج على البيئة ومن المفضل أختيار موقع لن يكون واضحا. إذا كنت بحاجة إلى مجرد عينة صغيرة، عادة ما يعمل النقر على حافة الطبقة بالنهاية المسطحة للمطرقة. إذا كنت بحاجة إلى عينة أكبر أبحث عن مناطق حيث يكون هناك خط ضعف مثل مستوي تطبق أو فاصل. وهذا غالبا ما يكون متوسع، ومن خلال دق إزميل إلى داخل الفاصل أو مستوي التطبق يتم استخراج الصخرة. بالنسبة لمعظم الأحافير سوف تحتاج الصخرة إلى أن يتم شطرها على طول مستوي التطبق. من الصعب استخراج بعض العينات وقد تتطلب الكثير من الضربات القوية بالمطرقة ومع الوقت لإضعاف الصخرة. إذا كنت في حاجة إلى قطعة معينة عندئذ إستعمل الإزميل وأعمل بحذر حول العينة. ينبغي عليك العمل بالإزميل بعيدا بما فيه الكفاية عن المنطقة المحددة التي تحتاجها لأنه سيكون هناك دائما بعض المواد المفقودة بالقرب من مكان عمل الإزميل. عندما تستخرج العينة قلّم أي زوايا حادة.

الفصل الرابع عشر

ملاحظات ختامية

في الختام، تلخص القائمة الأتية المراحل المختلفة للعمل الحقلي الجيولوجي. وتغطي الإعداد، فترة العمل الحقلي وبعض الملاحظات حول ما يجب القيام به بعد العمل الحقلي.

قبل الذهاب إلى الحقل

1. كن واضحا حول أهداف العمل الحقلي.

2. راجع المعلومات المنشورة وأية معلومات أخرى متاحة بما في ذلك ما يتوفر على شبكة الإنترنيت ولدى باحثين آخرين زاروا المنطقة للحصول على نظرة عامة.

3. إذا لزم الأمر، الحصول على تصريح لزيارة الموقع.

4. ملء أستمارات الصحة والسلامة، والحصول على تدريب الأسعافات الأولية، وما إلى ذلك، كما هو مطلوب.

5. ضع المعدات الحقلية الضرورية معا (الجداول 1.2 – 3.2).

في الحقل

6. أختر أفضل المكاشف لأهداف العمل الحقلي.

7. قم بهدف واحد على الأقل كل يوم.

8. تحقق من المخاطر وراقبها.

9. أجمع البيانات، العينات وما إلى ذلك، وأبدأ بصياغة التفاسير. إستعمل مفكرتك الورقية أو الإلكترونية للحفاظ على سجل بياناتك الرئيسي، موقع العينات، إشارة إلى مواد أخرى مع بيانات حقلية مثل خرائط، تفكير وتخطيط (جدول 1.14).

10. أجمع أي عينات مطلوبة بمسؤولية وتروي.

جدول 1.14 ملخص معلومات يأخذ بنظر الأعتبار التسجيل في مفكرتك الحقلية

معلومات المفكرة الحقلية
الأسم وتفاصيل الأتصال
جدول محتويات
معلومات مفيدة
التاريخ، اليوم
الموقع
خارطة أولية للموقع
رسومات تخطيطية لإظهار العلاقة بين الوحدات
رسومات تخطيطية لمعالم منفردة
بيانات وملاحظات
إشارة إلى خرائط حقلية، خرائط وأدبيات
تفسيرات أولية
أية أسئلة
لعمل قوائم
صور ملتقطة
قائمة عينات

11. راجع في نهاية كل يوم العمل الذي أنجزته وعدّل قائمة مهام العمل الحقلي اللاحقة والأهداف كما هو مطلوب.

12. إذا كان ممكنا إتاحة الوقت لمضاعفة التحقق من أي أختلافات.

عند العودة من الحقل

13. أخزن العينات كما هو مطلوب (على سبيل المثال، قد تحتاج الأحجار الطينية وبعض الأحافير إلى الخزن في ظروف باردة).

14. تحقق من الملاحظات الحقلية ونظف ورتب أي نهايات بدون تنظيم.

15. ناقش البيانات والتفسير مع الزملاء وغيرهم من الخبراء. أبحث عن مزيد من المساعدة حيثما يتطلب ذلك، على سبيل المثال من خلال زيارة المتاحف لمقارنة الأحافير التي عثرت عليها مع الأنواع النموذجية، أو عن طريق تحليل الصخور مقارنة مع العينات الأخرى المعروفة.

16. حلل البيانات والعينات.

17. صف العمل بالتفصيل، على سبيل المثال كتقرير أو مقالة علمية. وهناك العديد من الكتب المتاحة قد تساعدك في كتابة التقرير العلمي.

المصادر

- مشرف، محمد عبد الغني عثمان. 2013. المعجم الجيولوجي المصور إنكليزي – عربي. هيئة المساحة الجيولوجية السعودية. 2650 صفحة.

- Angela L. Coe. 2010. GEOLOGICAL FIELD TECHNIQUES. Blackwell Publishing Ltd. 337pp.

- Assaad, Fakhry A., and LaMoreaux, Philip E. Sr. 2004. Field Methods for Geologists and Hydrogeologists, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 404pp.

- Barnes, J. W. and Lisle, R. J. 2003. Basic Geological Mapping (4th edition), Blackwell Science , 196pp.

- BERKMAN D. A. 2001. FIELD GEOLOGISTS' MANUAL (4th edition). THE AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY. 403pp.

- Boggs, S. 1992. Petrology of Sedimentary Rocks, Prentice Hall.

- Catuneanu, O. 2006. Principals of Sequence Stratigraphy, Elsevier ,375pp.

- Dorrik A.V. Stow. 2010. Sedimentary Rocks in the Field A Colour Guide (5th edition). Manson Publishing Ltd, 321pp.

- Hollocher, K. 2014. A Pictorial Guide to Metamorphic Rocks in the Field. Taylor & Francis Group, London, UK. 320pp.

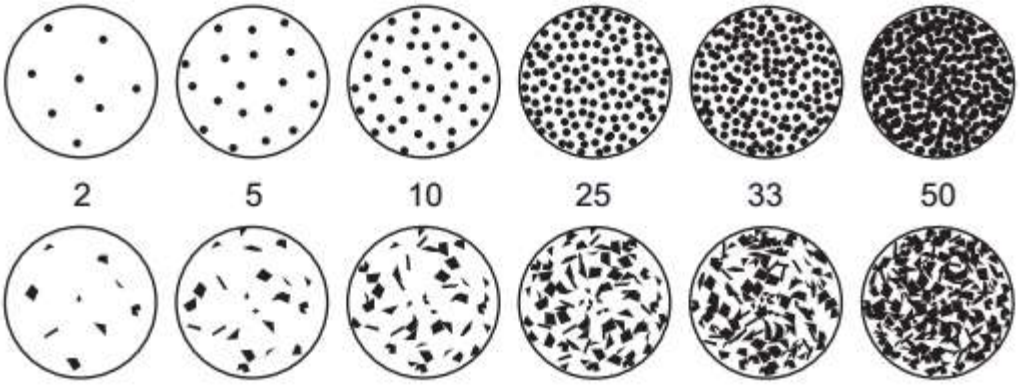
- Jerram, D. and Petford, N. 2011. The Field Description of Igneous Rocks (2^{nd} edition). John Wiley & Sons, Ltd. 258pp.

- Benton, M. J. and Harper, D. A. 2008. Paleobiology and the Fossil Record. Wiley – Blackwell, 608 pp.

- Nichols, G. 1999. Sedimentology and Stratigraphy, Blackwell Science,355pp

- Pollard D. D. and Fletcher R. C. 2005. Fundamentals of Structural Geology. Cambridge University Press, New York. 516pp.

ملحق م1: عام



شكل م1.1 رسم بياني لتقدير النسبة المئوية للمكونات في مساحة

جدول م1.1 مقياس موه للصلابة

صلابة موه	المعدن المرجعي	مثال غير معدني
1	تالك	
2	جبسم	
(2.5)	---	الظفر
3	كالسايت	
(3.5)	---	عملة نحاسية
4	فلورايت	
5	اباتايت	
(5.5)	---	زجاج نافذة
6	فلدسبار	
(6.5)	---	فولاذ مقوى (مثل نصل سكين)
7	كوارتز	
8	توباز	
9	كورندوم	
10	ماس	

جدول م2.1 جدول تحويل الطول المتري إلى إنكليزي

متري \ وحدة قياسية	إنكليزي \ الولايات المتحدة الامريكية
2.054×10^{-2} م	1 إنج
0.3048 م	1 قدم
0.9144 م	1 يارد
1.0609×10^{3} م	1 ميل

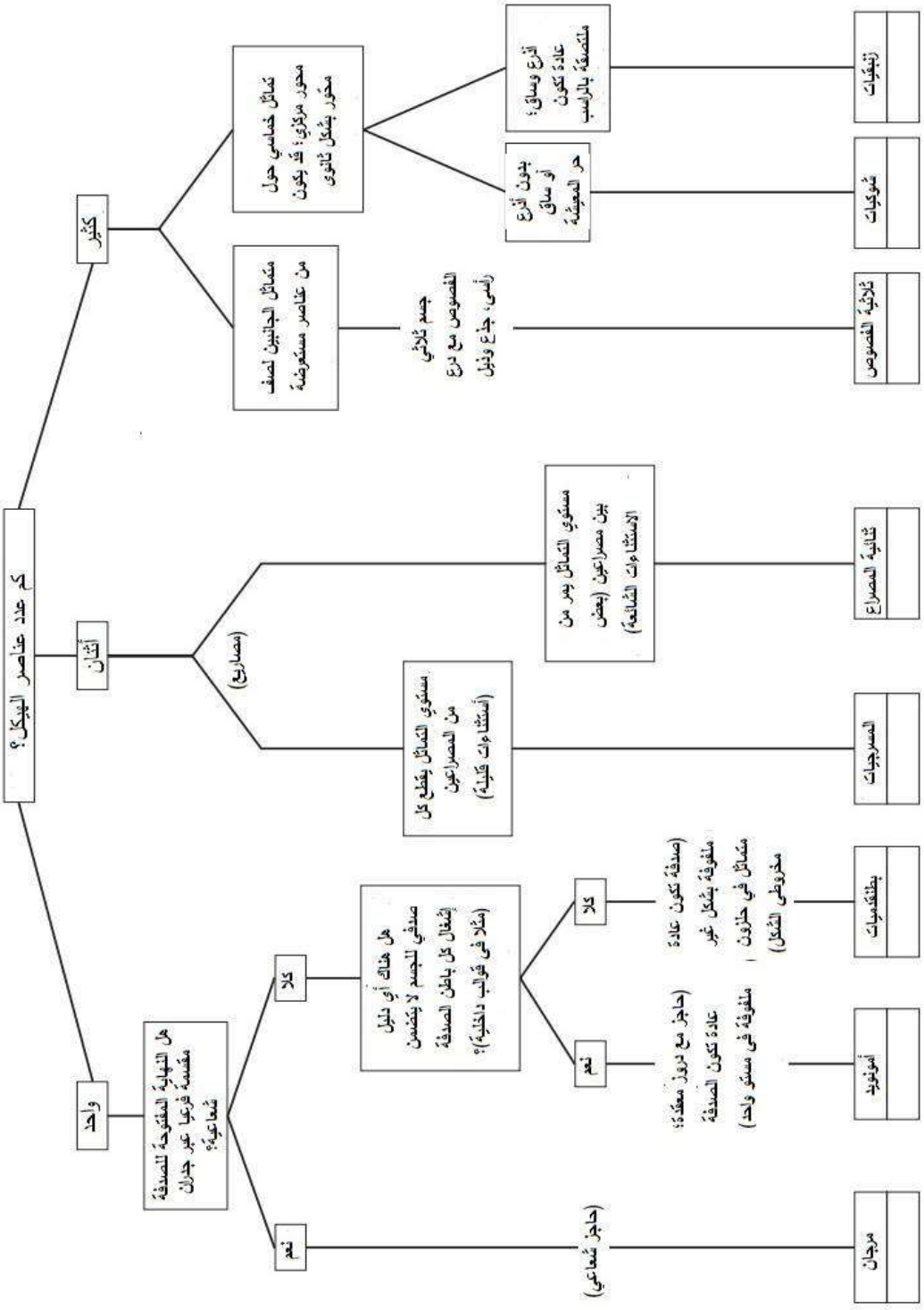
جدول م3.1 جيوب الزاوية لتحويل القياسات الأفقية إلى سمك حقيقي

الدرجات	جيب الزاوية
1	0.017
2	0.035
3	0.052
4	0.07
5	0.087
10	0.174
15	0.259
20	0.342
25	0.422
30	0.5
35	0.574
40	0.643
45	0.707
50	0.766
55	0.82
60	0.866
65	0.906
70	0.94
75	0.966
80	0.985
85	0.996

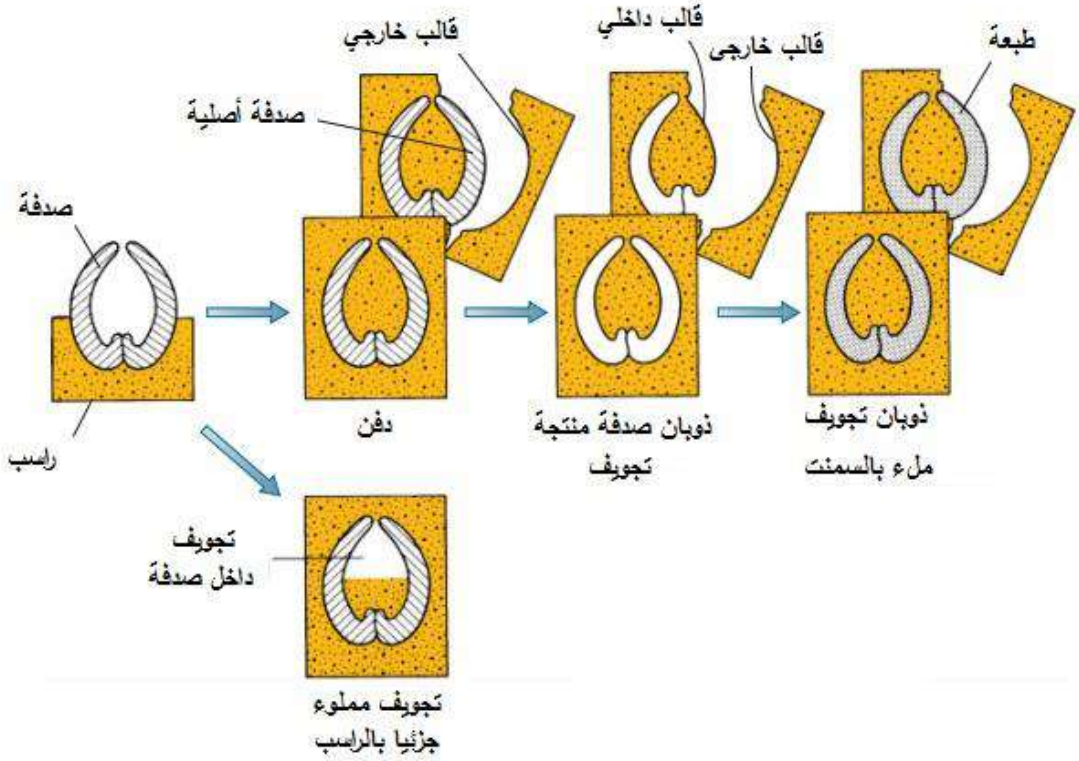
ملحق م5: الأحافير

جدول م1.5 أساليب حفظ الأحافير

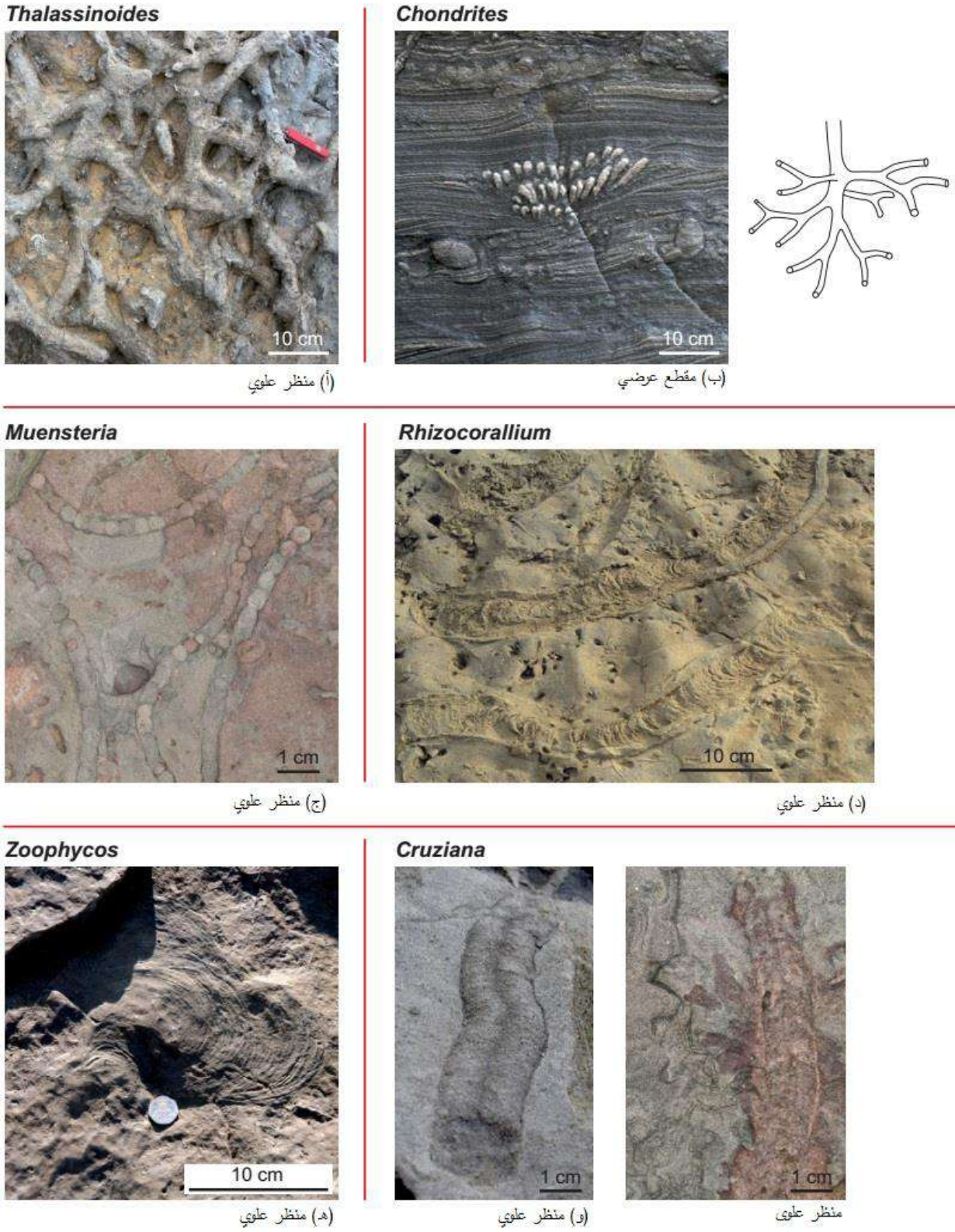
اسلوب الحفظ		التفسير	الأمثلة
حفظ المادة الأصلية		إما بسبب التركيب الكيمياوي للمادة الأصلية و/او للخصائص المميزة للبيئة الترسيبية. الخصائص الاصلية حفظت جيدا ويمكن إستعمالها لمدى من التمثيلات البيئية الجيوكيميائية.	التحنيط الطبيعي (شكل 3.5أ)؛ حشرات في كهرمان
تغير كيميائي للمتحجر	تمعدن أحفوري permineralization	تبقى جدران خلية الكائن الأصلي غير متغيرة تقريبا	أمونايت مع أصدافها الأرغونايتية الأصلية
	تحجر petrifaction	يتم أحلال كل المادة الأصلية بمعدن. قد يتواجد عدة أطوار من التمعدن	شكل 3.5ب
الطبعات والقوالب Casts and moulds		تشير القوالب إلى الترسبات التي تظهر الشكل الداخلي او الخارجي للمتحجر بعد تفسخ الأجزاء الرخوة. تشير الطبعات إلى أحافير حيث قد تم أحلال الأجزاء الصلبة (مثل الأصداف)	الأشكال م2.5، 3.5ج، 6.5
آثار مطبوعة Impressions		بقايا ثنائية الأبعاد حيث كان المتحجر في تماس مع الصخرة. يعطى مصطلح الأثر المطبوع أيضا إلى ورقة متحجرة حيث قد تأكسدت البقايا العضوية تاركتا فقط "قالب" من سطح الورقة الأصلي	شكل 3.5د



شكل م1.5. مخطط بسيط للتعرف على أحافير اللافقريات أعتماد على التماثل

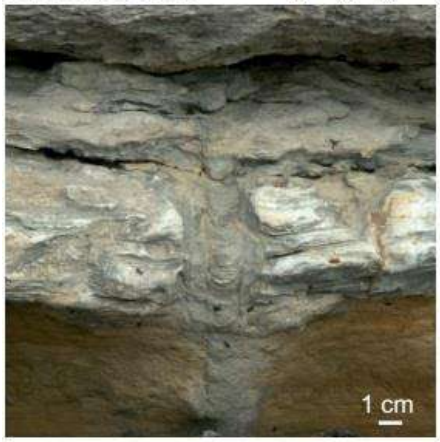


شكل م2.5 رسم يوضح تشكل القوالب والطوابع بإستعمال ثنائي الصدفة كمثال.



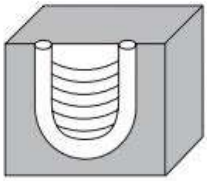
شكل م3.5 صور لبعض آثار الأحافير الشائعة.

Diplocraterion آثار جحور عمودية شكل حرف U

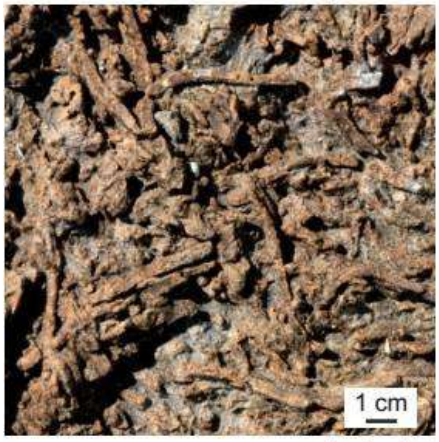


(س) مقطع عرضي

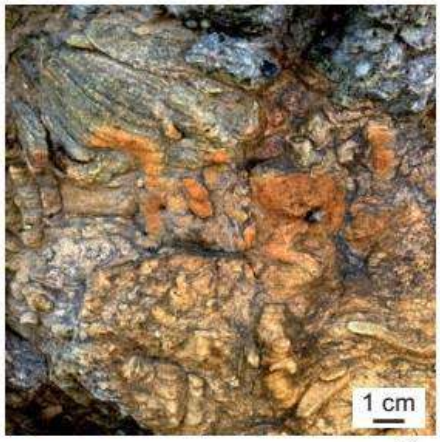
منظر علوي



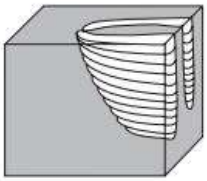
Teichichnus جنس آثاري



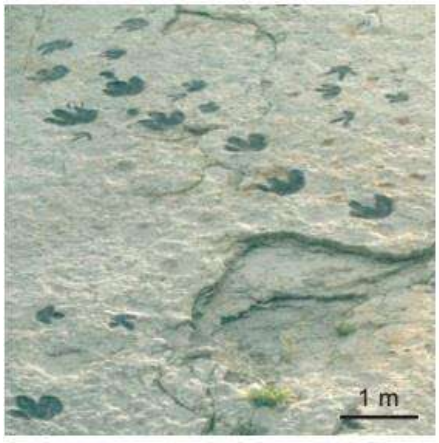
(ح) منظر علوي



مقطع عرضي



Dinosaur footprints طبعات ديناصور



(ط) منظر علوي

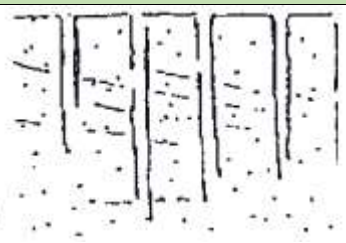
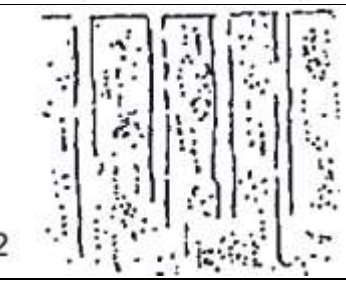
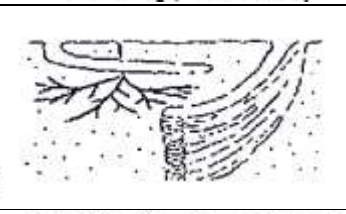
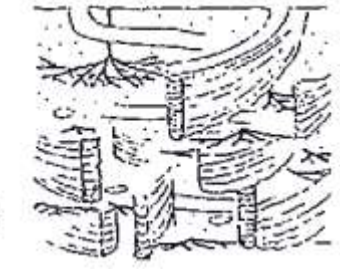
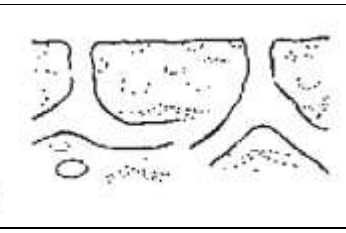
Boring made by gastropod ثقب صنعته بطنقديات

(ى) منظر علوى

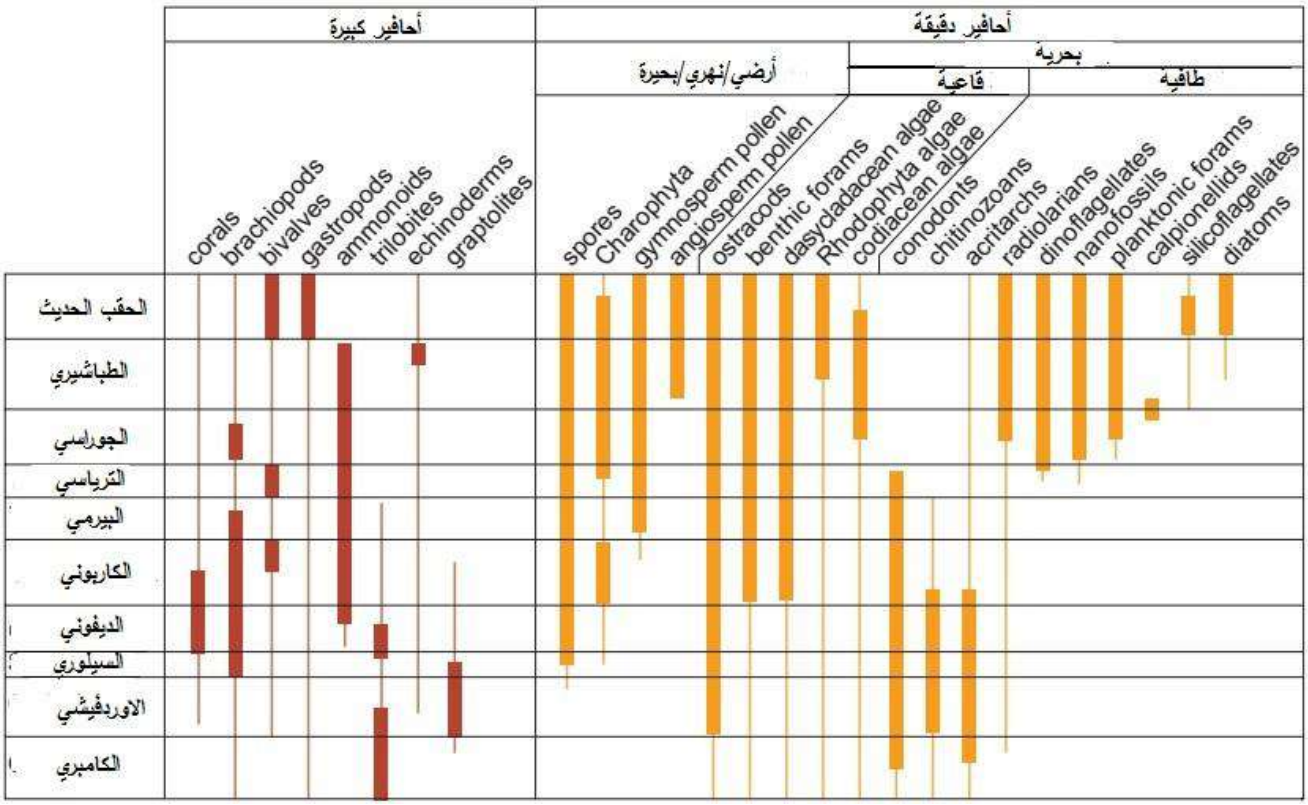
شكل م3.5 مستمر

جدول م2.5 هناك عدد كبير من الفئات لتصنيف آثار الأحافير. أحد هذه التصانيف يعتمد على تفسير ما الذي كان يقوم به الحيوان.

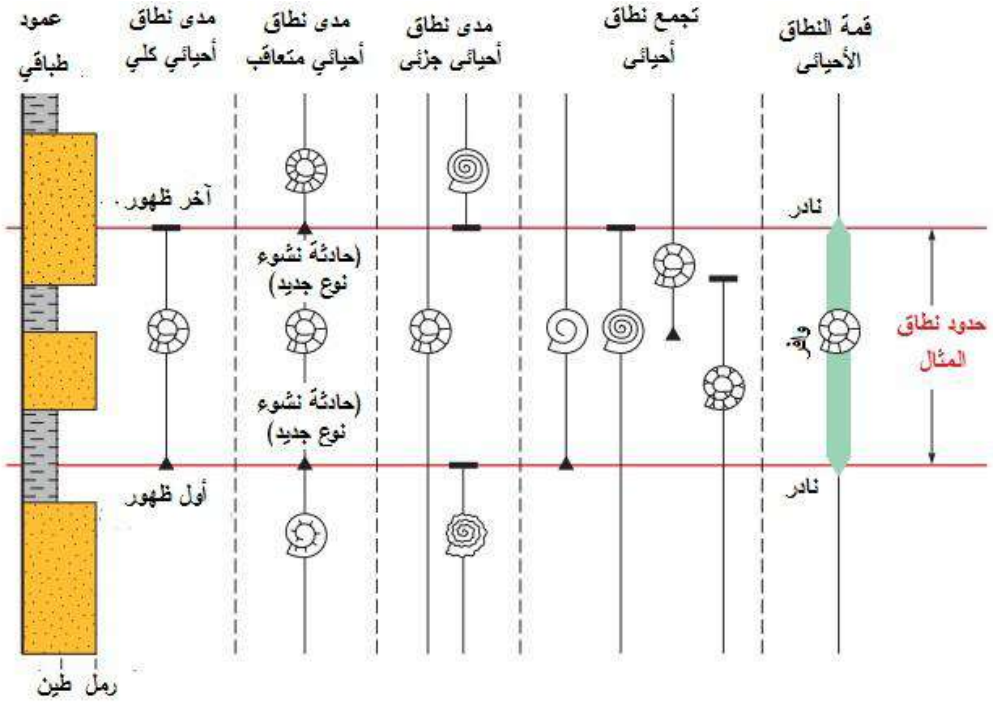
الفئة	التفسير	الأمثلة
قشط او سحج Grazing (*Pascichnia*)	آثار تركت عندما يتحرك الكائن على سطح راسب. قد تكون الطبقة التحتية إما رخوة وإما صلبة. غالبا ما تترافق الحركة فوق سطح ما مع التغذية والتنقل	أثر دودة أحفورية *Nereites*، *Spirorhaphe*
تغذية Feeding (*Fodinichnia*)	هذه الآثار تترك عندما يتحرك الكائن خلال الراسب عندما يتغذى. وهي عادة ما تكون ثلاثية الأبعاد	كوندورايت *Chondrites*، *ميونيستريا Muensteria*، *تيكيكنوس Teichichnus*، *ريزوكوراليوم Rhizocorallium*، *زوفيكوس Zoophycos*
إقامة Dwelling (آثار سكنية *Domichnia*)	تراكيب ناتجة عن مكان عيش الكائن	ثالاسينويد *Thalassinoides*، *اوفيمورفا Ophiomorpha*، *ديبلوكراتيرين Diplocraterion*
هجوع او سكون Resting (آثار راحية *Cubichnia*)	تشكل من خلال آثار طبعة الكائن على رواسب رخوة	روسوفيكوس *Rusophycus*، *أستيريسايت Asteriacites*
تحرك Moving (آثار حركية *Repichnia*)	تشكل من خلال تنقل أعتيادي متميزة عن التغذية	كروزيانا *Cruziana*
أفتراس Predation (*Praedichnia*)	آثار مفترسة مثل ثقوب في صدفة او علامات عض	إنتوبيا *Entobia*، *كاستروكاينولايت Gastrochaenolites*، *ترايبانايت Trypanites*
تشجير Gardening (*Agrichnia*)	تتشكل عندما تُنشأ الكائنات (عادة معقدة) حفر او تراكيب لأسر او زراعة كائنات أخرى كالبكتريا او الفطريات لأجل الطعام	حيوان قديم *Paleodictyon*

المثال	الملاحظات	الآثار	البيئة
 1	أستعمار منفرد مع تراكيب أولية واضحة للعيان	أستعمار أولي لحدث قاعي عبر تنوع أحيائي منخفض	على الأرجح بيئة غير مستقرة بمعدل ترسيب عالي، على سبيل المثال، مصبات الأنهار
 2	أستعمار متعاقب بدون زيادة في التنوع الأحيائي	ترسيب تدريجي/ معتدل في بيئات مجهدة	ربما فترات أطول بين الحوادث مما في الأمثلة 1 و 3 ولكن مع تنوع أحيائي منخفض
 3	تصفف بسيط بواسطة كائنات حية متنوعة على نحو متزايد	مدى واسع من البيئات المترافقة مع حوادث قاعية	معدل ترسيب معتدل، ولكن ربما فترات أطول بين الحوادث مما في مثال 1
 4	تصفف معقد	تسوية الأرض تدريجيا	بيئة مستقرة مع معدلات ترسيب واطئة
5	تراكب تدريجي	ترسيب واطئ	تغير بيئي تدريجي
 6	حذف وإنقطاع محتمل للجحور	تغير سحني مفاجئ، ربما مع تطور أرض صلبة	فترة عدم ترسيب وتكاثف

شكل م4.5 أمثلة لترتيب الجحور والآثار المترتبة عليها.



شكل م5.5 مجاميع مفيدة أحيائيا طباقيا من الكائنات. يشير الجزء السميك من الخط إلى الفترة حيث تستعمل المجموعة الأحفورية على نطاق واسع.



شكل م6.5 مخططات التمنطق الشائعة المستعملة في المضاهاة الطباقية الأحيائية.

ملحق م6: الرسوبية

كل الرموز الاتية وبعض مخططات التصنيف قابلة للتطبيق على كل من الرواسب (رواسب غير متماسكة) والصخور الرسوبية (رواسب متماسكة).

جدول م1.6 قائمة مراجعة لوصف الترسبات الرسوبية

الصفة		الأسئلة
المكونات	حبيبات	ما هو تركيب الحبيبات الأكثر وفرة؟
	أرضية	هل هناك أي مادة متشظية ناعمة الحبيبات (حجم الطين) تملئ الفراغات بين حبيبات أكبر؟ إذا كان الأمر كذلك، ما هي؟
	مادة لاحمة	هل هناك أي مادة بلورية ترسبت حول حواف الحبيبات، او في الفراغات بين الحبيبات؟ إذا كان الأمر كذلك، فما هي؟
النسيج	الحجم الحبيبي	ما هو الحجم الحبيبي الموجود الأكثر وفرة (إستعمل بطاقة حجم الحبيبة وشكل م1.6)
	فرز الحبيبة	هل الحبيبات كلها بنفس الحجم تقريبا (أعني مفروزة جيدا)، او أحجام مختلفة (أي رديئة الفرز) او فيما بينهما (إستعمل مقياس الفرز؛ شكل م2.6)
	شكل الحبيبة:	أنظر شكل م3.6
	الشكل	هل الحبيبات طويلة ونحيفة او متساوية الأبعاد؟
	الإستدارة	هل الحبيبات لها زوايا مدورة او زاويّة (إستعمل مقياس الإستدارة)؟
	التكور	هل الحبيبات تشبه الأجسام الكروية (أي عالية التكور) أم هي طولية (أي واطئة التكور)؟
	نسيج سطح الحبيبة	هل تتواجد أي حبيبات كوارتز ناعمة وزجاجية، أم هل هي منجمدة؟
	نسيج الحبيبة (ترابط)	هل الحبيبات موجهة في أي اتجاه مفضل؟ هل الحبيبات متراصة معا بإحكام؟ هل الحبيبات مدعمة نسيجيا أم حبيبيا؟ (أنظر شكل م4.6)
الأحافير		هل تستطيع أن ترى بقايا أحافير او تحركاتها (آثار أحافير)؟
التراكيب الرسوبية		هل هناك أي طبقات واضحة او تراكيب أخرى في الصخور؟ (أنظر الأشكال م5.6 – 7.6)

جدول م2.6 معالم معادن شائعة تشكل الترسبات الرسوبية

المعدن	الصيغة الكيميائية والاسم	اللون في عينة اليد	الإنفصام	معالم أخرى في عينة اليد	الشكل والتواجد
كوارتز	SiO_2 (سليكا)	شبه شفاف	لا يوجد	سوف يخدش الفولاذ	حبيبة فتاتية شائعة، أيضا كمادة لاحمة
معادن طينية	سليكات المنيوم مائية متنوعة	رمادي، أخضر او أحمر	مستوي او لا يوجد	حبيبات ناعمة	
كالسايت (سبارايت وميكرايت)	$CaCO_3$ (كاربونات الكالسيوم)	شبه شفاف او أبيض، تشكيلة متنوعة من الألوان الباهتة بسبب الشوائب	معيني	ينخدش بالفولاذ؛ تفور سطوحه الحديثة عند إضافة الحامض	يشكل حبيبات، أرضية ومادة لاحمة في الحجر الجيري، الدولومايت والحجر الرملي
أروكونايت	$CaCO_3$ (كاربونات الكالسيوم)	أبيض مع تلون قزحي لؤلؤي	مستقيم الخطوط	غالبا ما يحفظ الفتات الأحيائي الأروكونايتي الأصلي في أحجار طينية بحرية	
دولومايت	$CaMg(CO_3)_2$ (كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم)	لون أصفر برتقالي، أصفر شاحب	معيني	يفور مع حامض دافئ وبشكل ضعيف جدا مع حامض بارد	
فلدسبار	متنوع يتشكل من $K(Na)AlSi_3O_8$ (اورثوكليز) و $Na(Ca)AlSi_3O_8$ (ألبايت)	شبه شفاف او وردي او ابيض	يوجد	ينخدش بالفولاذ؛ يتجوى إلى معادن طينية بيضاء هشة	بلورات فتاتية
كلوكونايت	$KMg(Fe,Al)(SiO_3)_6.3H_2O$	أخضر	مستوي	لين، يتجوى إلى اوكسيد الحديد ليمونايت	سرئيات، وحل وعقيدات؛ يتشكل على نطاق واسع في بيئات بحرية
اوكسيد الحديد	متنوع يتشكل من Fe_2O_3 (هيماتايت) و $H_2Fe_2O_4(H_2O)_X$ (ليمونايت)	أحمر (هيماتايت) أو أصفر بني (ليمونايت) أو أخضر	لا يوجد	غالبا ما يكون اكثر وضوحا على الاسطح المتجوية	بلورات، حبيبات، مواد لاحمة وكإحلال

جدول م3.6 أنواع الفحوم الشائعة وبيئاتها الترسيبية.

نوع الفحم	المكونات	البيئة
معتم وناصع، هش، كلارين متبلور، فيترين	خشبي	خصبة، مزروعة بشكل جيد، نباتات ناضجة
معتم، شمعي محاري الشكل، وقّاد	أبواغ، راتينج، بشرة ، طحالب	مياه مفتوحة، لاغون، برك في غابة/ مستنقع صغير
قذر، متفتت، لين، فوزين	فحم نباتي	نباتات محروقة، ظروف طقس جافة
قذر، ثقيل	رماد عالي، معادن طينية	غابة، مستنقع صغير، مستنقع، ظروف عاصفة، مستوى مياه موحلة جدا، تغيرات مطرية موسمية، مناخ استوائي / معتدل
بايرايت	كبريت عالي	غابة/مستنقع صغير/مستنقع عذب، مصب نهري شاطئي، بحري هامشي
بدون بايرايت	كبريت واطئ او لا كبريت	غابة داخلية، مستنقع صغير، مستنقع

جدول م4.6 علامات النيم شائعة في السجل الرسوبي. يشير هذا الجدول إلى كيفية تمييز علامة مميزة لنيم شكّله التيار من تدفق مائع خطي عن علامة مميزة لنيم شكلته الأمواج من حركة مدارية للموجات ناتجة عن الرياح التي تهب فوق أجسام المياه الراكدة

	علامات نيم شكلتها الموجة	علامات نيم شكلها التيار
مقطع جانبي	علامات النيم المنفردة متماثلة	علامات النيم المنفردة غير متماثلة
	تمتلك النتوءات قمة حادة	النتوءات مدورة قليلا
	تميل الترققات داخل النيم في اتجاهات متعارضة	تميل الترققات داخل النيم في نفس الاتجاه
	مؤشر النيم (طول الموجة \ الارتفاع) = 6 – 10	مؤشر النيم (طول الموجة \ الارتفاع) = 8 – 20
منظر علوي	القمم متعرجة ومتشعبة	القمم مستقيمة او منحنية
تراكيب مترافقة محتملة وهي فريدة من نوعها إما عمليات تيار وإما عمليات أمواج	تطبق متقاطع نتوئي، تطبق متقاطع منخفضي	تطبق متقاطع عضمرنجية (يشبه طراز بنية عظام الرنكة)

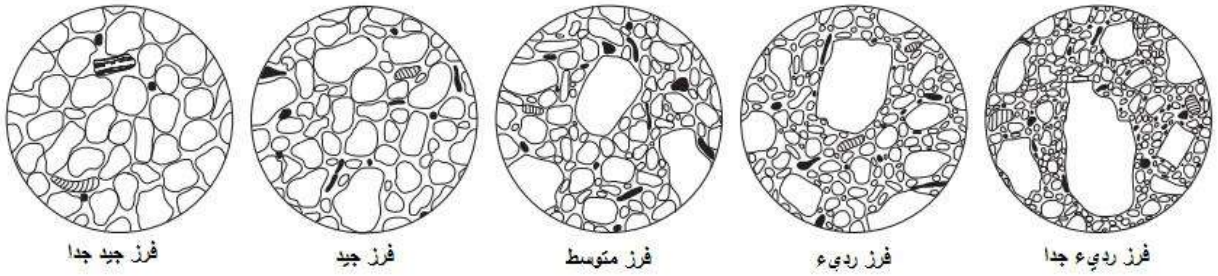
التمييز بين ميكرايت Micrite وسبارايت Sparite

الميكرايت والسبارايت هما شكلين من الكالسايت، الأختلاف الطبيعي الوحيد بينهما يكون في الحجم الحبيبي أو الحجم البلوري. يشير الميكرايت إلى كالسايت حجمه أقل من 4 مايكرون (0.004 ملم) ويشير السبارايت إلى كالسايت حجمه أكبر من 4 مايكرون (0.004 ملم). يمكن تمييزهما في العينة اليدوية؛ السبارايت نصف شفاف او شبه شفاف لأن حجم البلورة الكبير ينقل الضوء من خلاله، في حين الميكرايت معتم بسبب حجم حبيبته الصغيرة. غالبا ما يكون الميكرايت أبيض او أصفر شاحب ولكن يمكن أيضا أن يمتلك مسحات من لون وردي، أصفر او حتى أخضر أعتمادا على المعادن الأخرى الموجودة. قد تجد من المفيد ترطيب عينة الصخرة قبل النظر إليها من خلال عدسة يد لتمييز الميكرايت عن السبارايت.

التمييز بين الميكرايت والسبارايت مهم لأنه يعطي معلومات حول العملية الترسيبية. يترسب ويستقر الميكرايت من العالق في وقت الترسيب كأرضية، ويشير إلى ظروف طاقة منخفضة. على العكس، السبارايت هو مادة لاحمة يترسب بعد الترسيب. يمكن تقسيم السبارايت إلى عدة أنواع مختلفة؛ بما في ذلك بلورة مبرقشة poikilotopic (بلورة كبيرة تغلف عدة بلورات)، نتوئي drusy (بلورات صغيرة إلى متوسطة الحجم تزداد في الحجم بعيدا عن حافة الحبيبات إلى مركز التجويف)؛ متساوي السمك isopachous (حافة رقيقة حول الحبيبات)؛ ونمو لاحق موجّه Syntaxial overgrowth.

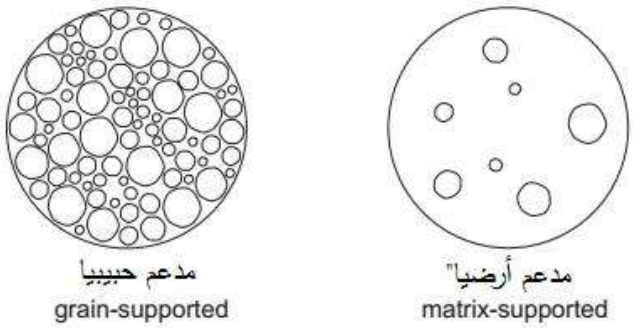
ملم	مصطلح الحبيبة		مصطلحات الرواسب والصخور الرسوبية متضمنة الحجم الحبيبي	
256	جلاميد			
128	حصى كبير			
64			حصى، صخرة حصوية،	
32			رواسب حصوية، مدملكات،	
16	حصى		بريشيا	
8				
4				
2	حصيّات			
1	خشن جدا	رمل	رمل، حجر رملي، أرينايت	
0.5	خشن		رواسب أرينايتية	
0.25	متوسط			
0.125	ناعم			
0.062	ناعم جدا			
0.031	خشن	غرين	غرين، حجر غرين	وحل، صخور طينية
0.016	متوسط			
0.008	ناعم			
0.004	ناعم جدا			
	طين		طين، حجر طيني	

شكل م1.6 وصف الحجم الحبيبي

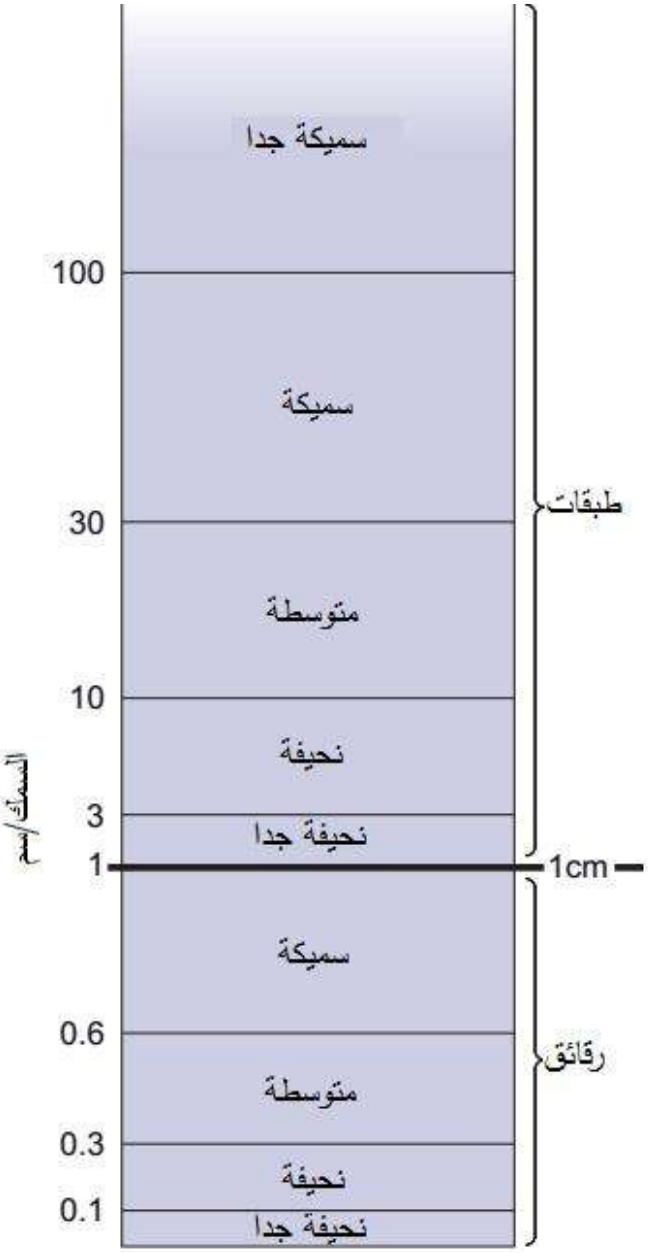


شكل م2.6 مخططات مقارنة لفرز الحبيبة

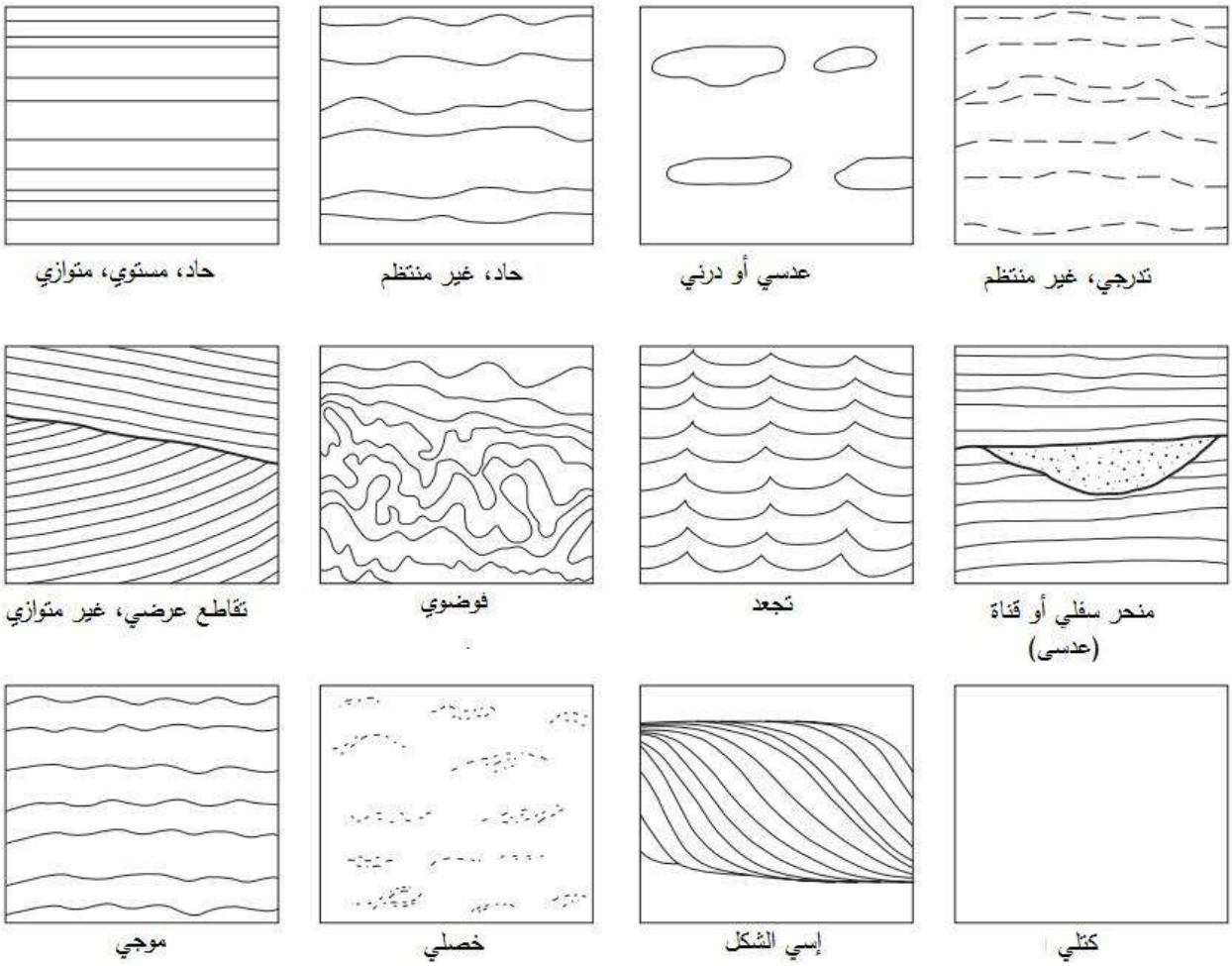
شكل م3.6 مخططات مقارنة لشكل الحبيبة. (أ) التدوير والتكور. (ب) الشكل.



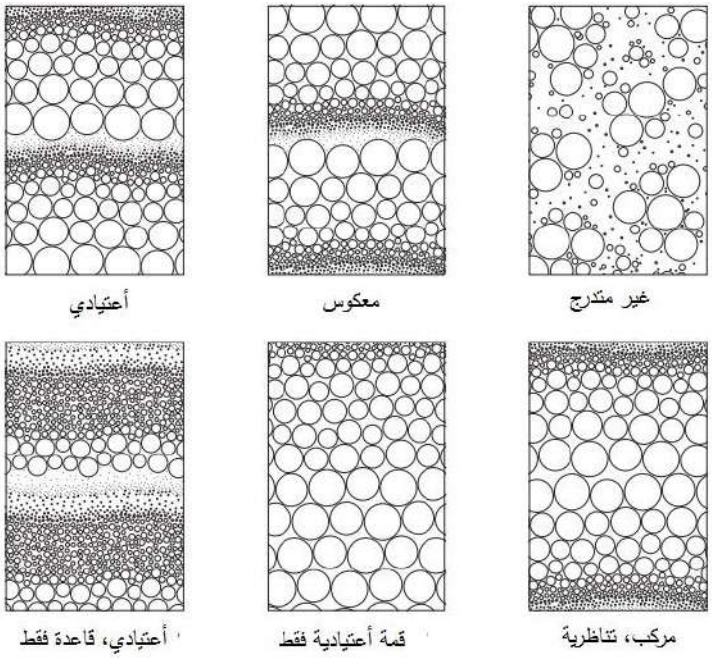
شكل م4.6 مخططات مقارنة لنسيج الحبيبة.



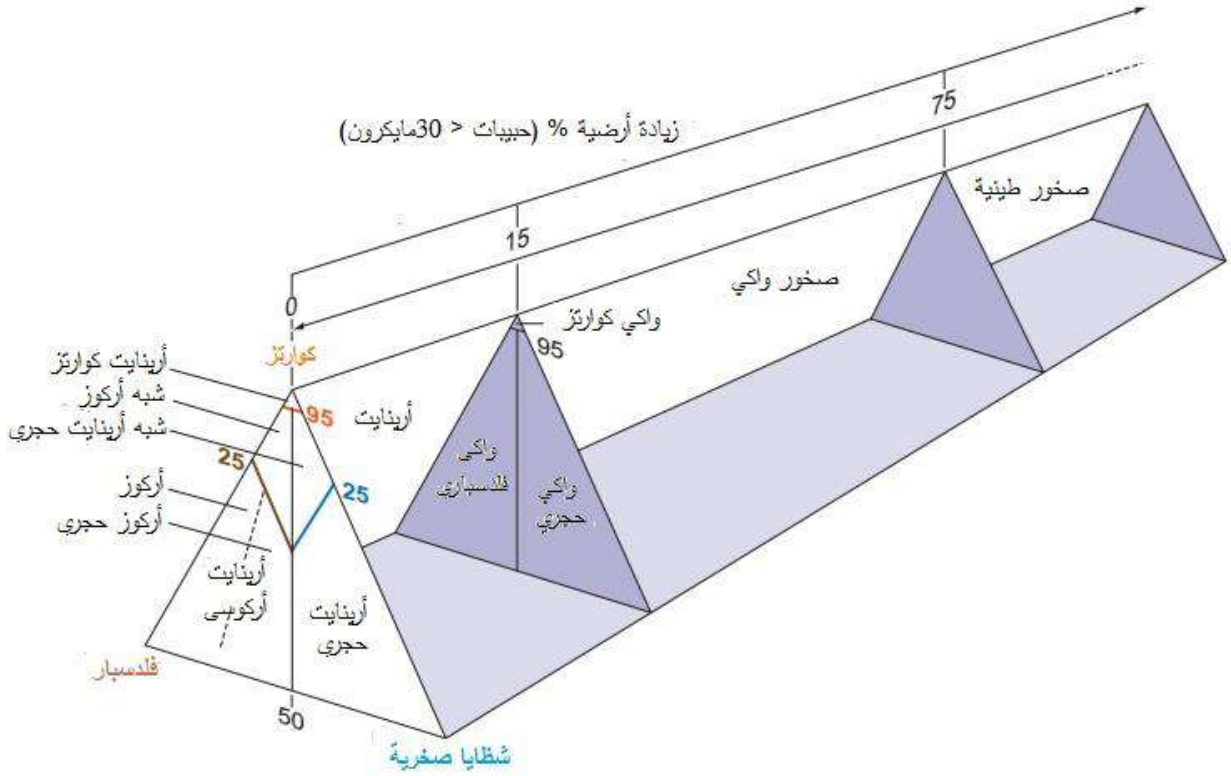
شكل م5.6 مصطلحات لوصف سمك الطبقة/ الترقق، وما إلى ذلك.



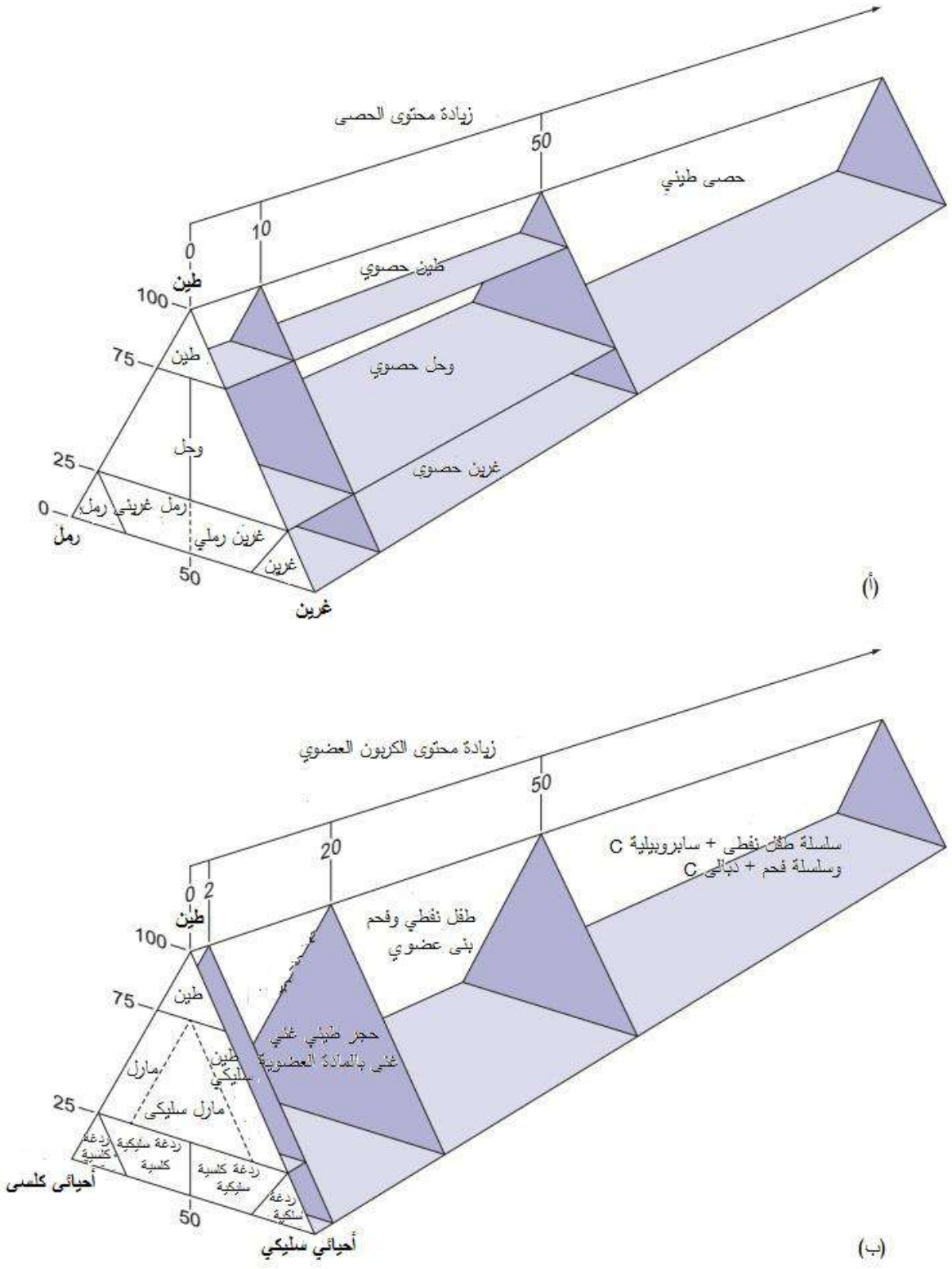
شكل م6.6 مصطلحات لوصف صفة الطبقة.



شكل م7.6 الأنواع المختلفة للتدرج الرسوبي

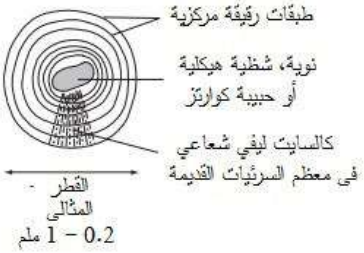


شكل م8.6 تصنيف الأحجار الرملية



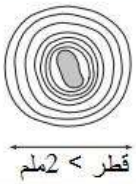
شكل م9.6 تصنيف الأحجار الطينية

OOID
سرئية



تتشكل السرئيات في مياه متهيجة في عمق ليس أكبر من 15 م؛ عمق 5 م هو الأكثر مثاليا؛ معظم الصخر السرئية هي بحرية.

PISOID (PISOLITH)
حجر كلسي حمصي الشكل



ONCOID (ONCOLITH)
كريات طحلبية شبيه بالسرئيات

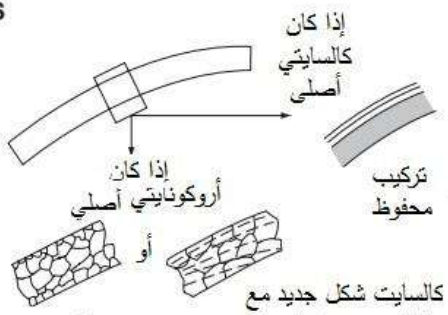
الكريات الطحلبية الشبيه بالسرئيات هي حجر كلسي حمصي الشكل من أصل طحلبي. الطبقات الطحلبية متموجة في مقطع عرضي وغالبا ما تندمج مع فتات أحيائي وحبيبات أخرى.

PELOID
كريات أو عقد جيرية

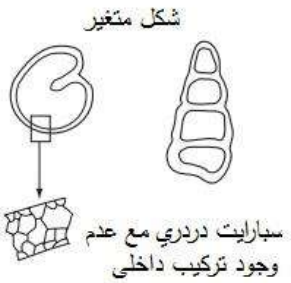
العقد الجيرية هي كريات أو حبيبات عديمة الشكل متركبة من ميكرايت، بقطر مثالي 0.1–0.5 ملم؛ معظمها حبيبات هيكلية متمكرتة أو كريات برازية.

BIOCLASTS
فتات أحيائي

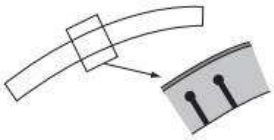
BIVALVE
ثنائية المصراع



GASTROPOD
بطنقدميات

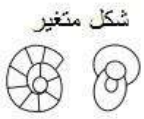


BRACHIOPOD
عضديات الأرجل

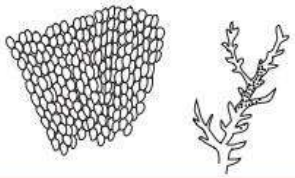


ECHINODERM
قنفذانيات الجلد

FORAMINIFERA
منخربات



BRYOZOA
حزازيات
شكل متغير

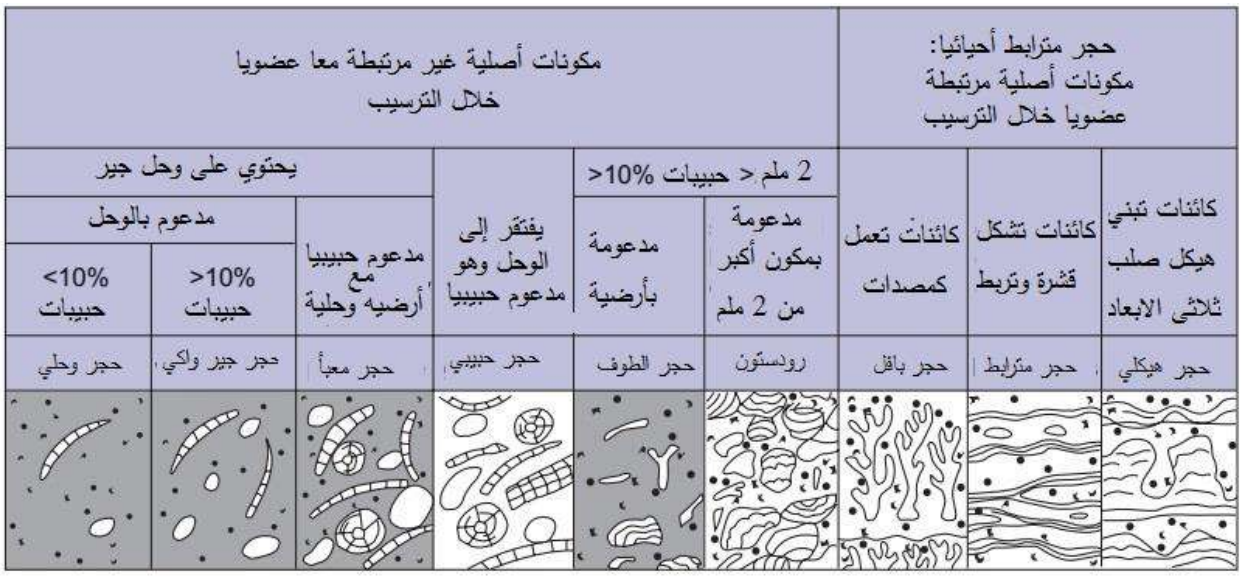


شكل م10.6 الحبيبات الرئيسية المكونة للحجر الجيري.

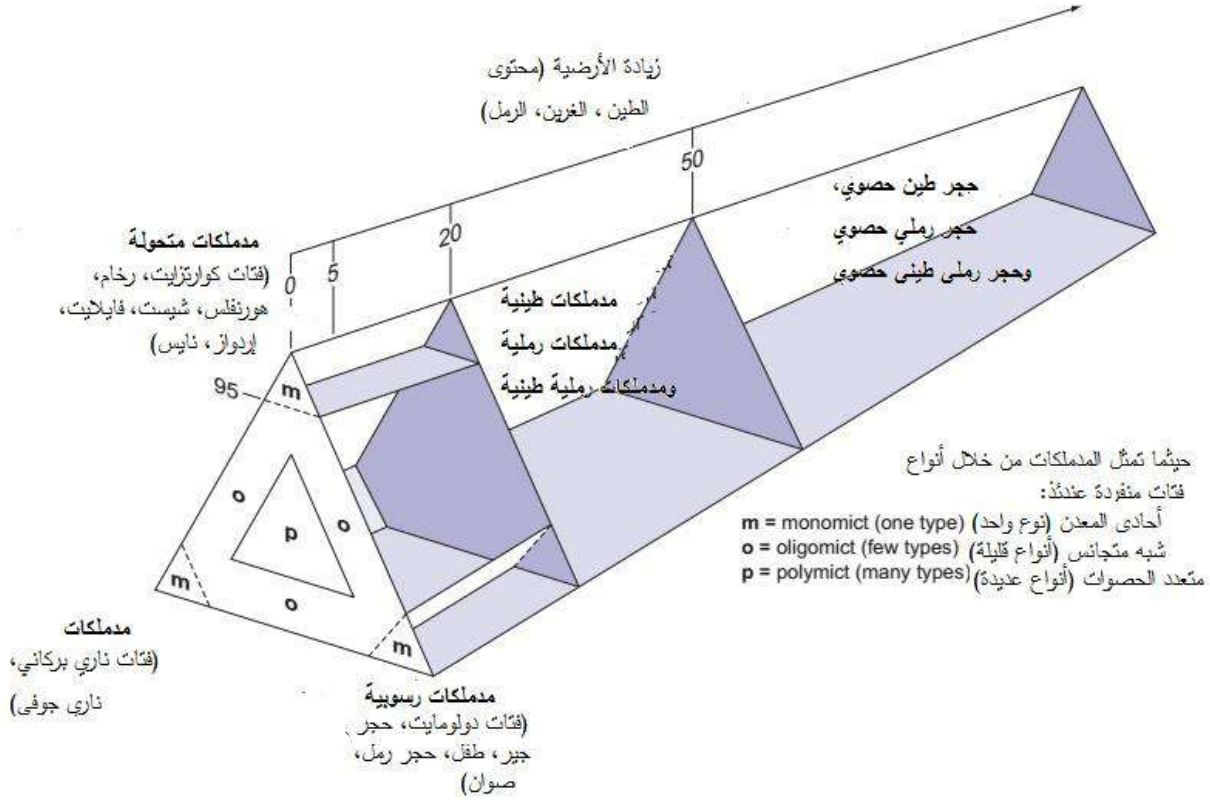
نوع الحبيبة الرئيسية	نوع الحجر الجيري	
	ملتحم بواسطة السبارايت	أرضية ميكريتية
فتات أحيائي	سبارايت أحيائي biosparite	ميكرايت أحيائي biomicrite
سرئيات	سبارايت سرئي oosparite	ميكرايت سرئي oomicrite
عقد جيرية	حجر كالسايت متبلور به كريات جيرية pelsparite	حجر جير عقدي pelmicrite
فتات حوضي النشأة	سبارايت حوضي النشأة intrasparite	ميكرايت حوضي النشأة intramicrite

حجر جيري تشكل في الموقع (على سبيل المثال، شعاب أو ستروماتولايت)=صخر أحيائي
حجر جير ثغري (ميكرايت مع تجاويف)=حجر جير دقيق التبلور مشوه

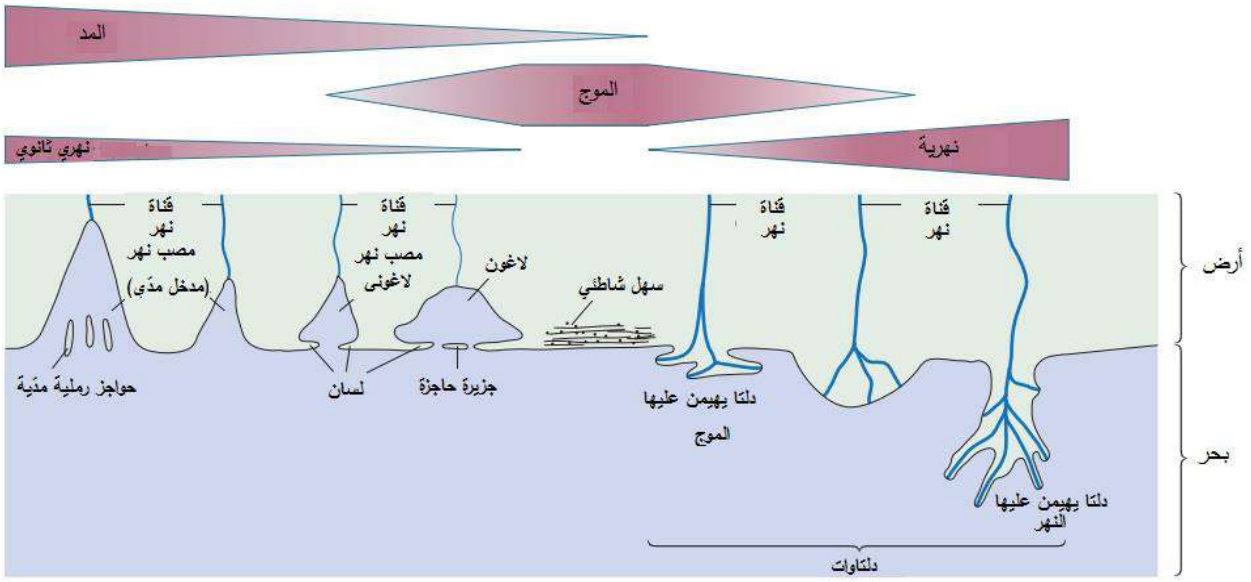
شكل م11.6 مخطط فولك لتصنيف الأحجار الجيرية



شكل م12.6 مخطط دنهام لتصنيف الأحجار الجيرية



شكل م13.6 تصنيف الصخور الرسوبية خشنة الحبيبات.



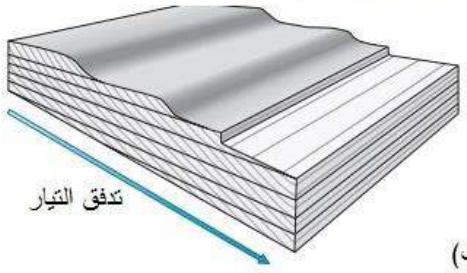
شكل م14.6 رسم يوضح طيف من المعالم الجيومورفولوجية الشاطئية والعمليات المهيمنة في كل حالة. توضح أهمية مدخلات الأمواج، المد والجزر والنهرية تخطيطيا من خلال الصناديق في الجزء العلوي من كل حالة؛ أستدقاق طرف المربع يشير إلى تأثير أقل لتلك العملية.

شكل م15.6 بعض الرموز شائعة الإستعمال للسجلات الصخرية البيانية وبعض الأفكار لمعالم أخرى أكثر تحديدا

تطبق متقاطع مستوي

(أ) منظر علوي

ملاحظة: ينبغي فحص التركيب في وجوه بزاويا قائمة لتأكيد التطابق. الطبقات الصفائحية والترقق الأفقي بين الطبقات المائلة كما مبين في (أ) متناسقة مع تطبق متقاطع مستوي.

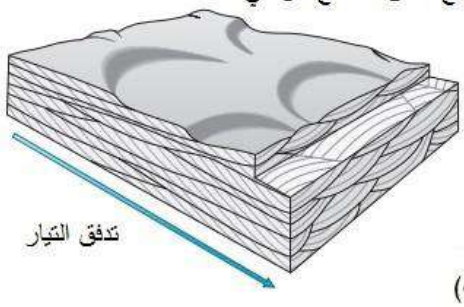


(ب)

تطبق متقاطع حوضي

(ت) مقطع عرضي

ملاحظة: ينبغي فحص التركيب في وجوه بزوايا قائمة لتأكيد التطابق. الطبقات عدسية الشكل كما مبين في شكل (ت) متسقة مع تطبق متقاطع حوضي.



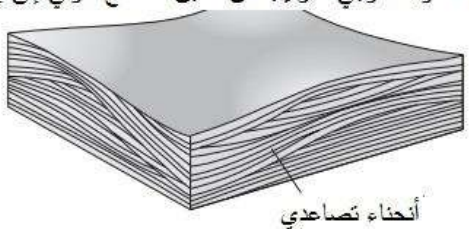
(ث)

تطبق متقاطع نتوئي وإنخفاضي

تطبق متقاطع نتوئي

(ج) مقطع عرضي

ملاحظة: تطبق متقاطع نتوئي وإنخفاضي جزء من سلسلة مستمرة. يمتلك تطبق متقاطع نتوئي نسبة 1:1 من نتوء:إنخفاض في حين تطبق متقاطع إنخفاضي هو إنخفاضات بشكل رئيسي عندما تتآكل النتوءات. بالنسبة لأي موقع يزداد الطول الموجي للتركيب من تطبق متقاطع نتوئي إلى إنخفاضي.

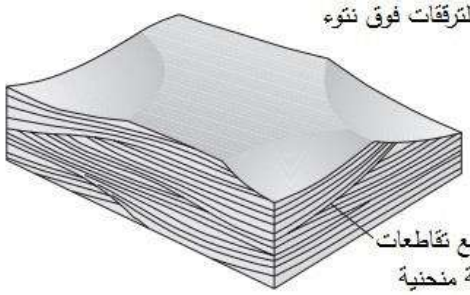


(ح)

أنحناء تصاعدي للترقّقات فوق نتوء

تطبق متقاطع إنخفاضي

(خ) مقطع عرضي

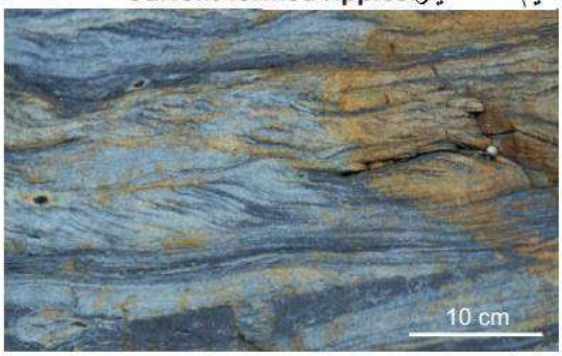


(د)

إنخفاض مع تقاطعات رقائق طبقية منحنية بزاوية قليلة

شكل م17.6 تراكيب رسوبية شائعة. سكين الجيب الحمراء طولها 9سم.

نيم شكّله تيار Current-formed ripples



(س) مقطع عرضي

(ز) منظر علوي

ملاحظة: مقطع جانبي غير متناظر وهندسة داخلية بسيطة نسبيا لسطوح مائلة تبنى عندما يهاجر النيم

نيم شكّله موج Wave-formed ripples

(ص) مقطع عرضي

(ض) مقطع عرضي لنيم متسلق شكّله موج

(ش) منظر علوي

ملاحظة: مقطع جانبي غير متناظر، قمم متشعبة، هندسة داخلية معقدة.

تطبق عدسي lenticular وتطبق شرائطي flaser

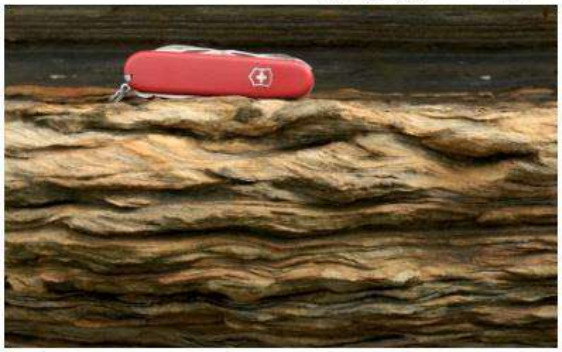
(ظ) مقطع عرضي

حزم مدّية Tidal bundles

(ع) مقطع عرضي

ملاحظة: رقائق تكون إما متباعدة (مد وجزر ربيعي) وإما متقاربة (مد وجزر محاقي).

نيم شكّله موج مع تيار



(ط) مقطع عرضي

نيم معقد شكّله موج تشكل ضمن قاعدة موجة حيث كان هناك أيضا تيار سائد. لاحظ أيضا التجعدات الطينية.

شكل م17.6 مستمر

تخطط تيار Current lineation

(ف) منظر علوى
ملاحظة: تبدو مثل نتوءات منخفضة السعة ، يفضل رؤيتها في ظروف إضاءة واطئة الزاوية

ترقق مستوي Planar lamination

(غ) مقطع عرضي

دليل الجفاف Evidence of desiccation

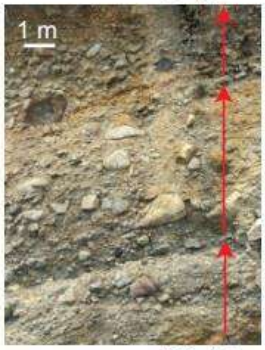
Pseudomorphs after halite

(م) منظر علوي

تشققات الجفاف

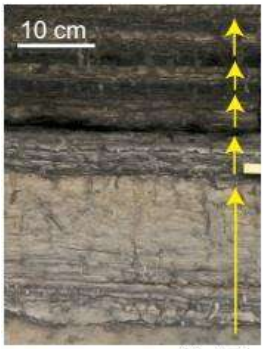
(ل) منظر علوي

تدرج Grading



(ك) مقطع عرضي

دورات تنعيم إلى فوق بخشونة

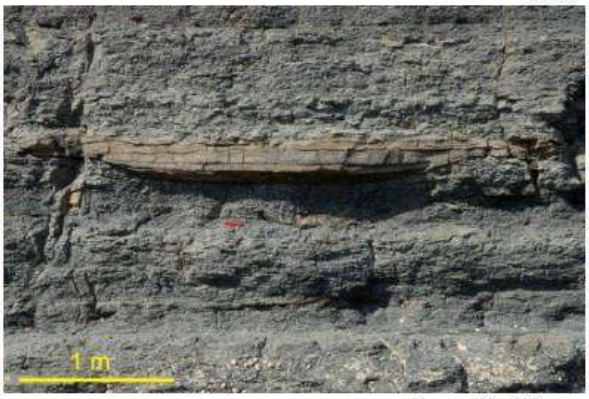


(ق) مقطع عرضي

دورات تخشن نحو الاعلى مع جذور نباتية

دليل التعرية Evidence for erosion

إنجراف Scour



(ن) مقطع عرضي

طبعات أبواق Flute casts

(و) جانب سفلى

طبعات تخطط Groove casts

(هـ) جانب سفلي

شكل م17.6 مستمر

عقيدات Nodules

(ب ب) مقطع عرضي
عقيدات كاربونات كالسيوم ما بعد الترسيب متأخرة (لاحظ الشكل الكروي)

(أأ) مقطع عرضي
عقيدات سيدرايت ما بعد الترسيب مبكرة (لاحظ الشكل البيضوي)

(ي) مقطع عرضي
عقيدات متبخرات ترسيبية

تراكيب وسادية وكروية Ball and pillow structures

(ث ث) مقطع عرضي

(ح ح) مقطع عرضي

دليل إزالة الماء Evidence of dewatering

طبعات حمل Load casts

(ت ت) منظر علوي جانبي سفلي

تراكيب قرصية Dish structures

(ج ج) مقطع عرضي

تراكيب اللهب Flame structures

(خ خ) مقطع عرضي
ملاحظة: أشكال لهب مميزة هي تراكيب اللهب. وإلا فإن هذه يمكن أن يصطلح عليها تطبق ملتوي.

حلقات ليزغانك ودندرايت Leisgang rings and dendrites

(رر) منظر علوى
ملاحظة: كلاهما يتشكل خلال خلال مرحلة النشأة المتأخرة بسبب ترسب أوكسيد الحديد (حلقات ليزغانك) أو أوكسيد المنغنيز (دينرايت) في الصخرة.

شكل م17.6 مستمر

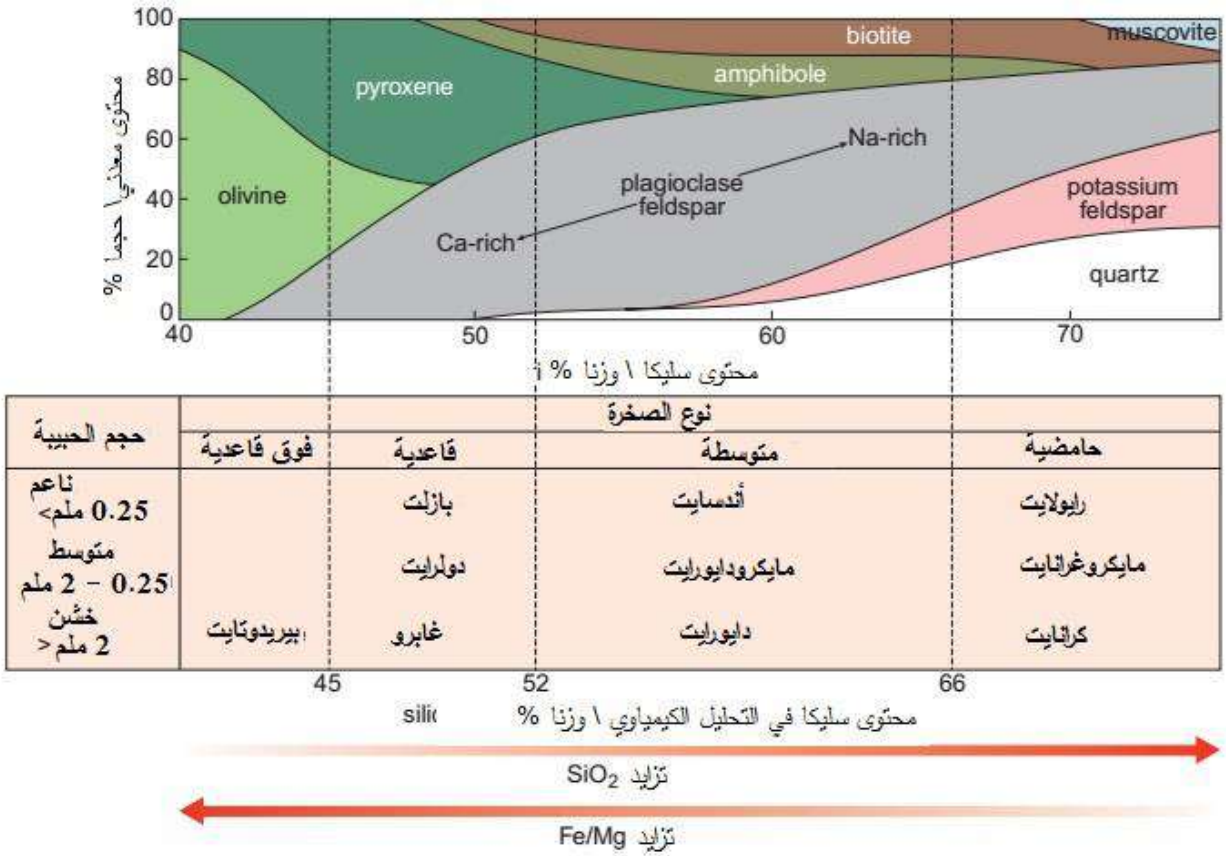
ملحق م7: نارية

جدول م1.7 أسماء الإندساسات النارية، أعتمادا على الشكل والعلاقة مع الصخور المضيفة.

الأسم	الوصف
باثوليث Batholith	جسم ناري باطني، كبير الحجم وسحيق العمق ويكون قاطعا للطبقات المحيطة به.
معقد مركزي Central complex	تجمع من صخور مقتحمة بشكل كبير، مع كتل من صخور سطحية وصخور مضيفة، مرتبة حول نقطة محورية واحدة او أكثر. أعتبر أنها تمثل الجذور الداخلية او الضحلة للبركان.
متدخل صفائحي مخروطي Cone-sheet	إندساس ستارة (متدخل صفائحي) مخروطي الشكل يميل داخلا نحو نقطة محورية مركزية. خاصة قاطع ناري، مع نمط منكشف صخري دائري تقريبا، يميل إلى الداخل.
جسم قبي Cupola	نتوء قبي الشكل إلى الأعلى من الجزء العلوي للإندساس
إختراق قبوي Diapir	جسم قبي الشكل من جسم ناري، يستدل منه على تشوه وتمزق الصخر المضيف خلال الصعود.
قصبة بركانية Diatreme	أنبوب بركاني مُليء بالبريشيا
قاطع بركاني Dyke	جسم صخري ناري إندساسي متطاول يقطع عبر تراكيب الصخور المجاورة.
سرب من القواطع النارية Dyke swarm	عدد من القواطع النارية المترافقة مكانيا، عادة شعاعية، متوازية او ذات ترتيب سلّمي او درجي
لاكوليث او كتلة فوهية Laccolith	إندساس يكون دائري في الأعلى تقريبا، عموما منسجم مع الصخر المضيف وله قاع مستوي ولكن سقف مقبب
لوبوليث Lopolith	كتلة صخرية نارية عدسية وعائية إندساسية، قسمها المركزي بشكل الحوض، وشكلها العام يشبه الملعقة او الصحن.
إندساس ثانوي Minor intrusion	مصطلح عام غير رسمي لأي إندساس أصغر من أن يصنف على أنه بلوتون
عنق Neck	ما تجمد من الحمم او غيرها من الصخور النارية وملأ مخرج بركان خامد ثم إنكشف بالتعرية.
جسم جوفي ناري Pluton	مقتحم ناري سواء أكان متوافقا او غير متوافق او سدا او عدسيا او كتلي الشكل
معقد حلقي Ring complex	تجمع من إندساسات حلقية، قواطع حلقية ومتدخل صفائحي مخروطي
قاطع حلقي Ring dyke	إندساس ناري غير متوافق يكون في هيئة قواطع يأخذ كل منها في المقطع العرضي شكل القوس وتنتظم في مجموعها كأنها دوائر متقطعة تقريبا وحول مركز مشترك
متدخل صفائحي Sheet	أمتداد صخور إندفاعية مندسة او منضوية بين الطبقات، لا يمكن أن يطلق عليه سد ناري وليس حاد كفاية ليطلق عليه قاطع ناري
سد ناري أفقي Sill	إندساس صخري ناري باطني متفق مع او مواز او موافق لأمتداد الطبقات
إندساس حلقي Ring-intrusion	إندساس موضوع داخل، او محاط بكسر حلقي أسطواني
عرق Vein	صفيحة من صخر ناري أضيق وأقل أنتظاما من أن تصنف كسد ناري أفقي او قاطع ناري (أحذر: العروق المشغولة بمعادن مترسبة من موائع حرمائية لا تعتبر نارية)

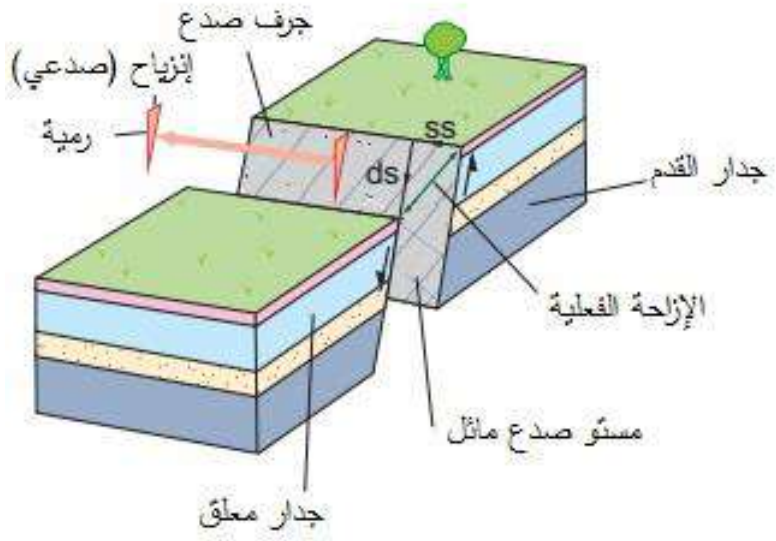
جدول م2.7 الخواص النموذجية المنظورة في العينة اليدوية للمعادن الشائعة التي قد تكون موجودة في الصخور النارية

الفئة المعدنية	المعدن	المعالم
فلسية Felsic	كوارتز	عديم اللون او ابيض (لكن قد يكون متلون بسبب الشوائب)، لا يوجد إنفصام، الصلابة 7، قد يبدو حليبي في العروق
	فلدسبار:	إنفصامين متطورين بشكل ضعيف عند 90 درجة
	اورثوكليز	وردي، أحيانا توأمة بسيطة منظورة، صلابة 6-8
	مايكروكلاين	أبيض، صلابة 6-7
	بلاجوكليز	أبيض(لكن رمادي شفاف إذا كان غير متغير)، توأمة نادرا ما تكون منظورة، صلابة 7
	نيفلاين	أبيض إلى رمادي باهت، إنفصامين ضعيفين، صلابة 5.5 -6
	مسكوفايت	رمادي فضي إلى أبيض، إنفصام واحد ممتاز بحيث يظهر كبلورات مسطحة، صلابة 2-3
مافية Mafic	أمفيبول	أخضر غامق إلى أسود، إنفصامات 60 درجة(يصعب رؤيتها)، البلورات أحيانا متطاولة، صلابة 5-6
	بايروكسين	أخضر غامق إلى أسود، إنفصامات 90 درجة(يصعب رؤيتها)، صلابة 5-6
	اوليفين	أخضر عشبي او أغمق، بلورات متساوية الأبعاد، لا يوجد إنفصام، صلابة 6-7
	كلورايت	أخضر باهت، صلابة 2-3
	بايوتايت	بني غامق إلى أسود، إنفصام واحد ممتاز بحيث يظهر كبلورات مسطحة، سطوح إنفصام لامعة، صلابة 2-3
	تورمالين	عادة أسود، ولكن قد يكون أزرق، أحمر او أخضر. بلورات طويلة نحيفة، أحيانا مع حزوز طولية. صلابة 7
مساعدة Accessory	كارنت	أحمر او أخضر، بلورات متساوية الأبعاد
	أباتايت	أخضر مصفر باهت. إنفصام ضعيف جدا. قد يبدو ثماني، أحيانا ليفي. صلابة 5
	سفين (تيتانايت)	عديم اللون إلى أصفر، أخضر او بني. إنفصام واحد جيد. غالبا كبلورات معينية كاملة الاوجه. صلابة 5
	ليوسايت	أبيض او رمادي، لا يوجد إنفصام. غالبا بلورات شبه منحرفة كاملة الاوجه في حمم قلوية.
	معادن معتمة (خاصة أكاسيد الفلزات والكبريتيدات)	بريق فلزي (بعض الأكاسيد تبدو سوداء لامعة). ألوان مختلفة
	زجاج بركاني (ليس معدن)	بني إلى أسود، عديم الشكل، كسور محارية.
ثانوية Secondary	كالسايت	أبيض او عديم اللون، ثلاث إنفصامات غالبا ترى (ليس عند 90 درجة)، صلابة 3، يفور مع حامض هيدروكلوريك مخفف
	إبيدوت	(في صخور متغيرة حرمائيا) أخضر تفاحي، متغير ولكن غالبا بلورات متطاولة. صلابة 6-7
	كلورايت	أخض متوسط إلى أصفر مخضر غامق. غالبا في رقائق نحيفة بسبب الإنفصام الجيد. صلابة 2-3
	زيولايت	عادة ألياف ناعمة مبيضة تنو على سطوح الفواصل او داخل حويصلات (لوزيات). صلابة 5-6

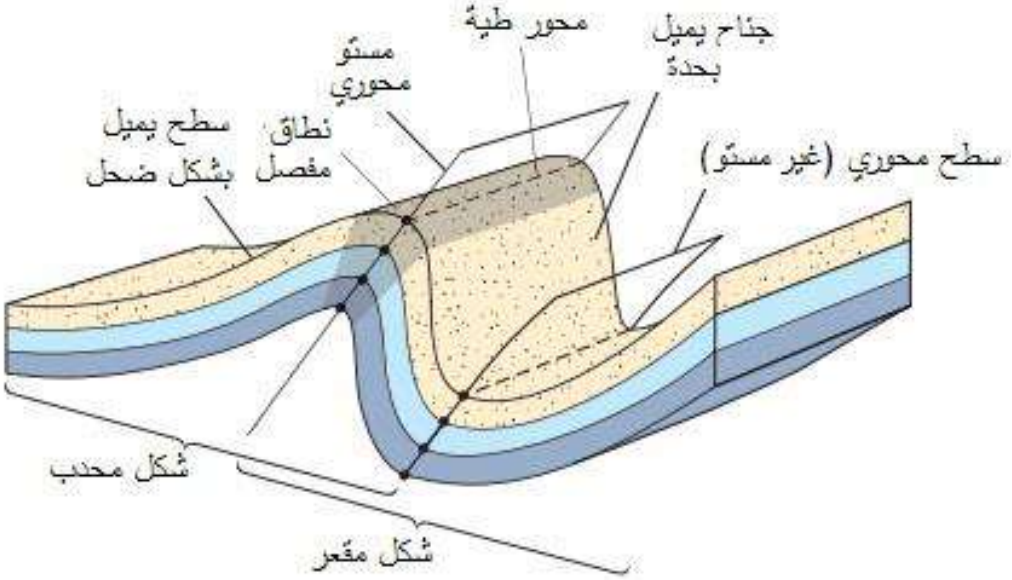


شكل م1.7 مخطط تصنيف لأنواع الصخور النارية، عن طريق الحجم الحبيبي والمعدني. تكون الصخور النارية الحامضية ناعمة الحبيبات أكثر شحوبا من الصخور النارية القاعدية ناعمة الحبيبات.

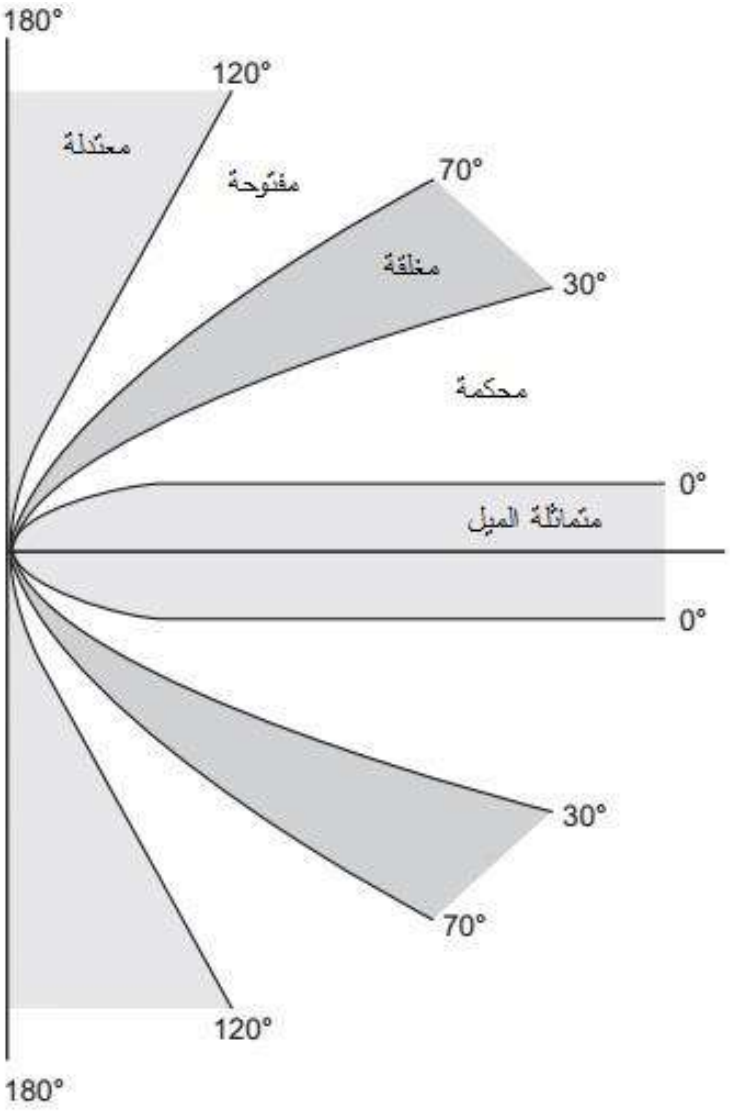
ملحق 8: التركيبية



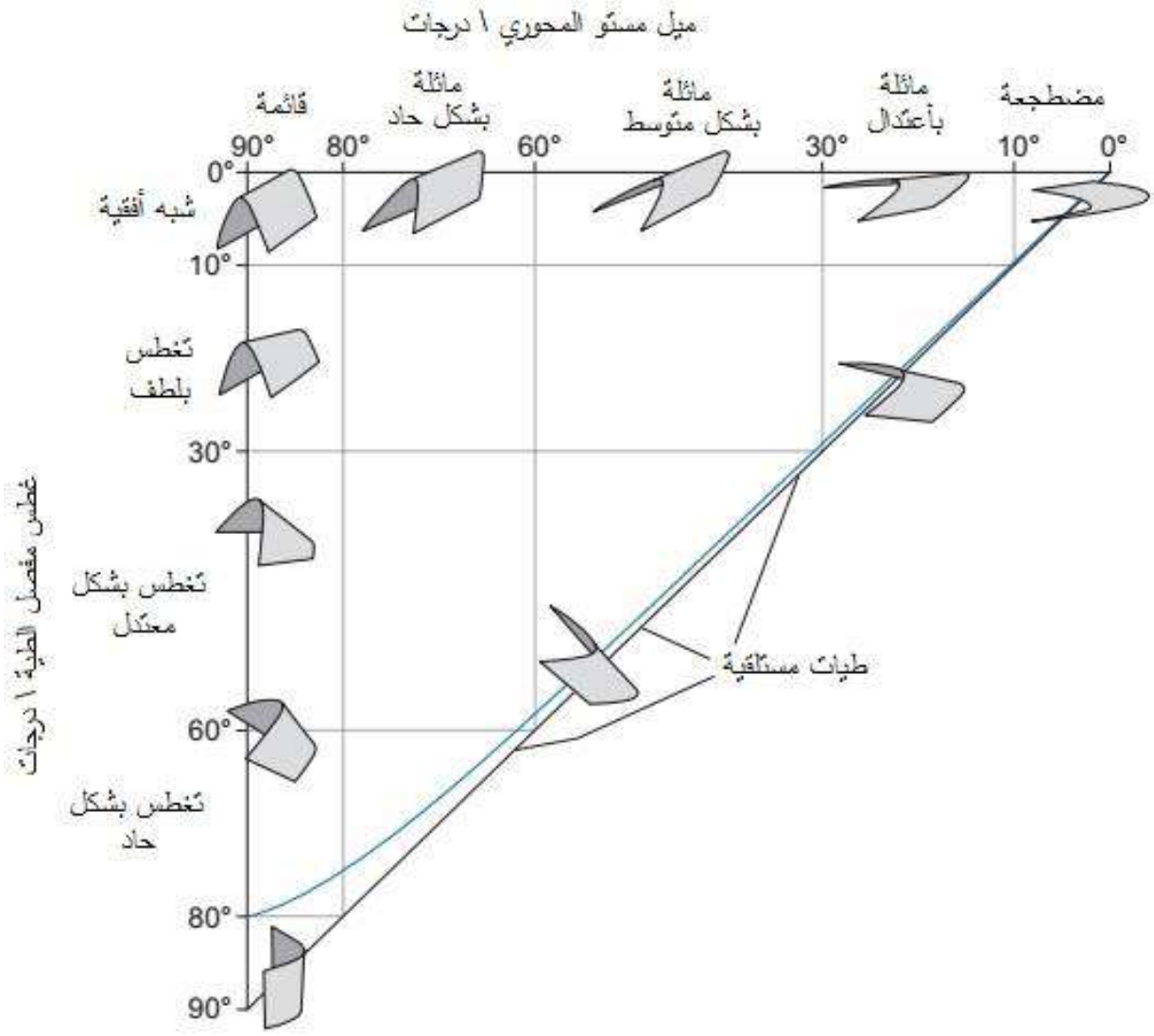
شكل م1.8 رسم تخطيطي لصدع إنزلاقي مائل، مدّون عليه مصطلحات تمثل مكوناته الرئيسية. يمكن تقسيم الإزاحة الفعلية (أسهم خضراء) إلى مكونين: مكون إنزلاق مائل (ds) ومكون إنزلاق مضربي (ss).



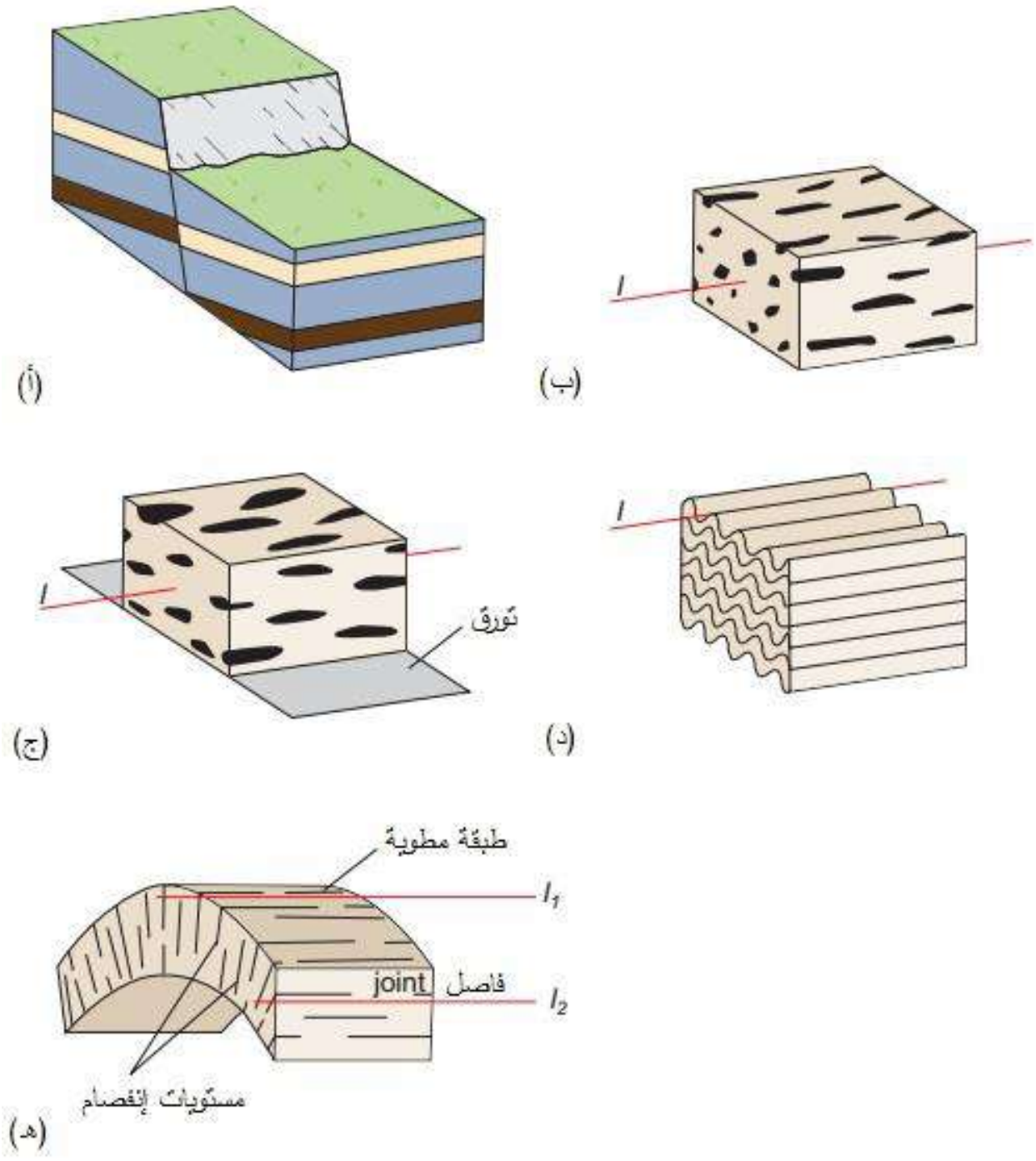
شكل م2.8 رسم تخطيطي لزوج نموذجي من الطيات، معلّمة بمصطلحات عن الأجزاء الرئيسية من تراكيب الطية. إن مصطلحات الطية مضادة الكيان antiform والطية متشابهة الكيان synform تصف شكل الطيات. إذا كان التتابع بإتجاه اليمين إلى فوق (أي الطبقة المنقطة تكون أحدث من الطبقة الزرقاء الباهتة)، عندئذ الطية مضادة الكيان هي طية محدبة والطية متشابهة الكيان هي طية مقعرة.



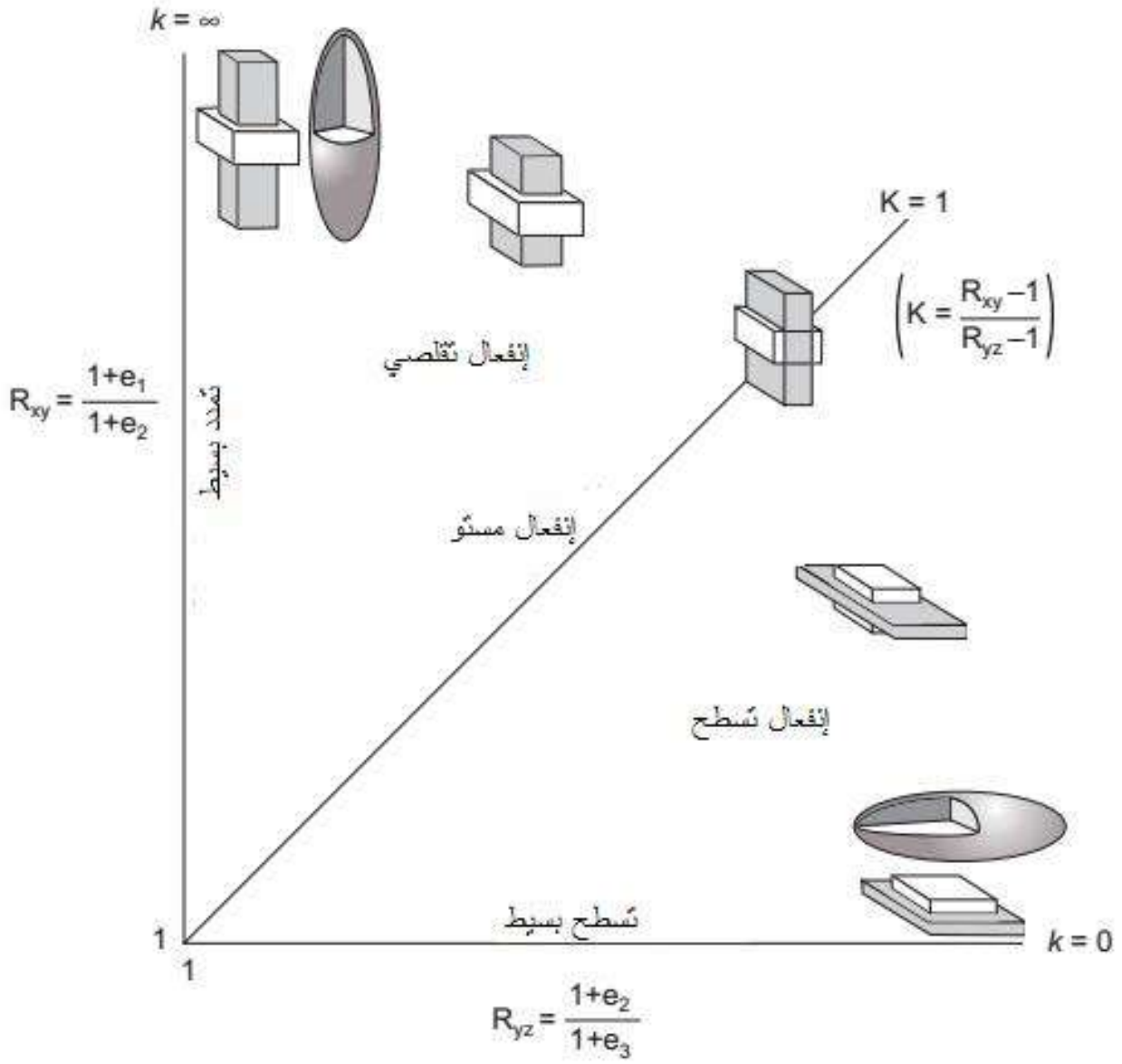
شكل م3.8 توضيح تخطيطي لأنواع مختلفة من إحكام الطية، حددت وفقا للزاوية بين جناحي الطية (الزاوية بين الجناح)



شكل م4.8 تصنيف أنواع الطيات بإستعمال مزيج من ميل المستوي المحوري وغطس خط المفصل.



شكل م5.8 رسم بياني مجسم يوضح عدة أنواع مختلفة من التخططات. (أ) حزوز (سطح صخري مصقول مخطط slickenlines) على مستو صدع. (ب) تمدد تخطط محدد من خلال حبيبات معدنية (طولية) مشوهة. (ج) صخرة مع تورق (تسطح) وتخطط (تمدد). (د) تخطط مجعد محدد من خلال خطوط مفصل الطيات الصغيرة جدا. (هـ) تخططات تقاطع في طية. توضح تخططين مختلفين، تقاطع الإنفصام على مستوي تطبق مطوي، وتقاطع الإنفصام على مستو فاصل.



شكل م6.8 يستعمل مخطط فلن البياني قياسات محاور الإنفعال الرئيسية في صخور مشوهة لتمييز الإنفعالات التقلصية عن إنفعالات التسطيح. يمثل الخط المستقيم (k=1) الذي ينصف الرسم إنفعال مستو. Rxy و Rxz هي نسبة الإنفعالات المستوية الرئيسية، محسوبة من الإنفعالات الطولية الرئيسية e1، e2 و e3.

جدول م1.8 تصنيف نسيجي من صخور صدع إعتمادا على سيبسون 1977.

طبيعة الأرضية		نسيج عشوائي	متورق	نسبة الأرضية
غير متماسكة		بريشيا صدع (شظايا مرئية >30% من كتلة الصخرة)	?	
		طين صدع (شظايا مرئية <30% من كتلة الصخرة)	?	
متماسكة	زجاج \ زجاج غير شفاف	تاكيلايت زائف	?	
	أختزال التكتونية في حجم الحبيبة يهيمن على نمو الحبيبة عبر إعادة التبلورة	بريشيا تهشمية (شظايا >0.5 سم)		
		بريشيا تهشمية ناعمة (0.1 سم < شظايا < 0.5 سم)		
		بريشيا مجهرية تهشمية (شظايا < 0.1 سم)		10 – 0
		سلسلة متهشمة	سلسلة مايلونايت	
		صخر متهشم اولي	مايلونايت اولي	15 – 10
		صخر متهشم	مايلونايت	90 – 50
		فوق تهشمي	مايلونايت بالغ التهشم	100 – 90
	نمو حبيبي واضح	?	مايلونايت مستخلف	

? تشير إلى أنواع صخور طبيعية غير معروفة في تلك الفئات.

ملاحظة على الإسقاطات المجسمة

عادة، تسقط البيانات التركيبية ثلاثية الأبعاد على شكل ثنائي الأبعاد (كما في شكل 12.8) بإستعمال تقنية إسقاط مجسمي لنصف الكرة السفلي. تستعمل هذه الطريقة شبكة بيانية في حالة البيانات التركيبية، هي شبكة شميدت. تسمح هذه الشبكة بتحليل العلاقات الزاوية والتقييم الإحصائي لبيانات الإتجاه. يعالج إسقاط وتحليل وتمثيل البيانات الآن عبر تطبيق البرامجيات على الحواسيب الشخصية، ولكن كان يتم إنجازه سابقا باليد، بإستعمال ورق شفاف وشبكة شميدت.

نتائج الإسقاط في المستويات ترسم كخطوط دائرية كبيرة (المنحنيات في شكل 12.8)، في حين التراكيب الخطية ترسم كنقاط. لتبسيط الرسوم مع العديد من المستويات، قد يرسم القطب (خط متعامد) لكل مستوي كنقطة، بدلا من دائرة كبيرة تمثل المستوي.

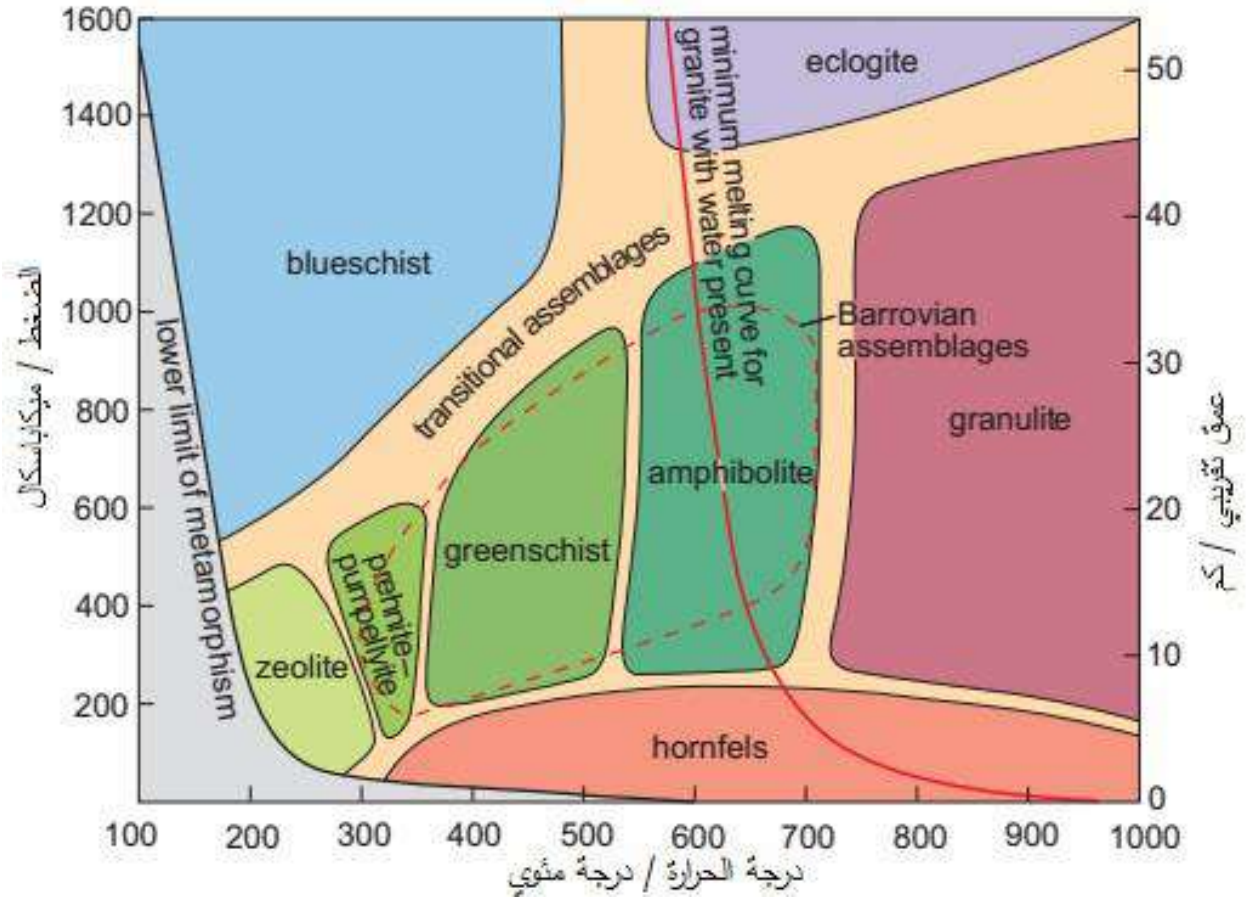
ملحق 9: المتحولة

جدول م1.9 خواص مفيدة للتعرف حقليا" على بعض المعادن المتحولة الشائعة. مقياس موه للصلابة معطى في ملحق م1، جدول م1.1

المعدن	اللون؛ البريق	صفة نموذجية	إنفصام؛ توأمة	الصلابة
كوارتز SiO_2	رمادي، دهني او زجاجي؛ أبيض في العروق	بين فراغي، حبيبات غير منتظمة	لا يوجد	7
بوتاسيوم فلدسبار $KAlSi_3O_8$	وردي، أبيض او رمادي؛ زجاجي، ولكن طباشيري عندما يتجوى	بلورات مسطحة قصيرة وممتلئة	إنفصامين؛ توأمة بسيطة شائعة	6
بلاجوكليز $NaAlSi_3O_8$– $CaAl_2Si_2O_8$	أبيض او رمادي؛ زجاجي او لؤلؤي	بلورات مسطحة او حبيبات بيضوية	إنفصامين، توأمة بسيطة او متعددة	6.5-6
كلورايت $(MgFe)_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8$	أخضر داكن؛ لؤلؤي	رقائق قابلة للإنثناء؛ أرضية ناعمة	إنفصام كامل واحد	3-2
بايوتايت $K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}$ $(OH)_2$	بني غامق إلى أسود؛ لؤلؤي	رقائق مرنة؛ أشكال تورقات	إنفصام كامل واحد	3-2.5
مسكوفايت $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	أبيض فضي إلى ذهبي باهت؛ لؤلؤي	رقائق مرنة؛ أشكال تورقات	إنفصام كامل واحد	2.5-2
أندلوسايت Al_2SiO_5	أبيض، رمادي، أحمر باهت؛ زجاجي	مواشير كاملة الاوجه؛ مقاطع عرضية مربعة	إنفصامين	7-6.5
كاياناية Al_2SiO_5	أزرق باهت إلى أبيض، رمادي؛ لؤلؤي إلى زجاجي	بلورات ذات نصل؛ بورفيروبلاست	إنفصامين	7-4.5
سيليمانايت Al_2SiO_5	ابيض، رمادي؛ زجاجي، او لؤلؤي عندما يكون ليفي	مواشير نحيلة، او ليفية؛ أشكال تورقات	إنفصام واحد	7
كارنت $(Mg,Fe,Ca,Mn)_3Al_2Si_3O_{12}$	أحمر إلى برتقالي، وردي، بنفسجي، بني، أسود، أخضر؛ زجاجي	بلورات متساوية، أثني عشر وجها، متين	لا يوجد	7.5-6.5
ستاورولايت $(Mg,Fe)_4Al_{18}Si_{7.5}O_{44}$ $(OH)_4$	بني، برتقالي، أصفر، أسود؛ زجاجي، راتنجي او باهت	بلورات مسطحة قصيرة وممتلئة؛ بورفيروبلاست	إنفصام واحد؛ توأمة شائعة	7.5-7

جدول م1.9 مستمر

المعدن	اللون؛ البريق	صفة نموذجية	إنفصام؛ توأمة	الصلابة
كورديرايت $(Mg,Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$	عديم اللون، رمادي، أخضر، أزرق إذا كان حديث؛ دهني إلى زجاجي	نقط بيضوية الشكل غير واضحة او حبيبات بينفراغي	إنفصام ضعيف	7
كلوريتويد $(Fe,Mg)Al_2SiO_5(OH)_2$	أخضر إلى رمادي؛ لؤلؤي	مواشير طولية او قصيرة وممتلئة	إنفصام ضعيف؛ توأمة متعددة	6.5
إبيدوت $Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$	أخضر فستقي؛ زجاجي	مواشير قصيرة وممتلئة او فرشة أرضية	إنفصام واحد	7-6
كلوكوفاين $Na_2(Mg,Fe)_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$	أزرق غامق إلى أسود؛ زجاجي إلى لؤلؤي	مواشير طولية	إنفصامين يتقاطعان عند 124° و 56°	6.5-6
بايروكسين $(Ca,Na)(Mg,Fe)(Si,Al)_8O_6$	أخضر، بني، أسود، أخضر مشرق (اومفاسايت)؛ زجاجي	مواشير قصيرة قوية ممتلئة، بورفيروبلاست	إنفصامين يتقاطعان عند 92° و 88°	6
هورنبلند $Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(A1,Si)_8O_{22}(OH)_2$	أخضر، أسود، بني؛ زجاجي أكثر من معظم البايروكسين	مواشير طولية او قصيرة ممتلئة، بورفيروبلاست	إنفصامين يتقاطعان عند 124° و 56°	6-5
أكتينولايت $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	أخضر داكن؛ زجاجي أكثر من البايروكسين	مواشير نحيلة	إنفصامين يتقاطعان عند 124° و 56°	5.5
تالك $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	أبيض، أخضر باهت؛ لؤلؤي	رقائق رقيقة، أشكال تورقات قشرية	إنفصام كامل واحد	1
كالسايت $CaCO_3$	عديم اللون، أبيض، وردي، أصفر؛ زجاجي	حبيبات غير منتظمة بينفراغية	ثلاث إنفصامات كاملة، مشكلة معينيات	3
سربينتاين $(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$	أخضر؛ حريري	كتل ليفية	عادة غير مرئي (بلورات ليفية)	2.5
تورمالاين $NaFe_3Al_6Si_6O_{18}(BO_3)(OH)_4$	أسود، بني، رمادي مزرق؛ زجاجي	مواشير نحيفة مع مقاطع عرضية مثلثة الشكل	إنفصام ضعيف	7.5



شكل م1.9 مخطط السحنات المتحولة، مقسمة حيز الضغط – درجة الحرارة إلى حقول مختلفة متميزة من خلال تجمعات معدنية معينة في الصخور المافية. منحني الانصهار للغرانايت أيضا موضح، وحددت المنطقة التقريبية لتجمعات التحول الباروفي (الخط المتقطع).

ملحق 10: رسم الخرائط

تحديد الميل الظاهري والحقيقي

عند تسقيط البيانات التركيبية على مقطع عرضي، يمكن رسم الميل الحقيقي للطبقات على المقطع فقط للبيانات مع خطوط مضرب عند 90° مع خط المقطع. إذا كانت مضارب البيانات هي عند زاوية أوطئ، ينبغي تحديد ميل ظاهري أقل من الميل الحقيقي. غالبا ما تكون طريقة المثلثات ملائمة جدا لحل هذه المشكلة (للقيم $\beta < 60°$):

$$\tan \alpha = \tan \delta \times \sin \beta$$

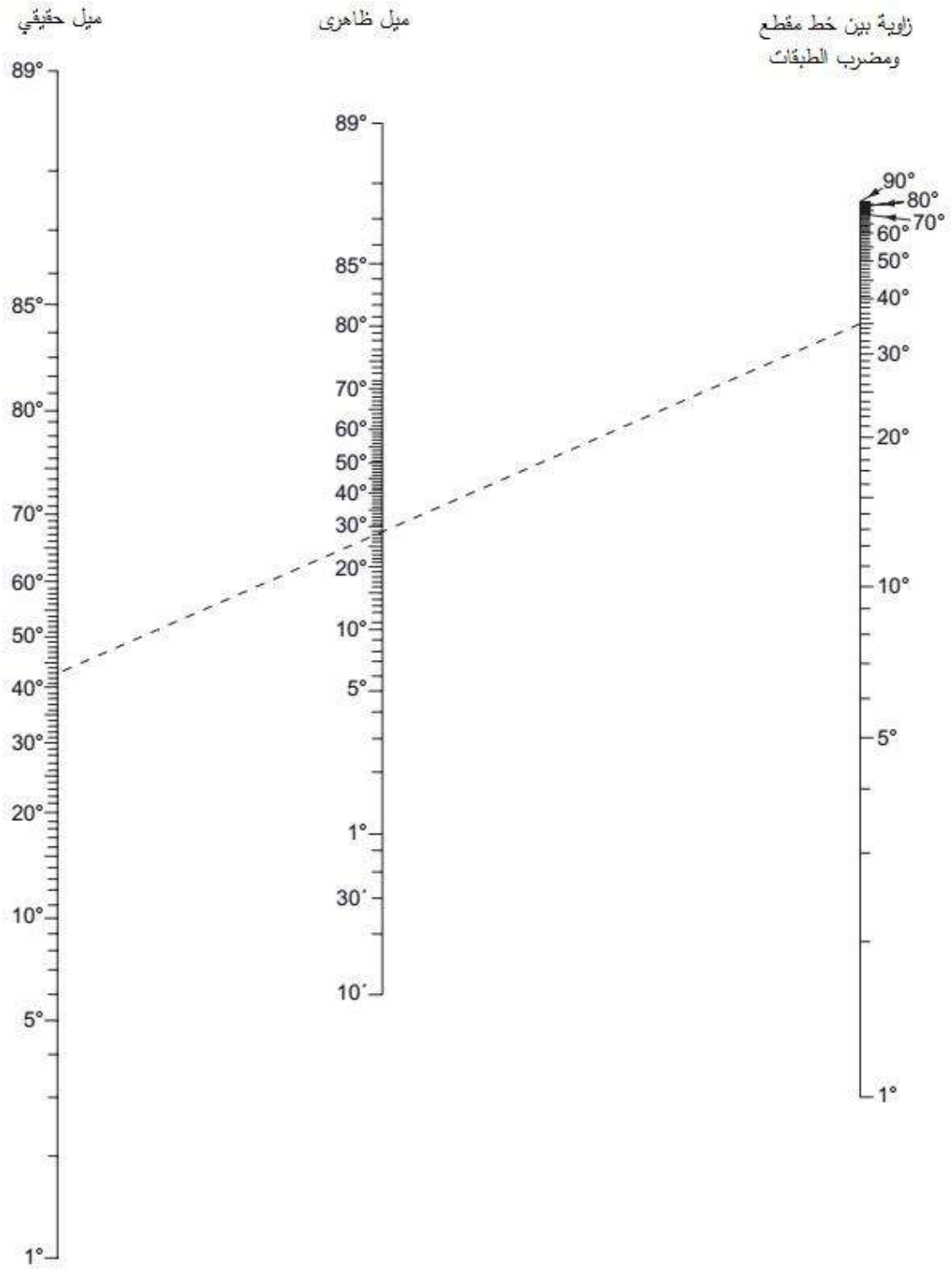
حيث α هي الميل الظاهري (في خط المقطع)، δ هي الميل الحقيقي و β هي الزاوية بين خط المضرب وخط التقاطع (المقطع).

الصيغة لحساب α في مايكروسوفت أكسل هي بالشكل:

```
=DEGREES(ATAN(TAN(RADIANS(B2))*SIN(RADIANS(B3))))
```

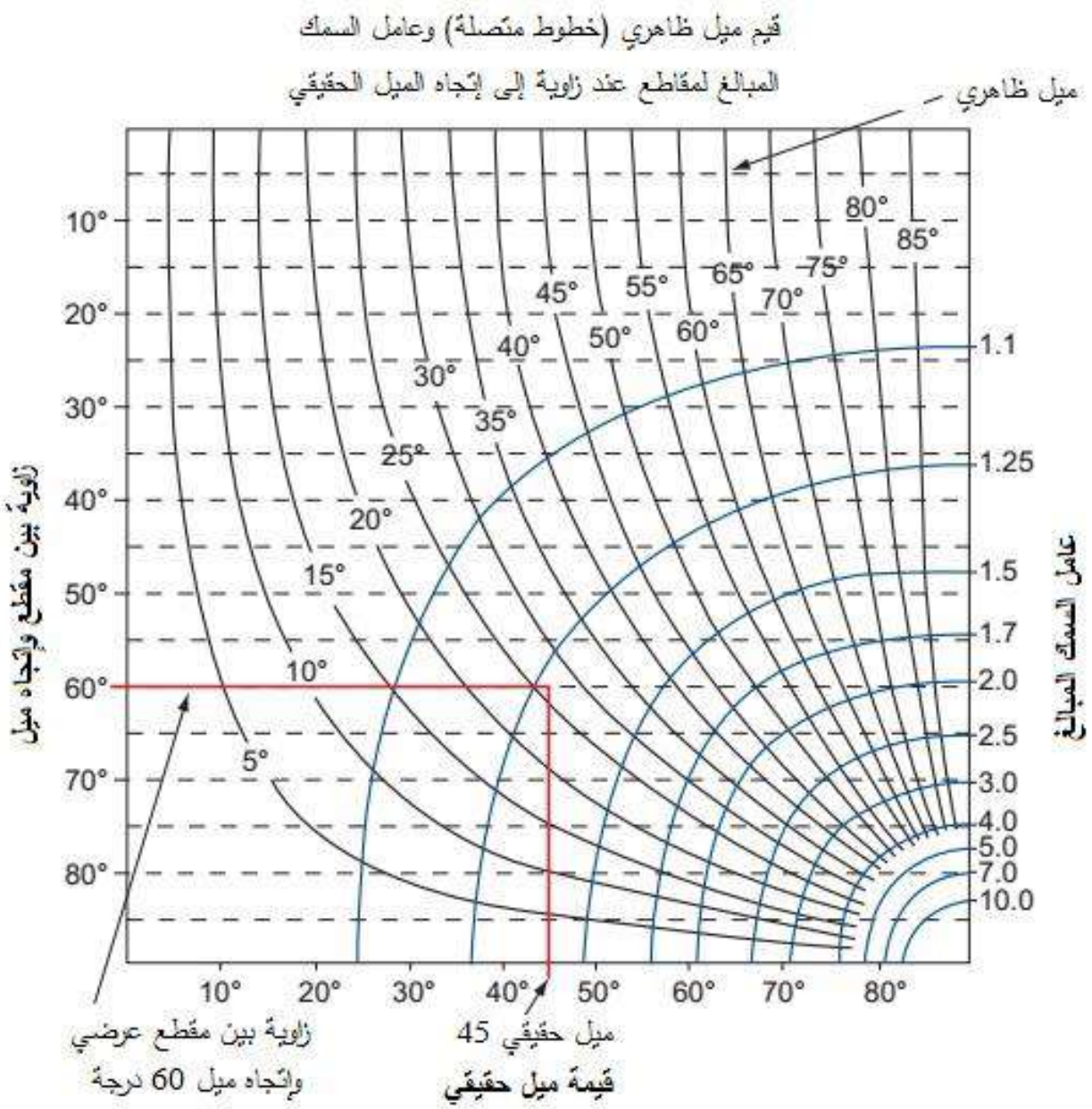
حيث δ = B2 و β = B3.

بدلا من ذلك، يمكنك إستعمال مخطط المعادلة nomogram (شكل م1.10)، وهي طريقة بيانية لتحديد إحدى الزوايا الثلاث المذكورة أعلاه (α، δ، β) بدلالة الاثنين الاخرين.



شكل م1.10 مخطط معادلة لتحديد الميل الظاهري مع الأخذ بنظر الاعتبار الميل الحقيقي والزاوية بين المضرب وخط المقطع.

يوضح الخط المتقطع مثال: بالنسبة لميل حقيقي 43° على مقطع عرضي إتجاهه عند 35° إلى مضرب التطبق، سيكون الميل الظاهري على المقطع العرضي 28°.



شكل م2.10 رسم بياني لتحديد زوايا الميل الظاهري (خطوط منحنية متصلة (غير متقطعة) والسمك المبالغ (خطوط زرقاء منحنية) للتطبق في المقاطع العرضية غير المتوازية مع إتجاه الميل الحقيقي (أي حيث مضرب التطبق غير متعامد مع خط المقطع). تم إعطاء مثال عن الشكل (خطوط حمراء) للتطبق مع ميل حقيقي 45° على مقطع عرضي إتجاهه 60° مع إتجاه الميل. في هذه الحالة، يمكن قراءة الميل الظاهري 27° من الرسم البياني، وسيكون سمك التطبق 1.275 مرة من السمك الحقيقي.

شكل م3.10 مجموعة مختارة من رموز لإستعمالها في إعداد الخرائط الجيولوجية. إعطيت بدائل لبعض الرموز.

غير متبلور، عديم الشكل البلوري = Amorphic Amorphous

يطلق على المعادن ذات البناء الذري غير المنتظم او غير المتبلور، أي التي تفتقر إلى ترتيب ذري داخلي منتظم، ومن ثم لا تظهر أشكالاً هندسية شكلية.

لوزة فجوية Amygdale

فقاعة او فجوة غازية في صخور بركانية وأحياناً في صخور نارية سطحية والتي تصبح مليئة بمعادن ثانوية مثل الزيولايت او الكالسايت او الكالسيدوني او الكوارتز.

قديم Ancient

عتيق في العمر الجيولوجي من حيث فترة تكوينه او فترة وجوده.

زاوية الميل Angle of dip = Inclination = dip

زاوية محصورة بين خط أفقي وسطح الطبقة وتكون محصورة بينّ الصفر وَ 90 درجة.

زاوية اللا توافق Angle of inconformity

زاوية محصورة بين الطبقات المائلة مع الطبقات الأفقية.

زاوية الإختراق Angle of penetration

الزاوية الأدنى (الأصغر) بين مستوى تركيبي او بنائي وَ مستوى المقطع العرضي الجيولوجي، مقارنة بزاوية الغطس Angle of plunge على خارطة جيولوجية.

زاوية الأستقرار، زاوية الرحة، زاوية الرقاد Angle of repose

أكبر زاوية ميل يتخذه كوم مؤلف من رواسب او جزيئات جافة غير متماسكة دون أن ينهار. وهي أقصى زاوية ممكنة تستقر عندها الرواسب المفككة، مثل: التربة وفتات الصخور. فإذا إزدادت الزاوية عن ذلك الحد فإن الرواسب تتزلِق من وضعها الأصلي. وتتغير هذه الزاوية مع إختلاف المادة الفتاتية وكمية المحتوى المائي بها.

معجم بعض المفردات الجيولوجية

تزايدية، تراكمية Accretionary

مقياس الأرتفاع Altimeter

جهاز لقياس الإرتفاعات منسوبة إلى سطح البحر. وهو بارومتر لا معدني (سائلي) مهيأ لقياس الإرتفاع. ويعد قياس الإرتفاع من الأجهزة الضرورية في الْمَرْكبَات الهوائية.

مروحة غرينية. مروحة طمية Alluvial fan

رواسب طينية تتكون على شكل مروحة عند مصب مجرى الماء من الجبال وتمتد إلى المناطق المنخفضة.

إطماء، طمور، ترسيب غريني Alluviation

عملية تراكم وبناء الرواسب الطمية او الرملية او الحصوية المحمولة في مياه الأنهار والمياه الجارية الأخرى، مثل: البحيرات والخِلجان حيث تنخفض سرعة التدفق.

طمي. غرين. ترسبات نهرية. رواسب نهرية Alluvium = Alluvial

ما يرسبه الماء الجاري من الرواسب الحطامية الناتجة من حت االأنهار في العصر الحديث، مثل: الطمي والحصى والرمل. ويوجد الغرين والطمي في مهاد الأنهار والبحيرات وفي سهول الفيضان والمراوح النهرية. وتساعد عملية الإطماء في إغناء التربة الزراعية بالطمي.

الأمونايت = الرأسقدميات اللولبية = Ammonite Cephalopoda

صَدفَة مُتحَّجرة لحيوان منقرض. وهي طائفة او رتبة من ذوات الرؤوس القدمية (الرأسقدميات) البائدة لها أصداف ذات غرف ملفوفة عادة في شكل حلزوني ٍ مستو. وتعتبر الأمونيت أكبر مجموعة تتبع طائفة الرخويات Mollusca، وهذه من الحيوانات اللافقرية Invertebrates، والامونايت رتبة منقرضة من القواقع (صف من رأسيات الأرجل Cephalopod) وجدت قبل حوالي 70 – 200 مليون سنة خلت، وتستعمل أحافيرها في تأريخ او تحديد عمر الطبقات الجيولوجية.

خط يفصل بين طبقات قديمة تميل بزاوية أكبر او أصغر من زاوية ميل الطبقات الحديثة التي تعلوها.

سابق. سالف. سابق التكون Antecedent

حدث يسبق غيره في نفس المكان. أيضاً يقال عن النهر او الوادي او النظام المصرفي الذي يحتفظ بمجراه الأصلي او إتجاهه على الرغم من حدوث تشوه لاحق او دفع إلى أعلى.

أنثراسيت. فحم الأنثراسيت. الفحم الصلب Anthracite

فحم صلد أسود يحتوي على نسبة عالية من الكربون أكثر من 90% ونسبة قليلة من المواد الطيارة، له بريق يحترق بكفاءة عالية، ولمعانه نصف معدني. يحترق بلهب أزرق ليس له رائحة او دخان، صلادتهَ 2 – 2.5 و وزنه النوعي 1.32 – 1.7 ولذلك هو وقود ذو قيمة خاصة وهو رابعْ او آخر رتب الفحم وأجودها.

مستوى محوري للطية المحدبة Anticlinal axial plane

مستوى تخيلي يُقّسم الطية إلى قسمين متناظرين.

محور الطية المحدبة Anticlinal axis

مستوى او سطح يقسم الطية بشكل أكثر تماثلاً.

طية محدبة Anticline

طية او قبوة من الصخور الطبقية، او طبقات منثنية إلى أعلى ويميل جناحا الإنثناء في إتجاهين متباعدين بالنسبة إلى المحور. وتنحدر فيها الطبقات من القمة إلى أسفل في إتجاهين متقابلين. وتنشأ الطبقة المحدبة نتيجة ضغط أفقي من الجانبين حدث على جزء من قشرة الأرض مشكلة ثنية محدبة من الصخور مطوية نحو الأعلى بحيث تقع الصخور القديمة في الوسطْ او مركز الثنية.

طية مجهولة التطبق Antiform

طية تقفل جناحيها لأعلى في طبقات تتابعها الطبقي غير معروف.

زاوية الإنزلاق Angle of slide

زاوية لها إنحدار أدنى عندها تبدأ أي من المواد او الرواسب المفككة بالإنزلاق. وهي أكبر قليلاً من زاوية الاستقرار. وعادة ما تقاس زاوية الإنزلاق من المستوى الأفقي

زاوية المضرب Angle of strike

هي زاوية تجاه خط إمتداد الطبقات وتكون محصورة بين صْفر وَ 60 درجة.

تطبق متقاطع زاوي Angular cross–bedding

تطبق متقاطع تظهر فيه الطبقات المائلة في مقطع بشكل خطوط مستقيمة تقريباً وتتقابل مع السطح السفلي بزوايا متعارضة ومرتفعة وواضحة بشكل كبير. ودائما تشير هذه البِنية إلى ترسيب مائي، كما في التطبق المتقاطع وَّ السْيلي Torrential cross – bedding

زاو. زاوي. ّمزوي Angular

صفة درجة الإستدارة في الحطام الصخري الذي لم يتعرض إلى التحات القوي، والذي يتميز بحواف حرفية وَ زوايا ونتوءات حادة. وتمثل هذه إحدى رتب مقياس الإستدارة. فالحصى وَّ المزواة هي التي لم تنقل بعيدة عن المصدر. ويتشكل منها الراهص ْ او الصخر الكسري المعروف بصخر البريشيا.

طية زاوية، طية مزواة Angular fold

طية تشبه الطية المفتولة او الملتوية او المشوهة Kink fold ولكن بمفصل أقل زاوية.

عدم توافق زاي، تخالف زاوي Angular unconformity = Angular inconformity

إختلاف في وضع مجموعتين من الصخور إحداهما في وضع مائل وتعلوها الأخرى في وضع أفقي ومحصورة بين المجموعتين زاوية الإختلاف، قد تكون السفلية نارية او متحولة والعلوية رسوبية. كذلك يشير المصطلح الى علاقة طبقية متوافقة بين مجموعتي طبقية حيث تشكل ظاهرة إختلاف زاويتي ميل كل من مجموعتي الطبقات حيث يتشكل

علامات النيم المائية Aqueous ripple marks

نيم تشكل بواسطة الأمواج والتيارات المائية لتمييزه عن علامات النيم المتشكل بواسطة الرياح والذي يطلق عليه علامات النيم الهوائية Aeolian ripple marks.

أرينايت Arenite

أحد أنواع أحجار الرمل: يتكون من نسبة عالية جداً من الكوانتز النقي. وهو صخر رملي يشمل كلاً من صخور رمل الكوارتزايت (الكوارتزايت النقي Orthoquartzite والكوارتزايتّ الاولي Protoquartzite) والأركوز الغنية بالسليكا وله نسيج الرمل وقد يحتوي على معادن ثقيلة بنسبة ضئيلة<

صلصالي. طيني Argillaceous

ينطبق على جميع الصخور او الموادّ المتكونة من معادن طينية، او بها كمية مميزة من الطين في تركيبها، مثل: المارل او الصخر الرسوبي، مثل: الطين الصفحي او الصخر المتحول، مثل: الأردواز وتتميز هذه الصخور برائحة التراب عندما يتنفس عليها.

صخور طينية Argillaceous rocks

صخور رسوبية غضارية تحتوي على نسبة عالية من الطين، مثل: صخر الطَّفل او الطين الصفحي Shale، والإردواز Slateوقوامها الطين (سليكات الألومنيوم) حيث تلاصقت جسيماتها بأي مادة لاحمة او ممسكة ولها رائحة الطين عند التنفس عليها.

حجر رمل طيني Argillaceous sandstone

وهو صخر رملي غني بالطين، مثل: الجريواكي Greywacke.أيضاً يشير المصطلح إلى حجر رمل غير نقي ومحتوي على كمية عالية جداً من الطين والغرين الناعم. كما أنه حجر رمل ضعيف وغير صالح لأغراض البناءٍ وحاو على كمية كبيرة من الطين ويخدم كمادة لاحمة.

أركوز Arkose = Arcose

حجر رملي، وهو أحد أنواع أحجار الرمل: يتكون من كوارتز ونسبة عالية من الفلسبار. وهو صخرٍ رسوبى ميكانيكي

صدوع متضادة. صدوع مضادة Antithetic faults

صدوع عادية صغيرة تميل في الإتجاه المعاكس لصدوع رئيسة و لميل الطبقات الرسوبية المصاحبة. وهى نقيضة للصدوع المتشابة الإتجاه Synthetic faults. وتقوم هذه الصدوع المضادة على زوايا كبيرة في مواجهة صدع رئيسى، وتكون إزاحتها في إتجاه إزاحة الصدع الرئيسى.

قمة الطية. رأس الطية = Apex of fold Culmination

أعلى جزء من الطية او نقطة تقاطع المستوى المحورى للطية مع أي مستوى أفقي يمربها، وقد يكون هذا المستوى هو سطح الأرض.

فتاتي الحبوب. فتاتي الحبات Aphanic

نسيج الصخرِ الرسوبي الكربوناتي او الجيري المتميز ببلورات مفردة او حبيبات فتاتية أقطارها أقل من 0.01 مليمتر، او 0.005 مليمتر. وقد أقترح هذا المصطلح ليحل محل مصطلح دقيق الحبيبات Aphanitic.

الميل الظاهري Apparent dip

درجة ميل الطبقات في إتجاه غير عمودي على إتجاه المضرب ويكون دائماً أقل من الميل الحقيقي. فميل الطبقة الصخرية كما تتكشف في أي مقطع ليس بزاوية قائمة على إتجاه الطبقة (مضرب الطبقة).

إزاحة ظاهرية Apparent displacement

مسافة أفقية تزحفها طبقة ما إبتداءً من نقطة التصدع.

سمْك ظاهري Apparent thickness

سماكة اوُ سمْك (جيولوجي) لوحدة طباقية او جسم متطاولْ، مقاس عند زوايا قائمة مع سطح الأرضْ او اليابسة.

بيئة مائية Aqueous environment

أي بيئة مائية، فقد تكون البيئة بحرية، او نهرية، او بحيرية.

Current ripple mark.ومن خلال المشهد المستوى، ربما تكون القمة مستقيمة نسبياً او مقوسة بشكل واضح.

وادي لا تماثلي. وادي غير متماثل Asymmetric valley

وادي له جانب أشد إنحداراً من الجانب الآخر.

وضع الطبقة Attitude of bed

ينطبق هذا علىَ وضعَ مَعالم طبقة ما، مثل: التطبق، او التورق، او الفواصل، ... الخ، مع مستوى الأفق. ويعرف هذا بتحديد الإتجاه (المضَرب Strike) و الميل Dip لهذه المعالم.

حبيبات عدسية. حبيبات عينية Augen

حبات معدنية عينية او عدسية، ذات مقطع عرضي عيني كبيرة الحجمَ و تَظْهر في الصخور المتحولة المتورقة، مثل: الشست والنايس.َ و عامة هي تجمعات معدنية لها شكل العين في مقطعها العرضي، وهذا يغاير شكال المعادن لأخرى في الصخر ذاته.

مكانية المنشأ. أصيل بيئي. غير مزحزح حوضية النشأة (غير مجلوبة).غير منقول. Autochthonous

يقصد به صخور مثل: صخور الكربوناتَ و المتبخرات، ... الخ تشكلت او نتجت في المكان الموجود فيه الآن.كذلك ينطبق المصطلح على الفحم والخشب اللذين وِجدا او تشكلاّ في المكان حيث مكوناتها النباتية نمت وتحللت إلى صخور والتي لمُ تحز بواسطة تصدع دفعي. أيضاً ربما يشير المصطلح إلى راهصة في إنفجار فوهة بركانية والتي بقيت في موقعها الأصلى مع دوران طفيف او إنتقال إلى كِسرات.

دخيل. صخرة مكانية. صخرية ذاتية Autolith

مكتنفة صخرية في صخر ناري التي يعزى إليها الإرتباط الأصلي او المِنَشأي.

صَدْيع. صدع فرعي. صدع إضافي Auxiliary fault

صدع صغير يتقابل مع مسار صدع رئيس او يتفرع منه.

النشأة. وعامة فهو صخر رملي يحتوي على أكثر من 25% فلسبار وأقل من 15% رواسب أرضية Matrix او طين. وينتج عن تفتت والتحام فتات الصخور النارية الحمضية، مثل: الجرانيت او الصخور الجرانيتية. ويوجد بالقرب من صخور الجرانيتَ و النيس. وعامة فإن حجر الأركوز خشن الحبيبات بشكل أنموذجي، ولونهِ بمبي اوِ محمر، ومؤلف من حبيبات مزواة إلى تحت مزواة، وربما يكون ضعيف التصنيف او الفرز إلى جيد التصنيف بشكل متوسط .

تجمع. مجموعة Assemblage

قد تكون المجموعات أحفورية، كمجموعة أحافير متجانسة او تكون معدنية كمجموعة معادن متحولة او نارية او غيرها.

تجمع. توافق. مشاركة. تعايش Association

مجموعة كائنات حية او أحفورية تتكون سوياً بسبب أن لها متطلبات بيئية متشابهة وعادة ما يكون لها واحد او أكثر منِ جنس شايع التوافر.أيضاً يستخدم المصطلح عند الإشارة إلى التجمع الصخري Rock association

متنوعة. مُشكّلة = سيئ الفرز. رديء الفرز. تصنيف سيء Assorted = Poorly sorted

فرز سيء أي أن مكوناته مختلفة الأحجام، مثل: الرواسب سيئة الفرز.

طيه لا تماثلية Asymmetric fold

بِنيَة جيولوجية في الصخور الرسوبية تنشأ نتيجة رد فعل للحركات الأرضية، حيث تستجيب لها الصخور بالإنثناء إلى أعلى او إلى أسفل. وفي حالة الطية غير المتماثلة يميل كل من جناحي الطية بزاوية مختلفة عن الآخر بالنسبة إلى سطح محور الطي.

علامات نيم غير متماثلة Asymmetric ripple marks

نيم له مقطع عرضي غير متماثل، ويتميز بمنحدر شديد قصير يواجه أسفل التيار ومنحدر لطيف وطويل يواجه أعلى التيار، وخاصة ما يعرف بنيم التيارَ

تقريباً من أحزمة متوازية ذات أنسجة او معادن مختلفة اوكلاهما معاً. وهذه قد تتشكل بواسطة العزل غير التام للمكونات أثناء إعادة التبلور او ربما تكون موروثة من الطبقية في الرواسب او من التطبق في الصخور النارية. وأيضاً الطبقية النحيلة الناتجة من ترسيب مواد مختلفة في صورة طبقات متعاقبةَ و واضحة في مظهر قطاعها العرضي، وهي صخور رسوبية متورقة.

قضيب رملي ساحلي. حاجز. رواسب رملية. رواسب حصاوية (في النهر او فيَ مصبِّه) Bar

الحواجز الرملية الموجودة داخل منطقة الشاطئ، وهي غالباً ما تكون عبارة عن كثبان رملية حوتها مياه البحر بعد تقدمه،كما توجد أحياناً عند ثغر النهرْ او مصب النهر في البحر.

نطاق التحول الباروفي Barrovian metamorphic zone

نطاق تعاظم التحول الأقليمي في المعقدات الصخرية Complexes للتحول الحراري الديناميكي، أحد الأحزمة ذات الرتبة المتزايدة في التحول بشكل إنمائي، يعتمد علىً اول ظهور للمعادن الدالة، طبقاً لتزايد رتب التحول:كلورايت، بايوتايت، المنداين أشتورولايت، كيانايتَ و السليمنايت. ويمثل هذا التتابع التقليدي الآن أعم نوع للتحول الأقليمي. فهي نطق تنامي التحول الإقليمي.

سطح قاعدي Basal surface

الحد العام الواقع بين الصخر ُ المجوى وغير ُ مجوى، او الحد الأدنى للتجوية النشطة. وربما يكون هذا الحد منتظماً ْ او غير منتظم، ويشير إلى تغير فجائى او سريع جداً بإتجاه إلى أعلى نحو قاعدة كتلة الحطام ُ المجوى.

خارطة الأساس. خريطة الأساس Base map

خارطة أي نوع تظهر الخطوط الخارجية (الكفافية او المحيطية) اللازمة والضرورية لمرجع جغرافي مناسب،

خط محوري للطية Axial line of fold

خط تقاطع المستوى المحوري للطية مع سطح الأرض.

تراكب محوري Axial overlap

تراكب الطبقات المطوية عبر محور واحد.

محور الطية Axis of fold

خط يمثل أثر المستوى المحوري للطية كما يظهر في قطاعٍ جانبي لها، وهو يعين الإتجاه العام للطي.

سْمت. الإتجاه الأفقي Azimuth

إتجاه الخط الأفقي حيث يقاس على دائرة أفقية تخيلية، ويحسب الإتجاه الأفقي بإتجاه عقرب الساعة من مستوى خط الزوال للملاحظ او للراصد ويعبر عنه بالمسافة الزاوية بين المستوى الرأسي ماراً خلال نقطة الرصد وأقطاب الأرض والمستوى الرأسي ماراً خلال الرصد والجسم الواقع تحت الرصد.

بِنيةِ الوَسادةَ و الكرة Ball – and – pillow structure

بِنية رسوبية اولية، توجد في أحجار الرمل وبعض من أحجار الجير،وتتميز بشكل نصف كروي او ذات كتل كلوية الشكل، تشبه الكوزْ او الكراة والوسائد.

بِنية شرائطية. تركيبُ مُحَزم Banded structure

بِنية صخرية حزامية تتكون من رقائق او عروق وربما تعزى إلى تناوب في الترسيب الدوري، وُ تتمَيز بألوانها المختلفة او أنسجتها او تركيبها المعدني. وتظهرهذه البِنية الشريطية فيكثير من الصخور النارية والمتحولة، والمكشوفة على سطح الأرض.

تحزمٌ. تشرط. تحزيم. تشريط Banding

ظهور البِنية الحزامية في منكشف صخر ناري او متحول نتيجة التطبق. قد يتشكل ذلك بواسطة تدفق المادة المتغايرة الخواص، مثل: تدفق طبقي للرايولايتات او تعاقب إرسابي لتطبق المواد المختلفة.كذلك الحال بالنسبة للبِنية الحزامية في الصخور المتحولة المكونة

حيث يقع الخط، ويشار إليه إما بنقطة الشمال او بنقطة الجنوب.

طبقة. طبقة صخرية. قاع Bed = Stratum

تشير إلى الطبقات الصخرية الرسوبية حيث تشكل الطبقة أصغر تقسيمات السلسلة الطبقية ومعلّمة بمستوى تقسيمى يميزها عن الطبقة التي فوقها والتي تحتها، وسمكها أكثر من 1 سم، وأيضاً تختلف عن الطبقات المحصورة بينها من حيث التركيب المعدني او اللون او النسيج الصخري. وقد تستخدم كلمة Bed عند الإشارة إلى قاع النهر وغيره. وتعتبر الطبقة وحدة متجانسة من الصخور الرسوبية تختلف عما يليها في اللون والتركيب ويزيد سمكها عن الراق او الرقيقة ،Lamina مثل: طبقة حجر الرمل وطبقة حجر الجير ويفصلها عما يجاورها سطح الطباقية. وجمع طبقة طبقات Strata.أيضاً قد تحتوي الطبقة على تركيز للدلائل الأحفورية او البشرية، مثل: طبقة عظمية Bone bed.

بِنيَة طباقية. بِنيَة متطبقة. تركيب متراصف Bedded structure

تركيب حركي او تكتوني مكون من صدوع او طيات اوكليهما معاً، ويفصل بينها مستوى تطبُّق. أيضاً يشير المصطلح إلى البِنيَة الرسوبية، مثل: التطبُّق المتقاطع او التطبُّق المتدرج ...الخ، والذي يفصل بينها مستوى تطبُّق او سطح تطبُّق.

مطَبق. مُنضد .تطبق. تَنضد = Bedding Stratification

ترتيب الصخرِ الرسوبي في طبقات او طبيقات ذات إختلاف في السماكة والخواص من حيث الخاصية الطبيعية والبنيوية العامة او نهج الطبقات وتماساتها داخل الكتلة الصخرية، مثل: التطبق المتقاطع، والتطبق المتدرج، فهو مصطلح جماعي يشير إلى وجود الطبقات والبنيات المرافقة. أيضاً: ربما يطبَّق المصطلح على وبناءً عليها يمكن إضافة توقيع معلومات متخصصة لغرضٍ معين، خاصة الخارطة التضاريسية او الطبوغرافية التي تسجل عليها معلومات جيولوجية.

قاعدة صخرية. قاع صخري قديم. كيزة صخرية. أساس صخري Basement

معقد صخري يتكون بشكل أساسي من صخور نارية ومتحولة، تترسب فوقه الطبقات الرسوبية، ويفصل بينهما سطح عدم التوافق. أيضاً يشير المسطلح إلى القشرة الأرضية الواقعة تحت رواسب رسوبية وتمتد في العمق حتى خط عدم الأستمرارية موهوروفيك.

حوض Basin

منخفض طبيعي في سطح الأرض، كبر او صغر، تحيط به أرض أعلى منه، وتتدفق إلى هذه المنطقة المتسعة الإنخفاض جميع مصارف المياه من المناطق المجاورة، ويرافق ذلك ترسيب للرواسب المنقولة مع هذه المياه المتجمعة في هذا الحوض.

باثوليت Batholith = Bathylith

جسم ناري باطني، بلوتوني. فهي كتلة كبيرة من الصخر الناري تمتد تحت سطح الأرض إلى عمق غير معروف، لكنه يحتوي على مساحة ظاهريةْ او مكشوفةً تقدر بأكثر من 100 كيلو متر مربع. وتشكل في معظم الحالاتَ قلباً او لُبَّاً لبعض سلاسل الجبال الباتوليتية.

رصد. نُقط الرصد. الإتجاه. التصويب. إتجاه زاوي (إنحراف) Bearing

الإتجاه الزاويّ المعين بالبوصلة هو الشمال المغنطيسي، حيث يجب تعديله لتعيين الشمال الحقيقي، لأّ ي مكان او جسم عند نقطة مثبتة وعلاقته بنقطة أخرى مثبتة، خاصة الإتجاه الأفقي لخط على سطح الأرض بالنسبة إلى النقاط الأصليةْ او الجهات الأصلية للبوصلة. وعادةّ يعبر عنها بزاوية تقل عن 90 درجة شرق او غرب خط الزوال المرجعي المجاور للإرتفاع الزاوي (ربعية)

مِيكرايت أحيائي. طين جيري أحيائي. حجر طين جيري به بقايا أحيائية Biomicrite

حجر جير دقيق التبلور يحتوي على نسب مختلفة من أصداف أحافير او حطام هيكلي وطين كربونايتي (ميكرايت) خاصة حجر الجير المحتوي على أقل من 25% فتات حوضي النشأة Intra clasts وأقل من 25% سرئيات Ooliths مع نسبة حجمية من الأحافيرَ وكِسر أحفورية إلى عقد جيرية Pellets أكثر من 3 إلىَ 1، وراسب أرضية من الطين الجيري او الكربوناتي أكثر وفرة من لاحم الكالسايت– الإسباري. ويتميز هذا الراسب (المِيكرايت الحيوي) ببيئة ذات طاقة فيزيائية منخفضة نسبياً.

سبارايت أحيائي Biosparite

حجر جيرٌ مكون من نسب مختلفة من حطام هيكلي وكالسايت نقي او لاصف Spar خاصة حجر الجير المحتوي على أقل من 25% من فتاتات حوضية النشأة Intraclastsو أقل من 25% سرئيات Ooliths وبنسب حجمية من الأحافير والكسر الأحفورية إلى عقد طينية جيرية Pellets أكثر من 1:3 ولاحم كالسايت سبارايت أكثر وفرة من راسب أرضية من الطين الكربوناتي(ميكرايت)، ويتميز عامة ببيئة كربوناتية ذات طاقة عالية ويشكل الإسبارايت لاحم ماليء للمسام.

وحدة طبقية أحيائية Biostratigraphic unit

طبقة او جسم من الطبقات حيث تكون موحدة بمحتواها الأحفوري او الخاصية الأحفورية القديمة ومن ثم تميز من الطبقات المجاورة. وتمثل الوحدة الطبقية الحيوية فقط داخل حدود التكوين الملاحظ لظاهرة طبقية أحيائية خاصة التي تعتمد عليها. فالوحدة الأساسية هي النطاق الحيوي Biozone. وإذا كانت البواق الأحفورية وفيرة جداً بحد ذاتها فإنها تصبح مهمة من الترتيب الطبقي و البنائيْ او التركيبي للصخر الناري او المتحول.

مستوى التطبق. مستوى التراصف. مستوى طباقي = مستوى الطباقية Bed plane = Bedding plane

سطح منبسط اوٍ مستو بشكل تقريبي يفصل بصورة مرئية بين كل طبقة متتابعة في صخر متطبق (ذات خصائص صخرية متشابهة او مختلفة) من الطبقة السابقةْ او اللاحقة، ذات الترسيب المستوي. أيضاً عامة يطبق المصطلح على أي سطح تطبق حتى عندما ينثني او يشوه بالطي بشكل ظاهر للعيان.

طبقة صخرية. صخر القاعدة. صخر الأساس Bed rock = Bedrock

صخر الأصم والصلب الذي تتركز عليه او تقع فوقه طبقة من التربة او الرمل او الطين او كِسر الصخور. وكذلك الصخر الأصم الظاهر تحت سطح الأرض، والذي لم تؤثر فيه المؤثرات المناخية او الجوية بعد.

صخر فتاتي أحيائي Bioclastic rock

صخر رسوبيّ مكون من فتات أصداف الأحياء القديمة وهياكلها، مثل: الكوكينا وحجر الجير الأحفوري، ... الخ.

أجسام صخرية أحيائية. صخورِ شَعابِية متراكمة Bioherms

صخور ذات شكلِ قبي او عدسي او كتلة صخرية مرجانية الشكل بُنِيَت بشكل تام بوساطة الاحياء الثابتة او عديمة الحركة، مثل: المرجانيات والأسترومولايتَ و الطحالب.

صخر أحيائي Biolithite

صخر جير حي او جر جير متماسك بوساطة هياكل إطارات الأحياء المكونة له، والتي نمت وبقيت فى مكانها، مشكلة إطاراً صلباً جاسىءاً مميزاً من مادة كربوناتيةَ تَرْبُط او تمسك جميع المكونات او الحبيبات الكيميائية غير النقية، مثل: السرئيات والعقد الطينية الجيرية والكسر الصدفية ... الخَ و المكونات الهيكلية.

تيارية،(ب) ترققات متوازية سفلية، (أ) متدرج (سحنة طبقية متدرجة).

حجر مترابط أحيائي. حجر ملتحم الحبيبات Boundstone

صخر رسوبي كربوناتي إلتحمتً مكوناته الأصلية أثناء عملية الترسيب وبقيت بشكل قوي في موقع النمو.

طية صندوقية Box fold

طية يشكل أقصى مقطع لها ثلاثة جوانب مستطيلة.

المسرجيات. عضديات القدم. عضديات الأرجل Brachiopoda = Brachiopods

شعبة او طائفة حيوانية غير فقارية بحرية صدفية الهيكل، مداها الجيولوجي من الحين الكامبري حتى العصر الحاضر. َو تحتوي على مصراعين (غطاءين) صدفيين غير متساويين ولكنهما متماثلان جانبياً ومكونان عادة من مادة كلسية.

مجرىُ مجْدَول. جدول متشابك. نهر مَضّفر. نهر متشعب. نهر متفرع Braided stream

مجرى مائي ينقسم إلى قنوات متشابكة ينفصل بعضها عن بعض ٍبجُزُر او حواجز رملية او حواجز قنوية ويؤلف أنماطا نهرية تشبه الظفائر. يرجع هذا التقسيم الفرعي في القنوات إلى الإعاقة التي تحدث في القناة الرئيسة مما يؤدي إلى تعدد أفرع القناة. ولكن تكون هذه الأفرع متحدة ومرتبطة بالقناة الرئيسة التي ينجم عنها ترسيب النهر للرواسب في وسط، وعلى طول مجرى القناة.

إنقطاع ترسب. توقف ترسب. فجوة ترسب. ثغرة ترسب Break

تغير مفاجيء عند مستوى او أفق محدد في تتابع زمني لصخور رسوبيةْ او فيما تحويه من أحافير إما بسبب إنقطاع الترسب لفترة من الزمن قصيرة او طويلة وإما بسبب تغير مفاجئ في ظروف الترسب ينتج عنه إختلاف مفاجئ في الصخرية (الليثولوجية)، وفي نوع الكائنات الحية التي تترك أحافيرها في . الصخور وهو مؤشر الناحية الصخرية، وفي هذه الحالة ربما تكون الوحدة الطبقية الحيوية هي أيضا وحدة طباقية.

نطاق طبقي أحيائي. نطاق طبقي حياتي Biozone

مصطلح عام يشير إلى أي نوع من الوحدة الطبقية الأحيائية، مثل: راسبٌ تكون أثناء المدة التى يعيشها النوع من ألأحياء، أي نشأ خلال أجل النوع. وتختلف النطق الأحيائية بشكل كبير من حيث السماكةَ و الإنتشار الجغرافي. ويعتبر النطاق الأحيائي الوحدة الأساسية فى التصنيف الطبقي . الأحيائي وعامة فهو أصغر الوحدات الطبقية الأحيائية التي عليها يمكن تكوين المضاهاة الطبقية ضمن الإنتشار القاري او عبر العالم بأكمله.

مزدوج المصراع= ذو مصراعين = Bivalve Bivalved

حيوان من الرخويات او المسرجيات او المسرجانيات (براكيوبوداْ او أستروكودا) له صدفتان متحركتان، تفتحان وتقفلان، متساويتين او شبه متساويتين، يربطهما مفصل. والمحار حيوان ذو مصراعين.

ورقي. نصلي. شفري. صفائحي Bladed

صفة إحدى أصناف أشكالْ او تكور الحبيبة.

رمل مذري. رمل ريحى. رمل الرياح Blown sand

الرمال المنقولة بالرياح، او المقذوفة بالرياح، وتعرف برمال الرياح. وهي رواسبً ترسبت تحت مفعول الرياح، ويرجع محتواها الكيميائي إلى الصخر الأصلى الذي إنفصلت وإنساقت منه. وتكون عادة رديئة التصنيف.

دورة بوما Bouma cycle

تتابع متميز ومثبت، مكون من خمس فترات فاصلةَ Intervals وتشكل تتابعاً لراسب العكر Turdidite المتآكل او التام. إحدى هذه الفترات الفاصلة او أكثر من ذلك ربما تكون مفقودة. وهذه الفترات الفاصلة من أعلى إلى أسفل كالتالي: (هـ) طيني (سحنة طبقة طينية)، (د) ترققات متوازية علوية، (ج) ترققات نيمية

والـدلومايت Dolomite وكلهـا أحجـار جيريـة شـائعة، وتحتوي جميعها على أكثر من 50% كربونات كالسيوم من الحجم الصخري.

ردغات جيرية .ردغات كلسية Calcareous oozes

رواسب بحرية أحيائية الأصل Biogenous مؤلفة من طين اوَ وْحل سميكْ او ثخين ينتج بواسطة كائنات تقطن مياهاً بحرية سطحية دافئة، وغالباً ماُ تكون ردغات منَخَريات Foraminiferal oozes لأن نسبة عالية جداً من أحجامهاُ مكّون من أغلفة الحيوانات أحادية الخلية تدعىُ منَخَريات.

طابع. حشوة Cast

أثر تشكل في صخر بازاحة المادة الصلبة بالإذابة، او بالإنحلال والتي كانت أصلاً تتكون من صدفة، او هيكل عظمي، او حصى طينية، وقد يمتلىء هذا الفراغ بمعدن او بمادة أخرى.

صخر تهشمي Cataclastic rock

صخر متهشم الحبيبات، وربما حدث ذلك بسب فعل الثلج أثناء النقل او بسبب حركة أرضية او بسبب تحول تهشمي.

فحم نباتي Charcoal

نوع من الكربون اللاّ بلوري، المسامي، وغير النقي. قصيف، متميز السواد، ينتج من تسخين الخشب او الخُث او السليلوز او غيرها بقايا من الجرافايت Graphiteعالي المسامية، ودقيق التبلور. يستخدم الفحم النباتي كعامل إختزال لتخليص الفلزات من أكاسيدها وذلك بإزالة الأكسجين منها.

تجوية كيمياوية. تجوية كيميائية Chemical weathering

عملية تجوية تتحول فيها الصخور والمعادن إلى مركبات كيميائية جديدة وثابتة تحت ظروف سائدة عند او قرب سطح الأرض، ويتم ذلك بواسطة تفاعلات كيميائية، مثل: التحلل، والتميؤ والإماهة والأكسدةَ والكْربنة، على وجود عدم التوافق، وخاصة اللا توافق ،Hiatus مثل: رمل قنوي مفصول عن طين صفحي تحته.

حزازيات. حيوانات طحلبية Bryozoa = Bryozoan

طائفة حيوانية طحلبية مسلكية، لا فقرية، مائية من أشباه الديدان، تابعة لشعبة الحزازيات ،Phylum Bryozoa وتتميز بشكل رئيسي بواسطة نمو مستعمرى، او هيكل كلسي او شكل أقل إنتشاراً كغشاء كيتيني وبقناة هضمية ذات شكل نوني ولها فم وفتحة شرج.ومداها الزمني الجيولوجي من الحقب الأردوفيشي إلى العصر الحاضر، ومع إحتمال إمتداد سفلي حتى أعلى الكامبري. تعيش في مستعمرات مائية، وعادة ما تكون بحرية. وتساعد على بناء الرواسب الكلسية لإحتواء هياكلها على مادة الْكْلس.

مسلك أحيائي. حفرة أنبوبية أحيائية. ُثقب. ُجحر. َمسلك Burrow

مسالك او جحور او أنفاق الديدان او حفر أنبوبية أحيائية يتم فتحها وثقبها في الرواسب الرخوة او المفككة بواسطة الديدان آكلة الطين او الرخويات او لا فقاريات أخرى، تمتد على طول مستوى الطبقة او تخترقها وتمتلئ في النهاية بطين او رمل وتحفظ كحشوة، تكون مستقيمة او متعرجة او رأسية او أفقية او مائلة. وعامة فهي الآثار التي تتركها الديدان في الصخور الرطبة أثناء تحركها بحثاً عن الغذاء والتزاوج، او أي نشاط آخر، وعندما تتصلب الصخور الحاملة لهذه الآثار تبقىُ كحَفر نفِقية وباتجاهات متعددة، وقد تكون أفقية مع إمتداد سطوح الطبقات الحاملة لها، او متعامدة معها، او بشكل قُطْري معها.

كِلسي. جيري. كلسية Calcareous

صفة للصخور الرسوبية المحتوية علىْ او تتكون من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). الحجر الجيري والطباشير والحجر الصدفي والحجرَ القطْري

مواجهة البحر. ويكون أحد اوجِهَاه شديد الإنحدار، وقد يكون الآخر خفيف الإنحدار او عديم الإنحدار.

نيم متسلّق Climbing ripples

واحد من مجموعة ترقّقات متقاطعة، تكونت بتراكيب نيمات مهاجرة ،Migrated ripples حيث تظهر فيها القَمم للرقائق المتتابعة الرأسية متقدمة في إتجاه أعلى المنحدر.

قياس الميل. مقياس الإنحدار. مسجل زاوية الميل Clinometer

جهاز او آلة تستعمل لقياس مقدار زاوية ميل الطبقات عن مستوى الأفقي. ويوجد هذا الجهاز في داخل البوصلة الجيولوجية. يستخدم الجيولوجيون الكلينومتر لقياس ميل طبقات الصخور او إنحدارها. ويتكون جهاز مقياس الميل في أساسه من لوح مركب عليه منقلة يبدأ تدريجياً من المركزً بالصفر ويتزايد في كلا جانبيها حتى التسعين، ومعلق في منتصف قطرها خطَّار يشير في الحالة الأفقية إلىً الصْرف.

طية محدبة مقفلة Closed anticline

طية او ثنية محدبة، يقترب فيها جناحاها من بعضهما البعض حتى يتلامسا، بعكس الطية المحدبة المفتوحة او المتباعدة الجناحين.

خشن Coarse

صفة حجم الحبيبات الكبيرة نسبياً، مثل: حجم الرمال التي تتراوح أقطارها من 0.5 إلى 1 ملم.

خشن الحبيبات Coarse – grained

صفة صخر متبلورُ تكن في نسيجه المعادن المفردةكبيرة نسبياً، وخاصة الصخر الناري حيث حبيباته لها متوسط قُطْري أكبر من 5 مليمتر.أما الصخور الرسوبية فيعني المصطلح النسيج الذي ترى فيه المكونات المفردة بسهولة بواسطة العين المجردة، وخاصة ذلك الراسب او الصخر الذي يكون متوسط أقطار جسيماته والتبادل الآيوني، َو الإذابة. تسمى أيضاً التحلل او التفتت الكيميائي، مثلا يتكون الكاولينايت بتجوية الاورثوكليز.

تطبق متقاطع شارّي Chevron cross – bedding

تطبق متقاطعُ مشْرَشر. ، يميل في إتجاهات مختلفة او متعاكسة في طبقات متبادلة او متراكبة، مكونا نهجاً شارياً اوَ عظْمةَ الرئكة Herringbone.

طيةّ شارية. طية متعرجة Chevron fold = Zigzag fold

طيات زاوية حادة جداً في الصخور الصفائحية وهي عادة ذوات أبعاد قصيرة وتنشأ من حركات الإنفصام في طبقات متجانسة الميل.

فتات صخر رسوبي Clasts

مكونات مفردة من حبيبات او شظايا رواسب او صخر، تنتج بواسطة تجوية ميكانيكيةْ او فيزيائية، تفتت كتلة صخرية كبيرة مثل: فتات صخري Lithoclasts وفتات ناري Pyroclasts وفتات حيوي Bioclasts. صيغة المفرد: فتات فتاتة Clast.

إنفصام. إنقسام. إنشقاق. تفلُّج Cleavage

خاصية إنفصام او تشقق بعض المعادن التي تحدث في إتجاه او عدة إتجاهات متقاطعة بزوايا مختلفة بناء على التركيب البلوري او الترتيب الذري الداخلي ويكون دائماً موازياً لأحد اوجه او مستويات البلورة. كما في معدن الاوجايت او الهورنبلند. وقد يكون لبعض الصخور إنفصامٌ ٌ صخري يدعى حينئذ بالإنفصام الصخري Rock cleavage وهو إنشقاق الصخر إلى صفائح متقاربة ومتوازية كإنفصام صخر الإردواز او كما في الرسوبيات دقيقة الحبيبات كحجر الطين او الصلصال او الطَّفل.

جدار جبلّي. حائط جبلي. هضبة شديدة التحدر. حائط بحري Cliff

وجه كتلة صخرية شاهقة عمودية شديدة الإنحدار وربما تكون بصورة جبل او تل، موجود بشكل شائع في

او كثيف بجسيمات متقاربة التعبئة. كما يدل على أنه مقفل الحبيبات حيث لا يمكن تمييز مكونات جسيماتهْ او معادنه بالعين المجردة.كما يصف صخراً دقيق النسيج وله مسامية منخفضة، وراسب الأرضية matrix.

إندماج. تماسك. تضاغط. تراص. إنضغاط Compaction

تقلص حجم الرواسب وإنقاص حجم مساميتها نتيجة لإجهاد ضاغط مما يؤدي إلى تصلد الصخور، ويحدث ذلك بسبب إستمرارية الترسيب فوق الطبقة المحكمة وزيادة وزن المادة المغطية لهذه الطبقة، او نتيجة الضغوط الناتجة من حركات أرضية داخل القشرة الأرضية. ويحدثَ الدْمج او الإحكام أيضاً بسبب طرد الماء الموجود بين الحبيبات، ومن ثم تقارب الحبيبات من بعضها، وفي ذلك تأثير على نسبة المسامية الاولية حيث تنخفض عما كانت عليه قبل إتمام عمليةَ الدْمج او الإحكام. وهو أيضاً أي عملية، مثل: الدفن او التجففَ تفِقد بواسطتها كتلة التربة فراغاتها وتصبح أكثر كثافة ومن ثم تزداد قدرتها التحملية وثباتها العام في البناء والتشييد كذلك تكثُّف التربة بوسائل ميكانيكية تمت بالتكورْ اوّ الدكْ او الكبسْ او الإهتزاز.

بوصلة Compass

جهاز او آلة لتعيين الإتجاه. ويقصد بها عادة البوصلة المغنيطيسية التي تتكون من إبرة مغنيطيسية تتحرك طليقة حول ثقلها بتأثير المجال المغنطيسي للأرض. وتستخدم هذه الآلة في قياسات جيولوجية عدة، منها قياس زاويةَ مْيل وإتجاهْ او مضرب إمتداد الطبقات، كذلك يمكن بواسطتها تحديد مواقع الظواهر الجيولوجية، مثل: الطياتَ و الصدوع، ... الخ. كما يمكن تحديد إتجاهَ و إرتفاع أي نقطة محددة في الحقل. إلى جانب الكثير من الإستخدامات الجيولوجية الحقلية.

صدع معقد Complex fault

صدع يحتوي على صدوع أخرى متقاطعة بداخله.

2مليمتر. أيضاً قد يشير المصطلح إلى التربة التي يشيع فيها الرملْ او الحصاء.

تتابع علوي التخشن Coarsening upward sequence

صفة تتابع طبقي سحني تخْشن فيه الحبيبات في الإتجاه العلوي. ويمثل هذا التتابع مجموعة طبقات تتزايد خشونة حبيباته في الإتجاه العلوي، وهذه الخاصية تتميز بها بعض رواسب البيئات، مثل: الرواسب الدلتاوية، والرواسب البُحْيرية، ورواسب الحاجز الرملي.

جليمود. حصى كبير. حصاة كبيرة Cobble

كسرة صخرية أكبر من الحصى Pebble وأصغر من الجلمود Boulder تتراوح أقطار حباته بينَ 64 و 257 مليمتر.

الجوفمعويات Coelenterata

طائفة اوُ شْعبة حيوانية لاَ فقرية، تشمل حيوانات تعيش منفردة او في مستعمرات، مداها الزمني الجيولوجي من ما قبل الكامبري إلى العصر الحاضر، مثل: المرجان ورئة البحر. والأنماط البسيطة عبارة عن تجويف للجسم بفتحة واحدة. وللمرجان هيكل كلسي وتفتقر رئة البحر للهيكل، وهي نادراً ما توجد كأحافير او كمستحاثات.

تمفصل عمودي = Columnar jointing Columnar joints

أعمدة موشورية، متوازية، ومضلعة في المقطع العرضي، تنشأ في الإنسيابات او التدفقات البازلتية، وأحياناً في صخور نارية سطحية وباطنية أخرى. وتتشكل نتيجة للتقلص أثناء تبرد الصهير.

متماسك. مندمج. مدمج. متراص. محكم. مضغوط Compact

صفة تستخدم للإشارة إلى دمج الراسب فيقال: راسبُ مدمج، أي أنَّه معبأ تعبئة جيدة، وجزيئاته مرتَّبة بشكلَ حسنَ و مركزة، مشكلة بذلك جسماً صلداً. ومن ثم فإن المصطلح يشير إلى أي صخر او تربة ذات نسيج مكتنز قوي، صلد

صخر الكوكينا. حجر الصدف Coquina

صخرٍ رسوبي، فتاتي جيري عضوي، مسامي، هش، ويتكون من حطام أصدافْ او كِسر الرخويات والمرجان الملتصقة بعضها ببعض بغير إحكام.

شْعب مرجان Coral reef

نتوءات صخرية عضويةّ تتكون من حجر الجيري وبقايا المرجانيات، ويكون السطح العلوي للإرتفاعات بالقرب من سطح البحر، وتكون الصخور الجيرية العضويةّ المكونة للشعاب مقاومة لتعرية الأمواج، وذلك لوجود هياكل مرجانية في تركيبها. ويتراكم هذا النوع من الرواسب البحرية الجيرية نتيجة لنمو مستعمرات حيوان المرجان وبعض الكائنات الأخرى التي تعيش في مستعمرات والتي تترك هياكلها الصلبة بعد موتها في هيئة أرصفة وكتل ممتدة بمحاذات الساحل غير بعيدة منه.

مضاهاة Correlation

ربط الطبقات مع بعضها. تعيين العمر الجيولوجي المكافئ او المناظر لطبقتين متباعدتين أصلهما من تكوين واحد او من تكوينات مختلفة لها عمر واحد، وهوكذلك إستعمال الأحافير او الأدلة المادية لتقرير تتابع أعمار الصخور او الأحداث كالعلاقة الزمنية والترسيبية بين هذه الطبقات.

صخر مكتنف. صخر مضيف Country rock

صخرٌ مطوق او معبور او مقطوع براسب معدني. وهو الصخر المقحوم او المقحم بواسطةُ متَدٌ خل ناري مطوق. وعامة فهو صخر رسوبي او متحول يحيط بالركاز او بجسم ناري إندفاعي غذى هذه الصخور. وتُظْهر الصخور المجاورة تطبقاً في بعض الأحيان أيضاً على الصخور المحيطة بعرق معدني، او فالق، او فالق إنزلاقي.

تطبق متقاطع – Cross bedding = Cross stratification

نظام التطبق في داخل الطبقة الكبيرة، ويكون نتيجة لتيارات مياه او رياح. وعلاقة التطبق مع الطبقة الكبيرة قدُ تكون

صدع مركب Compound fault

صدع مؤلّف من عدة صدوع ثانوية صغيرة، تأخذ نفس إتجاه الصدع الرئيسي.

خفي. محجوب. غير مرئي Concealed

يستخدم هذا المصطلح عندماُ تكون طبقة او طبقات محجوبة عن الباحث بسبب الغطاء الحطامي الصخري الذي يحجب رؤيتها، مثل: طبقة محجوبة او غير مرئية Concealed layer.

بِنيَة مخروط في مخروط. بِنية مخروطية متداخلة Cone – in – cone structure

بِنية صخرية درنية تظهر بشكل مخاريط متداخلة في بعضها البعض فتندر في كل من: صخر المارل ، والحجر الجيري ، والفحم، وتكثر في طبقات الكالسايت الليفية، وطبقات الجبس الليفي الموجود داخل بعض الرواسب، وتتميّز بتكون مخاريط متتابعة ومتداخلة الواحد في الآخر نتيجة لعملية التبلور الشعاعي حول مركز واحد. وربما تتشكل هذه البنيات كدرنات صخرية ولكن في معظم الحالات تظهر البنيات نتيجة الضغط الذي تتعرض له أجزاء الراسب.

توافق. تشابه Conformity

ظاهرة توافق تنطبق على العلاقة الموجودة بين الطبقات المتجاورة وغير مفصولة بتوقفِ رسوبي او توقف في الترسيب سواء أكان بين طبقات المجموعة الواحدةْ او بين مجموعتين او أكثر من الطبقات المتوافقة، ومن ثم ينتج عن الأصل في الترسب المستمر سلسلة من طبقات متتابعة متوازية مضطردة لا يفصل بين مجموعتين منها فاصل زمني يدل على إنقطاع مؤقت في الترسيب. وتسمى مثل هذه الطبقات متوافقة Conformable ويسمى التركيب البنائي الذي ينتج منها توافقاً Conformity.

تلامس. إتصال. حد Contact

سطح تماس ناشئ بين نوعين مختلفين من الصخور، مثل: السطح او الخط الذي يفصل بين حجر الطينَ و حجر الرمل او بين صخر الكونجلوميراتَ و حجر الرمل.

حطام. حتات = أنقاض صخرية Debris = Rock waste

أنقاض او مخلّفات صخرية مفككة، إما أن تكون باقية في أماكن نشأتها، او منقولة إلى أماكن أخرى بوساطة الأنهارْ او الجليد.

تشويه.ٌ تشوه.ٌ تحرف Deformation

في علم الأرض: هوكل تغير في حجم او شكل صخور قشرة الأرض او في كتل الصخور وما تحتويه من أحافير ناتج عن قوى الحركات الأرضية التي تسبب الطيات والصدوع والتمزقات والإنسياب اللَّدن.

تعرية Denudation

إزالةْ او إكتساح غطاء التربة او الصخر حتى ينكشف التكوين الصخري تحتهما بفعل العوامل الفيزيائية كالحرارة والماءَ و الهواء، مما ينجم عنه خفض سطح الأرض، بسبب نشاط مجمل عمليات التجوية والحت والنقل. وهوكذلك إزالة النباتات النامية على سطح الأرضْ او تدميرها. التعرية عملية شديدة البطء عادة ولكنها قد تحدث بسرعة في حالة الفيضانات الجامحة.

ترسيب. إرساب Deposition

عملية الترسيب او تراكم الطين والحصى والحتات المنقول من أماكن بعيدة بواسطة حركة الأنهار ُ او الرياح.

شقوق الجفاف. شقوق التجفيف Desiccation cracks

شقوق طينية تشكلت نتيجة تقلص الطين والطبقات الطينية المتعرضة للجفاف تحت تأثير حرارة الشمس.

رواسب حطامية Detrital deposits

رواسب تتكون منها الصخور الرسوبية الفتاتية، كأحجار الطين وأحجار الغرين وأحجار الرمل وصخور الحصى (الْمَدْملَكاتَ والرواهصْ او البريشات)، ... الخ.

صدع يميني Dextral fault

صدع تبدو فيه الكتلة التي على الجانب البعيد من الرائي كأنها أزيحت ناحية اليمين.

مائلة بزاوية، او ُ يكون التطبق متقاطعاً مع الطبقة الكبيرة او مخالفاً للإتجاه ولكل ذلك علاقة بإتجاه إنسياب تيار الماء او الهواء. ويميز التطبق المائل المتغير الإتجاه الصخور الرملية ذات المنشأ الريحي او البحري غير المتوافق مع التطبق العام للطبقات المجاورة.

ترقق متقاطع Cross – lamination

يتشكل عادًة في الصخور الرسوبية التي تحتوي على أجسام عدسية الشكل موازية للتطبق العام، وهي نفسها تُظْهر بِنية مترققة يقل سمكها عن 1 سم، وتكون الرقائق منحدرة نحو التطبق العام.

صخور متبلور Crystalline rocks

مفردها صخر متبلور وهو صخرٌ يتكون من معادن متبلورة.

كويستة. الحادر الهادر Cuesta

تَل غير متناظر الجوانب حيث ينحدر أحد جوانبه إنحداراً معتدلاً يتوافق مع ميل طبقاته، بينما ينحدر جانبه الآخر إنحداراً شديداً بشكل يشبه الجُرْف Cliff فيكون الجانب الشديد الإنحدار أكثر مقاومة للتجوية من الجانب المعتدل الإنحدار.

تراكيب القطع والملء = Cut and fill structures Scour and fill structure

بنيَة رسوبية تحدث نتيجة حت التيار للطبقة الطينية التي يمر عليها التيار، ومن ثم تمتلئ المناطق المتآكلة براسب خشن الحبيبات، ويختلف في التركيب عن الطبقة المعراة.

مستوى إسنادي. مستوىَ مْرجعي Datum level

في علم الطبقات: هو القاعدةْ او السطح المرتبط بأحافير صفّية يمكن مضاهاتها في قطاعات عبر مناطق شاسعة. أما في علم المساحة: فهو المستخدمَ كمْرِجع اوكإسناد تؤخذ منه الإرتفاعات.

طبقة مائلة Dipping bed = Dipping strata

أيّ أن هذه الطبقات تشكل زاوية تَقل عن 90 درجة مع خط الأفق.

صدعُ مُنزلِق المْيل Dip – slip fault

صدع تكون الحركة عليه موازية لِمْيل الصدع.

منحدر المْيل Dip slope

إنحدار سطح الأرض بإتجاهَ مْيل الطبقات تحته.

متخالف Discordant = Disconformable

سطح عدم توافق بين صخور نارية وطبقات صخرية أخرى، ويكون هذا السطح غير مواز للأجسام الصخرية المستوية.

تخالف. عدم التوافق. عدم التوافق المتقطع Disconformity

أحد أنواع أسطح عدم التوافق، وهي مساحة تفصل بين طبقتين متوازيتين من الصخور الطباقية الرسوبية. أيّ أن الطبقات الموجودة تحت هذا السطح تميل بزاوية مختلفة عن الطبقات المتواجدة فوقه. وهي تنشأ عن تحات طبقة غطيّت فيما بعد بطبقة صخر أخرى، حيث يمثل التخالف زمناً مضى بين ترسيب طبقتين من الصخور.

غير متوافق. متعارض Discordant

جسم صخري ناري قاطع للطبقات غير متوافق مع سيرها. وهو مصطلح يستعمل لوصف الجسم الناري الجوفي بحيث يتماس مع الطبقات الصخرية المحيطة بها ولكنه بصورة غير متوازية.

طية لا تناسقية. طية غيرُ متَّسَقة Disharmonic fold

طية ذات إختلاف واضح في الشكلْ او الهيئة المقطعية الجانبية في الطبقات المختلفة المارة خلالها.

طية مفرقة. طية فاصلية. طية طباقية Disjunctive fold

طية تكون فيها الطبقات الأكثر تقصفاً قدّ تكسرت وأنفصلتْ او تفككت، بينما الطبقات الأكثر لدونة قد إنسابت تحت تأثير قوى التشوه.

طيه يمينية Dextral fold

طيه غير متماثلة يبدو فيها الطرف الطويل (S) مثل: الطرف القصير (Z) أُزيح بشكل ظاهري إلى ناحية اليمين وذلك عندما يفحصها الرائي على طول الطرف الطويل.

نشأةَ ما بعدية. عمليات تحويرية Diagenesis

عملية رسوبية فيزيائيةَ وكيميائية تتعرض لها الصخور الرسوبية وقت تراكمهاْ او بعد تكوينها ولكن قبلّ تجمدها صخراً مما ينجم عنها تغيرات فيزيائية وكيميائية في هذه الرواسب متمثلة في إرتصاص عناصرها وتلاحمها وتغيرها إلى صخر مختلف في التركيب المعدني او يفي النظام البلور ، ويكون أكثر تماسكاً. ويدخل ضمن عملية النشأة الَماَ بْعديّةْ او المتأخرة حدوث عملية الإحكام التي تنشأ عن ثقل طبقات الرواسب، وعملية السمنتة وأيضاً عملية إعادة التبلور وكذلك إستبدال المعادن بالإحلال بمعادن أخرى، مثل: إحلال عنصر المغنسيوم محل عنصر الكالسيوم مما ينتج عنه تكوين صخر الدلومايت مكان صخر الكالسايت.

تطبق منحرف. تطبق مائل Diagonal bedding

مرادف لتطبق مائلْ Inclined bedding او تطبق يميل على سطح الترسيب الرئيسي. تطبق متقاطع متميز.

صدعُ مُنحرف Diagonal fault = Oblique fault

صدع يمتد في كل إتجاه بين إمتداد الطبقة وإتجاهَ مْيلها.

فواصل منحرفة Diagonal joints

شقوق يقع متّجهها او ًمضربها بين متجه الْمْيل وَ ًمْيل الطبقات التي توجد فيها.

تطبق محجوب Dikaka bedding

تطبق صخري غير مرئي بسبب تكسيه بالغطاء النباتي.

فواصل الميل Dip – joints

مجموعة فواصل في طبقات رسوبية مائلة متخذة وضعاً موازياً ْ لميل الطبقات.

رواسب فتاتية نهرية Elluvium

رواسب فتاتية ـَـّ تكونت بفعل الماء ـَو ـَنقلَتها المياه أيضاً. وهي مغايرة للرواسب الفتاتية الريحية Eluvium التي تتطلب فعل الهواء في نقلها ـَو إزاحتها.

نسقُ سلَّمي. نسق درجي En echelon

يقصد بهَ مَعالم جيولوجية تكون في وضع متراكب او ذات ترتيب ـَدَرجي مثل: الصدوع.

صدوعَ و طيات ذات نسقُ سلَّمي ,En – echelon faults & folds

مجموعة من الصدوع او الطيات الصغيرة التي لا تمتد إلى مسافات طويلة ويجاوز بعضها أطراف بعض، مشكلة ترتيباً دَرجيّاً.

رواسب ريحية Eolian deposits

رواسب ترسبت بواسطة الرياح في مناطق ريحية، مثل: الكثبان الرملية.

قصير (الأجل) مؤقت – موسمي Ephemeral

يقصد به تصريف الانهار الفصلي او الموسمي.

جرف. هاوية. منحدر = Escarp = Escarpment

حافة صخرية شديدة الإنحدار.

رواسب مصب النهر Estuarine deposits

رواسب يرسبها النهر عند منطقة مصبه ومن ثم تشكل صخوراً رسوبية حيث تكون بيئية الترسيب خليطاً بين ماء البحر وماء النهر. فهي رواسب إستقرت في ماء ضحل لمصب خليجي او نهري، تتميز برواسب دقيقة الحبيبات (غرين وطين بشكل أساسي) من أصل بحري ونهري مختلطة مع نسبة عالية من المواد العضوية المتحللة ومن أصل أرضي، وهي حبيبات أكثر نعومة وذاتّ تكون معدنيّ موحد مقارنة بالراسب الدلتاوي الأكثر خشونة ومتنوع الحبيبات المعدنية.

إزاحة. إنزياح Displacement = Dislocation

مقدار الحركة النسبية التي تتعرض لها الطبقات علىِ جانبي الفالق او الصدع.

رمية سفلى . خسفة Downthrow

قسم هابط من طبقة او من طبقات علىِ جانبي الصدع او الفالق او الرمية الصدعية الحادة النزول Downthrown.أيضاً يعني المصطلح: رمية جانب الصدع، وأيضاً يشير المصطلح إلى مقدار الإزاحة الرأسية للصدع في الإتجاه إلى أسفل.

كثيب. تل من الرمال Dune

رابية او مرتفع او تل اوَ حْيد من الرملّ كونته الريح، ويوجد عادة في الصحاري او على شواطئ البحار او البحيرات. وعادة ما يكون الكثيب بمثابة تلّة منخفضة او شرفة لجسم رملي مجروف. والكثبان عبارة عن مرتفعات رملية تشكلت نتيجة فعل الرياح السائدة في المنطقة المحيطة بهذه التلال الرملية.

قاطع صخري ناري Dyke = dike

كتلة صخرية نارية رأسية الوضع. او هو الصخر الناري المتدخل لوحي الشكلُ ويكون قاطعاً للصخور التي يخترقها وغالباً ما يكون رأسياً او عمودي الوضع.

صدوعِ درجَّية. فوالقِ درجَّية Echelon faults

مجموعة صدوع مصفوفة في صفوف متوازية ومنتظمة بنسقُ سلَّمي او درجي.

طياتّ درجية. طيات مدرَجة Echelon folds

مجموعة من طيات مصفوفة في صفوف متوازية ومرتبّة بشكل درجات السلّم.

إرتفاعُ. علُوُ. مُرتفع Elevation

يستخدم هذا المصطلح عند تحديد او معرفة إرتفاع موقع تضاريسي معين من اليابسةْ او عن مستوى سطح البحر، مثل: علو قمة جبل من مستوى سطح البحر.

حيث تشكل من حطام وفتات الصخور الموجودة في أعالي الجبال، وجلبتها المياه او نقلتها الجاذبية إلى أماكن تجمعها عند أسفل الجبل ِ مكونة جسماً مروحياً.

صْدع. تصدع . فالق Fault

كسر اوُ شرْخ او إنفصال في التكوين الصخريّ تحرك فيه أحد جانبيه بالنسبة إلى الجانب الآخر حركة أفقية او رأسية.

نحاتة صدع. طين الصدع Fault gouge

طين صخرة وسحيق يوجد في مستوى الفالقُ متغير جزئياً إلى مواد طينية بواسطة التجوية. فهي إما طينية او شبيهة بالطين، هشة، مسحوقة وغير ملتحمة، عامة فهي خليط من معادن بهيئة دقيقة التجزئة. توجد على إمتداد بعض الصدوع او بين جدران الصدع وتملأ او تملأ جزئياً النطاقَ الصْدعي، طين زلق يكسو سطح الصدع او يلحم او يُسْمنِت الراهصةَ الصدعيه. وقدَ تكون طين الصدع بواسطة سحق وطحن المادة الصخرية أثناءّ تطور الصدع وأيضاً بواسطة الإنحلال او التحلّل اللاحق وُ التغير الذي حدث بسبب المحاليل الدائرة او المنتشرة تحت الأرض.

جرف صدع. منحدر صدع Fault scarps

منحدر شديد الإنحدار اوُ جْرفّ تكون مباشرة بواسطة الحركة على إمتداد صدع ويمثل سطحاً مكشوفاً لصدع قبل التعديل بواسطة التحات والتجوية.

فواصل ريشية Feather joints

مجموعات من الفواصل الصغيرة تتشعب على جانب صدع كبير في هيئة الريشة.

إنشقاقية. تفسخية Fissility

خاصية تتميز بها الأطيان الصفائحية Shalesعن حجر الوحل العادي Mudstone او أحجار الطين Claystones فتتفلق او تنفلق بسهولة على مستويات متوازيةَ و مندمجة، مثل: مستويات التَطبّق في الأطيان الصفائحية او مستويات الانفصام في صخور الشيست.

رواسبُ تبخرية Evaporite deposits

مثل: رواسب كل من الجبس والانهيدرايت والملح كذلك الرواسب الجيرية التي تتكون بداخل المغارات والكهوف المشكلة للصواعدَ والنوازل وكذلك الرواسب الجيرية التي تتكون عند مخارج الينابيع العذبة، مثل:ُ الطوفةTufa و صخر الترافرتاين، ... . إلخ.

تفسخ. تقشر. إنقشار الصخر Exfoliation

تقشر أسطح الصخور على طول الفوالق او الفواصل الصفائحية نتيجة تأثير التجوية بسبب تعاقب الحرارة والبرودة والتمدد والإنكماش المصاحب لسطح الصخر.

رواسب دخيلة. رواسب خارجية النشأة Exogenetic deposits

رواسب تنقل موادها من أمكنة غير التيً تكونت فيها، ومن أمثلتها صخور اللّوسَ و الرواسب النهرية، ... إلخ.

مكشف . ُمْنكشف صخري. مساحة صخرية مكشوفة Exposure = Outcrop

وضع يكون فيه الصخر، او الطبقة اوً المتكون مرئياً للدراسة، ففي هذه الحالة يطلق عليه منكشف الصخور، او الطبقات، او المتكونات، وهذا المصطلح مرادف في الإستخدام لكلمةُ مْنكشف صخري Outcrop وتعني الصخور التي تعلو سطح الأرض، ويمكن فحصها ودراستها.

تحليل سحنِّي Facies analysis

دراسةُ المتغيراتً السحنِية من حيث الخواص الصخرية والأحفوريةَ والبِنيات الرسوبية، ... الخ، . لمتكون ما.

إنهيار. تصدع Failure

تمزق اوَ تكسر الصخر او مادة أخرى أُجِهدَت بشكلَ تَخَطّى قوةُ تحملهاُ القصِوية.

راسب مروحي Fan deposit

جسم راسب ترسب عند أسفل الجبل. ويأخذ الشكل الهرمي او المخروطي، ّ ويتكون من خليط الحصاء والرمل والغرين والطين، وحبيباته مزواة، وتصنيفه رديء

صخور متورقة Foliated rocks

صخور متحولة، مثل: صخور الشست والنايس والإردواز.

تكوين Formation

وحدة طبقية صخرية رئيسة، مؤلّفة من مجموعة من الطبقات ذات صفات صخرية معينة، وتتكون كلها من نوع واحد من الرواسب والمعادن، يسهل تمييزها في الحقل، وتفيد في رسم الخرائط الجيولوجية.

أحفورة. متحجر. مستحاثة Fossil

الكائنات الحية التي إستحالت إلى صخور اوَ تَرَكت آثارها فيها. وتمثلها بقايا الحيوان او النبات او آثارهما التي يعثر عليها مستحجرة ومحفوظة طبيعياً في قشرة الأرض من قبل أنّ يدون التاريخ. يستعين الجيولوجيون بالأحافير في تقدير عمر التكوين الصخري الذي يحويها.

كسرة. شظِية. فتيتَة Fragment

شُقَفة او قِطْعة صخرية منفصلة عن الصخر الأصلي، وتكون حادة الزوايا او الأطْراف، وتنشأ من تهشمَ وٌ تكسر الصخور بسبب عوامل الهدم الطبيعية. وعامة فهي جسْيم صخري او معدني أكبر من الحبيبة.

سهل التفتت. مفكك Friable = Uncemented

صفة راسبٌ يتهشم او يتفتّت بسهولة وذلك لإفتقاره للمادة اللاَّحمة.

طبقةُ مَتدرجة Graded bed

طبقة رسوبية، عادة نحيلة، تُظْهر تطبقاً متَدرجاً، وهي ذات حد تماس مفاجيء مع المادة الناعمة للطبقة السفلية ولكن حد تماسى تدريجي او غير واضح بالقرب من القمة او السطح العلوى، مثل: رمل او غرين خشنُ متَدرج إلى أعلى نحو مادة طينية صفائحية.

تطبق شرائطي. تطبق متتابع هلالي الشكل Flaser bedding

نوع من التَطبّق يظهر بشكل متعاقبَ و متقطع، ويتكون من تعاقب رمل نِيمي شائع وقطع ضئيلة من الوحل مشكلة طبيقات متقطّعة.

تطبق دفقي Flow layering

بِنية الصخر الناري، متميّز بواسطة تبادل الطبقات من حيث اللون، التركيب المعدني او ٍوالنسيج المتكون نتيجة لإنسياب الصهارة او الحِمم.

طَبع الأبواق. طابع الأبواق Flute cast

حواش صخرية حادة شبه مخروطية الشكل، تتشكل على أسطح قاع طبقة حجر الرمل او حجر الغرين الذي تظهر فيه إحدى النهايات مستديرة او منتفخة والأخرى واسعة الفوهة ومندمجة بشكل تدريجي مع تقلم قاع طبقة الرمل ويشار إليها أحياناً بعلامات الأبواقFlute marks.

رواسب نهرية. رواسب الأنهار Fluvial deposits

راسب او رواسب مؤلّفة من مادة منقولة بواسطة التعلق في نهر او ترسبت به.

سحن. سحنات الفِلِش Flysch facies

سحنات رملية لبيئات بحرية عميقة.

طية. ثَنية. قبوة Fold

بِنية مطوية في طبقات الصخور حدثت نتيجة الضغط الناجم عن الحركات الأرضية، وقد تكون الطية محدبة او مقعرة فقط.

محور الطية Fold axis

خط وهمي ينتج من تقاطع مستوى الطية Fold plane مع الطيةَ والذي يلتقي عنده جناحا الطية ٍِّ وينصف الطية على جانبين يميلان في اتجاهين متعاكسين او متقابلين.

جناح الطية. جانب الطية Fold limb

جانب او جناح الطية اوً الثنية الذي تنتهي به، وللطية جناحان.

طين حصوي. وحل حصوي Gravelly mud

راسب غير متماسكٍ محتو على 5 – 30% حصى، وبه نسبة رمل إلى وحل (غرين + طين) أقل من 1:1.

رمل حصوي Gravelly sand

راسب غير متماسكٍ محتو على 5– 30% حصى وبه نسبة رمل إلى وحل (غرين+ طين) أكبر من 1:9 وهو أيضاً راسب غير متماسكٍ محتو على جسيمات أكثر ذات حجم رملي من حجم الحصى، وبه أكثر منَ 10% حصاء وأقل من 10% من جميع الأحجام الأخرى الأدق (او الأنعم).

جريواك = جريواق Greywacke = Graywacke

أحد أنواع أحجار الرمل.

أخدودٌ. حزٌ. ثلْم Groove

بِنيَة تآكليةْ او تحاتية رسوبية تتوافر على سطح طبقة طينية تسبب في تكوينها قِطَع عضوية او غير عضوية يحملها التيار الخطى او الهادئ بالقرب او بشكل ملامس لسطح الطبقة الطينية القاعية فيؤدي ذلك إلى تَثلُّم سطح الطبقة بخطوط مستقيمة ومنتظمة الإتجاه، لأنها تكون موازية لإتجاه مجرى التيار. أيضا هو أخدود صحراوي تضاريس أرضيةٌ تكونت بفعل الْبري اوْ الإحتِكاك او التفريغ.

جدار معلّق. حائط معلّق (للصدعْ او للفالق) Hanging wall

الجدار المعلق العلوي عبارة عن كتلة من الصخور التي توجد على الناحية العليا من سطح الصدع او فوق مستوى الصدع.

طية تناسقية. طية توافقية Harmonic fold

طية شكلها او هيئتها ثابتة او غيرٌ متغيرة عبر مكوناتها الطبقية.

إنزياح (صدعي). فسحة. زحف. تحرك Heave

المسافة الافقية التي يتحركها او يتزحزحها الصخر إذا ما تصدع.

طبقُ مَتدرج. طباقيةُ مَتدرجة Graded bedding

يتكون عندما تنخفض سرعة جريان الماء فتترسب المواد الخشنة اولاً في قاع المجرى ويليها بصورة متعاقبة وللأعلى ترسيب الرواسب الناعمة او الدقيقة مشكلاً بِنية رسوبية، تَظْهر فيها الطبقةٌ بتدرج في حجم الحبيبات الخشنة في أسفل الطبقة إلى الناعمة في أعلاها. وتستخدم هذه البِنية للإستدلال على وضع الطبقة في الوضع الطبيعي. فقد يكون التدُّرج معكوساً، وفي هذه الحالة يشير ذلك إلى ضرورة حدوث حركة أرضيةٌ أدت إلىَ قلب او إنقلاب الطبقة والمتكون الحاوي لها بشكل عام.

تدرج حجمي Grading

يقصد بهَ مدى خلط رتب أحجام الحبيبات في المادة الرسوبية، فمثلاً التدرج الجيد Well graded يعني أن تواجد الحبيبات الخشنة إلى الناعم منتظم التوزيع. بينما يوحي التدرج الرديء او السيىء Poor graded بفقدان الإنتظام في الحجمِ الحبيبي ، وتوجد هناك إستمرارية في التوزيع الحجمي.

صخر حبيبِي. صخر محبب. صخر خشن Grained rock

صخر تكثر فيه الحبيبات وتقل او تنعدم فيه المواد الناعمة.

مَدعْمٌ حبيبيا" Grain – supported

مصطلح يستخدم عند الإشارة إلى صخر رسوبي كربوناتي به قليل او لا شيء من راسب الأرضية الطيني، لكن جسيمات بحجم الرمل تكون وافرة او شائعة لدرجةٌ تماسها في الأبعاد الثلاثة وقادرة لدعمَ ومساندة بعضها البعض.

حبيبةٌ. حصية. كِسرة فتاتية Granule

جسمِ حبيبي صغير او كِسرة صخرية مستديرة، حجمها أكبر من حبيبات الرمل الخشن ولكن أصغر من الحصى الصغير، ويتراوح قطرها من 2 إلى 4ملم او – 1إلى – 2وحدة فآي.

فتات مكاني النشأة. فتات حوضي المنشأ Intraclasts

فتات جيري نشأ من داخل حوض الترسيب وغير مجلوب من الخارج.

مِيكرايت حوضي النشأة Intramicrite

جر جيريٌ يتكون من كِسر صخرية، مثل: الكربونات،... إلخ. محاطة براسب أرضي من الجير دقيق التبلور.

سباريت حوضي النشأة Intrasparite

حجر جيري يتكون من كِسر صخرية، مثل: الكوارتز،... إلخ. محاطة بلاحم من الكالسايت المتبلور النقي اللامع.

تدخل. إقحام. إندساس Intrusion

جسم ذائب من الصخور النارية او الصهارة يخترق صخوراً أخرى أقدم منها يتصلب تحت السطح، او إقحام صخر ذائب فى طبقات صخر آخر.

فاصل joint

فلْق اوُ كسر يحدث في مستوى من المستويات الضعيفة في كتلة صخرية وليس مصحوباً بحركة نسبية ملحوظة على أيٍ من جانبيه، وعامة تقطع الأسطح الاولية، مثل: التطبق والتفلقَ و التصفح الصخري.

طية مشوهة. طية انحنائية Kink fold

طية او ثنية ذات أجنحة او جوانب مستوية ومفصل حاد التزوي.

بُحْيرِي Lacustrine

صفة ما يُنسب إلى البحيرة من رواسب، ... الخ. مثل: "رمال بحيرية" ترسبت على قاع او أرضية البحيرة، او "شرفة او مصطبة بحيرية" تكونت على إمتداد حافة

ظَهر الصدع Horst

هضبة إندفاعية بين إنكسارين او صدعين متوازيين، إذا فهو منطقة او كتلة من قشرة الأرض مرتفعة، ويحدها صدعان جانبيان متوازيان تقريباً.

صخرُ مضيف Host rock

صخرٍ حاوٍ للرَكازات المعدنية، وعامة فهو جسم صخري يخدم كَمِضيف لصخور او رواسب معدنية.

طْف بركاني ملتحم. إجنِمبرايت Ignimbrite

صخرة نارية تتكون من الرماد والبريشة البركانية.

خفي. مندمج. مدفون Imbedded = Embedded

جسم صخري موجود في داخل طبقة صخرية أخرى تختلف عنه في التركيب المعدني.

طي متراكب Imbricated folding

طيات متراكبة بعضها فوق بعض.

إنطباع. طابع. أثر Impression

شكل متروك أثره على سطح راسب طري مثل: الطين والرمل بوساطة مواد كانت ملتصقة به ويظهر عادة كظلْ او علامة مقعرة فوق سطح الطبقة، ويكون كطابع جسم ما على سطح قاعدة الطبقة العليا المغطاة للطبقة السفلى التي تحمل هذا الأثر.

ميل. ميلان. إنحدار Inclination

يستخدم في الجيولوجيا للإشارة إلى ميل الطبقة ، او الصدعْ او العرق، او جسم صخري آخر متطاول. ويقاس الميل من المستوى الأفقي. ويشكل الميل زاوية قائمة مع إتجاه وضع الطبقة وزاوية أقل من 90 درجة مع الأفق.

بين طبقي Interbedded

طبقات واقعةَ بيْن او متبادلة مع طبقات أخرى ذات خاصية او ميزة مختلفة، وبخاصة تلك المادة الصخرية المستقرة في تتابع صخريَ بين طبقات أخرى مختلفة.

قاع Sole mark او توازٍ خطي في النسيج او الطراز نتج من إصطفافُ محَبّذ للمحاور الطويلة في الفتاتات والأحافير أثناء وقت او فترة الترسيب. ما في الجيولوجيا البنائية او التركيبية: هو بِنيةَ خطِّيّة في صخر مثل: خطوط الإنسياب، المصقلَ Slickenside ترتيبات خطية للمكونات في راسب، او محاور الطيات. ويشمل التخطط في الصخور تجعدات او تموجات، وطيات دقيقة موازية لمحاور الطيات، وخطوط تقاطع بين التطبق والانفصام، او إنفصامات موجهة بشكل متنوع. وعامة فإن المصطلح يقصد به نسيج تحولي حيثُ تحدد فيه المعادن والتراكيب او الْبِنيَات فيه مجموعة من الخطوط المتوازية.

سحنة صخرية. سحنة حجرية Lithofacies

مجموعة صخرية تتميز بصفات تحدد الوسطِ الرسوبي، وتستوجب دراسةٌ السحن الصخرية تحديد أحجام وأشكال الحبيبات، لون السحنة، إسم الصخر، سمك السحنة الحاملة لهذا الصخر، التوزيع السحِني، تحديد نوعية الْبِنيَات الرسوبية وإتجاه التيار المكون لها، وأيضاً تمييز الأحافير (إذا وجدت) وتعريفها.

عمل رسم الخرائط. وضع الخرائط Mapping

تجهيز وَ إعداد خارطة لمنطقة ما، وبخاصة القيام بالعمل الحقلي اللازم لإنتاج الخارطة.

كتلي. مصمت Massive

كتلة صخرية صلدة موحدة الخواص ومتجانسة ومتحررة من الشروخ او الكسور والتطبق والتورق والإنقطاعات المستوية الأخرى، او عديمة البِنية الرسوبية بشكل عام.

راسب الأرضية. الأرضية. مادة لاحمة Matrix

يقصد به صخر تكون فيه بعض الحبيبات أكبر بكثير من غيرها، فالحبيبات او الجسيمات او المعادن صغيرة الحجم تشكل أرضية الصخر او الوسط الصخري او راسب الأرضية التي تحوي الحبيبات الأكبر حجما.

البحيرة. كذلك "أحافير بحيرية" نمت او إستوطنت في بحيرة.

بحيرة شاطئية ضحلة (لُجون – لاغون) Lagoon

جزء من البحر معزول بحاجز رملي، تزداد ملوحته نتيجة تبخر ماء البحر. وهو ليس مستنقعاً وإنما هي بحيرةٌ او بحرة ضحلة تتصل بين الفينة والأخرى بالبحر.

رقيقة. شريحة. طبقة رقيقة. صفيحة Lamella

يستخدم المصطلح للإشارة إلى رقائق من رواسب الطين او أي راسب آخر دقيق الحبيبات يظهر في صورة صفائح رسوبية رقيقة، مثل رقائق الطين الصفحي.صيغة الجمع: رقائق او صفائح او شرائح Lamellae.

طبقة رقيقة. (رقائق. ترققات. صفائح) Lamina

طبقة رقيقةٌ او طبيقة صخرية رقيقةٌ السمك، يصلُ سمْكها عدة مليمترات، ولا يزيد عن واحد سنتيمتر.

طبقة Layer = Bed = Stratum

يقاسُ سمْك الطبقة بالسنتيمترات وهي أكبر من الرقيقة Lamina، وقد تتعاقب عدة طبيقات ولكن كل طبقة تكون متجانسة في خصائصها الطبيعية والتركيبية، فمثلاً: نجد طبقة رمل متبادلة تعاقبياً مع طبقة طين صفحيْ او مع طبقة حصويةْ او جيرية، ... لخ.

صدع يساري جانبِي Left – lateral fault

صدع إنزلاق مضربي حدثت فيه الحركة بحيث أن المشاهد القادم نحو الصدع فوق مستوى دليل معين (كطبقةْ او قاطعْ او عرق) لابد أن ينحرف إلى اليسار ليقابل الجزء الآخر من المستوى الدليلي المزاح من مكانه.

طبقة عدسية الشكل Lenticular bed

طبقة مزدوجة التحدب، حيث ثخانتها او سماكتها او سمْكها في الوسط أكبر من ثخانة أطرافها.

تخطط. تخططات Lineation

في علم الرسوبيات: أي بِنيةَ خطِّيّة، ذات طبيعة جهرية او مجهرية، على او بداخل صخرِ رسوبي، وبخاصة مختصة بمستوى التطبق، مثل: علامة نيم Ripple mark، علامة

شق في طبقات الصخور إنزلجْ او إنزلق فيه الجِدار المعلق Hanging wall إلى اسفل بالنسبة إلى الجدار السفلي او الأسفل Footwall ويسمى أيضاً صدع الجاذبية.

صدع منحرف Oblique fault

صدع مضربه او إتجاهه Strike مائل علىَ مضرب او إتجاه الطبقات، بدلاً من كونه موازياً او متعامداً عليه، وحيث تحرك الجدار المعلق مباشرة أسفلَ مْيل الصدع.

حجر سرئي. سرأة. سرئية = حجر بيضي = Oolith Ooid

جسيم كروي تقريباً من الصخر يتكون بتنامي المادة حول نواةً اولية. وعامة هو أحد الأجسام التراكمية المستديرة او بيضاوية الشكل وصغيرة الحجم، المتوافرة في صخر رسوبي وهي تشبه بيضً السمك، وتتراوح أقطارها فيما بين 0.25 إلى 2مليمتر، (وعادة فيما بين 0.5 إلى 1 مليمتر). ويتكون من كربونات الكالسيوم وربماً تكون من الدلومايت، او السليكا او معادن أخرى، وتظهر بطبقات مركزية متتابعة، عادة حول نواة ما، مثل:كْسرة صدفة او عقيدة طحلبية، او حبة – رمل كوارتز. وأماكن تكوينها مياه ضحلة او ذات خضخضة مَوْجية.

ردغة. رزغة. رزغ Ooze

رواسب طمية رقيقة تحتوي على هياكل المتعضيات. وهي رواسب جيرية دقيقة الحبيبات تحتوي على 30% من مواد عضوية وتَظْهر او توجد هذه الرواسب في بيئات بحرية عميقة جداً تعرف باللُّجية Pelagic وقد تكون كِلسية او سليسية او سليكونية، وبقية المواد معادن طينية.

طية مفتوحة Open fold

طية يبتعد طرفاها بزاوية منفرجة او كبيرة، تتراوح بين 70 و 120 درجة.

عضو. جُزء. طرف Member

وحدة طباق عضو صخرية تحوي جزءاً او قِسما من التكوين او المتكون الصخري يتميز بصفات صخرية محددة وله توزيع جغرافي واسع، وهي أعلى رتبه في الطبقة.

قالب. قالب داخلي Mould = Mold

هو الأثر المتروك في صخر نتيجة إحتوائه على صدفة او قوقعة او بِنيَة عضوية أخرى.

ميلونايت . صخر هشيم Mylonite

صخر دقيق التبريش إنسيابي النسيج. وعامة فهو صخر هشيم متحول حركيا، ناعم ودقيق الحبيباتَ و صوَّاني، يوجد في نُطُق الفوالق او الصدوع الإعتيادية والإنزلاقية نتيجة للحركة النسبية للصخور السابقة التي انتابها التصدع من حركات الطي. وعادة يكون متخططاً بموازاة مستوى التكسر ويحتوي على بلورات كبيرة تحوليةْ او بورفيروبلاست Porphyroblasts أثرية من الصخور المجاورة.

عَقْيدة اوُ عجْيرة Nodule

كتلة صغيرة وجسم صغير شبه مستدير ويكون عادة أقسى من الراسب او الصخر الْملِم به.وقد تتكون العُقْيدة من معدن الأنهيدرايت او المنجنيز اوً السيدرايت او الفوسفات او من الصوان (سليكا).

تباين التطبق. اللا توافق = Non – conformity Nonconformity

نوع من عدم التوافقُ يمَثلُه سطح طبقي، يكون عادة غير منتظم يقع بين طبقة رسوبية حديثة وبين كتلة أقدم منها من الصخور النارية او المتحولة.

صدع عادي. صدع رأسي Normal fault

حجر جير دقيق التبلور به عقد طينية جيرية صغيرة.

حجر كالسايت متبلور به كريات جيرية = Pelsparite Grainstone

عبارة عن حجر جير يتكون من الكالسايت المتبلور اللامع النقيْ او لاصفي، وبه عقد طينية جيرية صغيرة.

صلصال. حجر طيني = صخور طينية = Pelite Pelyte = Lutite= Pelitic rocks = Mudstone

صخور طينية حطامية متماسكةّ مكونة من فتات الطين والرمل الناعم والمساحيق الصخرية الأخرى دقيقة الحبيبات، حيث تبلغ حجوم حبيباتها أقل من 1/16 ملم. ويشار إليها أحياناً بصخور الطين المتحولة.

تصخر. تحجر. إستحجار. تحجير = Petrifaction Petrification

عملية تتحول بواسطتها او بها بقايا النبات والحيوان إلى حجر او مادة تشبه الحجر وذلك بواسطة المحاليل المعدنية التي تحفظها هذه البقايا على صورة أحافير. وهذا التغير ماهو إلا تفاعل كيميائي، حيث أن السليكا وكربونات الكالسيوم مادتان شائعتان تدخلان في عملية الإستحجار.

بلورة بارزة. بلورة واضحة. بلورة كبيرة الحجم

Phenocryst = Phanerocryst

بلورة كبيرة ترى بالعين المجردة تامة الشكل، يمكن تمييزها لكبر حجمها وتوسطها فيَ فرْشة من راسب أرضية دقيق الحبيبات، تتميز به الصخور النارية ذات النسيجُ السَّماقي او البورفيري Porphyritic

غطس Plunge

يقصد به الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وخط إمتداد جسم ما او المضرب. ميل محور الطية او أي بِنية أخرى، مقاسه في المستوى الراسي. ويستخدم المصطلح بشكل أساسي في هندسة الطيات.

فتاتة كبيرة متحولة. بورفيروكلاست Porphyroclast

جزيئة معدنية متكسرة كبيرة في أرضية ناعمة الحبيبات لصخرة متحولة ديناميكية.

عينةُ مَوَّجَهة . عينةّ مبينة الإتجاهات Oriented specimen

عينة معلومة الإتجاهات وهي عينة صخرية تؤخذ من الجبل وتوضع عليها الإتجاهات التي كانت عليها في الطبيعة في داخل الصخر بحيث تسهل دراستها والرجوع إلى الإتجاهات الطبيعية التي كانت عليها.

طية معكوسة. طية متكئة. طية مقلوبة = Overfold Overturned fold

طية جاوز محورها الوضع الرأسى بحيث ينعكس فيها وضع الطبقات الأصلى في أحد طرفيها بسبب إلتفافه على زاوية أكبر من 90 درجة.

طيات متراكبة Overlapping folds

طيات متراكبة فوق بعضها البعض.

خطْوة. طولُ الخطْوة. قَاس بالخطوة Pace

طريقة قياس المسافة بالخُطْوة، حيث تعتمد هذه الطريقة على ضبط الخُطْوة، ومعرفة طول الخُطْوة من سعة سير الشخص نفسه، ولكل فرد مقياس محدد لطولُ خطْوتِه، وطبيعة سعة سيره. وتستخدم هذه الطريقة في جيولوجيا الحقل لمعرفةُ سمْك الطبقات عبر المنكشف او في معرفة إرتفاع جبل ما.

حَمْم باهوي هوي Pahoehoe lava

حمَم بركانية حبلية او جدايلية الشكل ذات سطح ًسلِس او متعرج من الطفح البركاني المائع الغني بالمعادن الْفُرومغنِسيُومية.

رمل حصوي Pebbly sand

راسب غير متماسك مكون مما لا يقل عن 75% رمل وعدد مبعثر من الحصيات لا يزيد عن 25% من التجمع الإجمالي.

حجر جيري عقدي Pelmicrite

تقلص. انكماش Shrinkage

إشارة إلى خاصية نقصان الحجم لمادة صخرية (مثل: تربة طينيةْ او راسب) ... الخ، بسبب تناقص الحجم الفجوي، نتيجة الجفاف او إرتفاع درجات في الحرارة، او إستبعاد الماء من الراسب.

جَّدة موازية. سد(ناري) أفقي Sill

إندساس صخري ناري باطني متفق مع او مواز او موافق لإمتداد الطبقات المحيطة به، مشكلاً حاجزاً أفقياً ينتشر بين طبقات الصخور الضعيفة، ويظهر على شكل جسم مسطح رقيق نسبياً مكون من صخر سائل صهارة أُقْحم بين طبقات من الصخور الرسوبية.

سطح صخري أملس. أسطح مصقولة Slickenside

يقصد به أسطح صخور، او جوانب الصخور التيُ صِقلت من أثر حركة الصدوعَ وزْحف الطبقات بعضها فوق بعض، وتتوافر على جوانب الصدوع، وتظهر فيها إستطالة المعادن المسحوقة نتيجة الحركة التكتونية.

ممتد. متطاول. ممتط. ممطوط Stretched

يقصد به بِنية او نسيجً تكون بواسطةٌ التحول الديناميكي وأصبحت فيه المكونات المعدنية ممتدةَ و مكسورة بشكل عام في نفس الإتجاه.

حز. خدش. تخديش Striation = Striae

علامات خطِّية او ذات حزوز او خدوش متوازية بشكل عام وقد تشكلت على سطح الطبقة نتيجة زحف الجليد الذي يحمل بعض ِ الكسر الصخرية المزواة فتنحت هذهِ الكسر سطح الطبقة التي يزحف عليها الجليد، فيظهر سطح الطبقة مخطَّطا.

إتجاه. إمتداد. مضرب. متَّجه Strike

إمتداد او متَّجه الطبقة Strike of bed المتعامد مع خط الميل Dip وينطبق أيضاً على خط إتجاه الطبقة، او الشق، او الصدع، او مستوى التفسخ، او أي بِنية مستوية أخرى، حيث يكون دائماً متعامداً على خط او إتجاه الميل Direction of dip.

بعْد الترسيب. ماَ بعْد الترسيب – Post depositional

يقصد به الأحداث او التغييرات التي يتعرض لها الراسب بعد إتمام عملية الترسيب.

أحفورة كاذبة. . متحجرة زائفة Pseudo – fossil

أجسام صخرية او معدنية لها أِشكال غريبة وتحمل أحياناً علامات وتشققات توهم أنها ذات أصل عضوي. ومنها الدرنات الصخرية والعُقْيدات والعُجْيرات والشجيرات المعدنية وخطوط الذوبان وغيرها.

فتاتي بركاني. فتاتي ناري Pyroclastic

صفة رواسب ذات نشأة بركانية، وتمثلها جميع المواد او المقذوفات البركانية المتناثرةَ والمنبعثة من ثوران البراكين.

إستطلاع. إستكشاف. مسح جيولوجي سريع Reconnaissance

فحص عام وإستكشافي او مسح لجميع الْمَعالم او الظواهر الرئيسة او ظواهر محددة لإقليم ما.

طية مضطجعة. طية مستلقية Recumbent fold

طية مقلوبة An overturned fold يكون محورها السطحي أفقياً ْ او قريبا من ذلك.

صدع عكسي. صدع معكوس Reverse fault

صدع يميل بإتجاه الكتلة التي رفعت بشكل نسبي.

علامات النيم. نيم Ripple marks = Ripples

أحد أنواع البِنيات الرسوبية تظهر بهيئة درج مموج او تموجات على سطح الرمل نتيجة حركة الرياح او التيارات المائية. التيار المتذبذب ِ ّ يكون نيماً متماثلاً، والتيار ذو الإتجاه الواحدً يكون نيماً غير متماثلا.

إنجراف. حتَ. غْرف. نحر سفلي Scour

حت يحدث نتيجة حركة تيار الماء عبر سطحِ رسوبي.

تتابع. تسلسل Sequence

يستخدم للإشارة إلى تتابع الطبقات في متكون صخري.

من بُنى الحت، تتشكل على سطح الطبقة الطينية الطرية، ويظهر طابعها على قاع الطبقة الرملية المغطية للطبقة الطينية. وتكون غير منتظمة الشكل، والأداة هنا تشمل الحصى، والقطع الخشبية، والأصداف، وكِسر عظام الأسماك.

أحافير أثر. أحافير الأثر = Trace fossils Ichnofossils

أحافير تترك أثرها على الصخرِ الرسوبي. وعامة فهي بِنية رسوبية ّ مكونة من أثر أحفوري او ُجّرات أحفورية او مسالك أحفورية او أنابيب أحفورية او ثقوب أحفورية او أنفاق أحفورية، ناتجة جميعها من الأنشطة الحياتية (غير النمو) لحيوان ما.

إتجاه. إتجه. وْجهة Trend

إتجاه منكشف طبقة او جدة قاطعة او مطابقة او إمتدادها. ويطلق أيضاً على خط تقاطع مستوى الطبقة او الجُدةْ او الفاصل او الصدع، او ما شابه ذلك مع سطح الأرض.

تطبق متقاطع حوضي – Trough cross bedding= Trough cross stratification

أحد أنواع التطبق المتقاطع وهو الذي يشكل أحواضاً متقاطعة بين سطحين متوازيين.

راسبَ عكر Turbidite

رواسب ترسبها تيارات العكر، َو تحتوي رواسب العكر على أنواع متعددة من البِنيَات الرسوبية، مثل: التدرج الطبقي، وعلامات طوابع الثقل، والأبواق، والتخطط، والأداة، وأيضاً بِنيات اللهب Flame structures وتشكل الأحواض البحرية العميقة البيئة الرئيسة التي تتكون فيها رواسب العكر.

عدم توافق. عدم التطابق Unconformity

يقصد بالمصطلح سطح التعرية الناتج عن توقف الترسيب او بسبب الترسيب المتقطع أثناء فترة ُمَعيّنة من الزمن الجيولوجي، ولهذا يدل سطح عدم التوافق او عدم التطابق

نتوء صخري. عمود محزز. تضُرس صخري Stylolite

مصطلح ينطبق على أحجار جير معيَّنة، َو محتوية على تكوين ما ِ يشْبه الأعمدة، وتكون عمودية او مائلة على مستويات التطبق ومحتوية على حزوز وخطوط متعرجة وجوانب مقلّمة. وتتشكل هذه الزوائد نتيجة ذوبان أجزاء من الطبقة الجيرية. وتعتبر خطوط الذوبان(ستِيلُولايت) تَضرساً لأسطح الطبقات في الأحجار الجيرية بسبب الذوبان المتفاوت الناتج عن إحتواء الطبقات على شوائب غير قابلة للذوبان في المياه المتخللة بينها.

طية مقعر Syncline

طية تقعرية في صخر تميل فيها الطبقات داخلياً مبتعدة من كلا الجانبين في إتجاه المحور.

ركام صخري سطحي. ركام المنحدرات Talus = Scree

أكوام الصخور المتراكمة نهاية المنحدر الجبلي. وعامة هو تجمع او كومة قِطَع الصخر إنحدرت إلى أسفلُ جْرفْ او منحدر شديد الميل (سفح جبل)، وكذلك فتات الصخور على مثل هذا المنحدر.

ترسبات أرضية = رواسب برية Terrigenous deposits= Terrigenous sediments

رواسب تستمد من حطام الصخورً البرية، مثل: الطين والغرين والرمل، او الحصاء، وتترسب في قيعان مياه البحار الضحلة.

طية محكمة = طية مقفلة Tight fold = Closed fold

طية تبلغ فيها قوة التشوه َمَدى يؤدي إلى إنسياب الصخور الضعيفة حتىً أن طبقاتها تزداد ِغلظاً في بعض المواضع وترق في مواضع أخرى. وعامة فهى طية زاوية الجانبْ او الجناح الداخلي فيما بين ِصْفر درجة إلى 30 درجة.

علامات أداة Tool marks

أحد أنواع علامات القاع Sole marks او علامة تحتانية او علامات التيار وإحدى البِنيات الرسوبية ّ الاولية، وهي

أصبحت مخالفة للصخر الناري من حيث التركيب المعدني، وهو أيضا كل قطعة من صخر في داخل صخر آخر.

على الزمن الذي لم يسجل فيه ترسيب. ويفصل هذا السطح بين الصخور القديمة والحديثة. وتوجد أربعة أنواع من أسطح عدم التوافق وهي كالتالي: (1). سطح عدم التوافق الزاوي Angular unconformityوهو السطح الذي تمَيل الطبقات التي تقع في أسفله بزاوية تختلف عن الطبقات التي تقع أعلاه. (2). سطح التخالفDisconformity وهو السطح الذي يشير إلى عدم توافق بين مجموعتين من الطبقات المتحاذية بسبب تعرض سطح المجموعة ُ ّ السفلي للتعرية او التحات او إنقطاع في الترسيب. (3). سطح عدم التوافق المحليLocal unconformity وهو يشبه سطح التخالف ولكن يمكن التمييز بينهما لأ ّن سطح عدم التوافق المحلى حدث في فترة زمنية قصيرة ويحدث دائماً في الرواسب القارية نتيجة فيضانات الأنهار. (4). سطح التباين Nonconformityوهو سطح عدم التوافق الناتج من ترسيب الصخور الرسوبية المتطبقة فوق قاعدة من الصخور النارية او المتحولة.

غير متصلب. غير متماسك Unconsolidated

صفة رواسب مفككة، عديمة الإلتحام، وغير متماسكة الجسيمات ْ او مفككة.

طبقة تحتية. طبقة سفلية Underlying bed

طبقة صخرية موجودة تحت طبقة او طبقات أخرى.

علامات نيم موجية Wave ripple marks

علامات نيم تتميز بإنحدار متماثل، وقمم حادة وقواعد دائرية تنتج من الأمواج المتذبذبة.

صخر دخيل. صخْيرية دخيلة. صخر حبيس Xenolith

فِلَذة او قطعة من الصخر إنفصلتْ او إنسلخت من مكانها الأصلي وسقط في صهير بعض الصخور النارية ومن ثم

المؤلف في سطور

- الأسم: محمود فاضل الجميلي.
- الدرجة العلمية: دكتوراه.
- تاريخ ومكان التولد: العراق – بغداد – 1970/7/12.
- التخصص العام: جيولوجيا.
- التخصص الدقيق: جيولوجيا بيئية.
- بكالوريوس جيولوجي: كلية العلوم/ جامعة صلاح الدين/ 1992.
- ماجستير جيولوجيا هندسية: كلية العلوم/ جامعة بغداد/ 2002.
- دكتوراه جيولوجيا بيئية: كلية العلوم/ جامعة بغداد/ 2015.
- نشر له كتاب الجيولوجيا البيئية.
- نشر عدة أبحاث في مجال الجيولوجيا الصناعية، الجيولوجيا الهندسية والجيولوجيا البيئية.
- يعمل ضمن الهيئة التدريسية في قسم علوم الأرض التطبيقية – جامعة تكريت منذ 2007.

View publication stats