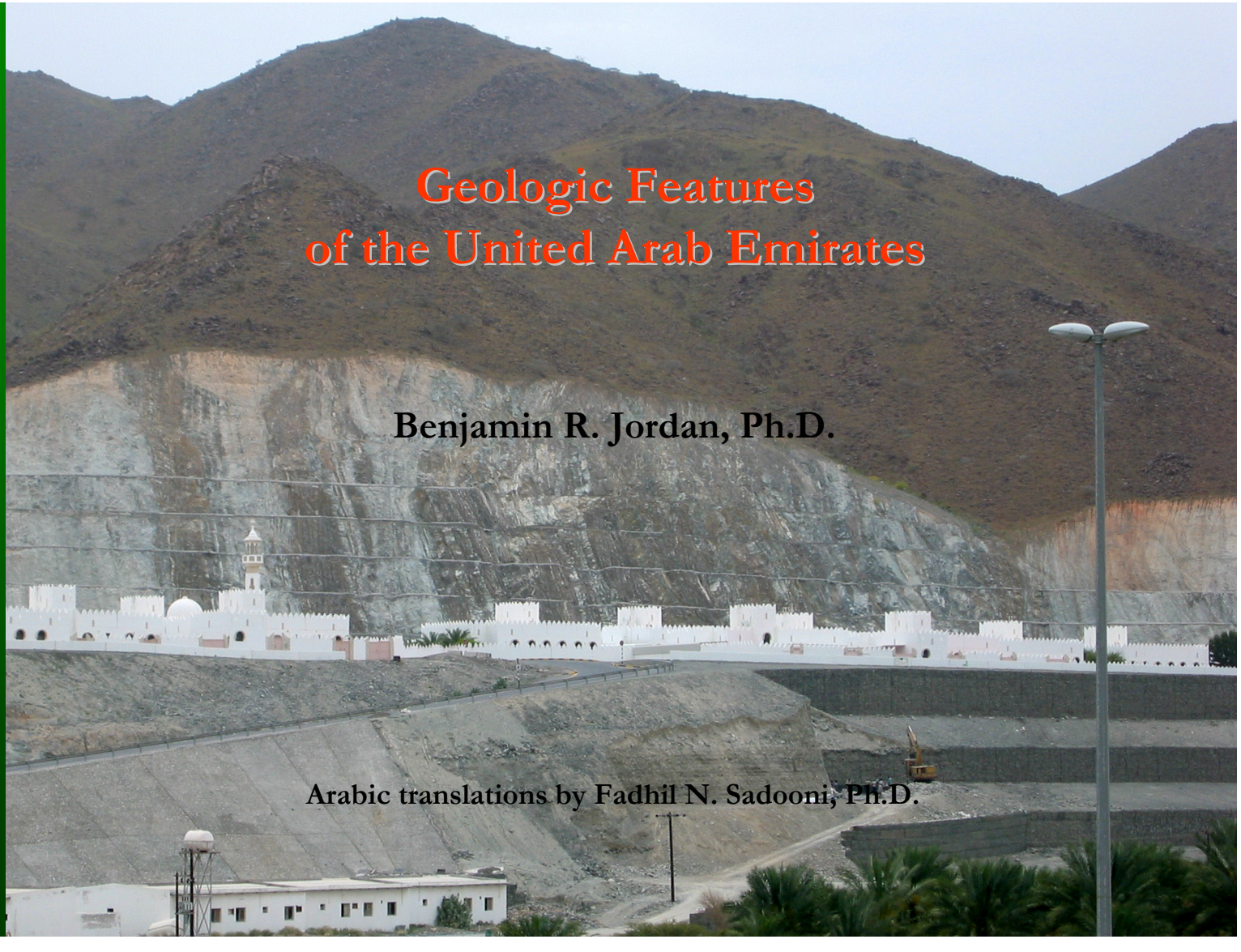


Geologic Features of the United Arab Emirates

Benjamin R. Jordan, Ph.D.

Arabic translations by Fadhil N. Sadooni, Ph.D.

Geologic Features of the United Arab Emirates

Benjamin R. Jordan, Ph.D.

Arabic translations by Fadhil N. Sadooni, Ph.D.

2007

Author may be contacted at:

pillowlava@gmail.com

Preface

It is my great pleasure to introduce this guide by one of our faculty members of the Geology Department, United Arab Emirates University. This publication is the response of Dr. Benjamin Jordan to the need of teachers and students. His quick response indicates clearly his hard work and dedication to his career. I am confident this publication will create big changes in the attitudes of students towards geology.

This publication entitled "Geologic Features of the United Arab Emirates" combines both real illustrations from the geology of the UAE and brief description of each. This combination will encourage students to go outside and browse what is in the illustration. By this, students and anyone interested in geology will feel the hard rocks and will enable him to read the Earth's materials.

Dr. Ahmed A. Murad
Head of Geology Department

Acknowledgements

First and foremost, this book would not exist without the initial suggestion and encouragement of Dr. Ahmed Murad, the Chair of the Department of Geology at United Arab Emirates University (UAEU). I hope the book will help to fulfill his desire to increase public awareness of the geology of the Emirates. My colleagues in the UAEU Department of Geology have spent many years studying the geology of the Emirates and have been generous in sharing that knowledge with me. I would like especially to thank Dr. Fadhil Sadooni for translating the text into Arabic, a time-consuming task. Finally, my thanks to Mr. Hamdi Kandil for his advice regarding the layout of the book.

Introduction

The United Arab Emirates is blessed with a diverse and beautiful landscape. This landscape is a result of the geologic processes that have occurred during Earth's history. Geologists travel from all over the world to the United Arab Emirates and Oman because of the unique geology that exists here. Yet, despite that, only two books have been written for the general public on the geology of Oman, and none have been written solely about the geology of the United Arab Emirates. It is hoped that this book will be a beginning to fixing that deficiency.

This book will serve not only to explain some of the things that you, the reader, may come across as you travel this beautiful country, but it may also inspire you to get out into the natural world even more.

The United Arab Emirates is a great place to do that. From its spectacular dunes and mountains, to its beaches and wadis, there is a lifetime's worth of things to see, study, and enjoy.

This book is separated into five sections. The first three represent the three general classes of rocks: igneous, sedimentary, and metamorphic.

Igneous rocks are rocks that formed from a cooling magma. They can form inside the Earth or on its surface. When they form inside the Earth they are said to be intrusive or plutonic. When they form on the

outside, they are called extrusive or volcanic.

Although there are no active igneous processes occurring in the United Arab Emirates today, there have been many in the past.

Sedimentary rocks form either from the cementing together of bits and pieces of other rocks or sediment particles, or by precipitation, as in the case of salt crusts or coral reefs. Sedimentary rocks often contain large amounts of organic material, which produces the extensive oil and gas deposits found here.

Metamorphic rocks are those that form by altering preexisting rock in certain ways without melting that rock. If the rock melts, it becomes igneous again.

Most metamorphism takes place at high temperatures and pressure within the Earth, but water can cause metamorphism at any temperature and pressure. All metamorphic rocks were something else: igneous, sedimentary or even some other metamorphic rock.

The fourth section is about geologic structures. Structures in geology are any large-scale features that can be seen with the naked eye. This includes things like folds, faults, fractures, etc. The lack of vegetation in the United Arab Emirates makes it an ideal place to see these features because the rock is clearly exposed. Roadcuts also are great because they make fresh exposures that have not been

weathered or eroded.

The last section is listed simply as "other" because it includes images related to geology that do not fall clearly into the first four sections. In reality, *geology* means "the study of the Earth," so there could be many more sections with many more images. The small selection here was chosen only to be a representative sample of the great geologic heritage the United Arab Emirates has.

In most of the images a geologic hammer or small pen is present, but the hammer is most common. This traditionally serves the purpose of providing a convenient scale for geologists since a geologic hammer is one of the most basic tools of a geologist.

Igneous Rocks and Processes

Image 1: Layered Gabbros, Masafi-Khalba Road

Gabbro is an igneous rock formed from iron- and magnesium-rich magma inside but near the surface of the earth. Magma within the earth is usually not static, but rather very dynamic. As it cools, heavy, dark minerals form first and sink forming a dark layer. These are followed by lighter (in both color and weight) minerals that form a light layer. Over time, more magma is added and the process goes on, which over time produces alternating light and dark bands. After the layers pictured here were formed they were compressed by tectonic forces that tilted them vertically.

الصورة 43: جابرو متطبق، طريق مسافي – كلباء.

الجابرو صخرة نارية تتكون من صهارة بركانية غنية بالحديد والمجنيسيوم تتواجد داخل الأرض ولكن قريباً من السطح. ومن المعتاد الا تبقى الصهارة البركانية ساكنة داخل الأرض، بل إنها تتحرك كثيرا، وعندما تبرد، تتكون المعادن الثقيلة غامقة اللون أولاً، ثم ما تلبث أن تغطس مكونة طبقة غامقة تتبعها المعادن الأفتح لوناً والأقل وزناً التي تشكل طبقة فاتحة اللون. وبمرور الزمن، يضاف المزيد من الصهارة وتستمر هذه العملية التي تنتج بمرور الزمن طبقات غامقة وفاتحة الألوان على التوالي. وبعد تكوين الطبقات الظاهرة في الصورة فإنها تعرضت للإنضغاط بفعل القوى التكتونية التي أدت إلى انحرافها عمودياً.

الصورة 42: جابرو متطبق، حتا.

صورة مقربة للجابرو المتطبق، والمعادن السوداء الظاهرة في الصورة هي البايروكسين والبيضاء هي معادن الفلسبار (البلاجيوكليس) والخضراء هي لمعدن الأوليفين. يعتمد حجم البلورات على معدل تبريد الصهارة البركانية – كلما كان التبريد أبطأ أدى ذلك إلى تكون بلورات أكبر. ويعتمد نوع المعدن المتكون على التركيب المعدني للصهارة البركانية ودرجة حرارتها. وفي هذه الحالة فإن درجة الحرارة هي العامل الأكثر تأثيراً، إذ يتكون كلاً من البايروكسين والأوليفين عند درجات الحرارة العالية لذلك فإن الطبقات الغامقة قد تكونت عند درجات حرارة أعلى من الطبقات الفاتحة اللون الغنية بالبلاجيوكليس. ويعزى ميل بعض الطبقات الظاهرة في الصورة الى حركة الصهارة أثناء عملية تبريدها، إذ تشبه هذه العملية إلى حد كبير تكون التموجات في المياه الجارية.

Image 2: Layered Gabbro, Hatta

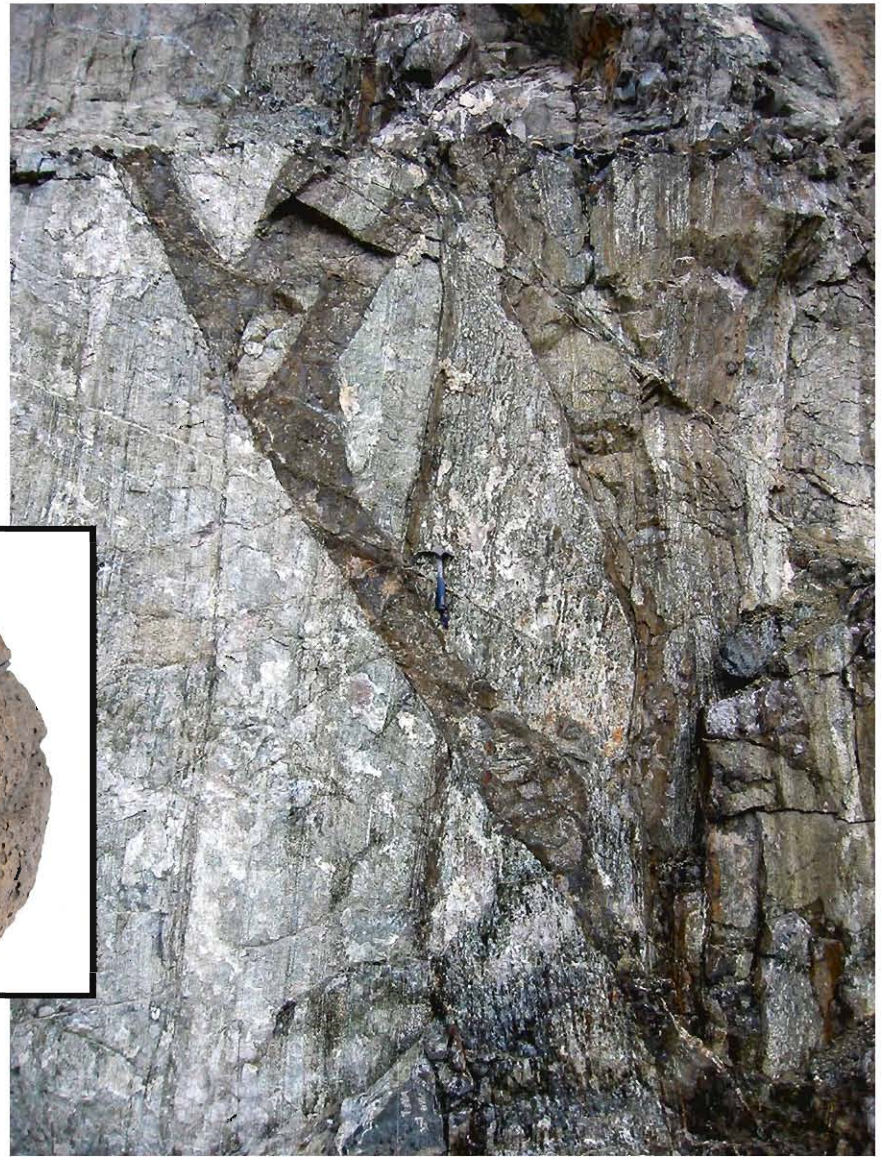
This is a close-up of a layered gabbro. The black minerals are pyroxene, the white are the mineral plagioclase, and the green are the mineral olivine. The size of the crystals depends upon the cooling rate—the slower the cooling, the larger the crystal. The type of mineral formed is based on the composition and the temperature of the magma. In this case, the temperature is the greatest factor. Pyroxene and olivine form at high temperatures, so the darker layers formed at temperatures higher than the light-colored, plagioclase-rich ones. The fact that some of the layers are angled is a result of the magma being in movement at the time of cooling. It is very similar to the formation of ripples by flowing water.

Image 3: Basalt Dike in Gabbro, Masafi-Khalba Road (Inset: Pillow basalt lava)

Basalt is, in all ways but one, exactly like gabbro. The one way it is different is that it has cooled very quickly so the minerals do not grow large. It can be thought of as a fine-grained gabbro. More technically, it normally forms on the surface of the Earth where magmas, now called lavas, cool extremely fast—often within seconds or minutes. However, in cases such as the one pictured here, the magma was rising through older, cooled magma, very near the surface. As it rose, it fractured and broke the older rock and then cooled very rapidly. When this happens and magma cools within the fracture it is called a dike. The fascinating thing about this location is that you can see the dike branch out like a tree. Often dikes are just single long features. The inset shows a close-up of a basalt sample. This particular sample is rounded because it formed underwater. When basalt lava forms under water it cools in round shapes called "pillows."

الصورة 41: قاطع بازلتي في الجابرو، طريق مسافي – كلباء (الصورة الداخلية : حمم بركانية بازلتيه وسادية)

يتشابه البازلت مع الجابرو في كل شيء باستثناء صفة واحدة، والصفة التي يختلف فيها أنه يبرد سريعاً جداً بحيث تكون بلورات المعادن صغيرة الحجم، لذلك يمكن اعتباره نوعاً من الجابرو دقيق الحبيبات. ومن الناحية التفصيلية، يتكون البازلت عادة على سطح الأرض، حيث تبرد بسرعة فائقة الصهارة البركانية التي يطلق عليها اسم الحمم حالما تصل إلى سطح الأرض، وغالباً ما يحدث ذلك خلال بضع دقائق أو ثوان. ومع ذلك، وفي بعض الحالات الشبيهة بتلك الظاهرة في الصورة، ترتفع الصهارة خلال الصهارة الباردة القديمة قريباً جداً من السطح، وأثناء ارتفاعها، فإنها تكسر الصخور الأقدم ثم تبرد بسرعة شديدة، وعندما يحدث ذلك وتبرد الصهارة البركانية داخل التكسرات يطلق على الظاهرة الناتجة اسم (قاطع). إن الأمر المثير للاهتمام بشأن هذا الموقع هو أنك ترى القاطع متفرعا أشبه بالشجرة، ولكن من المعتاد أن يكون القاطع مجرد كسر طويل منفرد. أما الصورة الداخلية فإنها تظهر عينة مقربة من البازلت، وتبدو العينة مدورة الشكل لأنها تكونت تحت سطح الماء، وعندما تتكون الحمم البازلتية تحت الماء فإنها تبرد على هيئة أشكال مدورة يطلق عليها (الوسائد.)



الصورة 40: حد تماس صخري محترق، حتا.

الصخرة البرتقالية – الخضراء اللون الظاهرة على الجانب الأيسر من الصورة هي صخرة نارية تسمى البيردوتايت، وهي صخرة تتكون من تصلب الصهارة في أعماق الأرض، وتكتسب لونها المخضر من معدن الأوليفين. وعلى الجانب الأيمن هنالك طبقات رسوبية تكونت على قاع البحر. ولقد دفنت هذه الطبقات بعد أن ترسبت عليها طبقات أخرى حتى وصلت إلى أعماق داخل الأرض حيث طبختها الحرارة والضغوط العالية محولة إياها الى صخور صلبة (نطلق على ذلك في الجيولوجيا اسم التصلب)، وبعدئذ، تكسرت هذه الصخور الرسوبية وارتفعت الصهارة التي كونت البيريدوتايت على امتداد تلك الكسور. وأثناء ارتفاعها "طبخت" الصهارة الصخور التي مستها أكثر من ذي قبل، إذ تبدو المنطقة التي مستها الصهارة البركانية على هيئة خط محمر عميق في وسط الصورة، ويطلق على هذا الخط اسم " حد تماس مطبوخ" وهو الآن صخرة متحولة.

Image 4: Baked Contact, Hatta

The greenish-orange rock on the left side of this image is an igneous rock called peridotite. It is a rock that forms from a magma deep in the earth and gets its greenish color from the mineral olivine. On the right side are sedimentary layers that formed on the bottom of the sea. They were eventually buried by other layers until they were deep enough in the Earth that the heat and pressure cooked (in geology we say "lithified") them into rock. Later, these sedimentary rocks were broken and the magma that made the peridotite rose along that fracture. As it did, the magma cooked the rock it touched even more than it already was. This area that has been touched by the magma is the deep reddish-brown line in the center of the photograph. This is called a "baked contact" and it is now a metamorphic rock.

Image 5: Gabbro Dike in Peridotite, Hatta (Inset: Silicic dike in gabbro, Hatta)

Here are two more examples of dikes, but in this case, in the larger photo, it is a gabbro magma that is cutting through peridotite. This dike likely formed at deeper, more heated depths within the Earth than those of Image 3, so it cooled more slowly, the crystals grew big, so it became a gabbro rather than a basalt. In the inset, the dark-speckled light vein is a small dike that was formed from a magma that was high is silica. As magma cools, the silica concentration in the liquid part will increase as other elements are crystallized in minerals. Usually, the last little magma that hasn't cooled yet will be very rich in silica and when it finally does cool, it forms small, light-colored dikes that cut across older rocks.

الصورة 39: قاطع الجابرو في البيردوتايت، حتا (الصورة الداخلية، قاطع سيليكي في الجابرو، حتا)

تمثل هذه الصورة مثالان آخران على القواطع، ولكن في الحالة الظاهرة في الصورة الأكبر، يتكون القاطع من صهارة من الجابرو تقطع خلال البيردوتايت ، ومن المحتمل أن يكون هذا القاطع قد تكون في أعماق سحيقة شديدة الحرارة داخل الأرض أكثر من ذلك الظاهر في الصورة 41، لذلك فإنه قد برد ببطء أكثر، ونمت البلورات فيه إلى حجوم أكبر، وأصبح تبعا لذلك جابرو بدلاً من البازلت. وفي الصورة الداخلية، يمثل العرق الفاتح اللون المبقع باللون الأسود قاطعاً صغيراً تكون من صهارة ذات محتوى سليكي مرتفع. وعندما تبرد الصهارة، فإن تركيز السليكا في الجزء السائل سوف يزيد بينما تتبلور العناصر الأخرى إلى معادن. ومن المعتاد أن تكون الصهارة القليلة المتبقية التي لم تبرد بعد غنية بالسليكا، وعندما تبرد في النهاية، فأنها تكون قواطع صغيرة ذات ألوان فاتحة تقطع الصخور الأقدم.

القسم الخامس: الصخور النارية

Sedimentary Rocks and Processes

الصورة 38: الكثبان الرملية والتموجات (علامات النيم)، العين (الصورة الداخلية 1: كثبان كبير، اليحر، الصورة الداخلية 2: كثبان تذروه الرياح، طريق شعبية الشويب – حتا)

تمثل الكثبان الرملية منظراً مألوفاً وخلاباً في دولة الإمارات العربية المتحدة، ويتكون الرمل في الكثبان الرملية الظاهرة في هذه الصخور من حبيبات الكوارتز (المرو) مع القليل من الصبغات الناتجة من أكسيد الحديد (الصدأ). وتتكون التموجات أو علامات النيم من الاحتكاك بين الرمل والهواء عندما تهب الريح على السطوح، وعندما تنظر إلى كثيب رملي فإن بمقدورك تحديد اتجاه الريح ذلك لأن الوجه المعاكس للريح يكون دائماً أشد ميلاً من الجانب المواجه للريح، وهذا الأمر واضح تماماً في الصورة الداخلية العليا.

Image 6: Dunes and Ripples, Al Ain (Inset, bottom: Large dune, Al Yahar; Inset, top: Windblown dune, Mahdah-Hatta Road)

A typical and beautiful sight in the United Arab Emirates is sand dunes. The sand of the dunes in this picture is mostly grains of quartz, with a little staining due to iron oxide (rust!). The ripples form due to friction between the sand and the air as the wind blows across the surface. When looking at a dune you can tell which direction the wind usually blows because the leeward side is always much steeper than the windward side. This is quite evident in the upper inset image.

Image 7: Sunset, Al Ain

Why is a sunset picture in a geology book? Because the spectacular sunsets in the United Arab Emirates are a result of geologic processes. Fine-grained dust particles that have eroded from the Earth's surface are carried by the wind and suspended in its atmosphere. This suspension helps to refract the suns rays and produces the reds, oranges, and yellows of the Emirates' sunsets

الصورة 37: الغروب، العين

لماذا توضع صورة لغروب الشمس في كتاب جيولوجي؟ ذلك لأن الغروب الخلاب في دولة الإمارات العربية المتحدة هو نتيجة للعمليات الجيولوجية، فحبيبات الغبار دقيقة الحجم قد تعرضت للتعرية من سطح الأرض ونقلت بواسطة الرياح وعلقت في الجو، ويساعد هذا التعلق على انكسار أشعة الشمس مسببا الألوان الحمراء والبرتقالية والصفراء التي تميز أوقات الغروب في الإمارات.

الصورة 36: عاصفة رملية، طريق العين – دبي (الصورة الداخلية: جامع المغفور له الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان، أبوظبي)

يمكن لتزاوج الرياح مع الغبار أن ينتج ضبابا يجعل السياقة (والتنفس أيضا) أموراً صعبة، ويطلق على الغبار دقيق الحبيبات الذي غالباً ما يكنسه الناس من سقوف سياراتهم (أو من سجادهم) اسم (الهباء)، ويمكن للهباء أن يقطع آلاف الكيلومترات، وعندما يهبط ويترسب فإنه يمكن أن يكون تربة زراعية خصبة.

Image 8: Dust Storm, Al Ain-Dubai Road (Inset: Sheik Zayed Bin Sultan Al Nahyan Mosque, Abu Dhabi)

The combination of wind and dust can produce a haze that makes driving (and breathing) difficult. This fine-grained dust that people often have to sweep from their porches and patios (or vacuum from their rugs!) is called "loess." It can travel for thousands of kilometers. Where it settles it can produce good agricultural soil.

Image 9: Limestone and Dolostone layers, Jebel Hafit

Limestone, the light-colored layers here, is formed from the usually microscopic shells of plants and animals. The types of mud and sand found along the coasts of the United Arab Emirates may one day be limestone. Limestone is a carbonate, thus it is formed by the combining of calcium, carbon, and oxygen. The most dominant mineral in limestone is calcite ($CaCO_3$). Dolostone, the dark-colored layers, is very similar to limestone, except that it contains the mineral dolomite with very high quantities of magnesium, which is why it is darker in color. There is a bit of controversy about it because although it is well-known how limestone forms, there are no clear modern environments where dolostone forms, as can be seen here, in very large and thick layers.

الصورة 35: طبقات من الحجر الجيري والدولومايت، جبل حفيت

يتكون الحجر الجيري الذي يظهر على هيئة طبقات فاتحة اللون في الصورة من أحافير (مستحاثات) مجهرية من النباتات والحيوانات. ومن المحتمل أن تتحول أنواع الطين والرمال الجيرية الموجودة على امتداد سواحل دولة الإمارات العربية المتحدة إلى أحجار جيرية في يوم من الأيام. يتكون الحجر الجيري من ترابط الكالسيوم والكاربون والأوكسجين، والمعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسايت $CaCo_3$، أما الدولومايت، الذي يظهر على هيئة طبقات غامقة اللون، فإنه يشبه الحجر الجيري كثيراً ما عدا أنه يحتوي على كميات كبيرة من المجنيسيوم وهو السبب الذي يجعله غامق اللون. وهنالك بعض الاختلافات المتعلقة بالدولومايت، ففي حين أننا نعرف جيداً كيف يتكون الحجر الجيري، إلا أنه لا توجد بيئات حديثة واضحة يتكون فيها الدولومايت على شكل طبقات كبيرة وسميكة كتلك الظاهرة في الصورة.

الصورة 34: رؤوس مرجانية، خورفكان (الصورة الداخلية رأس مرجاني أحفوري، جبل حفيت)

المرجان صخرة، وفي الحقيقة إنه صخرة رسوبية، وهو يتكون عندما تبني كائنات صغيرة تسمى البولبات هياكل كي تحمي نفسها. وفي المحيطات الحالية، تكون هذه الكائنات مستعمرات هائلة تسمى بالشعاب وتمثل مأوى لأكثر الأنظمة الإحيائية تنوعاً على سطح الأرض. ولقد وجدت المرجانيات على سطح الأرض منذ ملايين السنين كما هو واضح من الصورة الداخلية لرأس مرجاني أحفوري من جبل حفيت قرب مدينة العين.

Image 10: Coral Heads, Khor Fakkan (Inset: fossil coral head, Jebel Hafit)

Coral is a rock. In fact, it is a sedimentary rock. It is formed when tiny organisms called polyps build shells to protect themselves. In the modern ocean, these organisms form massive colonies called reefs that are home to some the most diverse ecosystems on Earth. Corals have been around for millions of years as is evidenced by the inset photo of a fossil coral head from Jebel Hafit, near Al Ain.

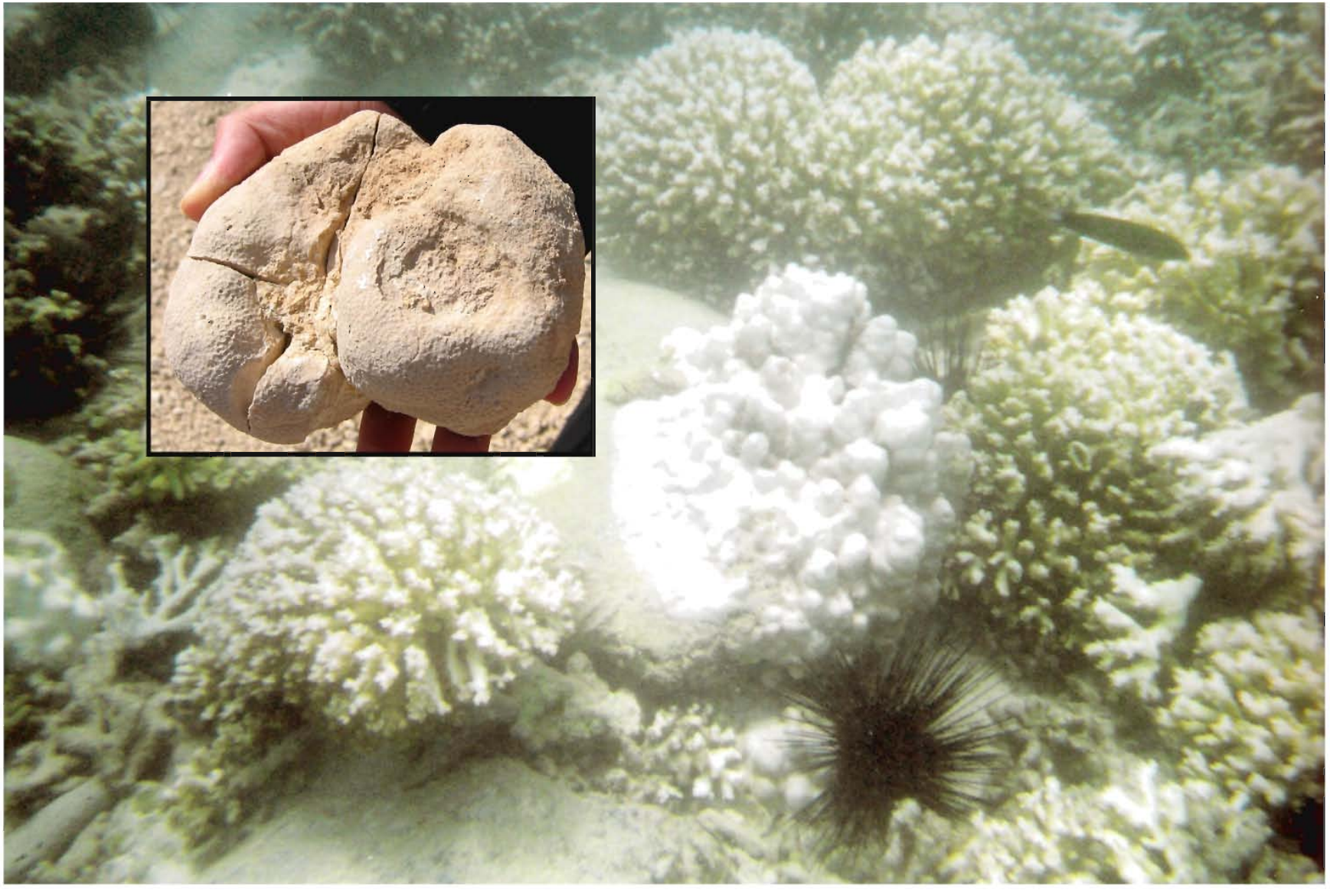
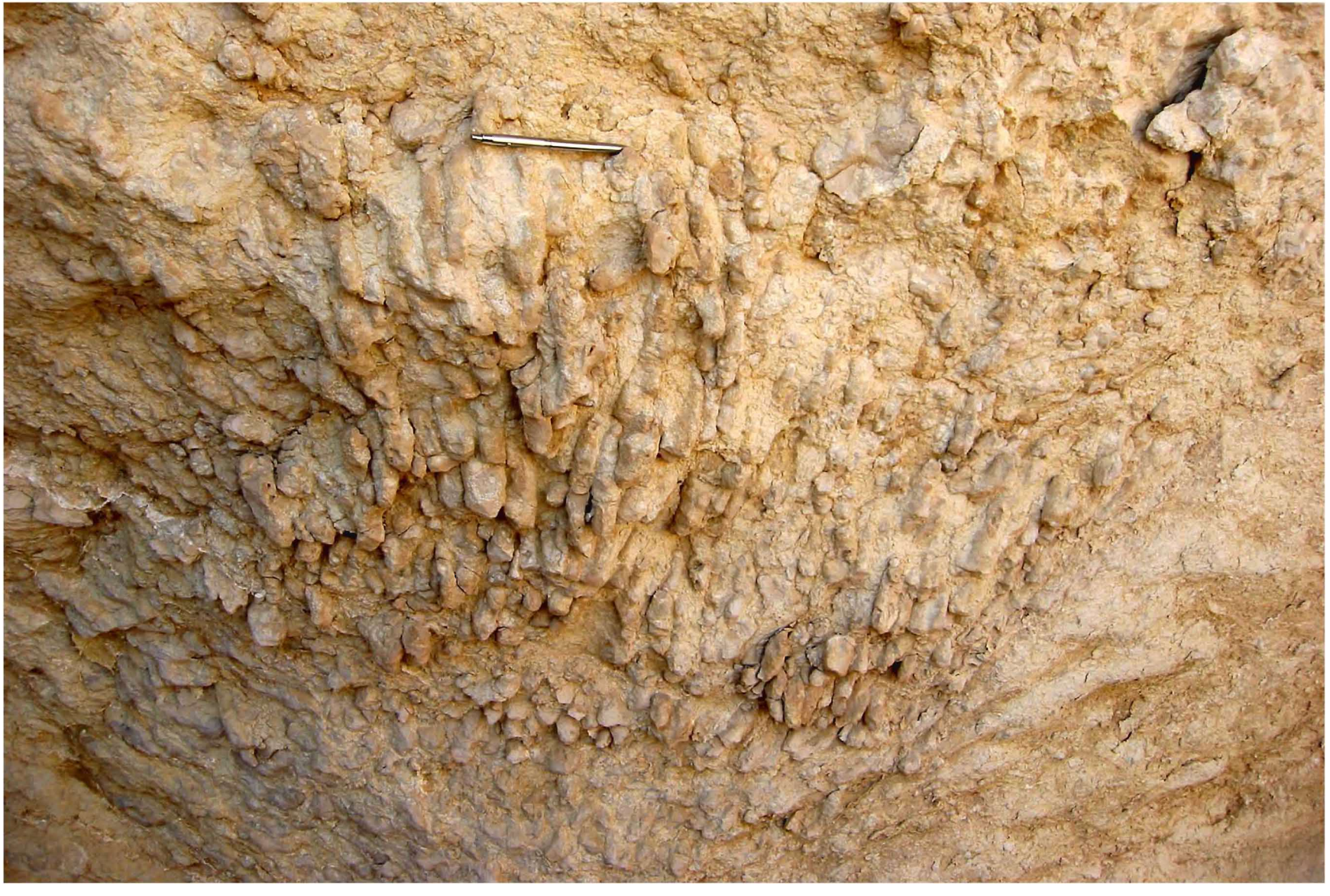


Image 11: Coral, Jebel Hafit

This is a large fossil of a coral colony. It was part of a large reef that is now part of the limestone that forms Jebel Hafit. It tells us that the rocks of at least this part of Jebel Hafit formed in a shallow marine environment, very similar to the environment that exists off of the coasts of the United Arab Emirates today.

الصورة 33: المرجان، جبل حفيت

هذه أحفورة كبيرة لمستعمرة مرجان كانت جزءاً من شعاب كبيرة أصبحت الآن ضمن الحجر الجيري الذي يكوّن جبل حفيت، وهي تدل على أن الصخور في هذا الجزء من جبل حفيت على الأقل، قد تكونت في بيئة بحرية ضحلة، شبيهة جداً بالبيئة التي توجد الآن عند شواطئ دولة الامارات العربية المتحدة.



الصورة 32: الجحور، العين

يطلق على المظاهر الشبيهة بالأغصان الظاهرة في الصورة اسم "الأحافير الأثرية"، ذلك لأنها لا تمثل أجزاء من حيوان أو نبات حقيقيين، بل " آثار" لحيوان قديم ، إنها جحور. وإذا ما ذهبت إلى الشاطئ يوما فإنك سوف ترى العديد من الثقوب الصغيرة في الرمال بنتها سرطانات البحر أو الصدفيات أو الديدان، والأمر صحيح إذا ما سبحت أو غطست وتفحصت قاع البحر. وتمثل الأحافير الأثارية الظاهرة في الصورة الشيء نفسه، ولكنها بنيت من قبل كائنات حية قبل 25 مليون سنة.

Image 12: Burrows, Al Ain

The branch-like features in this rock are called "trace fossils." This is because they do not represent parts of an actual animal or plant, but rather the "trace" of an ancient animal. They are burrows. If you go to the beach today you will see lots of little holes in the sand made by crabs, mollusks, or worms. The same is true if you snorkel or scuba dive and look at the sea bottom. The trace fossils pictured here represent the same thing, but were made by organisms approximately 25 million years ago.

WARNING-WEAR
SAFETY GOGGLES

Image 13: Dissolution of Limestone, Jebel Hafit

Limestone, being a carbonate, is dissolved easily by acid, which is one of the reasons that acid rain can cause so much damage to limestone or marble (metamorphosed limestone) monuments. The limestone here has been dissolved by rain, but not recently. This is one of the evidences that the United Arab Emirates had a much wetter climate in the past. Natural water, not just acid rain, is slightly acidic. With time it will dissolve rock. The rock in this picture represents a time several thousand years ago when large amounts of water were present and dissolving the limestone of Jebel Hafit.

الصورة 31: إذابة الحجر الجيري، جبل حفيت

يذوب الحجر الجيري، باعتباره متكوناً من كربونات الكالسيوم بسهولة بواسطة الحمض، وهذا أحد الأسباب التي تجعل المطر الحمضي سبباً للكثير من الدمار الذي يلحق بالنصب المصنوعة من الحجر الجيري أو الرخام (الحجر الجيري المتحول). لقد تعرض الحجر الجيري الظاهر في الصورة للاذابة بفعل المطر ولكن ليس خلال الفترة الحالية، بل أن ذلك هو أحد الأدلة على أن مناخ دولة الإمارات العربية المتحدة كان أكثر رطوبة في الماضي. يكون الماء الطبيعي، وليس المطر الحمضي وحده حامضاً بعض الشيء، وبمرور الزمن فإنه سوف يذيب الصخور. وتمثل الصخرة الظاهرة في الصورة زمناً يعود الى آلاف السنين عندما كانت تتواجد كميات كبيرة من المياه مما أدى إلى إذابة الحجر الجيري لجبل حفيت.

الصورة 30: تشققات طينية عملاقة، جنوب غرب أبوظبي

تتكون هذه التشققات الطينية الكبيرة المبطنة بالملح بسبب تبخر المياه الجوفية في الفراغات المتكشفة بين سطوح الطين الجافة، فعندما يتبخر الماء، فإنه يترك خلفه كتلة نامية من الملح المترسب. تكون المياه الجوفية قريبة من السطح في هذه المنطقة، وهذا ما يجعل المنطقة منبسطة تماماً، فبسبب قربها من المياه ونسبة التبخر العالية فيها، تكون المياه الجوفية مالحة جداً، وعندما يجف الطين فإنه يكون "قبعة" على المياه الجوفية، ولكنه عندما يجف فإنه ينكمش أيضاً، وعندما يتقلص الطين، تتكون التشققات، ولسوف يسمح هذا لبعض الرطوبة في الأسفل أن تهرب وللملح أن يتسرب. يتجاوز قطر أكبر التشققات الطينية في هذه الصورة المتر الواحد. وتمثل هذه التشققات الطينية الكبيرة ظاهرة فريدة. ولقد جاء العديد من الجيولوجيين من مختلف أنحاء العالم إلى دولة الإمارات العربية المتحدة لتفحصها ودراستها.

Image 14: Giant Mudcracks, southwest of Abu Dhabi

These large, salt-lined mudcracks are formed due to evaporation of groundwater in the exposed space between drying mud surfaces. As the water evaporates it leaves behind a growing mass of precipitated salt. Ground water is very near the surface in this area, which is what makes the area so flat. Because of the proximity to the ocean, and the high evaporation rates of the area, the groundwater is very saline. As the mud dries it forms a "cap" on the groundwater, but as it dries it also shrinks. As the mud contracts, cracks form. This allows some of the moisture below to escape and salt to precipitate. The largest mud areas in this image are almost a meter across. Such large mudcracks are very unique and many international geologists have come to the UAE to examine and study them.

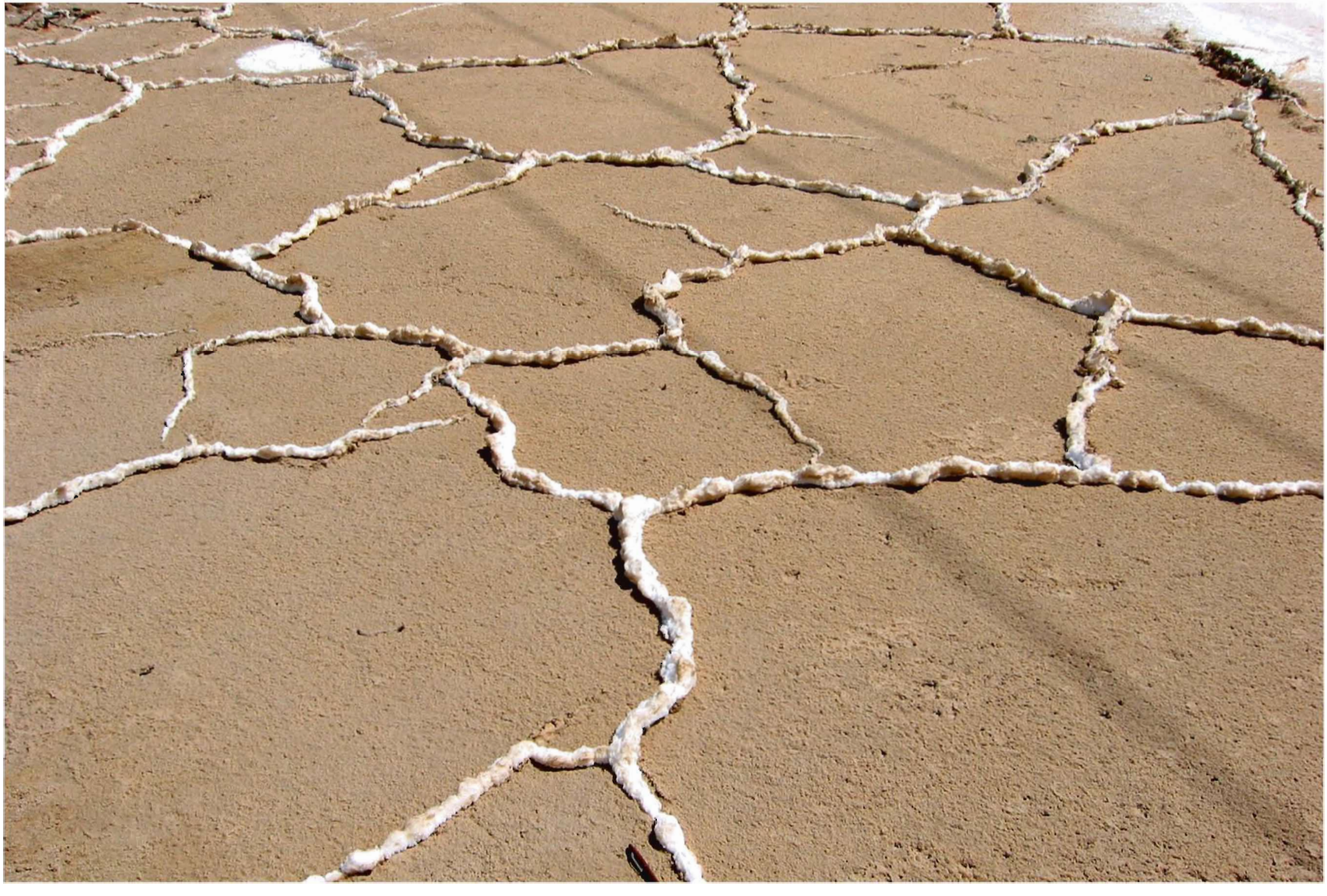
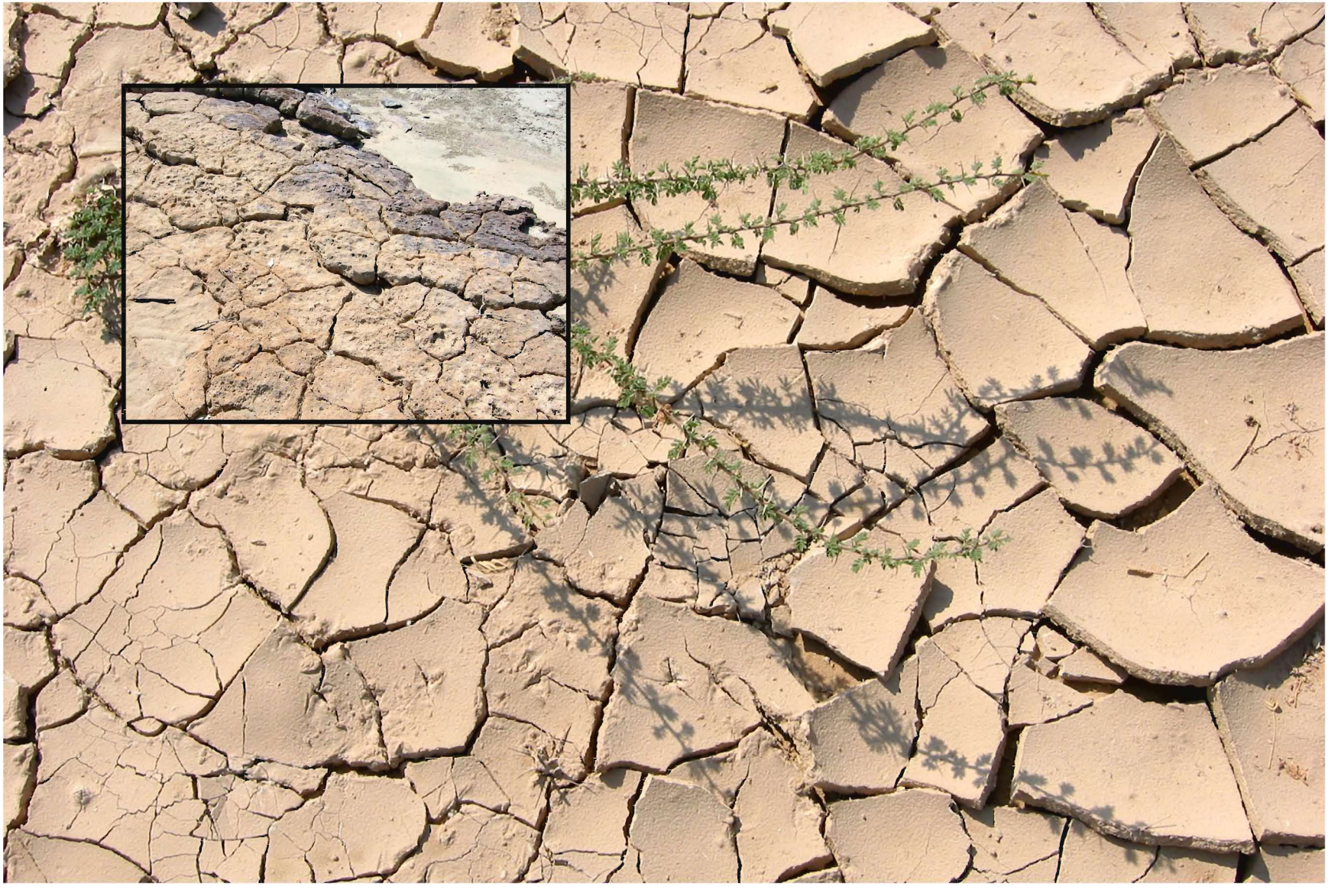


Image 15: Mudcracks, Jebel Hafit (Inset: fossil mudcracks, southwest of Abu Dhabi)

These modern mudcracks were formed after a rain near Jebel Hafit. The cracks formed as the mud dried and contracted. In the inset image are "fossil" mudcracks that formed anciently and then were buried. The mud became rock and preserved the outline of the cracks. This tells us that at the time these fossil mudcracks formed the climate was likely very similar to what it is today.

الصورة 29: تشققات طينية، جبل حفيت (الصورة الداخلية: تشققات طينية أحفورية، جنوب غرب أبوظبي)

تكونت هذه التشققات الطينية الحديثة بعد سقوط المطر قرب جبل حفيت، وتنشأ التشققات عندما يجف الطين وينكمش. وفي الصورة الداخلية تظهر تشققات طينية "أحفورية" تكونت في الماضي ثم دفنت بعد ذلك. تحول الطين إلى حفرة وحفظت حدود التشققات، إن ذلك يخبرنا بأنه خلال الوقت الذي تكونت فيه هذه التشققات الطينية الأحفورية كان المناخ مشابهاً جداً لما هو عليه الآن.



الصورة 28: بلورات الجبس نامية في ترسبات السباخ ، المصفح

أثناء التبخر، تتكون البلورات بواسطة الترسيب من العناصر المتبقية عندما يتحول الماء السائل إلى بخار. ويعدّ الملح من أول العناصر المتكونة وأكثرها شيوعاً (أنظر الصورة 27)، ولكن في مناطق التبخر العالي والسوائل المالحة، تتكون معادن أخرى مثل الجبس أيضاً. وفي هذه الصورة، فإن كل البلورات المستوية، الشبيهة بالأقراص هي من الجبس الذي ينمو داخل التربة عندما تفقد التربة رطوبتها إلى الجو.

Image 16: Gypsum Crystals Growing in Sabhka Sediments, Musaffah

During evaporation, crystals form by precipitation from the elements left behind as liquid water is changed to water vapor. Salt is usually one of the first and most common minerals to precipitate (see image 17), but in areas of high evaporation and saline liquid, other minerals such as gypsum also form. In this picture, all of the flat, disc-like crystals are gypsum, growing within the soil as the soil loses moisture to the atmosphere.

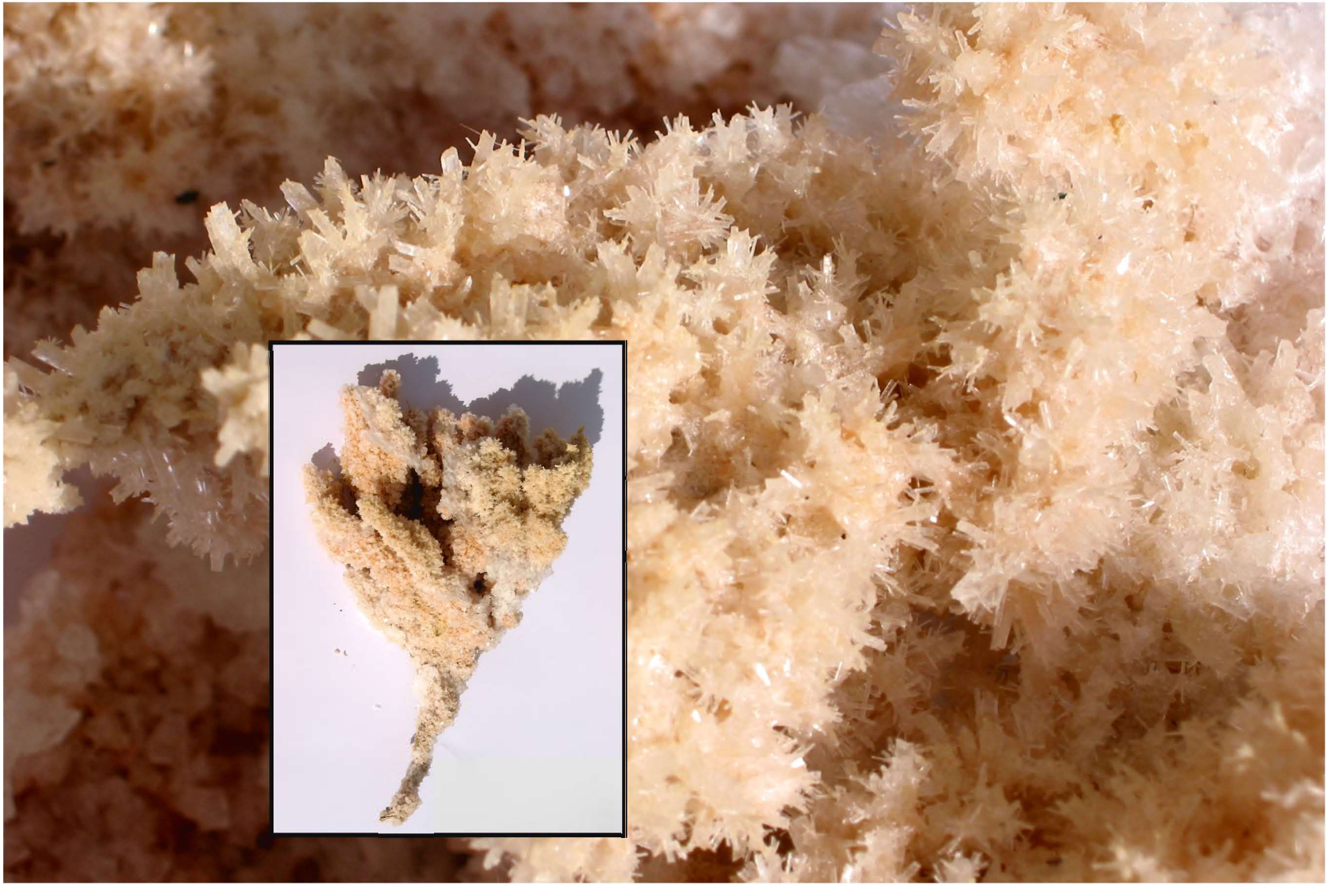
Estwing

Image 17: Salt Crystals, Seh Ash Shi'eb (Inset: Salt-encrusted plant, Seh Ash Shi'eb)

These salt or halite crystals formed in a small pond near Jebel Ali. The water was trapped from overflow from the ocean. Evaporation increased the salt content. Each time water is added to the pond, followed by evaporation, it caused the concentration of salt to increase. The dry climate allows perfect crystals to form that would otherwise dissolve, and will, with the next rain. Plant tissues can become saturated by the saline water and as the water evaporates from the plant tissue it precipitates the salt which covers the plant in a coat of salt.

الصورة 27: بلورات الملح، سيح شعيب (الصورة الداخلية نبات مغلف بالملح، سيح شعيب)

تتكون بلورات الملح أو الهالايت هذه في بركة صغيرة قرب جبل علي. لقد احتجز الماء بعد أن فاض من مياه المحيط المجاورة. ويؤدي التبخر الى زيادة المحتوى الملحي للمياه. وفي كل مرة تضاف فيها كمية من المياه إلى البركة، يعقبها تبخر، يؤدي ذلك بالضرورة إلى زيادة تركيز الملح، ويسمح المناخ الجاف بتكون بلورات مكتملة تذوب عادة في ظروف أخرى، ولسوف تذوب هذه أيضاً مع زخات المطر القادمة. ويمكن لأنسجة النباتات أن تصبح مشبعة بالماء المالح وعندما يتبخر الماء من هذه الأنسجة فإنه يرسب الملح الذي يغطي النبات بغلاف ملحي.



الصورة 26:مقطع عرضي في فورامنفيرا النيوملايت، جبل حفيت (الصورة الداخلية: لقطة مستوية للنيوملايت، جبل حفيت)

النيوملايت نوع من الفورامنفيرا وهي حيوانات بحرية أحادية الخلية، تشبه عملة الدرهم المعدنية وتكون عادة صغيرة الحجم. كانت النيوملايت القديمة تنمو إلى حجوم كبيرة جداً، لكن تلك الظاهرة في المقطع العرضي في هذه الصورة هي بحجم الدرهم فعلاً. لقد عاشت هذه الأحافير في البيئات البحرية الضحلة وهي شائعة في الأحجار الجيرية الموجودة في كل من دولة الإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان.

Image 18: Nummilites in Cross-section, Jebel Hafit (Inset: Nummilites in plane view, Jebel Hafit)

Nummilites are a type of foraminifera, or single-cell marine animals, shaped much like dirham coins and usually tiny in size. Ancient nummilites grew very large, however, and the ones pictured in cross-section here are actually the size of dirhams. They lived in shallow marine environments and are common in the limestones of the United Arab Emirates and Oman.

WARNING-WEAR
SAFETY GOGGLES

Image 19: Crossbedded Limestone and Unconformity, Seh Ash Shi'eb

The thin, angled lines in this limestone are called crossbeds. They form due to flowing sediment, caused by the motion of either water or wind. Each crossbed is made as sediment grains are pushed or rolled over each other making a thin layer. As the wind or water continues to move it pushes a new layer over the old one. Their angled nature is a result of the slope of the original sediment surface, just like the slope of a sand dune. The uneven contact between the crossbeds and the hard rock cap on top is a result of ancient erosion. The layers with the crossbeds formed and then their top was eroded, forming a uneven surface, which was subsequently buried by the sediment that formed the hard upper layer of rock.

الصورة 25: حجر جيري متقطع التطبق وسطح عدم توافق، سيح شعيب

تسمى الخطوط النحيفة المائلة الظاهرة في هذا الحجر الجيري بالطبقات المتقاطعة، وهي تتكون نتيجة لانسياب الترسبات الناتج من حركة الماء أو الهواء. وتتكون كل طبقة متقاطعة عندما تدفع حبيبات الترسبات أو تتدحرج فوق بعضها الآخر مكونة طبقة رقيقة متقاطعة. وعندما تستمر حركة الهواء أو الماء فإنها تدفع طبقة جديدة فوق الطبقة القديمة، وتعزى طبيعتها المائلة إلى انحدار سطح الطبقات الأصلي مثل انحدار الكثبان الرملي، أما سطح التماس غير المنتظم بين الطبقات المتقاطعة والغطاء الصخري الصلب في القمة فلقد نتج بسبب التعرية القديمة. تكونت الطبقات المتقاطعة أولاً ومن ثم أزيلت أجزاءها العليا بواسطة التعرية مكونة سطحاً غير منتظم، ولقد دفن هذا السطح لاحقاً بواسطة الترسبات التي كونت الطبقة الصخرية الصلبة العليا.

الصورة 24: أعمدة التعرية ، سيح شعيب

تنتج أعمدة التعرية أو "الصخور الموازنة" كما تسمى أحياناً من التجوية التفاضلية. وهذا يعني أن الصخور المختلفة لا تتعرض إلى التعرية بالمعدلات نفسها، فالصخور الصلبة أقل عرضة للتعرية من مثيلاتها الهشة. وعندما تكون الصخور الصلبة فوق الصخور الهشة، فإنها تحميها من الأعلى من تأثير التعرية. ومع ذلك تحدث التعرية من الجوانب بدلاً من الأعلى، وهذا يعني أن قبعة واسعة يمكن أن تبقى على الساق الشبيهة بالساعة الرملية عندما تتعرض الطبقة السفلية الهشة إلى التعرية وتقطع من تحت الصخور الأصلب والأكثر مقاومة في الأعلى.

Image 20: Hoodoos, Seh Ash Shi'eb

Hoodoos or “balancing rocks,” as they are sometimes called, are a result of differential weathering. This means that not all rocks erode at the same rate. Hard layers erode more slowly than soft ones. When the hard layer is on top of the soft one, the soft layer is protected from above. Erosion can take place from the sides rather than the top, however. This means that a wide cap can remain on an hourglass-shaped pedestal as the soft layer underneath is eroded and undercuts the hard, more resilient rock on top.

Image 21: Overturned Beds, Jebel Hafit

These sediments on the east side of Jebel Hafit are nearly upside down. They have been overturned in a huge fold, much like placing a piece of paper flat on your desk and pushing the sides toward each other until the fold in the middle flops over with a section of the paper now upside down.

الصورة 23: طبقات مقلوبة، جبل حفيت

تبدو هذه الترسبات الموجودة على الجانب الشرقي من جبل حفيت وكأنها مقلوبة رأساً على عقب تقريباً. لقد قلبت هذه الترسبات في طية ضخمة، مثلما تضع قطعة من الورق بشكل مستو على مكتبك ثم تدفع جوانبها باتجاه بعضها الآخر حتى تنقلب الطية في المنتصف بحيث يصبح جزء من الورقة مقلوبا تماماً.

الصورة 22: الياردنج : جبل حفيت

الياردنج هي تلال من التربة تتكون عندما تمسك النباتات التربة مع بعضها الأخر وتمنعها من التعرية. تزيل المياه، وفي بعض الأحيان الرياح، الترسبات المجاورة التي لم تثبت بواسطة الجذور، تاركة النباتات الحامية جاثمة فوق تل من صنعها. توجد الياردنج بشكل أساسي في المناطق ذات المناخ الجاف حيث تسمح شحة الغطاء النباتي بنشوء هذا النوع من التعرية.

Image 22: Yardangs, Jebel Hafit

Yardangs are mounds of soil that exist because the roots of plants hold the soil together and prevent it from eroding. Water, and sometimes wind, cuts down through the surrounding sediment that is not held together by roots, which leaves the protective plants high atop a mound of their own creation. Yardangs are most common in arid climates where the scarcity of vegetation allows for this type of erosion.

Image 23: Date Palms in Wadi-cut Alluvium, Masafi

The wadi in this image cuts down through alluvial gravels that were eroded from the mountains in the background when the United Arab Emirates had a wetter climate. Ground water flow mimics surface water flow and thus the water table is closer to the surface in the wadi, which makes it possible for these date palms to grow. They probably have the additional help of a falaj system to catch as much surface water flow as possible.

الصورة 21: أشجار النخيل في ترسبات طموية يقطعها وادي، مسافي

يقطع الوادي الظاهر في هذه الصورة خلال الحصى الطموي الذي تمت تعريته من الجبال الظاهرة في خلفية الصورة عندما كان المناخ في دولة الإمارات العربية المتحدة أكثر رطوبة. يحاكي انسياب المياه الجوفية جريان المياه السطحية وبذلك يكون منسوب المياه الجوفية قريباً من السطح في الوادي، مما يسهل نمو أشجار النخيل فيه. كما أنها تستفيد من نظام الأفلاج في الحصول على اكبر قدر ممكن من انسياب المياه الجوفية.

القسم الرابع: الصخور الرسوبية

Metamorphic Rocks and Processes

الصورة 20: الرخام والحجر الأخضر، حتا

تتكون الصخور المتحولة من أنواع الصخور الأخرى التي تعرضت إلى عملية إعادة التبلور دون الذوبان. وفي حالة الرخام، فإنه كان في الأصل حجراً جيرياً، ولكن تحت ظروف الحرارة المرتفعة والضغط العالي، يتعرض معدن الكالسايت (كربونات الكالسيوم) الموجود في الحجر الجيري إلى عملية إعادة التبلور. إنه ما يزال كالسايت لكن في هيئة ونسيج مختلفين. وغالباً ما تتركز الشوائب (المواد غير الجيرية) في الحجر الجيري على هيئة أشرطة داخل الرخام. أما الحجر الجيري الأخضر فإنه يتكون من الصخور النارية الغنية بالحديد والمغنيسيوم مثل الجابرو والبازلت والبيردوتايت، والمعدن الأخضر الفاتح في هذا الحجر الأخضر هو معدن الكلورايت أما الأخضر الغامق فإنه ربما يكون الابيدوت. وتتكون هذه المعادن من إعادة تبلور الاوليفين والبايروكسين. وتروي هذه الصورة قصة حدوث التقاء بين الصخور النارية والمتحولة. فربما تكون حمم بازلتية قد انسابت فوقها أو إلى الترسبات المحيطية التي حفظت ودفنت وتغيرت كي تعاود الظهور على هيئة هذه الصخرة الجميلة.

Image 24: Marble and Greenstone, Hatta

Metamorphic rocks are formed from other rocks that have recrystallized without melting. In the case of marble, it was once limestone, but under high heat and pressure, the calcite (carbonate) in the limestone recrystallizes. It is still calcite, but in a different form and texture. The impurities (noncarbonated material) in the limestone are often concentrated as bands within the marble. Greenstone is formed from igneous iron and magnesium-rich rock such as gabbro, basalt, or peridotite. The light green of this greenstone is the mineral chlorite and the dark green probably epidote. They are recrystalized from olivine and pyroxene. In this image is the story of the contact of an igneous and a sedimentary rock, probably a basalt lava flowing over or into ocean sediments, that have been preserved, buried, and changed to reemerge as this beautiful rock.

Image 25: Marble, Hatta (Inset: Marble, Hatta)

In addition to being cooked and deformed, as can be seen by the waviness of the dark and light layers, if you look closely you will see lots of "microfaults" in this rock. Microfaults are breaks in the rock along which there was movement. There are lots of offsets of the various bands. This rock changed from limestone to marble when it was hot and soft. After that happened it became brittle and was broken under pressure. However, it was still soft enough, or was reheated enough, that the rock resolidified itself, preserving the evidence of its early fracturing and faulting.

الصورة 19: الرخام، حتا (الصورة الداخلية : الرخام، حتا)

فضلاً عن كون هذه الصخرة قد طبخت وتشوهت، كما هو ظاهر في تموجات الطبقات الفاتحة والغامقة فيها، ولكن إذا ما أمعنت النظر، فإنك سترى الكثير من "الصدوع المجهرية" فيها أيضا. والصدوع المجهرية تكسرات تحدث في الصخرة تكون مصحوبة بحركة على امتدادها. وهنالك أيضاً الكثير من الأزاحات للطبقات المختلفة. لقد تحولت هذه الصخرة من حجر جيري إلى رخام عندما كانت حارة وهشة. وبعد ما حدث ذلك، أصبحت هشة وتحطمت تحت تأثير الضغط. غير أنها مع ذلك، ما تزال هشة بما فيه الكفاية، أو أنها قد تعرضت إلى إعادة التسخين بما فيه الكفاية، بحيث أنها تصلبت مرة أخرى، محتفظة بدلائل تكسرها وتصدعها المبكرة.

الصورة 18: مارل مؤكسد، جبل حفيت

يعرف المارل ببساطة بأنه حجر جيري ذو محتوى طيني عال، وهذا ما يجعله هشاً. وتمتص المعادن الطينية الماء مثل الاسفنج المجهري، وغالباً ما يقوم الاوكسجين الموجود في الماء بأكسدة الطين. وفي هذه الصورة، يمثل عرق الجبس (الأبيض) تكسرات كانت تجري فيها المياه الجوفية، ولقد ترسب الجبس من هذه المياه، بالإضافة إلى أن الماء قد امتص من قبل المعادن الطينية الموجودة في صخور المارل المجاورة (رمادية اللون)، ومثلما كان، فإنه أكسد المارل وحوله إلى لون برتقالي فاتح. ويمكن بسهولة رؤية نطاق التأكسد حول عروق الجبس. وفي النهاية، فإن كل المارل رمادي اللون قد تحول إلى مارل برتقالي اللون، وذلك لاستمرار الماء بالانسياب على امتداد التكسرات.

Image 26: Oxidizing Marl, Jebel Hafit

A marl is most simply described as a limestone with lots of clay mixed in. This makes it rather soft. Clay minerals absorb water like microscopic sponges. Often, oxygen in the water oxidizes the clay. In this image, veins of gypsum (white) represent fractures where groundwater was flowing. The gypsum precipitated from this water. In addition, the water was being absorbed by the clay minerals in the surrounding marl (grey) and as it was, it oxidized the marl and turned it a light-orange color. It is clear to see the oxidation zone around the gypsum veins. Eventually all of the grey marl would have been changed to orange marl, had water continued to flow along the fractures.

Image 27: Asbestos Vein, Masafi-Khalba Road

Peridotite and gabbro are igneous rocks that are high in magnesium with a significant amount of silica. When these rocks metamorphose in the presence of water they form a type of rock called serpentinite, because the olivine and pyroxene minerals change into the mineral serpentine. Many of the rocks in the Hajar Mountains are peridotites and gabbros, and many are metamorphosed peridotites or gabbros, or serpentinites. One of the forms of serpentine is asbestos, which used to be mined extensively and used in insulation because of its fire retardant abilities. The dust from asbestos is carcinogenic, though, because due to the structure of the mineral, once it is inhaled in the lungs, the body has no way to remove it. It should be noted that the mineral itself as seen in this image is not hazardous. Only if it were to be powdered and inhaled would it be cause for concern.

الصورة 17: عرق اسبستوس، طريق مسافي – كلباء

البيردوتايت والجابرو صخرتان ناريتان تحتويان على كمية كبيرة من المجنيسوم مع مقادير مهمة من السيلكا. وعندما تتعرض الصخرتان إلى التحول بوجود الماء يكونان صخرة تسمى السربنتنايت، ذلك لأن معادن الاوليفين والبيروكسين تتحول إلى معدن السربنتين. والعديد من الصخور في جبال حجر هي من البيردوتايت والجابرو. ويعدُ الاسبستوس أحد أشكال السربنتين الذي كان يستعمل بكثرة كعازل بسبب مقاومته للنار، لكن الغبار المتطاير من الاسبستوس مسرطن بسبب بنية المعدن، ذلك لأنه ما أن يتم استنشاقه في الرئتين، يصعب حينئذ على الجسم التخلص منه. ويجب أن نلاحظ أن المعدن نفسه كما يظهر في الصورة ليس خطيراً، إذ أنه لا يمثل مصدراً للقلق إلا إذا تم سحقه وتنشقه.

Estwing

الصورة 16: ترسبات متحولة، حتا.

هذه ترسبات طويت من موضعها الأفقي الأصلي إلى وضع عمودي. وتعزى الألوان الظاهرة فيها إلى العمليات التحويرية التي تشمل الماء والحرارة اللذان يقومان بأكسدة الحديد في الترسبات لتكوين معدن الهمتايت (أحمر اللون) والليمونايت (أصفر/برتقالي). ولأن هذه الصخور ما تزال تحتفظ بالكثير من مواصفاتها الرسوبية فإنها تعد صخور متحولة من المرتبة الواطئة.

Image 28: Metasediments, Hatta

These are sediments that have been folded from their original horizontal position to a vertical one. The colors are due to metamorphic processes involving water and heat, which oxidizes the iron in the sediments to make the minerals hematite (red) and limonite (yellow/orange). Because these rocks still retain much of their sedimentary characteristics, they are considered "low-grade" metamorphic rocks.

WARNING - WEAR
SAFETY GOGGLES

Image 29: Serpentenite, east of Al Ain (Inset: Serpentenite, east of Al Ain)

As explained in image 27, serpentinite is a common metamorphic rock formed from altered peridotite or gabbro. One of the characteristics of serpentinite is a green color with lots of criss-crossing white veins. The minerals forming the veins can be serpentine, asbestos, or a magnesium-rich carbonate called magnesite. These images from near Al Ain are beautiful examples of this criss-cross veining.

الصورة 15: سربنتنايت، شرق العين (الصورة الداخلية: سربنتنايت، شرق العين)

كما أوضحنا في الصورة 17، السربنتنايت صخرة متحولة شائعة تتكون من تحول البيردوتايت أو الجابرو. ومن مميزات صخرة السربنتنايت لونها الأخضر مع وجود الكثير من العروق البيضاء المتقاطعة. ويمكن أن تكون المعادن المتكونة في العروق من السربنتين والأسبستوس أو معدن جيري غني بالمجنيسيوم يسمى المجنسايت. وتمثل هذه الصور المأخوذة من قرب مدينة العين أمثلة جميلة على العروق المتقاطعة.

الصورة 14: الشست، مدام

الشست صخرة متحولة من المرتبة المتوسطة تتكون من تحول الصخور الرسوبية، وتكون عادة شديدة الطي ولها سطح مشابه بورق الألمنيوم المجعد. ويوصف هذا النوع من السطوح بأنه (متورق)، ويدلل على أن الصخرة قد تعرضت خلال عملية التحول إلى الحرارة والانضغاط والقص. ولقد نتجت التكسرات الموجودة في هذه الصخرة بعد أن كشفتها التعرية عند سطح الأرض.

Image 30: Schist, Madam

Schist is a type of "medium-grade" metamorphic rock that formed from sedimentary rocks. It is usually highly folded and has a surface similar to wrinkled aluminum foil. This kind of surface is called "foliated" and indicates that during the metamorphic process the rock was exposed to heat, compression, and shearing. The fracturing in this rock occurred after erosion exposed it at the surface.

MARNING-WEAR
SAFETY GOGGLES

القسم الثالث: الصخور المتحولة

Geologic Structures

Image 31: Jebel Hafit Anticline, Jebel Hafit (Inset: Tilted layers, east of Al Ain)

Looking north towards Al Ain from the top of Jebel Hafit there are two rides, or what geologists call “limbs” extending into Al Ain. Jebel Hafit is an anticline – a large fold in the surface of the earth in which the layers on each side dip away from a central point. Think of an upside down letter “U.” In the case of Jebel Hafit, the top of the fold or “hinge” is not perfectly horizontal, but tilted to the north. When that happens, it is called a plunging anticline. In this photo the layers in the middle of the fold have been eroded away leaving behind the limbs. The limb on the left is the western limb and its layers tilt to the west. The limb on the right is the eastern limb and its layers tilt to the east or are vertical. The inset shows a small ridge to the east of Jebel Hafit that dips toward the mountain. This layer connects with those of the eastern limb to form the opposite of an anticline—a syncline (think of a right-side up “U”).

الصورة 13: طية جبل حفيت المحدبة، جبل حفيت (الصورة الداخلية : طبقات مائلة، شرق العين)

إذا ما نظرنا من على قمة جبل حفيت باتجاه مدينة العين نرى مرتفعين أو كما يسميها الجيولوجيون جنبي الجبل يمتدان صوب المدينة. يمثل جبل حفيت طية محدبة: طية كبيرة في سطح الأرض تميل الطبقات في كل جانب منها بعيداً عن النقطة المركزية، شبيهة بحرف U اللاتيني مقلوباً. وفي حالة جبل حفيت، تكون قمة الطية أو "المفصل" غير أفقية تماماً، بل هي منحرفة باتجاه الشمال. وعندما يحدث ذلك فإنها تسمى "طية محدبة غاطسة". وفي هذه الصورة، تعرضت الطبقات الموجودة في منتصف الطية إلى التعرية تاركة خلفها جوانب الطية. والجانب الظاهر الى اليسار هو الجانب الغربي وتميل طبقاته الى الغرب. والجانب الظاهر الى اليمين هو الجانب الشرقي وتميل طبقاته أما إلى الشرق أو تكون عمودية. وتظهر الصورة الداخلية بروزاً صغيراً إلى شرق جبل حفيت يميل باتجاه الجبل. ترتبط هذه الطبقة مع طبقات الجانب الشرقي كي تشكل معكوس الطية المحدبة – طية مقعرة (شبيهة بحرف U اللاتيني).

الصورة 12: ترسبات مطوية، حتا.

تقدم هذه الصورة مثالاً جميلاً على الطي الشديد الذي يمكن أن يحدث عندما تكون الطبقات لدنة ومضغوطة. إن هذه الترسبات هي نفسها الموجودة في الصورة 16، ولكنها ترى الآن على مقياس أكبر. ولقد تكونت في المحيط على امتداد منحدر القارة عندما كانت الصفيحة العربية جزءاً من أفريقيا. وعندما أزيحت الصفيحة العربية بعيداً عن أفريقيا مكونة البحر الأحمر واصطدمت مع الصفيحة الاسيوية – الأوروبية (أوراسيا)، كانت هذه الترسبات موجودة في أعماق الأرض حيث جعلتها الحرارة الشديدة هشة. وأدى اصطدام القارات إلى انضغاط الطبقات من جوانبها مما أدى إلى خلق طيات ضيقة جداً كما هو ظاهر هنا.

Image 32: Folded sediments, Hatta

This is a beautiful example of the intense folding that can occur when layers are ductile and compressed. These are the same sediments as in image 28, only now seen on a larger scale. They were formed in the ocean along the slope of the continent when Arabia was part of Africa. When Arabia rifted away from Africa, forming the Red Sea, and collided with Asia, these sediments were deep in the Earth where the heat made them soft. The collision of the continents compressed the layers from the sides making the very tight folds seen here.

Image 33: Boxfold, Jebel Hafit

A box fold is a fold in which, rather than having a single, curved hinge, there is a nearly 90 degree angle between a limb and a flat center. There may be two hinges or angles between a right limb, flat center, and left limb. This image shows a western limb, 90 degree bend, and flat center. If there is another bend and limb it is out of the picture to the right.

الصورة 11: طية صندوقية، جبل حفيت

الطية الصندوقية هي طية بدلا من أن يكون لها مفصل منفرد مقوس، تكون هنالك زاوية قدرها 90 درجة بين جانب الطية ومركزها المستوي. وقد يكون هنالك مفصلان أو زوايا بين الجانب الأيمن والمركز المستوي والجانب الأيسر. تظهر هذه الصورة جانبا غربياً، وانحناء عمودي ومركز مستو. ولو كان هناك انحناء وجانب آخر فإنهما سيكونان خارج الصورة من جهة اليمين.

الصورة 10: المرتفعات والمنخسفات، جبل حفيت

يطلق على الجزء المركزي من هذه الصورة اسم (مرتفع). ولو دققت النظر في كل من الجانبين فلسوف ترى صدعاً، أو حركة سطحية، يكون فيها كلا من جانبي المرتفع قد تحرك باتجاه الأسفل، يطلق على الكتل الأرضية التي تتحرك باتجاه الأسفل اسم (المنخسفات)، وتتكون المرتفعات والمنخسفات عادة نتيجة للشد حيث يخلق السحب أو الانزياح تكسرات وفواصل تتحطم فيها مقاطع من الصخور. وعندما تتكسر الصخور وتغطس في الفراغات المفتوحة فإنها تشكل صدعاً. تسمى الصدوع التي تتكون بهذه الطريقة، بحيث يتحرك أحد المقاطع إلى الأسفل نسبة إلى الآخر بالصدوع "الاعتيادية"، ويطلق على الكتلة العليا اسم المرتفع بينما يطلق على الكتل الساقطة نحو الأسفل اسم المنخسف.

Image 34: Horst and Grabens, Jebel Hafit

The central portion of this image is called a “horst.” If you look closely on each side you will see a fault, or a surface of movement, in which either side of the horst has moved downward. The blocks of earth that have moved down are called “grabens.” Horsts and grabens usually form as a result of tension where pulling or rifting creates fractures and gaps into which sections of rock collapse. As the rock breaks and sinks into the open space it forms a fault. Faults that are created this way, with one section moving down relative to the other, are called “normal” faults. The upper block is called a horst and the down-dropped block a graben.

Image 35: Fault Surface, Jebel Hafit

The large flat area in the upper portion of this image is the surface of a fault. Faults are 2-dimensional planes that cut through the Earth. In this location, erosion has exposed this planar surface. Usually, as in image 34, faults are most often seen in cross-section and thus appear to be only 1-dimensional. Note: the channel cutting through the rock was a drill-hole for dynamite that was used to blast the rock apart for a roadcut. So in the case of this location the "erosion" was manmade. Geologists love roadcuts for what they reveal of the inside of the Earth.

الصورة 9: سطح صدع، جبل حفيت

تمثل المنطقة الكبيرة المستوية الظاهرة في الجزء العلوي من الصورة سطح صدع. والصدوع مستويات ثنائية الأبعاد تقطع خلال صخور الأرض. وفي هذا الموقع كشفت التعرية هذا السطح المستوي. ومن المعتاد، كما هو ظاهر في الصورة 10، أن ترى الصدوع في مقطع عرضي وبذلك تظهر أحادية الأبعاد. لاحظ أن الأخدود الذي يقطع خلال الصخور هو تجويف لوضع المتفجرات التي كانت تستعمل لتكسير الصخور كجزء من عملية شق الطريق. وبذلك، فإن "التعرية" في هذه الحالة، قد حدثت بفعل البشر. ويحب الجيولوجيون مقاطع الطرق لما تكشفه من تفاصيل داخل الأرض.

الصورة 8: سطوح الانزلاق (الصورة الداخلية)

إذا كانت الصخور التي يقطعها الصدع صلبة وقوية جداً يمكن للاحتكاك داخل الصدع بالتزامن مع حركته، أن يصقل سطوح الصدوع كما هو ظاهر في هذه الصورة. وفي هذه الحالة، سمح صدع اعتيادي مبكر للمياه الجوفية الغنية بالكالسيوم بأن ترسب عروق من الكالسايت في فراغ الصدع. أدت حركة الصدع الأفقية اللاحقة إلى صقل هذا الكالسايت إلى سطح ناعم، ويطلق على هذه السطوح المصقولة بتأثير السطوح اسم (سطوح الانزلاق) بينما تدل العلامات الخطية على اتجاه الحركة. أما الصورة الداخلية فإنها تظهر بعض هذه العلامات في موضع آخر يقع إلى الشمال من الموقع الظاهر في الصورة الكبيرة.

Image 36: Slick 'n' Sides, Jebel Hafit (Inset: Fault striations, Jebel Hafit)

If the rock that a fault cuts through is very hard and solid, the friction within the fault, coupled with its movement, can polish the surfaces of the fault, as is the case in this picture. In this case, an early normal fault allowed calcium rich groundwater to precipitate calcite veins in the space of the fault. Later horizontal fault movement of the same fault polished this calcite into a smooth surface. These fault-polished surfaces are called slick 'n' sides and the linear striations indicate the direction of movement. The inset photo shows some of these striations at another location to the north of the larger image.

WEARING - WEAR
SAFETY GOGGLES
Eastwing

Image 37: Fault Gouge, Hatta

Due to friction, movement along a fault can fracture the rock in a narrow zone along the fault (called a "fault-zone"). Thus the area of the fault is often filled with gravel-sized, broken rock. In addition, because the rock is broken it becomes a conduit for groundwater flow. Over time this water, especially if it is hot, can chemically and mineralogically alter the rock in the fault-zone. That is what has happened here. The broken rock in the fault-zone has been altered by groundwater flow from a gray gabbro to a rock rich in a green mineral, probably chlorite.

الصورة 7: كسارة الصدع، حتا

بسبب الاحتكاك، يمكن للحركة على امتداد الصدع أن تكسر الصخور في نطاق ضيق على امتداد الصدع (يسمى نطاق الصدع). وبذلك فإن منطقة الصدع غالباً ما تملأ بكسارة صخرية بحجم الحصى. ولأن الصخرة قد تكسرت فإنها تصبح مسلكاً لإنسياب المياه الجوفية. وبمرور الوقت، فإن هذا الماء، خصوصاً إذا كان حاراً، يمكن أن يغير كيميائياً ومعدنياً الصخور الموجودة في نطاق الصدع، وذلك ما حدث هنا. فلقد تغيرت الصخور المتكسرة في نطاق الصدع بتأثير انسياب المياه الجوفية من جابرو رمادي اللون إلى صخرة غنية بمعدن أخضر قد يكون الكلورايت.

الصورة 6: ترسبات متحولة ومتصدعة، حتا

عند نفس الموقع الظاهر في الصورتين 12 و 16 يمكن أن نرى ما يحدث عندما تتعرض الصخور الهشة إلى الانضغاط – إنها تتكسر وتشكل صدوعاً. وعندما تتكون الصدوع بفعل الانضغاط فإنها تسمى صدوعاً "اندفاعية"، ولسوف يتحرك أحد الجوانب على قمة الآخر، ويتسبب هذا النوع من الصدوع في نشوء أقوى الزلازل. لقد نتج الزلزال الذي تسبب في السنامي الاندونيسي في ديسمبر (كانون الأول) 2004 من هذا النوع من الصدوع.

Image 38: Faulted Metasediments, Hatta

At the same location as images 28 and 32 can be seen what happens when rocks are compressed and are brittle—they break and form faults. When faults form by compression they are called "thrust" faults. One side will move over the top of another. This kind of faulting produces the largest earthquakes. The earthquake that produced the Indonesian tsunami in December 2004 was caused by this type of faulting.

Image 39: Calcite-filled Fault Vein, Jebel Hafit (Inset: Calcite crystals, Jebel Hafit)

Because faults create space, there is often room for large crystals to grow. In this case, large calcite crystals grew into the space made by a large fault cutting through Jebel Hafit. The source of the calcite was calcium-saturated water flowing through the fault zone. The white crystals are fresh and relatively newly exposed. The grey color results from crystals that have been exposed to the sun. The radiation of the sun reacts with impurities in the calcite to change its color from white to grey.

الصورة 5: عرق صدعي مملوء بالكالسايت، جبل حفيت (الصورة الداخلية: بلورات الكالسايت، جبل حفيت)

لأن الصدوع تخلق فراغاً، لذلك غالباً ما يكون هناك مجال لنمو البلورات. وفي هذه الحالة نمت بلورات كبيرة من الكالسايت في الفراغ الذي صنعه صدع كبير يقطع خلال جبل حفيت. ومصدر الكالسايت هو الماء المشبع بالكالسيوم الذي ينساب خلال نطاق الصدع. والبلورات البيضاء حديثة التكون ومتكشفة منذ فترة قصيرة فقط، بينما ينتج اللون الرمادي من تعرض البلورات إلى الشمس، إذ يتفاعل ضوء الشمس مع الشوائب الموجودة في الكالسايت فيغير لونه من الأبيض إلى الرمادي.

WARNING-WEAR
SAFETY GOGGLES

القسم الثاني: التراكيب الجيولوجية

Other Features

الصورة 4: بقايا جذور النباتات، جبل حفيت

إن ما يبدو أنه جذور نبات قد تكون في الحقيقة من قبل نبات ينمو في الصخرة. تنمو البكتيريا داخل أنظمة جذور النباتات وعلى امتداد سطوحها، وتتحد نواتج البكتيريا مع الماء كي تكون مركبات حمضية. يذوب هذ الحمض الحجر الجيري، وفي هذه الصورة فأنه حفر أيضاً أشكال الجذور على الصخور. ولسوء حظ النبات الذي أنتج هذه الآثار، فإنه نمى كثيراً إلى حد أنه كسر الصخرة التي كان ينمو عليها كاشفاً عن جذوره وقاتلاً نفسه من خلال ذلك.

Image 40: Plant Root Traces, Jebel Hafit

What looks like plant roots was actually formed by a plant growing in rock. Within the root systems of plants and along the surface of the roots are bacteria. The byproducts of the bacteria combine with water to form acidic compounds. This acid dissolves limestone and in the case in this image etched the shapes of the roots into the rock. Unfortunately for the plant that produced these traces, it grew big enough to split the rock in which it was growing, exposing its roots and killing itself in the process.

WARNING-WEAR
SAFETY GOGGLES

Image 41: Storms Across an Alluvial Plain, Madam

One of the most critical resources in the United Arab Emirates, as is the case in much of the world, is water. Not only does water itself affect geology, by causing erosion and transportation of materials and by geochemically reacting with the minerals in rocks, but the type of rock and sediment present affects how water is stored and transported within the Earth. In addition, mountains help to form clouds, causing precipitation; the mountains then capture the rain or other precipitation when it falls.

الصورة 3: عواصف عبر سهل الطمي، مدام

يعد الماء في الإمارات العربية المتحدة، كما هو الحال في العديد من بقاع العالم أحد أهم الموارد الطبيعية، ليس لأن الماء نفسه يؤثر على الجيولوجيا فحسب، من خلال تسببه بتعرية المواد ونقلها، ومن خلال التفاعل الجيوكيميائي مع المعادن الموجودة في الصخور، ولكن أيضاً لأن نوع الصخرة ونوع الترسبات يؤثر على الطريقة التي يخزن فيها الماء وينتقل داخل الأرض. وفضلاً عن ذلك، تساعد الجبال على تكون السحب، مما يؤدي إلى هطول الأمطار، ثم تقوم الجبال بعد ذلك باصطياد المطر وأنواع الهطول الأخرى عندما تتساقط عليها.

الصورة 2: ينبوع ماء ساخن، جبل حفيت

يعتقد أن الماء الواصل إلى السطح هنا عند جبل حفيت ربما يكون قطع مسافة قد تصل إلى الكيلومترين من الأعماق، وهو يحتفظ بدرجات الحرارة العالية التي اكتسبها من باطن الأرض ذلك لأنه يصل إلى السطح بسرعة على امتداد الصدوع العديدة التي تقطع خلال جبل حفيت. وتمثل الصدوع مسالك أساسية لانسياب المياه الجوفية.

Image 42: Hot Spring Water, Jebel Hafit

It is estimated that the water coming to the surface here at Jebel Hafit may have traveled from as much as 2 km below. It retains the high temperatures it gained from within the Earth because it travels to the surface quickly along one of the many faults that cut through Jebel Hafit. The faults serve as a critical conduit for the flow of groundwater.

Image 43: Indian Ocean Coast, Khor Fakkan

This image illustrates much of the beautiful geology of the United Arab Emirates. The mountains are peridotite and igneous rock from deep within the Earth. The mountains are broken by faults and cut by dikes and veins of metamorphic rocks. The beach consists of sediment particles weathered from the mountains as well as coral reefs just off the coast, which offer some of the best diving in Arabia. This landscape is a result of continuous processes over the course of millions of years, resulting in the beauty that we see and enjoy today.

الصورة 1: ساحل المحيط الهندي، خورفكان

تظهر هذه الصورة الكثير من الملامح الجيولوجية الجميلة لدولة الإمارات العربية المتحدة، فالجبال مكونة من البيردوتايت وصخور نارية ارتفعت من أعماق الأرض. ولقد تكسرت هذه الجبال بالصدوع وقطعتها القواطع والعروق المكونة من الصخور المتحولة. ويتكون الشاطئ من حبيبات الترسبات التي تكونت من تعرية الجبال، وكذلك من الشعاب المرجانية التي تنمو في البحر قريباً من الشواطئ، والتي تمثل أفضل مناطق الغوص في المنطقة. إن هذه التضاريس لهي محصلة لعمليات متواصلة على امتداد ملايين السنين، خالقة الجمال الذي نراه ونستمتع به اليوم.

القسم الأول: المظاهر العامة

أنها تترسب، كما هو الحال مع القشر الملحية أو الشعاب المرجانية، وغالباً ما تحتوي الصخور الرسوبية على مقادير كبيرة من المادة العضوية التي تولد في النهاية الترسبات النفطية والغازية الهائلة الموجودة هنا.

وتتكون الصخور المتحولة من تغيير الصخور الموجودة مسبقاً بطرق معينة دون إذابتها، فإذا ذابت الصخرة فإنها تصبح صخرة نارية مرة أخرى، وتحدث معظم عمليات التحول في درجات حرارة أو ضغوط عالية. كانت كل الصخور المتحولة صخوراً من نوع آخر، صخوراً نارية أو رسوبية بل حتى صخوراً متحولة أخرى.

يكرس الجزء الثاني للتراكيب أو البنى الجيولوجية، وتمثل التراكيب الجيولوجية أية مظاهر كبيرة الحجم يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وتشمل التراكيب الجيولوجية من بين أشياء عديدة أخرى الطيات والصدوع (الفوالق) والتكسرات ... الخ، وتؤدي ندرة الغطاء النباتي في دولة الإمارات العربية المتحدة إلى جعلها المكان المثالي لرؤية مثل هذه المظاهر لأن المقاطع الصخرية متكشفة بشكل واضح، كما أن مقاطع الطرق مناسبة أيضا لأنها تمثل تكشفات جديدة لم تتعرض بعد إلى عمليات التجوية والتعرية.

يغطي الجزء الأخير المظاهر الجيولوجية "العامة" لأنه يحتوي على صور ترتبط بالجيولوجيا ولكنها لا تصنف بشكل واضح مع أي من الأجزاء الأربعة الأخرى. وفي الواقع اليومي، فإن الجيولوجيا هو علم دراسة الأرض، لذلك يمكن أن تكون في هذا الكتاب المزيد من الأجزاء تحتوي على الكثير من الصخور. لقد تم اختيار هذه المجموعة الصغيرة كي تقدم مثالاً للأرث الجيولوجي الهائل التي تمتلكه دولة الإمارات العربية المتحدة.

وفي معظم صور الكتاب تظهر مطرقة جيولوجية أو قلم جيولوجي صغير ولكن المطرقة هي الأكثر ظهوراً، ويخدم هذا التقليد توفير مقياس مناسب للجيولوجيين، ذلك لأن المطرقة الجيولوجية هي إحدى المعدات الأساسية التي يستعملها الجيولوجي في الحقل.

المقدمة:

لقد أنعم الله سبحانه وتعالى على دولة الإمارات العربية المتحدة بتضاريس متنوعة وجميلة. وتمثل هذه التضاريس حصيلة العمليات الجيولوجية التي حدثت خلال تاريخ الأرض. ويأتي الجيولوجيون من مختلف أنحاء العالم إلى الدولة وإلى سلطنة عمان بسبب المظاهر الجيولوجية الفريدة التي تتوفر في هذين البلدين. وعلى الرغم من ذلك، لا يتوفر إلا كتابان أعدا للقراء غير المتخصصين وكلاهما عن جيولوجية عمان، ولم يصدر أي كتاب منفرد عن جيولوجية الإمارات العربية المتحدة. وإننا لنأمل أن يمثل هذا الكتاب بداية للتعويض عن هذا النقص الفادح.

لا يمثل هذا الكتاب مجرد تفسير لبعض الظواهر التي قد تصادفها أثناء ترحالك في هذا البلد الجميل، ولكنه قد يشجعك على الخروج أكثر للتفرج على روائع الطبيعة. وتمثل دولة الإمارات العربية المتحدة مكاناً عظيماً لمثل هذه الفعاليات، فمن كثبانها الرملية الخلابة إلى جبالها وشواطئها ووديانها، ثمة الكثير من الأشياء الرائعة التي قد تتطلب عمراً كاملاً لكي تُرى وتدرس ويستمتع بها.

يقسم هذا الكتاب إلى خمسة أجزاء. تمثل الثلاثة الأخيرة منها مجموعات الصخور الثلاث الرئيسية وهي الصخور النارية والرسوبية والمتحولة.

تتكون الصخور النارية من تصلب الصهارة البركانية، وهي يمكن أن تتكون داخل الأرض أو على سطحها، وعندما تتكون داخل الأرض تسمى بالصخور الاقتحامية أو الجوفية، أما حينما تتكون خارج الأرض فأنها تسمى بالصخور السطحية أو البركانية . وعلى الرغم من عدم وجود أية فعاليات نارية نشيطة في وقتنا الحاضر ولكن كان هنالك العديد منها في الأزمنة الجيولوجية الغابرة.

أما الصخور الرسوبية فإنها تتكون من ربط قطع الصخور الأخرى أو الحبيبات الرسوبية مع بعضها، أو

شكر وتقدير

أولاً وقبل كل شيء، لم يكن لهذا الكتاب أن ير النور لولا الإقتراح المبدئي والتشجيع الذي لقيته من الدكتور أحمد مراد رئيس قسم الجيولوجيا في جامعة الإمارات العربية المتحدة، وإني لآمل أن يساعد هذا الكتاب في إرضاء رغبته بزيادة وعي عامة الجمهور بجيولوجية دولة الإمارات العربية المتحدة. ولقد قضى زملائي في قسم الجيولوجيا سنوات طويلة في دراسة جيولوجية دولة الإمارات وأنا ممتن لكرمهم من خلال تقاسمهم تلك الخبرات معي، وأخيراً أود أن أتقدم بشكر خاص إلى السيد حمدي قنديل لتصميمه الكتاب.

مقدمة

إنه لمن دواعي سروري أن أقدم لكم هذا الكتاب الإرشادي الذي قام بإعداده أحد أعضاء هيئة التدريس في قسم الجيولوجيا بجامعة الإمارات، هذا الإصدار والذي قدمه الدكتور بنجامين جوردن هو رد لاحتياجات مدرسي الجيولوجيا والطلاب. ويشير هذا الرد السريع بوضوح إلى اجتهاده وتفانيه في العمل، وأنا واثق بأن هذا الإصدار سوف يخلق تغيرات كبيرة في نظرة الطلاب لعلم الجيولوجيا.

الإصدار الذي يحمل عنوان " المظاهر الجيولوجية في دولة الإمارات العربية المتحدة " يجمع الصور الحقيقية لجيولوجية دولة الإمارات مع وصف مختصر لكل صورة، وسيشجع هذا الدمج الطلاب على الخروج إلى الحقل والبحث عما في الصور، وبهذه الطريقة سيحس الطلاب والمهتمين بالجيولوجيا بالصخور الصلبة وسيتمكنون من قراءة المواد الجامدة.

د. أحمد مراد
رئيس قسم الجيولوجيا

المظاهر الجيولوجية لدولة الإمارات العربية المتحدة

الدكتور: بنجامين جوردن

تقديم : الدكتور أحمد مراد

2007

المظاهر الجيولوجية لدولة الإمارات العربية المتحدة

الدكتور: بنجامين جوردن

تقديم : الدكتور أحمد مراد