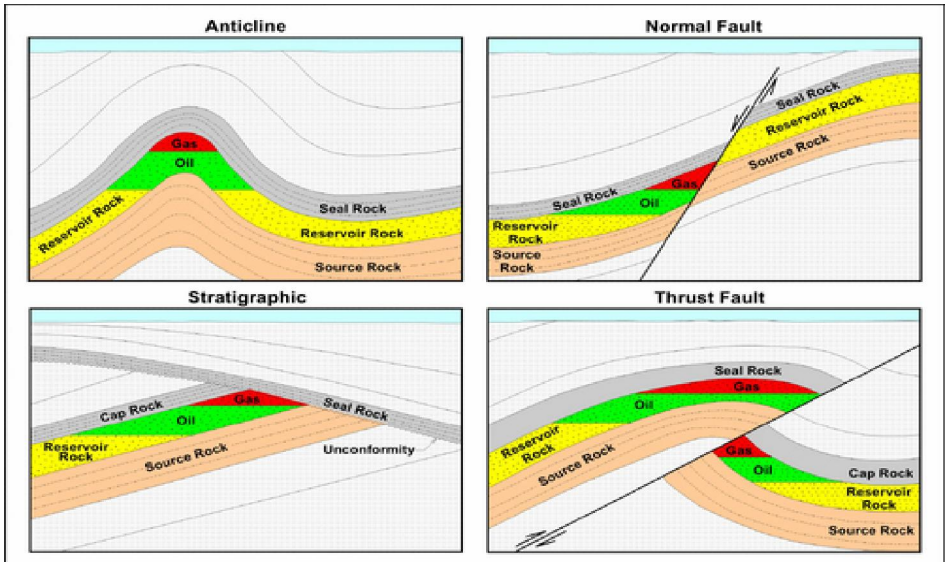
نشاطات المياه الجوفية : Groundwater Activity

يحدد العمل الجيولوجي للمياه الجوفية بمدى نشاطها و تأثيرها الميكانيكي و الكيميائي على الصخور و البيئة .

أ- النشاط الميكانيكي:

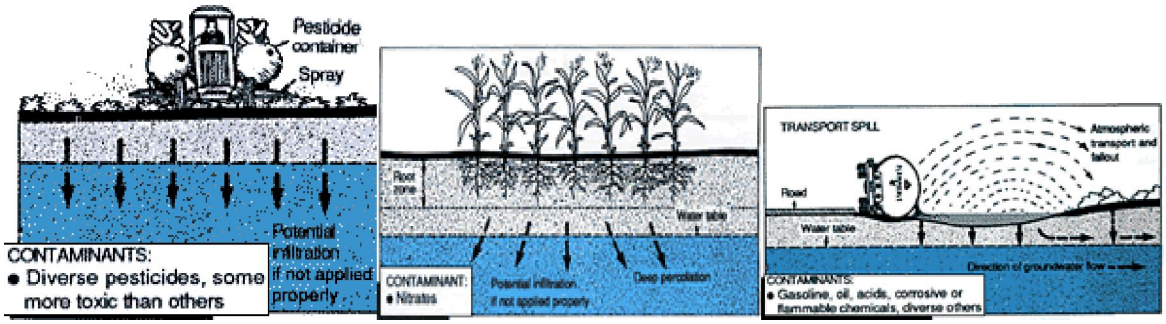
يأتي نشاط المياه الجوفية بالمفهوم الميكانيكي من خلال حركة و سرعة جريان المياه الجوفية و انتشارها ضمن الخزانات الجوفية بين مناطق التغذية و التصريف و من خلال تذبذب مستوياتها و علاقتها بالمسطحات المائية, و عليه فللمياه الجوفية نشاطات فيزيائية يمكن إجمالها بالاتي:-

1- تساعد المياه الجوفية من خلال حركتها على هجرة النفط و الغازات بين نطاقات التكوين و نطاقات الخزن (المصائد و المكامن النفطية), شكل ( ).



Simplified cartoons showing some common types of hydrocarbon traps recognized in producing oil and gas fields around the world.

2- تقوم المياه الجوفية بنقل نتائج العمل الكيميائي للمياه الجوفية على الصخور (نتائج التجوية) بشكل حمولة ذائبة (أملاح و ايونات) بين مناطق التغذية و التصريف , و قد تكون المياه الجوفية مصدرا لتلوث المياه السطحية في حالة كون المسطحات المائية تمثل نطاقات تصريف لها و المياه الجوفية قد تكون سببا مهما بانتشار الملوثات الصناعية والزراعية بين المناطق .



3- تقوم المياه الجوفية القريبة من السطح بنقل الأملاح و ترسيبها في الترب و بفعلها تكون عامل سلبي في التأثير على البيئة الزراعية .

4- تذبذب مستويات المياه الجوفية يخلق مشاكل هندسية لأسس البنايات و المنشآت حيث انخفاض مستوياتها في الترسبات الواقعة تحت البنايات يؤدي إلى انضغاط التربة و حدوث خسف و هبوط Subsidence يؤثر على مدى استقرار المنشآت و البنايات . و إن ارتفاع مناسيبها قد يؤدي إلى ارتفاع نسب الأملاح في الأسس و بالتالي يقلل من قدرة الأسس على مقاومة الاجهادات و الأوزان .

5- وجود المياه الجوفية في الطبقات الجيولوجية المائلة تؤثر بشكل مباشر على عمليات الانزلاقات الأرضية و الطينية ,شكل ( ) .

شكل( ). الانزلاقات الارضية بسبب المياه الجوفية

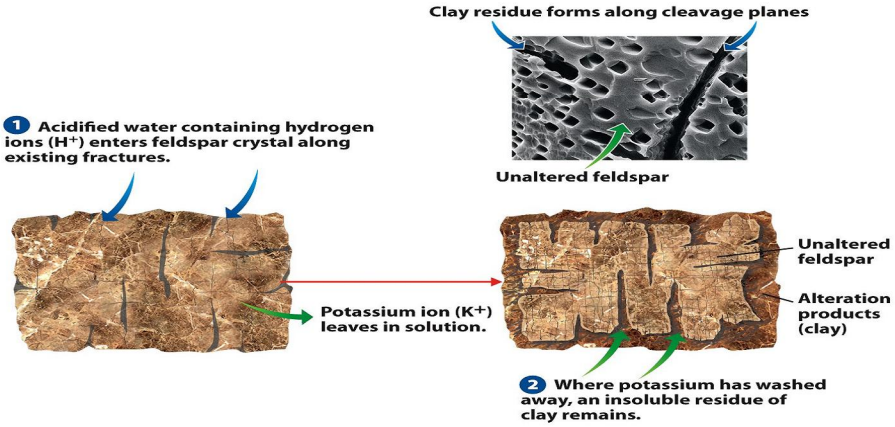
6- انتقال درجة حرارة الجوف الأرضي عبر الينابيع يساعد كثيرا في خلق التوازنات الحرارية للأرض .
7- وجود المياه الجوفية مع الصهير و اللافا دور مهم في تحديد موديل تبلور معادن الصخور النارية .

ب- النشاط الكيميائي :

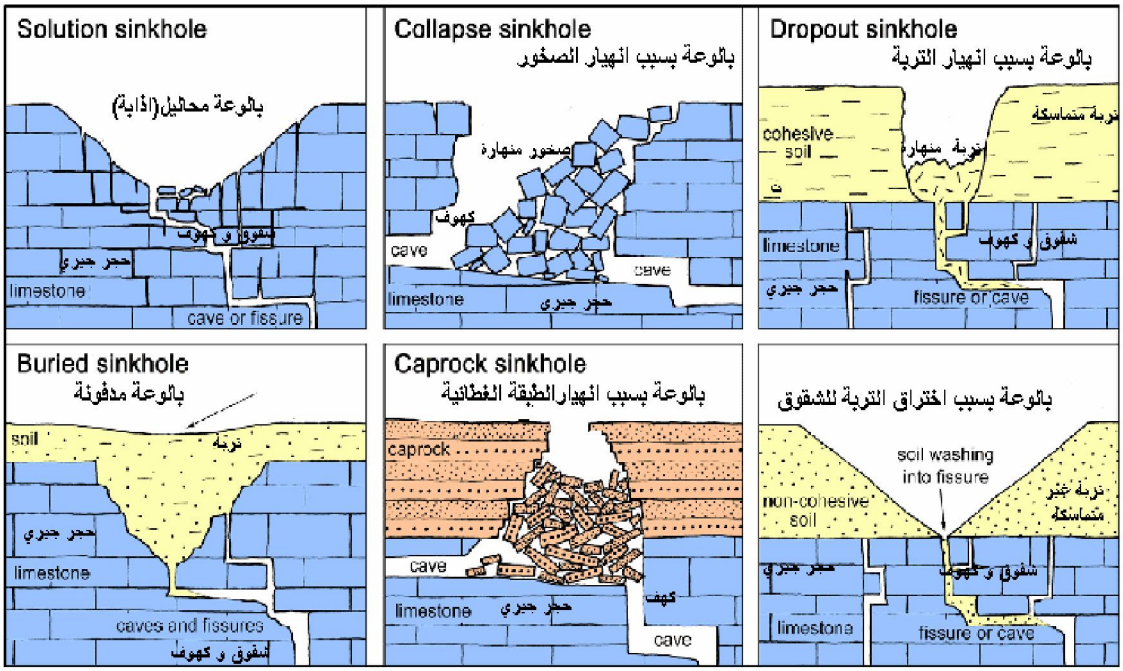
يقسم النشاط الكيميائي إلى ثلاثة أقسام هي الإذابة و الإحلال و الترسيب:

1- الإذابة:

تذيب المياه الجوفية الكثير من معادن الصخور و ذلك يعتمد على مقدار الحامضية أو القاعدية للمياه بالإضافة إلى درجة حرارة المياه حيث تستمد المياه الجوفية حمولتها الذائبة من الترسبات و التربة .



و تتضح أهمية فعل الإذابة في هدم الصخور الجيرية و تكوين طبوغرافية الخسفات (الكارست) و ينتج ذلك من خلال عملية الإذابة التفاضلية على أسطح تطبق الصخور الجيرية حيث تقوم المياه الجوفية بإذابة كربونات الكالسيوم بسرعة اكبر من بقية المواد المصاحبة لها في الصخور الجيرية , و يؤدي ذلك إلى تعرج السطوح الصخرية المعرضة للمياه الجوفية , كما تتم الإذابة في الصخور الجيرية ذات الفواصل و الكسور و تبتدئ أولا عند نقاط التقاء الفواصل و الكسور ثم تتوسع و تأخذ إشكال الأقماع ثم تتحول إلى كهوف و مغارات تحت ألسطح قد تتسع و تنهار سقوفها لتكون البالوعات (Sinkholes) . و قد تتصل هذه ألكهوف مكونة قنوات داخلية تحت سطحية, شكل( ) .



شكل ( ). انواع البالوعات www.speleogenesis.infoarchivesg7artld3275.

2- الإحلال: Replacement

هو عملية ترسيب المعادن التي تحملها المياه الجوفية محل المواد العضوية التي تتكون منها البقايا ألنباتية أو الحيوانية المدفونة في الرسوبيات مثل إحلال معدن السليكا محل أخشاب النباتات لتحولها إلى متحجرات تحتفظ بالتفاصيل العضوية الدقيقة و الأصلية من خلايا أو أنسجة كما يحل اوكسيد الحديد محل أوراق و قواقع الحيوانات أو هياكل البقايا الحيوانية و هذا ما يعرف بعلمية التحجر .

3- الترسيب :Deposition :

يحدث الترسيب من المياه الجوفية عندما يصل تركيز الايونات المحمولة في المياه الجوفية إلى درجة الإشباع و هي أقصى ما يمكن حمله من ايونات ذائبة , فعندما يحدث تغيير في بيئة و ظروف تواجد المياه الجوفية من درجة الحرارة أو الحمضية أو جهد التأكسد و الاختزال عندها تبدأ عملية ترسيب المعادن في مسامات الصخور لتكون المادة اللاحمة Cement, أو في الشقوق و الكسور لتكوين العروق, أو في الكهوف كما في ترسيب الستالاكتايت و الستالاكمايت شكل ( ) , و قد يكون الترسيب حول جدران فجوة و البلورات تنمو باتجاه مركز الفجوة و هذا ما يعرف بالجيود Geode, أو يترسب حول حبيبة تنمو باتجاه الخارج و هذا ما يدعى بالدرنات Concretion , أو قد تترسب المعادن الكلسية و السليكية حول فتحات الينابيع و المراجل Geysers ,شكل ( ).

ترسبات الدياتومايت

شكل .( ). ترسبات الترافرتين حول الينابيع.
www.desktopscenes.comScenes.

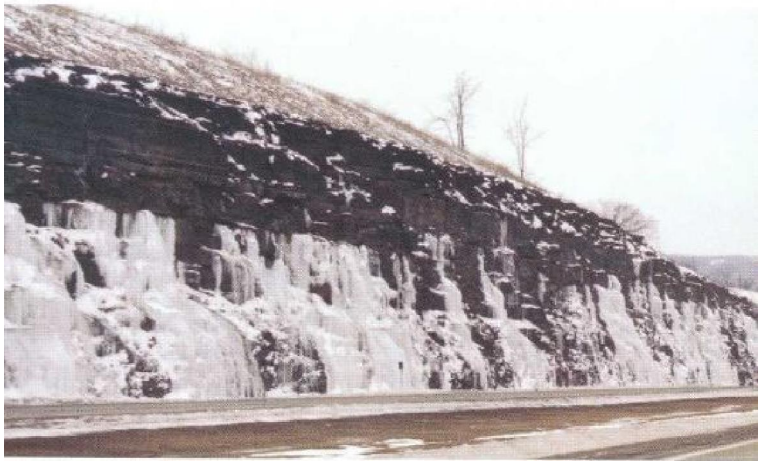
شكل .( ). ترسبات المياه الجوفية (الصواعد و الهوابط).

- الينابيع : Spring

هي مواقع أو نقاط مائية تتدفق منها المياه الجوفية على سطح الأرض بصورة طبيعية ناتجة من تقاطع مستوى الماء الجوفي ألاستقراري مع سطح الأرض, شكل ( ) .

و هنالك عدة عوامل تعمل على تدفق المياه الجوفية بشكل ينابيع هي :

1- عمليات التجوية و التعرية التي تعمل على إزالة نطاق التهوية (النطاق غير المشبع) حيث ينكشف النطاق المشبع على السطح و خصوصا عند حافات الوديان و الخوانق النهرية مسببة تكوين ينابيع متدفقة أو نضوحات مائية على جوانب الوديان أو قعرها .



شكل( ). الينابيع كمصدر لتصريف المياه الجوفية

2- ارتفاع نسب معدلات تغذية المياه الجوفية من خلال ارتفاع كمية الأمطار الساقطة المصحوب بازدياد نسب المياه المترشحة و بصورة دائمة .

يمكن تصنيف الينابيع اعتمادا على المحددات الهيدروجيولوجية للخزانات الجوفية إلى :-

1- الينابيع الطبوغرافية :

و تتواجد عادة في نطاقات تصريف المياه الجوفية و التي يكون فيها مستوى سطح الأرض أدنى من منسوب المياه الجوفية و خاصة في مجاري و حافات الوديان, شكل ( ) .

شكل( ). ينابيع متكونة بفعل طبوغرافي .

2- الينابيع التركيبية :

و تتواجد عادة ضمن نطاقات الفوالق و الصدوع و الكسور الناتجة من الفعاليات التكتونية و التركيبية حيث تعترض أسطح الفوالق اتجاه جريان المياه الجوفية ليكون الممر الأسهل لحركة المياه عموديا خصوصا عندما يحدث تغير كبير وواضح في الصفات الليثولوجية بين جانبي الفالق ,شكل ( ) .

3- الينابيع الطبقية

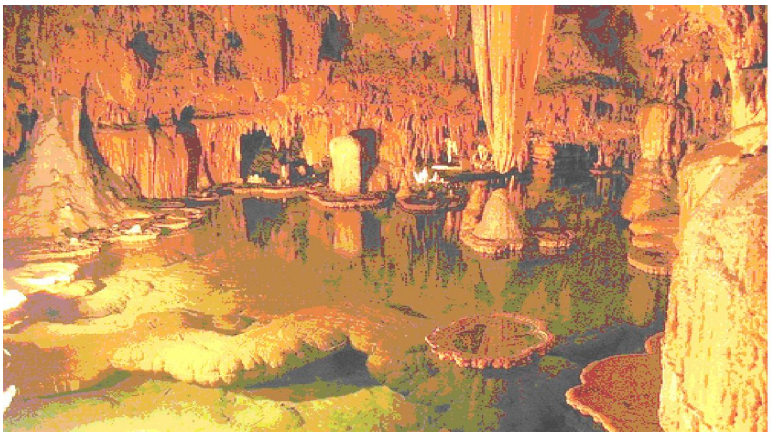
تتدفق مياه الينابيع نتيجة اعتراض طبقة صماء عازلة لحركة المياه الجوفية موجودة على منسوب أعلى من سطح الأرض و منكشفة في منطقة منخفضة مقارنة بالمناطق المجاورة,شكل ( ) .

شكل( ). ينبوع متكون بفعل طباقي. lostriver01

المياه الكارستية أو الكهفية :

التكهف هي إجمالي العمليات الجيولوجية التي تشمل تصدع و تجوية وذوبان الصخور بتأثير المياه السطحية والمياه الجوفية ويتبعها نقل للمواد الذائبة والعالقة في المحاليل بعيدا عن الهضبة الصخرية ،وكلمة الكارست جاءت من اسم مرتفع جبلي يقع في شبة جزيرة البلقان .

تعطي عملية إذابة الماء للصخور ميزة خاصة للطبقات الحاملة للمياه، من ناحية قدرتها على حمل الماء وطريقة جريانه وانتشاره وتجمعه . تحدث عملية التكهف على الصخور الجيرية ، الدولومايت ، الجبس ، الملح الصخري فالفراغات والشقوق الناتجة عن إذابة الحجر الجيري وبشكل متقطع يمكن أن تمتلئ ببقايا الطين ، وربما تمتلئ بالحصى أو بالرمل أو الغرين المتغلغل من الأعلى ، وقد تكون هذه الفراغات مفتوحة وغير ممتلئة بتلك المواد ، وهذا يسهل جريان الماء خلالها ويلاحظ أحيانا وجود بلورات الكالسايت و الاراجونايت في أطراف الفراغات والشقوق وقد تكون معلقة في السقف وربما تكون بشكل أعمدة في الأسفل ، والمياه الجوفية المتجمعة في هذه الكهوف تولد جداول من المياه الجوفية ويمكن للطبقات المائية أن تتواجد في بعض الأحيان فوق الصخور الكارستية وفي هذه الحالة يمكن ملاحظة تجمع واختلاط مكونات الحصى والرمال داخل الخسفات فيكون نظام الخزان المائي خليطا من نظامي الوسط المسامي (porous media) ووسط الشقوق والكهوف (fracture and karst media) ، جريان المياه الجوفية في الصخور الكارستية (شكل) يكون على هيئة جريان متصل ، وليس على هيئة



جداول مائية منفردة وتجري المياه في كل من الاتجاهين الأفقي والرأسي شكل ( ). وقد وجد أن الجريان المائي الكارستي في المناطق الجبلية الواقعة على أعماق كبيرة لا تكون مرتبطة مع بعضها بأية علاقة .

أما ظروف اتصال المياه الجوفية الكارستية مع المياه السطحية فيختلف عن بقية أنواع المياه الجوفية ، حيث نجد إن المخاريط الكارستية والشقوق تقوم بعملية اسر لمياه الجداول المكشوفة ثم تنحدر باتجاه الميل على هيئة ينابيع ضخمة عند شواطئ الأنهار ، ثم تتحول من جديد إلى جداول . وقد يسبب زيادة كمية المياه السطحية المأسورة من قبل الفجوات الكارستية عند الشواطئ ومجاري الأنهار إلى فقدان كميات كبيرة من المياه السطحية ، حيث تتحول إلى مياه جوفية .

إن شكل مستوى المياه الجوفية في المناطق الكارستية يتغير بصورة كبيرة بسبب التصريف الكبير لمياه الطبقات المائية في الجزء الذي تتركز فيه التجاويف الكارستية وهذا يسبب انخفاضا في المستوى المائي ويمكن أن يتغير اتجاه الجريان واتجاه الجداول بشكل حاد ضمن مسافات قصيرة ، وعموما فان المياه الكارستية تختلف كثيرا في مستوياتها وصرفها ،

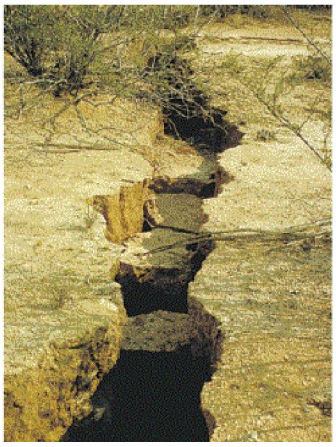
الشكل ( ) يوضح طبقة مائية كارستية متصلة مع شاطئ البحر

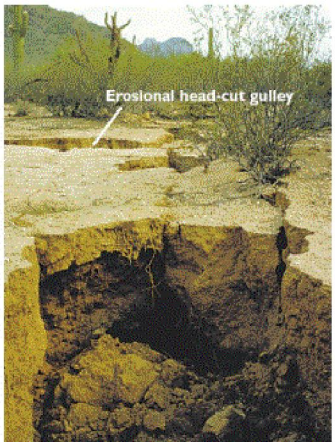
.

أنواع الكارست :

يمكن تقسيم الكارست إلى نوعين : -

- الأول ويسمى بالكارست المكشوف ، يتكون في الصخور الموجودة على سطح الأرض مباشرة .





ـــ والنوع الثاني يسمى بالكارست المغطى : وهو الذي يتكون في المناطق التي توجد فيها الصخور الكارستية تحت السطح ومغطاة بطبقات من الصخور غير كارستية . إن المناطق الكارستية المكشوفة يتكون فيها أنواع متميزة من التضاريس مثل :

التجاويف الأخدودية و الخسفات والأغوار ، وفي حالة اتصال عدة مخاريط مع بعضها البعض يتكون ما يسمى بالنتوئات الصخرية ، وتتراوح أقطار المخاريط من عدة أمتار إلى 30 م وحتى 150 مترا ، وقد يصل عمقها 50 مترا . ونجد أحيانا عددا من المخاريط الكارستية في (1كم 2) من الأرض يصل عمقها حوالي (20 -30) م وأكثر .

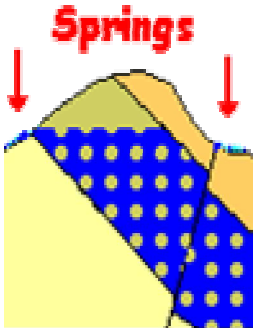
وقد قسم بعض العلماء الكهوف الكارستية من حيث قياسات أطوالها إلى :

1 - الكهوف الهائلة : وتصل إلى 100 كم فأكثر .
2 - كهوف كبيرة جدا : وتتراوح بين 25 - 100 كم .
3 - كهوف كبيرة : وتتراوح بين 1-25 كم
4 - كهوف واسعة :تتراوح بين 0.25 إلى 1كم
5 - كهوف غير كبيرة : وتتراوح بين 0.01 إلى 0.25 كم .
6 - كهوف صغيرة : وهي اقل من 0.01 كم .

إن الإشكال المختلفة للكارست تعتمد على عوامل داخلية وأخرى خارجية ومن هذه العوامل :

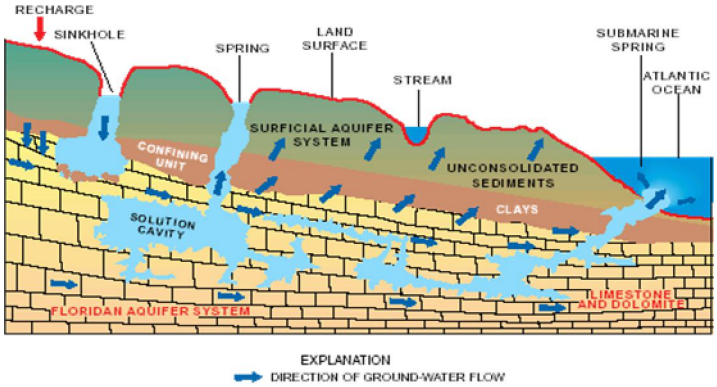
1 ـ التركيب الكيماوي للصخور .
2 ـ درجة الذوبان .
3 ـ الظروف المناخية وكميات المياه الساقطة
4 ـ المسامية
5 ـ النفاذية
6 ـ عدم الاستمرارية
7 ـ درجة الحرارة

يعتمد عمق الكارست على الظروف المناخية وعلى كميات الأمطار الساقطة ودرجة الحرارة وعلى الخواص الليثولوجية للصخور وتتابعها الطبقي وعلى الظروف المناخية المختلفة ، وهو يختلف من مكان إلى آخر ويتراوح بين 1 ـ 2 م وقد يصل ما بين (1000 ـ 2000) م في العمق ، ويعتبر كهف الماموث اكبر كهف كارستي في العالم وهو موجود في ولاية كنتوكي في الولايات المتحدة الأمريكية ، ويبلغ طول مداخله ودهاليزه العميقة حوالي 160 كم ، أما الكهف البوتاسي الموجود في ولاية إنديانا فيعتبر الكهف الكارستي الثاني من حيث الحجم ، إذ يبلغ طول اكبر مغارة فيه (107)م وارتفاعه 75 م ، ويستخرج البوتاسيوم منه لصناعة البارود .



يساعد وجود الصخور المشققة في تكوين الكهوف الكارستية كما يسهل وجود التصدعات التكتونية شكل ( ) في الصخور الكلسية و الدولومايت وفي الصخور الجبسية والملح الصخري في عملية التكهف . تعتبر أماكن اتصال الصخور الكلسية مع الصخور غير الكلسية اشد أماكن تطور الكهوف والتجاويف ، حيث تتكون شبكة معقدة من الفجوات والقنوات والكهوف داخل الهضاب الصخرية . وتسمى المياه الجوفية التي تجري داخل الفجوات بالمياه الكارستية .

شكل ( ) الصخور المشققة والتصدعات التكتونية.



يزداد صرف الجداول المائية الواقعة في المناطق الكارستية عند هطول الأمطار الغزيرة وفي مواسم الفيضانات وذلك لان الصخور الكارستية تمتاز بنفاذيتها العالية وبأشكالها المتعددة على سطح الأرض وهذا يساعد على استيعاب مياه الهطول بشكل سريع .

ونلاحظ أن تصريف الينابيع التي تتغذى من المياه الكارستية تعتمد على شدة المطر ويتغير تصريفها من عدة لترات إلى عدة أمتار مكعبة في الثانية الواحدة وتستخدم بعض الدول الينابيع الكارستية لأغراض توليد الطاقة وأصبح لها دور كبير في دعم الاقتصاد الوطني لتلك البلدان ، إضافة إلى استخدامها لتزويد المناطق السكنية والأراضي الزراعية والمصانع بالمياه وقد تطور علم خاص لدراسة المياه الكارستية يسمى هيدرولوجية الكارست وذلك لأهمية ومزايا هذه المياه من جهة ولاختلاف إشكال تواجدها من جهة ثانية .

المياه المعدنية والينابيع الحارة :

الينابيع المعدنية هي مكان أو مواقع تدفق المياه الجوفية على سطح الأرض ، والمياه الخارجة من هذه الينابيع تتميز بتركيب كيماوي وحرارة تختلف حسب عمق هذه المياه ومصدرها .

المياه الجوفية المتدفقة من باطن الأرض تكون مرتفعة الحرارة ونجد بعضها ذات حرارة عالية وتحتوي على نسبة كبيرة من المعادن والمواد الذائبة . وتدعى المياه ذات الحرارة المرتفعة والتي تحتوي على أكثر من 1000 ملغم / لتر من مواد ذائبة ولها ميزة علاجية بالمياه المعدنية الحارة . إذ تسمى المياه بالحارة إذا زادت درجة حرارتها بحوالي (4ـ 5) ْم عن معدل درجة حرارة الهواء المحيط بمنطقة تدفقها .

تستعمل المياه المعدنية والحارة لغرض الاستحمام والعلاج والشرب وغيرها ، وتأتي قدرة هذه المياه على العلاج لارتفاع درجة حرارتها واحتوائها على المواد الذائبة والغازات وبعض العناصر المشعة . تصعد المياه المعدنية ومياه الينابيع الحارة من أعماق الأرض وتظهر على السطح ، وبناء على القياسات العلمية فقد تبين أن درجة الحرارة تحت الأرض تزداد حسب

العمق بمعدل درجة مئوية واحدة كل 25- 42 م ويعتمد ذلك على نوعية الصخور ودرجة توصيلها للحرارة وقد ارجع بعض العلماء أصل المياه المعدنية إلى رشح المياه السطحية إلى أسفل بواسطة الجاذبية الأرضية من خلال مسامات الطبقات الصخرية وشقوقها ومع مرور الزمن ترتفع درجة حرارتها وربما تخرج مرة أخرى إلى سطح الأرض محملة بالمواد الذائبة والمعادن بينما رأى البعض إن هذه المياه تتكون في أعماق القشرة الأرضية ومصدرها الماغما (magma) وعموما يمكن تقسيم مصادر المياه المعدنية والمياه الحارة إلى :

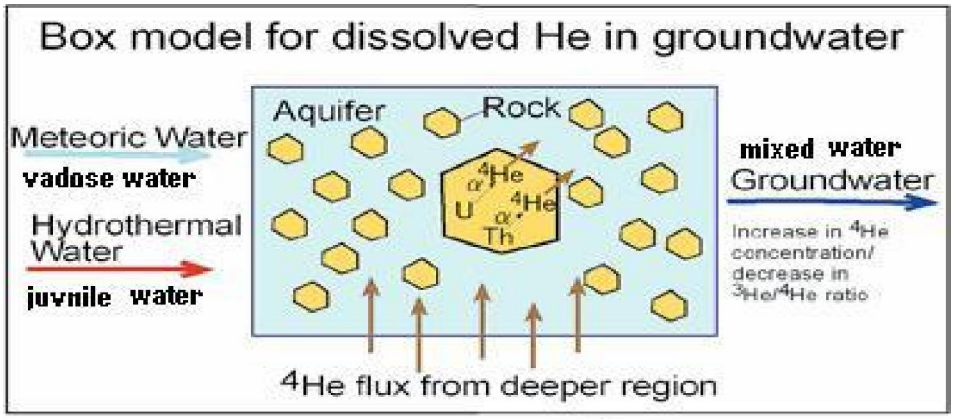
1 ـ المياه اليافعة أو مياه الأعماق (Juvenile)

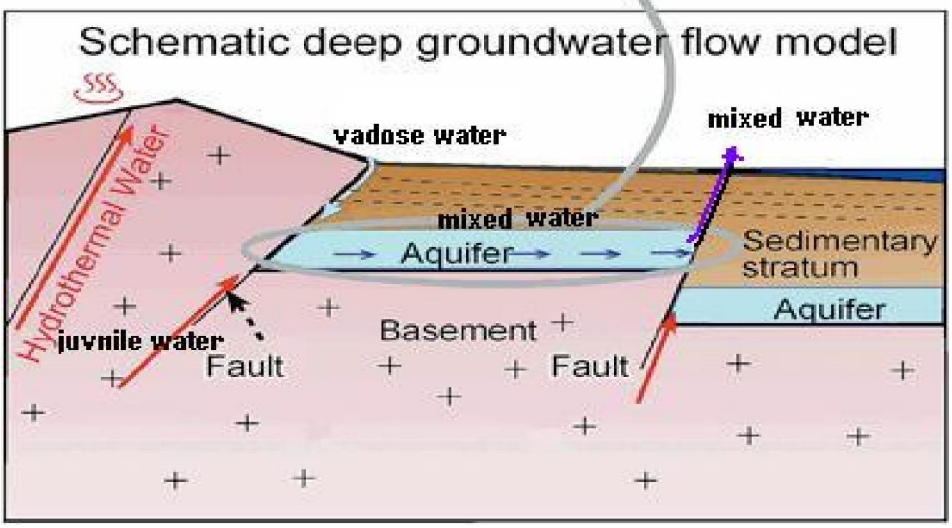
تدعى المياه القادمة مباشرة ولأول مرة من أعماق القشرة الأرضية إلى سطح الأرض بالمياه اليافعة أو مياه الأعماق وتكمن أهمية هذه المياه في خروجها لأول مرة إلى السطح وغالبا ما تكون مياها حارة ومرورها من خلال تكوينات مختلفة ، يسبب في حدوث تفاعلات كيماوية تؤدي إلى إذابة مكوناتها ويعزى وجود المكونات الكيمياوية بمقادير مختلفة في هذه المياه إلى هذه التفاعلات بينما يعزى ارتفاع درجة حرارة المياه لكونها آتية من الأعماق .

2 ـ مياه الفادوز (Vadose)

إن المياه الموجودة على سطح الأرض ترشح إلى أسفل بواسطة الجاذبية الأرضية من خلال الفراغات والشقوق والكسور والصدوع وغيرها ، وترتفع درجة حرارتها هناك ، ومع مرور الزمن يمكن أن تخرج مرة أخرى إلى سطح الأرض لتكون المياه الحارة أو مياه الفادوز (شكل)

3 ـ المياه المختلطة تصعد المياه اليافعة من أعماق الأرض إلى أعلى وتختلط في بعض المناطق مع مياه الفادوز الراشحة من السطح ويكونان نوعا ثالثا من المياه المعدنية الحارة تسمى بالمياه المختلطة (شكل) وحسب المشاهدات التي جرت في أماكن متعددة من العالم لوحظ أن المياه اليافعة توجد بشكل اكبر في المناطق البركانية ، بينما توجد مياه الفادوز في مناطق التحركات الأرضية ومناطق الثني و الفوالق والشقوق والفراغات ، ولوحظ أن هنالك علاقة واضحة بين البراكين والمياه المعدنية اثر صعود الغازات والمياه الحارة المصاحبة لانفجار البراكين .





أنواع الينابيع الحارة :

يمكن تقسيم المياه المعدنية الحارة حسب مناطق خروجها من سطح الأرض إلى :

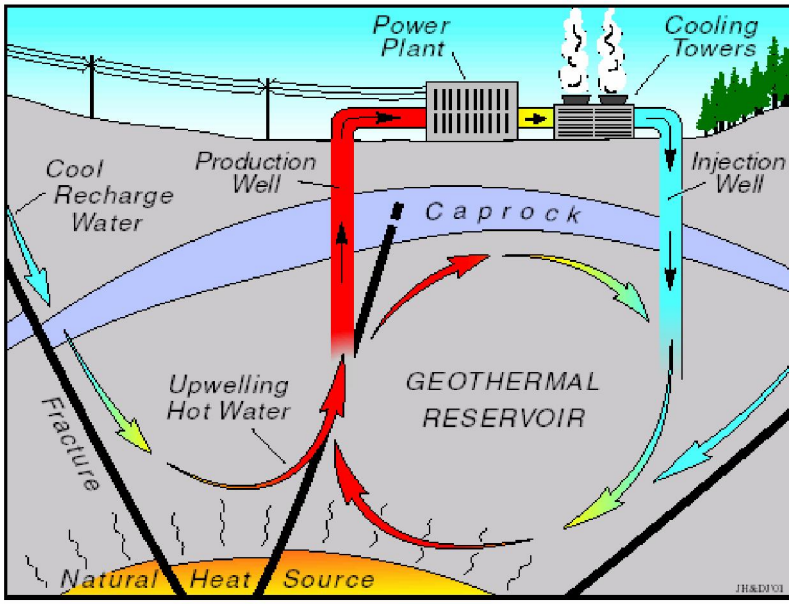
1 ـ مياه الشقوق الحارة : وهي المياه التي تخرج من شقوق وفراغات الصخور.

2 ـ مياه الصد وع أو الفوالق الحارة : وهي المياه التي تخرج على امتداد الصد وع .

3 ـ مياه مناطق التماس الحارة : وهي المياه التي تخرج من مناطق تماس الصخور والطبقات التي تختلف خواصها الليثولوجية

4 ـ مياه الطي أو الثني الحارة : وهي المياه المارة من الطبقات النفاذة التي تعرضت لعوامل الطي .

5 ـ مياه الأطيان الحارة : وهي المياه الحارة المرافقة لتدفقات الأطيان والقادمة من الأسفل أو من الجوانب .



تمتاز المياه المعدنية الحارة بارتفاع درجة حرارتها لذا تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية شكل ( ) .وان احتوائها على المواد الذائبة وغير الذائبة وعلى الغازات والأبخرة والعناصر المشعة ، وبمجرد خروج هذه المياه إلى سطح الأرض تبدأ الغازات بالتطاير وتنخفض درجة حرارتها ويقل ضغطها ، وعندما تكون نسبة المواد الذائبة في هذه المياه مرتفعة تبدأ بالترسب حول الينابيع الحارة ، ومن الأمثلة على ذلك رواسب الترافرتين ورواسب السليكا و الاكاسيد وغيرها . وتختلف العناصر الموجودة في المياه المعدنية الحارة في تركيبها ومقاديرها تبعا لاختلاف مصادرها .