تلوث البحار

البيئة البحرية بشكل عام لها أهمية كبيرة في حياة الإنسان، واستخدام البحار لما فيه صالح البشرية قديم قدم التاريخ وتتبدى أهمية البيئة البحرية من خلال تحقيق التوازن المناخي حيث تتسم البحار والمحيطات بارتفاع درجة حرارتها النوعية مما يتيح لها امتصاص كميات كبيرة من الحرارة الواصلة إليها من الطاقة الشمسية، وهذا التعرض للأشعة الشمسية ودرجات الحرارة المرتفعة يؤدي إلى تبخر مياه البحار وارتفاع ذراتها إلى الأعلى بفعل الرياح الصاعدة حيث تتجمع على هيئة سحب تندفع باتجاه اليابسة تحت تأثير الرياح والعوامل الجوية الأخرى مكونة الأمطار مصدر الماء العذب وتبدو أيضاً أهمية البيئة البحرية من خلال قدرة البحار من الجو، وذلك من خلال عملية التمثيل الكلوروفيلي التي والمحيطات على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربونتقوم بها النباتات البحرية فتحول ذرات الكربون إلى نباتية وينطلق غاز الأوكسجين ليذوب في الماء ويتيح التنفس للكائنات الحية في البيئة البحرية.

وإضافة لما للبيئة من أهمية حيوية فإن لها أيضاً أهميتها الاقتصادية التي تنفرد بها عن غيرها من البيئات تشكل مصدراً رئيسياً للغذاء لدى عدد كبير من الأخرى من حيث كونها مصدراً للغذاء، فالأسماك البحريةالشعوب البحرية كما تزخر البيئة البحرية بالموارد الحية الأخرى بخلاف الأسماك التي

تأتي في مقدمة الموارد إضافة والمرجان واللؤلؤ الحية للبيئة البحرية، فهناك الحيوانات البحرية الأخرى المعروفة لنا مثل القشرياتللنباتات البحرية وتزخر البيئة البحرية أيضاً بمصادر هائلة من الموارد المعدنية والنفط والغاز وغيرها من الثروات المعدنية .

وتكمن أهمية البيئة البحرية أيضاً من حيث كونها طريقاً للمواصلات، ويقوم البحر أيضاً بدور الوسيط في تبادل السلع حيث يعتبر النقل البحري أفضل وسائل النقل في تبادل كميات كبيرة من السلع عبر المسافات الطويلة .

دولاً وللبيئة البحرية العربية أهمية كبرى من ناحيتين اقتصادية وإستراتيجية، حيث تعتبر الدول العربيةبحرية، وهذا الوضع الجغرافي للمنطقة يجعلها ذات أهمية اقتصادية وإستراتيجية كبيرة حيث أن الدول العربية توجد في موقع فريد يجعلها تتوسط ثلاث قارات هامة) آسيا وأفريقيا وأوروبا (وتمتد سواحلها الطويلة شرقاً، وتسيطر الدول العربية على ممرات والخليج العربي غرباً إلى المحيط الهندي من المحيط الأطلنطيمضيق ،وطرق مستعملة للملاحة الدولية في غاية الأهمية الإستراتيجية وهي مضيق باب المندب التي تربط بين الشرق والغرب . وقناة السويس مضيق جبل طارق ،مضيق تيران ،هرمز

ومن الناحية الاقتصادية فإن البيئة البحرية العربية تزخر بالثروات حيث تعتبر المنطقة البحرية العربية من المناطق الغنية بالثروة السمكية والثروات الحية المختلفة والثروات المعدنية ويرجع السبب في ذلك إلى طول الشواطئ العربية حيث تبلغ طولي) 23830 (كيلو متر تقريباً، وتشير التقديرات إلى أن المخزون الاحتياطي لهذه الثروة الغذائية الهامة يبلغ 7.8 مليون طن. ولا تقتصر أهمية البيئة البحرية العربية على إنتاج الأسماك فحسب بل أن المنطقة البحرية العربية يوجد فيها كميات هائلة من الثروات الطبيعية الأخرى الحية، حيث يوجد والعديد من الثروات الأخرى . والقشريات والطحالب البحرية والأصداف الإسفنج

وهكذا نرى أن البيئة البحرية العربية ذات أهمية اقتصادية لما تحتوي من مخزون ضخم من الثروات المعدنية والغذائية وكذلك للبيئة البحرية العربية الأهمية الإستراتيجية الكبرى فالمنطقة البحرية العربية منطقة إستراتيجية للنقل والملاحة التجارية وهذه الأهمية الخطيرة للمنطقة البحرية العربية تدعو إلى الاهتمام الكبير بالدفاع عن البيئة البحرية العربية من أخطار التلوث وفي هذا المضمار تولي الغالبية العظمى من الدول العربية مشاكل تلوث البحار أهمية كبيرة عن طريق القيام بالدراسات الميدانية وعقد المؤتمرات والندوات العلمية لمناقشة المشاكل المتعلقة بالتلوث البحري والتوصل لحلول مناسبة لها والاشتراك في الاتفاقيات البحرية من أجل المحافظة على البيئة البحرية الإقليمية والدولية والتعاون مع المنظمات البحرية التابعة للأمم المتحدة العربية من خطر التلوث واتخاذ الإجراءات الوقائية التي تحمي تلك البيئة من أخطار التلوث المحيطة بها .

مفهوم تلوث البحار

لتحديد دقيق لمفهوم التلوث في البحار عمد العديد من الشراح وبعض الهيئات العلمية ذات الصلة وكذلك بعض المنظمات الدولية المختصة المعنية بالبيئة البحرية إلى تحديد المعنى المقصود بالتلوث البحري في إطار بيان أن التلوث البحري يقصد به))أي نشاط إنساني يغير من البيئة والحياة البحرية colمفهومه. فقال الفقيه ونباتاتها ومصايدها والصحة العامة كما يؤثر في المنافع البحرية ولذلك فهو يشمل الآثار الناتجة عن تنمية

السواحل والشواطئ واستغلال مصادر البترول والغاز واستخراج الحصى وكذلك أنشطة أخرى مثل التخلص من الصرف الصحي والمخلفات الصناعية ونفايات البترول وكذلك التخلص من النفايات المشعة ((

ويرى الفقيه كلارك أن كلمة تلوث تستخدم بشكل عام للدلالة على الضرر البيئي الحاصل نتيجة إلقاء الفضلات فيرى بأن المصطلح الأول يقصد به pollutionو contaminationفي البحر ويفرق بين مصطلحي

pollutionتواجد مواد مركزة في الماء تتجاوز المستوى الطبيعي في الوسط ويرى بأن المصطلح الثاني يقصد به) إدخال مواد أو طاقة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بواسطة الإنسان إلى البيئة البحرية، يترتب عليها تأثيرات ضارة، كإلحاق الأذى بالموارد الحية، وتعريض صحة الإنسان للخطر وإعاقة الأنشطة البحرية بما في ذلك الصيد، والتقليل من صلاحية الانتفاع بالمياه البحرية والإقلال من الترويح (.. تنتج عن)) إدخال الإنسان في البيئة البحرية مواد يمكن أن تسبب نتائج مؤذية كالإضرار بالثروات البيولوجية والأخطار على الصحة الإنسانية وعرقلة النشاطات البحرية بما فيها صيد الأسماك وإفساد مزايا مياه البحر عوضاً عن استخدامها والحد من الغرض من استخدامها في مجالات الترفيه((

وقد عرفت اللجنة الفرنسية المختصة بدراسة مشاكل التلوث البحري والّمشكلة فيما بين الوزارات الفرنسية هذا التلوث بأنه)) تغيير التوازن الطبيعي للبحر بما من شأنه أن يؤدي إلى تعريض صحة الإنسان للخطر، أو يضر بالموارد البيولوجية من نباتات وحيوانات بحرية أو يمس التمتع بها أو يعرقل الاستخدامات الأخرى المشروعة للبحر، ويحدث هذا التغيير بوجه عام نتيجة التدخل غير الطبيعي لفاعل التلوث في البيئة البحرية بالمواد الطبيعية كالمواد العضوية لمياه الصرف الصحي وبعض فضلات معالجة المعادن أو بمواد التركيبات

[1]الصناعية كالبلاستيك والمبيدات الحشرية ((ع
وجاء في مؤتمر البيئة في ستوكهولم عام 1972 تحديداً لمعنى التلوث البحري بأنه)) إدخال الإنسان بطريق مباشر أو غير مباشر لمواد أو طاقة في البيئة البحرية، يكون لها آثاراً ضارة كالأضرار التي تلحق بالموارد الحية أو تعرض صحة الإنسان للخطر أو تعوق الأنشطة البحرية، بما فيها الصيد وإفساد خواص مياه البحر

[2]من وجهة نظر استخدامه والإقلال من منافعه.((

وحددت الاتفاقية الأوربية لحماية مصادر المياه الدولية من التلوث المنعقدة في ألمانيا الاتحادية عام 1973

المقصود بالتلوث البحري بأنه)) أي إتلاف لتركيب أو تغيير حالة المياه كنتيجة مباشرة أو غير مباشرة لنشاط الإنسان وبخاصة الحط من نوعية المياه في قابليتها للاستعمال في المجالات الآتية:

1. استخدامها للإنسان والحيوان.

2. واستخدامها في الزراعة والصناعة .

3. وصيانة البيئة الطبيعية وبخاصة الأحياء المائية .

وعرفت اتفاقية هلسنكي لعام 1974 التلوث بأنه:)) قيام الإنسان – بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بتصريف مواد أو طاقة في البيئة البحرية، ويترتب على ذلك آثاراً ضارة بصحة الإنسان أو بالموارد البحرية أو الأحياء البحرية أو عرقلة الاستخدامات المشروعة للبحار أو التأثير في خواص استخدام المياه البحرية أو التقليل من أوجه الاستفادة بها((، كما وضعت مجموعة خبراء من المنظمة الاستشارية البحرية ومنظمة الأغذية والزراعة ومنظمة اليونسكو ومنظمة الصحة العالمية للأرصاد والأمم المتحدة المطلق عليها اختصاراً تعريفاً للتلوث البحري - يرى وجود حالة التلوث عند)) إضافة مواد أو طاقة بطريقة مباشرة (GESAMP) أو غير مباشرة بفعل الإنسان في البيئة البحرية - بما فيها مصب الأنهار - ويكون لها أثار ضارة للموارد الحية أو صحة الإنسان أو بما من شأنه أن يعوق الأنشطة البحرية بما في ذلك الصيد أو التأثير في خواص استخدام مياه البحر وخفض الاستفادة منها((-[3]

عام 1958 ونشير إلى أن اتفاقيات جنيف الأربع لقانون البحار التي أقرها مؤتمر الأمم المتحدة لقانون البحار لم تتضمن تعريفاً للتلوث البحار.

لقد أصبح تلوث البحار ظاهرة متزايدة وهي تختلف حقيقة من مكان لآخر كما أن نسبة التلوث تختلف باختلاف المصدر المتسبب في هذه الظاهرة و تزداد مظتهر التلوث بسبب تزايد السكان وارتفاع كثافاتهم في المدن والموانيء وارتفاع نسبة تزايد بناء السفن العملاقة والموانئ والأرصفة.

مصاد ر التلوث البحري

التلوث من مصادر أرضي ة

إن تلوث البيئة البحرية من سطح الأرض هو من أقدم مصادر التلوث البحري خصوصاً مع بحث الإنسان عن وسيلة للتخلص من مخلفات النشاطات على وجه الأرض فوجد أن البحار ومساحتها الشاسعة هي أفضل مكان للتخلص من تلك النفايات والمخلفات وخصوصاً مع الاعتقاد الكبير الذي كان سائداً بأن البحار قادرة على تنظيف نفسها بنفسها وهذه هي صورة للتلوث من مصادر أرضية بشكل مباشر والصورة الأخرى للتلوث من المصادر

الأرضية هي التلوث غير المباشر الذي يتم عن طريق التخلص من المخلفات المختلفة الناجمة عن الأنشطة الإنسانية بصرفها في الأنهار لتنتهي أخيراً في البحار، وتشير الإحصائيات إلى أن المصادر الأرضية

للتلوث البحري تمثل حوالي 80% من ملوثات البيئة البحرية، ويأتي التلوث من المصادر الأرضية من نفايات الأنشطة المختلفة الزراعية والصناعية وكذلك مخلفـات الصـرف الصحـي والصنـاعي وإلقاء النفايات) وهناك مثلاً مائة وعشرون مدينة ساحلية في حوض البحر المتوسط تصب مياه مجاريها الملوثة في البحر مباشرة، وقد ثبت بأن حوالي 85% من تلك المياه يصل إلى البحر دون معالجة كافية (كما يحدث التلوث للبيئة البحرية من المصادر الأرضية أيضاً من مصافي تكرير النفط المقامة على السواحل وما يتسرب منها

بصورة عرضية أثناء القيام بعمليات التفريغ والشحن للمواد البترولية، هذا وقد قدرت كمية النفط المنسكبة في البيئة البحرية من المصادر الأرضية بحوالي 45.3 طن سنوياً وهكذا تبتدئ خطورة التلوث من المصادر الأرضية على البيئة البحرية وتظهر الخطورة بأقوى صورها عندما تتأثر الأحياء البحرية بتلك الملوثات وخاصة الثروة السمكية التي تعد مصدراً غذائياً رئيسياً لكثير من البلدان الساحلية .

التلوث من أنشطة استكشا ف واستغلال قاع البح ر

إن مكنونات قاع البحر قد أغرت الإنسان لاستكشاف ذلك القاع خصوصاً بعدما يسرت وسائل التقدم العلمي والتقني ذلك الأمر وأسهم العلم والتطور في الأبحاث على الكشف عما في قاع البحر من ثروات دعت الإنسانية إلى استخراج المزيد والمزيد منها للاستفادة منها في مختلف مناحي الحياة وعلى وجه الخصوص الثروات النفطية الهائلة الموجودة في قيعان البحار لذلك نجد أن معظم الأنشطة التي تجري لاستغلال ثروات قاع البحار تتم بحثاً عن النفط وقد نجم عن هذا التوسع في عمليات الكشف والاستغلال بحقول النفط البحرية وقوع حوادث تسرب للنفط كان لها بالغ الأثر على البيئة البحرية في مناطق الحفر والمناطق المجاورة لها وتشير الإحصاءات إلى أنه قد بلغ عدد منصات الحفر التي أقيمت لاستخراج النفط حتى عام 1990 حوالي 800 بريمة حفر ومن المحتمل أن يصل عددها إلى ألف منصة عام 2010 . ومن حوادث التلوث الناجمة عن أنشطة الكشف والاستغلال في الحقول النفطية البحرية نذكر منها مثلاً ما حدث في عام 1969 وبينما كانت تجري عمليات استخراج النفط من حقل بحري خارج المياه الإقليمية لولاية كاليفورنيا الأمريكية حدث أن تصدع البئر وتسرب النفط منه بكميات كبيرة قدرت خلال الأيام العشرة الأولى من الحادث بحوالي 000.80 برميل أحدثت تلوثاً في المنطقة، غطى مساحة قدرها 90 كيلو متراً من سواحل كالفورنيا مؤثراً على الكثير من مظاهر الحياة البحرية والثروة السمكية في منطقة الحادث

التلوث الناجم عن إغرا ق وتصريف النفايات ف ي البحا ر

إن التلوث الناجم عن إغراق وتصريف النفايات في البحار هو ذلك التلويث المتعمد للبيئة البحرية بإغراق وتصريف ودفن نفايات خطرة ذات خواص فيزيائية أو كيمائية أو بيولوجية ذات تأثير ضار على الوسط البحري، وتأثير التلوث بالإغراق على البيئة البحرية يتفاوت تبعاً لطبيعة

المادة الملوثة التي تم إغراقها أو تصريفها أو دفنها في المياه البحرية، من حيث كونها مواداً سامة أو مشعة، وهي في مجملها ومختلف أنواعها تنطوي على خطورة بالغة على البيئة البحرية والحياة البحرية حيث تؤثر على صلاحية مياه البحار وتدمر كافة صور الحياة البحرية في منطقة الإغراق كما أن أثرها يتنقل بفعل التيارات البحرية من مكان لآخر في البحار ناقلاً الأثر الخطر والمدمر من منطقة إلى أخرى من مناطق البيئة البحرية.

تلوث البيئة البحري ة من الهواء أ و من خلاله

إن تلوث البيئة البحرية من الهواء يحدث نتيجة انتقال الملوثات للبيئة البحرية من طبقات الجو التي تعلوها وهذه الصورة من الملوثات التي تأتي من الجو محدودة وبسيطة الأثر نظراً لقدرة ومثالها الأمطار الحمضيةالبحار على احتواء ذلك النوع من الملوثات أما الصورة الخطيرة للتلوث من الهواء أو من خلاله فهي صورة

التفجيرات النووية التي تتم في بعض المناطق البحرية حيث تتساقط إشعاعات تلك التجارب من الجو فتؤثر في المناطق المجاورة نتيجة للتيارات الهوائية .

التلوث الناتج عن التسرب البترول ي الذي ينج م من انفجار بع ض آبا ر النفط ف ي قا ع البحر أوالمحي ط

في عام 1979 إنفجر بئر نفط بحرية استكشافية حفرتها شركة النفط الوطنية المكسيكية على بعد 80 كيلو مترا من ساحل خليج كامبيتش وإندفع منها 475 ألف طن من النفط الخام إلى البحر قبل أن يتم إغلاقها بعد 290 يوما وقد جرفت معظم البقع النفطية في حين تولت أشعة الشمس تبخير جزء منها واستقرت كميات منها في قاع البحر وقد وصل حوالي واحد بالمئة من البقع النفطية إلى سواحل ولاية تكساس ووصلت نسبة 6% إلى الجزر المجاورة ولوثت شواطئها وأثرت على الثروة السمكية والنباتات المائية .

و خلال عام 1980 تسرب النفط من الأنابيب إلى الخليج العربي بمقدار ألف طن وتكرر ذلك في السنوات المعروفة بتلوث اللاحقة كما أن بقع النفط تهدد الحياة البحرية في العالم كما هو في بيئة منطقة الكاريبي سواحلها .

التلوث بفعل الحواد ث الناجمة عن غرق ناقلا ت النفط أو بالتسر ب منه ا

من أهم حوادث التلوث البحري في العالم حادثة توري كاينون وقد حدثت على شواطيء كورنوول وقد أطلقت 120 ألف طن عملاقة ببعض الشعاب المرجانية عام 1967 عندما ارتطمت ناقلة نفط في إنجلترامن الزيت مما أدى إلى تلوث النظم البيئية في شواطيء تلك المنطقة وقد لوثت مساحة كبيرة بامتداد 320 وقد أستخدمت كيلو متر على الشواطئ الغربية والجنوبية وقد تكلفت عملية الإنقاذ 5.2 مليون جنية إسترليني كمية كبيرة من المذيبات كل هذا لإخفاء التلوث الظاهري خوفا من حريق المدن على الساحل .

عام 1969 عندما تسربت عشرة الآف طن من و حادثة سانتا باربرا وقد حدثت على شواطيء كاليفورنياالزيت الخام من بئر بحري محدثة تلوثا ضخما للشواطيء دمر المنتجعات والحياة البحرية المرتبطة برمال

هناك. و في عام 1978 وقعت حادثة أكبر في الناقلة اموكو كاديز عندما تأثرت عدة شواطيء المحيط الهادي كيلو مترات من سواحل شمال فرنسا حيث إنساب النفط في بحر الشمال.

التلوث عن طري ق دفن النفايات الذرية أ و التجار ب النووية ف ي المحيطات أنظر حادثة إغراق السفينة رينبو واريو ر •

التلوث بفعل عواد م السفن الت ي تجوب البحا ر والمحيطات خاص ة السفن العملاق ة الاخذة ف ي الانتشا ر

معظم المواد الدخيلة على مياه البحار والمحيطات والتي تتسبب في تلوث مياهها تكون محمولة بمواد غير عضوية ترتفع فيها نسبة المواد الفوسفورية أو عضوية تتحلل إلى عناصر غير تستهلك أوكسجين المياه المذاب اللازم للحياة البحرية فتتأثر بذلك تأثيرا كبيرا كذلك فإن مبيدات الحشرات خاصة ما يستخدم في مقاومة الآفات الزراعية عندما ينتهي إلى المياه البحرية فإنها تعمل على التركز في الجزء السطحي من هذه المياه وهو الذي تعيش فيه معظم الأحياء البحرية وينجم عن ذلك تركيز السموم في هذه الأحياء بنسب لا تموت معها فقط بل أن السموم تنتقل إلى جسم الإنسان عندما يقوم بتناولها .

ا. م. د. عدنان عودة الطائي

تشكيل وتصنيف السواحل
والظاهرات البحرية

ثان جغرافيا ـ فصل ثان 2020
المحاضرة التاسعة (9)

PROFESSOR / IBRAHIM BADAWI

- **تتعرض سواحل البحار والمحيطات لعمليات نحت بفعل العواصف البحرية القوية، وارساب للمجاري المائية التي تلتقي بالساحل، ورواسب الرياح. نتيجة لذلك تتعرض السواحل البحرية لعمليات تتباين من عمليات نحت إلى عمليات ارساب.**

- **ينجم عن ذلك تكوين ظاهرات وأشكال جيمورفولوجية متنوعة تشكل المظهر الطبيعي للساحلlandscape.**
- **تعمل الأمواج على توزيع وإعادة توزيع الرواسب والمفتتات الصخرية ونشرها في البحر.**

- **يتشكل الساحل بالعديد من العمليات والتي تتباين من ساحل إلي آخر وذلك لتباين في الخصائص والمكونات والبيئة الطبيعية التي يوجد فيها المسطح المائي.**

العوامل التي تعمل في تشكيل

الظاهرات السطحية

1. عامل التكوين الصخري والبنية الجيولوجية

- تبااين الصاخور مان العوامال الماكيرة فاي تشاكيل مظهار ساطح سااحل البحاار والمحيطات. تكوين السواحل والمنخفضات هو نتاج لتكوين تلك السواحل مان صاخور رخاوة ولينااة لام تتعارض لعمليات رفاع تكتونياة. الساواحل المرتفعاة علاى الجاناب الآخار والتاي تحادها الجاروف البحرياة marine cliff تتاللف من صخور صلبة، وتشكلت نتيجة لعمليات رفع تكتونية.

- إذا كانات الجاروف البحرياة علاى خاط الساحل وتتكاون مان صاخور رساوبية تتكون من طبقات صاخر لينااة متراكباة فاي

طبقات صالبة، فان الأماواج تعمال على تمزيق وتآكل الصخور اللينة ،فتنهار وتتساقط في مياه البحر لياتم نقلها وترسيبها في مناطق داخلية أو على الساحل.

- عدم قدرة المياه والأماواج علاى حمال هاذه المفتتات فتترساب وتكاون حاواجز حصوية.
- الانزلاقات الأرضية التي قد تنشل من تكوين طبقات لينة تحات الطبقات صالبة تكدي إلى تراجع الجروف البحرية.
- عندما تتراجع الجروف البحرية بشدة تكون أمامها سهول أو مدرجات بحرياة مستوية السطح.

- في حال أن هناك جروف بحرياة مكوناة مان طبقاة صاخرية صالبة فاوق طبقاة لينة فسارعان ما تعمال الأماواج علاى نحات الصاخور اللينة وكشاف مناطق الضعف الجيولوجي.

- بمارور الوقات تظهار الفجاوات البحرياة، والمساوت والجساور، والكهاوف

البحرياة. تكويناات الأرصافة البحرياة التاي تنشائها الأماواج تاتم فاي الصاخور غيار المتجانساة علاى الشااط . يارتبط بالصاخور عامال التجوياة الميكانيكياة ،والكيمائية.

1. عامل حركة المد والجزر والتيارات البحرية

- تلعب التيارات البحرية دورا ضعيفا في تشكيل السواحل.
- وينحصار عامال التياارات البحرياة فاي النحات علاى تاالبير فعال تياارات الماد والجزر.
- البحر عامل نحت يتميل تلبيره في فعل الأمواج.

- **تعمل التيارات البحرية على نقل المفتتات الدقيقة الحجم والعالقة بالمياه.**
- **ولا تترسب بعض المفتتات إلا عندما تدخل أفرع يانوية من التياارات البحرياة البحار الحوضية الضحلة حيا ياتم نقال بعاض المفتتاات مان المياه الساطحية للتيارات البحرية وترسيبها عندما تصل إلى خط الساحل.**

1. عامل حركة الأمواج

- **تقوم الأمواج بنحت الصخور ونقل الرواسب التي تم نحتها والمفتتاة بعوامال أخري وترسيبها علاى خاط السااحل، وباذلك فاان لهاا دور فاي تشاكيل أرضاية المسطحات البحرية التي تغطيها مياه ضحلة أمام السواحل.**

- **الأماواج مساكولة عان تكاوين: الحفار واليقاوب البحرياة** sea notches،

الفجاوات البحرياة الكبيارة الحجام،
الحااوائط البحرياة، الخناادق البحرياة
،الأسطح المقشوطة، والمسوت البحرية sea
stacks.

الأمواج كعامل تشكيل السواحل يتميل فى:

- ارتطام الأمواج بالأرضية يعمل علاى تكسايرها، وتقلياب الرواساب المتراكماة ونقلها لمناطق أخري.
- تعماال الأماواج علااى نقاال المفتتاات والرواساب المجهرياة العالقاة بالتياارات البحرية وترسبها أمام السواحل.
- تنحات الأماواج الصااخور والجاروف البحرياة marine cliffs، نتيجاة الضاغط النااتي عليهاا، وتوطمهاا علاى أساطح الصاخور، واحتكااك المفتتات الرسااوبية نقاال الأماواج لأحجاام كبيارة ماان الكتاال الصااخرية وجاار المفتتاات للبحر.

- أمواج التسونامي العنيفة tsunamiتحد تغيرا كبيرا في مومح الساحل.

تعمل الأمواج على قشط السطح عند تحريك المفتتات فتتكون الأرصفة البحرية marine platformتحت أقدام الجروف البحرية. هذه الظاهرة تحد كييرا في التكوينات الصخرية غير المتجانسة. ميال ذلك سواحل جزيرة Isle of Weight في بريطانيا

- تعمال الأماواج علاى نحات الأرصافة البحرياة تحات أقاادام الجاروف البحرياة المتراجعاة عناد خاط الساحل مما ياكدي لتكاوين جاروف بحرياة جديادة عناد الأطاراف الحدياة لةرصافة البحرياة. تعارف بقايا الأرصافة البحرياة القديماة بالشواط المرفوعة.

- لةمواج دور في نقل المفتتات الشاطئية ودفعها بمساعدة الجاذبياة إلاي داخال

مياه البحر فوق أرضية الرفرف القاري مما يجعلا مساتويا ومغطاي بفرشات من الرواسب الخشنة عند خط الاسحل والناعمة عند نهاية الرفرف القاري.

- فاي حالاة حادو هباوط لأرضاية الرفارف القاااري تظهار الجارز القارياة فاي أرضية الرفارف ميل جزر شمال اسكتلندا، وجزيرة قبرص، وجزر بحر ايجة.

يقوم البحر بعدة عمليات مختلفة تعمل على تشكيل ظاهرات على السواحل :

- نتيجاة لاخااتوف مسااتوي سااطح البحار وتذبذبا خااول العصااور الجيولوجياة المختلفة شكل البحر الكبير من الشواط .
- تقاوم الأماواج بتشاكيل الساواحل نتيجاة لقادرتها علاى نحات صاخور السااحل.

وبذلك فهي عامل مشكل للساحل نتيجة عمليات النحت التي تقوم بها.

- **عندما يتغير اتجاه الأمواج بتكسرها قبل اقترابها من الساحل تعمل على نحات جونب الصخور.**
- **من التيارات التي تعمل على تشيل الساحل التيار الشاق وهو شكل من أشاكال التيارات الذي تتحول في طاقة الموج إلى تيار قوي ومعاكس لوتجاه وتحاد في السواحل حي تنتهي الأمواج وتتحطم وتتحول إلى تيارات. التيار الشاق**

ل أماكن معروفة وهي عبارة عن تجاويف فاي جادار منطقاة انكساار الأماواج وطبيعاة الارض. ويمكان مشااهدت والتعارف عليا مان الشاط وهاو أخطار التيارات يحد التيار أيناء حركة الموج.

- **تنحت الأمواج المتكسرة بالصخور بعدة طرق :**

  - **حفر أرضية الشاط**

- عمال تعرياة مائياة غطائياة sheet erosion عناد نهاياات مسار الموجاة فوق أرض الشاط .

- ويتناوع حجام الرواساب وأشاكالها حساب شاكل الساحل وقاوة عملياة النحات والتركيب الجيولوجي.

من أهم الظاهرات التي تنجم عن عملية نحت الأمواج:

1. **الجروف ورصيف الناتجة عن النحت البحري:**

- يتم تقويض أسفل البنية الصخرية عناد الساحل نتيجاة لنحات الأماواج. يظهار الجرف ويتراجع نحو اليابس، ليظهر رصيف النحت البحري، ويبادأ الترسايب في بناء رصيف رسوبي.
- مع التراجع يزداد ارتفاع ، ويتسع رصيف النحت وكذلك رصيف الترسيب.

- تعمل بعد ذلك عمليات التجوية والانهيارات إلى خفض منسوب الارتفاع.
- عندما يتوقف تليير الأمواج نتيجة لظهور الابوج ياتم دفان الرصايف برواساب الشاط

.

- قد تظهر الجروف في شكل طبقات تميل تجاه اليابس والبعض الآخر يميل في الصخور نحو البحر.

1. اليقوب الصغيرة:

- تعماال الرياااح علاى تآكاال الأجازاء الليناااة ماان التكويناااات الصااخرية للجاروف البحرية والشواط نتيجة لتوطمهاا علاى أساطحها، ويشاتد عمال النحات علاى أسطح الصخور اللينة في حال حملت الأمواج رواسب عند اندفاعها.
- تتكون نتيجة لذلك اليقوب الصغيرة في أسطح الصخور اللينة.

2-الحفار العميقاة : nitches عنادما يشاتد نحات الأماواج المتوطماة يشاتد النحت وتلتحم اليقوب الصغيرة مع بعضها لتكون الحفر العميقة، علاى طاول خاط الساحل.

3-الكهوف:

- **يتكون الكهف البحري على طول منطقة ضعف قاعدة الجرف البحري. تلعاب الأمواج دورا كبيرا في تكوينها.**
- **انادفاع الأماواج المتكسارة داخاال الحفار يعماال اتساااع الفجاواوات وتعميقهاا بالتدريي، فتلتحم مع بعضها لتكون الكهوف البحرية sea caves.**
- **وعادة ما تكون الصخور الجيرية من أكير أنواع الصاخور التاي يمكان لمياه البحر أن تتوغل خولها.**
- **4- الجسار البحاري: إذا تعارض لساان صاخري ممتااد فااي البحار للنحات**

المساتمر، تتكاون الجاروف البحرياة فاي اتجااهين متضاادين تتصال أطرافهاا الداخلية، فتدخل الأمواج المتكسرة من كهف لآخر فتكون الجسر البحري.

5- المسوت البحرية:

- اساتمرار عامال الأمااواج المتكساارة علاى أساطح الصااخور الليناة يزياد ماان انكشاااف منااطق الضاعف الجيولااوجي، وقااد تتعارض الصااخور علاى ساقف الجسور البحرياة للتساقط نتيجاة لتآكال الصاخور السافلى الليناة، ولا تبقاي إلا

صاخور فاي صاورة شاواهد أو مساوت sea وتختلاف المساوت البحرية في شكلها stacks. وذلك حسب التكوين الجيولوجي لصخور الشاط .

- الصااخور الرسااوبية تنشاال فيهاا مساوت بحرياة فاي شااكل أعماادة مياال ذلاك ركوس الجبال في سلطنة عمان.
- مساوت الصاخور النارياة تظهار قبابياة الشاكل كماا فاي سااحل دولاة الامااارات العربية.

الظاهرات الساحلية الارسابية

- تقوم التيارات البحرية بعمليات نقل وارساب عان طرياق الحمال والتعلاق عبار تياارات الازاحاة السااحلية والتااي تختلااف فااي قوتهاا وانتظامهاا ماان منطقاة لأخري.
- شكل الساحل وتكوين إلى جانب التيارات البحرية الساحلية مان أهام العوامال التي تكير في حركة الرواسب عند الشواط .
- تميل المواد المشتقة من الجروف المتاخمة والقريبة من الشاط ، والرواسب التي تلتي من منطقة الشاط الخارجي المصدر الأساسي للرواسب.

- بعض الشواط تستقبل رواسب تنقلها الأنهار والمجاري المائية.

من أهم الظاهرات التى تم تشكيلها بعمل الأمواج :

1. **الشواط** beaches:

- هااي المنطقاة الهيناة الانحاادار والتااي يتكااون سااطحها ماان رواساب رملياة ، وحصوية على طول خاط الشاطيء، فيما باين منساوب الماد الربيعاي وأعلاى منسوب تصل أمواج العواصف البحرية.
- والشواط تبدو في هيئاة منحناي قوساي بحيا تكاون الجواناب المقعارة منا في مواجهة البحر، والجانب المواج لليابس تحده كيبان رملية يليها منطقاة حصوية في الاتجاه نحو البحر، يم منطقة رملية مع المفتتات الصخرية.
- بعض من الشواط قد تغطيها مساحة واسعة من المال، لا تغطيها المياه فاي حالة المد.

- وهناك شاواط تتطاور عناد ركوس الخلجان أيبتات الدراسات أن bay beaches. الشواط تتشكل نتيجاة لحركاة الأماواج، وذلاك نتيجاة للتياارات التاي تولادها أيناءء حركتهاا، فتحارك الرواساب وتنقلهاا تقادما وتراجعاا علاى طول امتداد الساحل.

2- الألسنة البحرية : spit

- تقوم الأمواج العمودية علي خط الساحل بنقل بعاض المياه الساطحية العلوياة للتيارات البحرية بما تحمل من رواسب، وترسيب تلك الحمولة على طول خط الساحل.
- وتتجماع الحصااى والحصاباء والرماال المساتديرة علااى طااول خااط السااحل ،لتتكون تول رملية رسوبية عموديا على امتداد خط الساحل في اتجاه الأمواج التي نقلتها ورسبتها.

- فهي عبارة عن رسوبيات على طول خط الساحل، وعادة ما تنتهي بخطاف.

ميال ذلك لسان هرست كاسل Hurst Castle، عند ساحل هامبشير.

3- **الخطاف البحري :** تزايد الترسيب عند الألسنة البحرية إلى داخل البحر يعمل على نشاءة الخطاف البحري.

4- **المستنقعات البحرية :** تتجمع الرواسب الرملية في مياه عميقة نسابيا وتتاليرر بمرور التيارات البحرياة بجوارهاا يتقاوس رأس الخطاف ويكبار حجما ونتيجاة لذلك تقع خلف الخطاف مسطح مائي ضحل، ومغطي بفرشة من الطين.

5- **الحاواجز الرساوبية البحرياة والبحيارات الملحياة**إذا تكونات ألسانة متجااورة والتحمت ركوس الخطاطيف البحرية مع بعضها تتكاون الحاواجز الرساوبية وإذا ما انفصلت عن ركوس متباعدة تكون بحيرات مستنقعية ضحلة ملحية.

- **في مناطق الضعف الجيولوجي قد تعمل الأمواج على حفر فتحات لها في تلاك الحواجز الرسوبية ويصل عندها تلك البحيرات الملحية بمياه البحر.**
- **مياال ذلاك السااحل الجناوبي الشاارقي لبحار البلطياق حيا تظهار الألسان البحرية**

1. السااواحل الغاطساة sinking coast تحااد نتيجاة لهباوط المنطقاة

الساحلية وارتفاع منسوب البحر، فتدخل مياه البحر وتغطي الأرض المجاورة ومنطقة الهبوط.

تصنيف السواحل تصنف السواحل إما بناء على :

1. منهجية الوصف
2. اختلاف نشأتها genetic classification، وتطورها.

ميز سيوز)Suess، 1888(نوعين من السواحل:

1. **السواحل الأطلسية** Atlantic type : وهي السيوال التي تيأ رح ولي و

لركاح تكتونية تشكلح نتيجة لها ملاور نياح مل وة ومقعرة، وأخري مقعرة تمت عمو يا على خط السال

2. **سواحل المجموعة الباسيفيكية** Pacific type :

- وهذه تتميز وامت ا ملاور ال نياح المل وة والمقعرة موازية لخط السال .
- وق تصنف السوال لمجموعتين وناء على اختلاف مستوي سطح الولر هما :
  - السوال الوارزة emergence،
  - والسوال الغاطسة submergence.

صنف جونسون السواحل بناء على اختوف نشلة السواحل :

1. **السواحل الغاطسة** submergence coasts :

هي السواحل التاي غطسات فاي مياه البحار نتيجاة لارتفااع منساوب ، وانخفااض ساااطح الأرض. نجاام عاان ذلااك سااواحل الرياا coasts Ria، وسااواحل الفياودورات الساواحل البارزة نشالت هاذه الساواحل نتيجاة لانخفااض منساوب الماء وارتفاع اليابس.

1. السواحل المحايدة neutral coasts:

- هي السواحل التي نشلت نتيجة لظروف محلية.
- من أنواع هذه السواحل :
  - سواحل الدلتاوات
  - سواحل السهول المروحية
  - سواحل البراكين
  - سواحل الحواجز المرجانية.

صنف شيبرد (shepard, 1937) السواحل في مجموعتين :

1. مجموعة السواحل ترجع نشلتها إلى عوامل التعرية الهوائية :

- وسوال ترجع نشأتها لعملياح الوراكين
- وسوال نتيجة الإرساب القاري
- وسوال ترجع نشأتها إل العملياح التكتونية الفجائية

1. مجموعة السواحل التي تشكلت نتيجة لعمليات التعرية البحرية :

- م سوال أق ام الجروف.
- اعتميي)(Valentin, 1952، عليى ميي ي تقيي م السييوال أو تراجعهييا يي تصنيف السوال مجموعتين :
- سوال تتق م الوقح اللاضر
- وسوال تتراجع الوقح اللاضر.

حواجز المرجان والجزر المرجانية الحلقية

تمتد على طول السواحل في الأقاليم المدارية من الشعاب المرجانية , وتميل هذه الشعاب أوضح ظاهرة جيومورفولوجية

يتميز بها الساحل في ميل هذه الأقاليم.
وتتكون شعاب المرجان أصوً من هياكل بعض الحيونات التي تستطيع أن تتيبت بجوانب البحر بحي توجد هياكلها الجيرية في أسفلها. وتعيش هذه الحيوانات في مستعمرات فتتكون هياكل صخرية مختلفة الأشكال. ومن هذه الهياكل ما هو هش, ومنها ما هو صلب,, وتتوصق كلها بعضها ببعض مكون أكمة تتخللها الشقوق والفجوات. ويساعد على تكون شعاب المرجان في

المناطق الساحلية: إرتفاع درجة الحرارة, وشدة ملوحة البحر وصفاكها,

- ولذا ينعدم وجود الشعاب أمام مصبات الأنهار حي تقل نسبة الملوحة, وترتفع كذلك نسبة الرواسب التي تلقي بها هذه الأنهار في مياه البحر.

ولهذا يتميز الحاجز المرجاني الذي يمتد على طول الساحل الشمالي الشرقي لأستراليا, بوجود بعض الفتحات واليغرات في , وتكدي هذه اليغرات إلى مصبات الأنهار الرئيسية. وتفصل حواجز المرجان عن سيف البحر - في معظم الأحوال.

وتعرف الفتحات التي توجد في شعاب المرجان الممتدة على طول ساحل البحر الأحمر في مصر "بالمراسي" ومن أميلتها مرسى علم, ومرسى حويب. وقد تمتد بعض شعاب المرجان في مصر على الساحل, ولاشك في أن وجود ميل

هذه الشعاب المرجانية في السهل الساحلي, يدل على أن ساحل البحر الأحمر قد تعرض لحركات رافعة.

وقد لاحظ الأستاذ "جون بول " وجود بقايا هذه الشعاب المرجانية في جهات متفرقة من منسوب مياه البحر. ففي السهل

الساحلي وخليي السويس, على مناسيب أعلى بك, من منسوب مياه البحر.

ففي السهل الساحلي بين سفاجا والقصير, وجد "بول" سلسلة من الشعاب الرمجانية الرمتفعة, إرتفاعها على التوالي , متراً فوق مستوى سطح البحر, ويقع أقل هذه الشعاب إرتفاعاً بالقرب من سيف البحر بينما يبتعد أكيرها

إرتفاعاً عن بمسافة تتراوح بين أربعة وسبعة كيلومترات. وتبدو تلك الشعاب المرجانية الرمتفعة على هيئة حافات بيضاء تتكون من الجبس ويمكن أن نطلق عليها إسم الحواجز المرجانية المرتفعة, وهي تعد دليوً قاطعاً على تعرض مياه البحر لإنخفاض كما يقول "بول".

أما الشعاب المرجانية التي تغمرها مياه البحر, فكييراً ما تظهر فوق سطحها في فترات الجزر, إذ تبدو إبان هذه الفترات

على شكل خطوط تمتد موازية للساحل وتبعد عن مسافات لا تزيد كييراً على الكيلومتر. وتتكسر عليها الأمواج في الأوقات التي تضطرب فيها مياه البحر الأحمر, وفيما عدا تلك

الأوقات تبدو مياه البحر عميقة ذات لون قاتم, بينما تبدو المياه فوق حواجز المرجان بللوان فاتحة.

وهنالك حواجز مرجانية أخرى تتكون وتنمو حول الجزر في المياه المدارية)خصوصاً في المحيط الهادي(, وقد تعرضت بعض هذه الجزر لن تغمر بمياه المحيط فظلت حواجز المرجان حولها على شكل حلقة يملكها مياه المحيط من الداخل وتعرف ميل هذه الجزر بالحلقات المرجانية .

وتنمو في معظم الأحوال شعاب المرجان الحلقية في مبدأ الأمر حول جزر بركانية.

- ويرجح أن هذه الجزر قد تعرضت بعد ذلك لأن تغمرها مياه البحر في الوقت الذي إستمرت في شعاب المرجان تنمو نمواً مطرداً سريعاً فظلت فوق مستوى سطح البحر على شكل حلقة من المرجان.
أما السبب في إرتفاع مياه البحر فيرجع عدد كبير من الجيوموفولوجيين إلى ذوبان الجليد ورجوع المياه التي كانت محتبسة في الغطاءات الجليدية البويستوسينية إلى البحار والمحيطات مما أدى إلى إرتفاع منسوبها.

- بعض الجيولوجيين يعتقدون بلن هبوط الأرض في مناطق البحار الضحلة, هو العامل الذي أدى إلى طغيان مياه البحر على الجزر البركانية. والمهم أن هذين الرأيين - رغم تعارضهما - يتفقان في أن الشعاب الرمجانية إستمرت في النمو والتطور مما أدى إلى ظهورها فوق مستوى مياه البحر أو المحيط على شكل حلقات من المرجان.

أنواع السواحل حسب تقسيم)جونسون(

من أحسن التقسيمات التي تقسم السواحل على ضوئها إلى أنواع, ذلك التقسيم الشائع المنتشر الذي لا يكاد يخلو من كتاب من كتب الجيومروفولوجيا, والذي تقدم ب "جونسون ")1919(. فهو يرى أن هنالك أربعة أنواع من السواحل:

سواحل الغمر .

سواحل الحسر .

سواحل "المحايدة" .

سواحل مركبة .

سواحل الغمر

فيرى "جونسون" أن هنالك نوعين منها:

سواحل الريا : وتتكون إذا تعرضت منطقة ما لأن تغمر إنغماراً جزئياً في البحر التي تطغى في هذه الحالة على مصبات الأنهار والأجزاء الدنيا من مجاريها)كما هي الحال في شمال

غرب جزيرة إيبريا(فتتكون خلجان متعمقة في اليابس, تزداد ضيقاً كلما تعمقت في , وتتميز بلن جوانبها ليست شديدة الإنحدار.

سواحل الفيوردات: وتتكون إذا طغت مياه البحر على أودية جليدية عميقة ذات جوانب رأسية. وتتوغل فتحات الفيوردات في اليابس لمسافات طويلة تتراوح بين عشرة كيلومترات, 150 كيلومتر اً, كما أنها تتشعب تشعباً كبير اً.

السواحل المحايدة

هي التي لا ترتبط بظاهرة طغيان مياه البحر أو إرتفاع اليابس وإنحسار مياه البحر عن , فقد قسمها "جونسون" إلى سواحل دلتاوية, سواحل بركانية, سواحل الشعاب المرجانية, سواحل إنكسارية.

ويظهر من تقسيم "جونسون" أن الأساس الذي إعتمد علي هو شكل الساحل الذي إلتقت عنده مياه البحر عند تكون , وما حد

نتيجة تغير منسوب البحر وتذبذب من طغيان أو إنحسار لمياه البحر.

أنواع السواحل حسب تقسيم "شبرد«

هي أحسن التقسيمات وأحديها تقسيم "شبرد ")1948(الذي جمع في أكير من أساس واحد, وهو بهذا يختلف عن تقسيم "جونسون" الذي يعتبر إلى حد كبير
تقسيماً للسواحل على أساس نشلتها , وقد جاءت أنواع السواحل حسيب تقسيم "شبرد" على النحو التالي:

1- سواحل رئيسية في مرحلة الشباب

هي تلك السواحل التي تشكلت معالمها بواسطة عوامل أخرى غير العاوامل البحرية وتنقسم إلى أربعة أنواع:

سواحل شكلتها عوامل النحت التي يتعرض لها اليابس يم طغت عليها مياه البحر بعد ذلك بعد أن تعرض منسوبها للإرتفاع إما نتيجة ذوبان الجليد أو

لحركات هبوط ترعض لها البحر.
وتنتمي إلى هذه الأنواع من السواحل,

2- سواحل الريا وسواحل الفيوردات.

سواحل تشكلت معالمها نتيجة عمليات إرساب حديت على اليابس وتنضم إلى هذه الأنواع سواحل الإرساب النرهي)سواحل دلتاوية وسهول فيضية غائصة(

وسواحل الإراسب الجليدي)كالسواحل التي تمتد على طولها ركامات جليدية أو تول صلصالية جليدية مغمورة(3- وسواحل الإرساب الهوائي.

سواحل إتخذت شكلها نتيجة عمليات النشاط البركاني وتضم سواحل الوبة البركانية, والسواحل التي تعرضت ليورانات بركانية.

سواحل تشكلت معالمها نتيجة ترعض المناطق الساحلية لتقلقوت باطنية .

وتنتمي إلى هذه النوع, السواحل الإنكسارية أو سواحل الحافات الإنكسارية , السواحل الإلتوائية أي التي تمتد على طولها سوسل من الجبال الإلتوائية.

4- السواحل اليانوية أو الناضجة

هي التي تشكلت معالمها وإتخذت خصائصها بواسطة عمليات الترعية البحرية وحدها.

5- سواحل تعرضت لعمليات النحت البحري التي قد تكدي إما إلى إستقامتها أو ترعجها وعدم إنتظامها.

سواحل ترعضت لعمليات الإرساب البحري اليت تكدي إما إلى إستقامة هذه السواحل, أو إلى تكون الحواجز والخطاطيف, أو إلى تكون شعاب مرجانية,

وعلى هذا توجد يوية أنواع من سواحل الإرساب البحري: سواحل مستقيمة,

وسواحل الحواجز والخطاطيف, والسواحل الرمجانية.

تطور السواحل الغائصة

تتميز السواحل الغائصة)أو التي تعرضت لطغيان مياه البحر(في الطور الأول من قصة حياتها بعدم إنتظامها وكيرةة تعرجها, وإذ كانت بعض المجاري

المائية تنتهي عند منطقة ساحلية تعرضت في أول أمرها لطغيان بحري فوبد أن تظهر أراضي ما بين الأنهار في هذه الحالة على هيئة أشباه جزر متعمقة في مياه البحر.

وتتعرض ميل هذه الألسنة لهجمات مياه الأمواج وإرتطامها فتتكون الجروف الصخرية وما يرتبط بها من مصاطب النحت البحري, ومدرجات

الإرساب بفعل الأمواج, كما تتكون الأقواس البحرية والكهوف والمسوت, وعلى هذا يمكن القول بان مرحلة الشباب في تطور السواحل

مرحلة هدم وتدمير ولا تحد فيها ظاهرة الإرساب إلا في المناطق المحمية عند أطراف الخلجان وركوسها.

أما في مرحلة النضي فترتفع مدرجات الإرساب التي كانت في مرحلة الشباب غائصة في ماي البحر, ويظهر في هذه المرحلة وقد إنقسم إلى قسمين: ساحل أمامي يتللف من رواسب المدرجات البحرية التي تعرتض للإرتفاع, وساحل خلفي تكون بفعل نحت الأمواج, هذا في الوقت الذي تتراجع في الحوائط الصخرية تراجعاً مطرداً صوب اليابس. ويبلغ الساحل مرحلة الكهولة إذا بلغ في تراجع صوب البر ركوس الخلجان القديمة أو مصبات الأنهار, وفي هذه الحالة تختفي أشباه الجزر ويصبح خط الساحل قريباً من الإستقامة.

الثروة المائية في العراق

الثروة المائية في العراق ثروة هائلة جعلت العراق واحدا من أغنى بلدان العالم في هذا المضمار الحيوي الكفيل بإنعاش البلد وتحقيق مستويات عالية من الرخاء واالزدهار. في العراق لم تنحصر هذه الثروة بالنهرين العظيمين)دجلة والفرات(وروافدهما وتفرعاتهما، بل تتسع لتجمعات مائية دائمية شاسعة المساحات تتمثل في العدد الكبير من البحيرات واألهوار المنتشرة في أنهار متعددة.

االنهارعدألطوال االنهار الواقعة ضمن أراضي جمهورية العراق[1]اسم النهرالطول بالكيلومترات دجلة)الى كرمة علي(1290الزاب الكبير)االعلى(230الزاب الصغير)االسفل(250العظيم150نهر ديالى300الفرات)الى كرمة علي(1015المصب العام565شط العرب190مهرب الفرات الفيضاني110نهر الصليبان60مهرب كميت الفيضاني 80نهر ميسان90مشروع ماء البصرة238شط البصرة90الغراف150

نهر الدجيل

البحيرات في العراق

بحيرة الرزازة: تقع على بعد)70 كم(جنوب بحيرة الحبانية و)15 كم(غرب مدينة كربالء، يبلغ طولها)60 كم(وعرضها)30 كم(، تفصلها عن الحبانية تلول مرتفعة يربطها بالحبانية ناظم وجدول المجراة، المساحة السطحية للبحيرة 1810 كم2 بمنسوب 27 م هو منسوب االمتالء، يبلغ حجم الخزن أكثر من 26 مليار م3 وكله خزن، ونسبة الملوحة عالية جدا تقارب ملوحة ماء البحر وهي مقدرة بحوالي 34000 جزء بالمليون، ومساحة الخزان 426 كم م2 ، والسعة الكلية 3.3 مليار م3 بمنسوب 51 م، ومنسوب الخزن الميت 43 م، والخزن الحي 743.0 مليار م3 .

بحيرة الحبانية: يقع مشروع الحبانية على الجانب االيمن من نهر الفرات عند مدينة الرمادي، وبوشر العمل به عام 1943 من قِبَل مجلس إعمار في العهد الملكي . وقد تم إنجاز المشروع في عام 1956 ،ويعد مشروع الحبانية من أهم أ في خميسنات القرن الماضي لما له من أهمية كبيرة في درء فيضانات نهر الفرات وتحويل مياهه ُ المشاريع التي نجزت الزائدة إلى منخفض الحبانية الذي يقع في الجنوب الشرقي لمدينة الرمادي. وتستفيد من المشروع القرى المجاورة لألغراض الزراعية والصناعية وألغراض االستهالك البشري وتنمية الثروة السمكية وخزن المياة الزائدة لالستفادة منها في فصل الصيف فضال عن كونه من المرافق السياحية المهمة في العراق. تبلغ مساحة البحيرة 426 كم 2 عند أقصى منسوب للخزن وهو 51 م. السعة الكلية عند هذا المنسوب تبلغ 3.3 مليار م3 .

منشات بحيرة الحبانية: جدول الذبان طول الجدول 30.9 كم 1.3 كم من البحيرة إلى النظام و 2.6 كم من الناظم إلى النهر، وعرض الجدول 42 م عند الصدر، والتصريف االعتيادي 200 م 3 \ثا.

ناظم الذبان تاريخ اإلنشاء 1984 وبوشر بتشغيله عم 1951 ،وعدد الفتحات 5 وأبعادها 6 م8 م، والتصرف الشغلي 411 م3\ ثا، والتصريف المرصد م3 \ثا االقصى و 1300 االدنى.

بحيرة الثرثار: تقع على بعد 120 كم شمال غربي بغداد بين نهري دجلة والفرات، وتبلغ مساحتها 2710 كم2 كما يبلغ أعلى منسوب للخزن 65 م وحجم الخزن بهذا المنسوب 59.85 مليار م3 ,والمنسوب التشغيلي 65 - 40 م وحجم الخزن بهذا المنسوب 59.85 مليار م3 ,ومساحة الخزن الميت 40م وحجم الخزن بهذا المنسوب 18.35 مليار م 3 والخزن الحي يبلغ 59.85 م3 في حالة امتالء الخزان إلى أعلى منسوب وهو 65 م. منشآت بحيرة الثرثار

ناظم سامراء:

تاريخ اإلنشاء 1956 ,عدد البوابات 17 بوابة بابعاد)12 - 5.4)م، ومنسوب العتبة 58 م ومنسوب المقدم)االقصى 69 م، االعتيادي 68 م(والتصريف التصميمي 7000 م3 /ثا، والتصريف المرصد)االقصى 3100 , االدنى 200)م3 / ثا.

ناظم الثرثار:

نشئ

أ سنة 1956 ,عدد البوابات 34 بوابة بأبعاد)12 -5.6)م، منسوب العتبة 63 م ومنسوب المقدم)االقصى 69 م، ُ االعتيادي 68 م(، والتصريف التصميمي 8500 م3/ثا، والتصريف المرصد)االقصى 8500 م3 /ثا، االدنى(

أ سنة 1976 ،عدد بواباته 6 بوابات أبعادها)6 - 8)م، منسوب العتبة 40 م، ُ ناظم مخرج الثرثار الرئيسية: نشئ منسوب المقدم)االقصى 65 م، االعتيادي متغير(, والتصريف التصميمي 1100 م 3 /ثا، التصريف المرصد)االقصى 980 م3 /ثا، االدنى(.

أ سنة 1976 ،عدد بواباته 4 بوابات أبعادها)12 - 5.9)م، منسوب العتبة 50.38 ُ ناظم التقسيم)الفرات(االول : نشئ م، منسوب المقدم)االقصى 47 م، االدنى متغير(، والتصريف التصميمي له 500 م3/ثا، والتصريف المرصد)االعلى 200 , االدنى 10)م3/ثا.

ناظم التقسيم)دجلة(الثاني:تاريخ اإلنشاء سنة 1981 ,عدد بواباته 4 بوابات أبعادها)8 * 2.7)م، ومنسوب العتبة 40م، ومنسوب المقدم)االقصى 47م، االعتيادي متغير(, التصريف التصميمي 600 م3/ثا، التصريف المرصد)االقصى 200 ,االدنى 10)م3/ثا.

أ سنة 1981 ,عدد بواباته 4 بوابات، أبعادها)8 - 2.7)م، منسوب العتبة 15.37 م، ُ ناظم الشاللة)دجلة(: نشئ منسوب المقدم)االقصى 45 ،االعتيادي متغير(، والتصريف التصميمي 600 م3 /ثا، والتصريف المرصد)االقصى 200 ،االدنى 10)م3 /ثا.

بحيرة دهوك: سعة الخزن الحي لبحيرة السد هي)51.47)مليون مترا مكعّبا في حين تبلغ سعة الخزن الميت)39.4) مليون مترا مكعبا.

بحيرة سد الموصل: تاريخ اإلنشاء 1986 يبلغ الخزن الحي 16.8 مليار متر مكعب والخزن الميت 95.2 مليار متر مكعّب وذلك عند المنسوب االعتيادي للسد البالغ 330 م فوق سطح البحر.

بحيرة العظيم: تاريخ اإلنشاء 1999 وتكون سعة الخزن للبحيرة)50.1مليار متر مكعب(ومساحتها 120 كيلو متر مربع. بحيرة دربندخان: تاريخ اإلنشاء 1961 السعة التخزينية لها 3 مليارات م3 عند منسوب 485 م وبذلك تكون مساحتها

)114)كم2 ،وحين يبلغ المنسوب االعلى عند الفيضان)5.493 مترا(، عند خزن 04.4 مليارات متر مكعب تصبح مساحة البحيرة)171)كم2 .

بحيرة حمرين: تاريخ اإلنشاء 1981 تبلغ مساحة الخزن اإلجمالي للبحيرة 06.2 مليار متر مكعب منها 04.2 مليار متر مكعب خزن حي وذلك بمنسوب)104م(وبذلك تكون مساحتها)340)كم2 .

بحيرة سد حديثة: تاريخ اإلنشاء 1978 ومساحتها تبلغ 503 كيلومتر مربع، المنسوب االعلى في الفيضان هو 2.150م وهو المنسوب االضطراري وبحجم خزن)0.10مليارات متر مكعب(.

بحيرة سد دبس: على نهر الزاب الصغير في محافظة كركوك، سعة حوضها)50)مليون مترا مكعبا من المياه في الحاالت االعتيادية، وبمنسوب 253 مترا فوق سطح البحر؛ ويبلغ منسوب مقدم السد)254 م(في أقصى ارتفاع أّما منسوب أسفل الحوض فيبلغ 246 مترا فوق سطح البحر.

بحيرة آمرلي

بحيرة سد الوند

بحيرة ساوة

بحيرة المالح

بحيرة الدلمج

بحيرة عانة

بحيرة كناو

بحيرة الشويجة

بحيرة السكراألهوار

تقع االهوار في العراق ما بين دجلة والفرات، جنوبي العراق، يعيش سكانها في جزر صغيرة طبيعية أو مصنعة في تنقّ وترحالهم وهو نوع من الزوارق يسمى بالمشحوف، واالهوار الدائمية تتميّز االهوار، ويستخدمون الزوارق في لهم من خالل نمو كثيف للنباتات يتناوب مع تمددات مفتوحة للمياه، ويصل عمق البحيرات الكبيرة الدائمية إلى 6 أمتار وكانت موجودة في االجزاء الشمالية من الهور، لألهوار تأثير إيجابي على البيئة فهي تعتبر مصدر جيد لتوفير الكثير من المواد الغذائية من االسماك والطيور والمواد الزراعية التي تعتمد على وفرة وديمومة المياه مثل الرز وقصب السكر، ويعتقد البعض أن منطقة االهوار هي الموقع الذي يُطلق عليه في العهد القديم)جنات عدن(وتعتبر منطقة االهوار في العراق من أوسع مناطق االهوار في العالم، وتقدر المساحة االصلية لألهوار بحوالي 7700 كيلومترا مربعا وكلها من البحيرات الكبيرة الحجم والتي تتخلّلها جزرا صغيرة سكنها الناس وزرعوها بمختلف المحاصيل واالشجار.

ويمكن أن نقسم االهوار جغرافيا إلى قسمين:

1 ـ االهوار الشرقية:

تقع شرقي دجلة، وتمتد من ناحية السويب في قضاء القرنة بالبصرة، وتمتد شمال إلى ناحية العزير بمحافظة ميسان في قرى البيضة والترابة والسمادة. وتتميّز بقلة عدد سكانها واعتمادهم أساسا على جمع القصب لصناعته وتربية الجاموس. ويتميّز قصبها بنوعه الرفيع والطويل والصلب.

2 ـ االهوار الغربية أو المركزية:

تقع غربي دجلة وشمالي الفرات. ضمن محافظات البصرة وذي قار وميسان. وبالضبط تمتد من قرية السيباية غربي وتتوغّ شمال. ومن قرية أم الشويج شمالي ناحية القرنة شمال إلى أبي إحمورة وأبي الزور في غرب ناحية العزير ل المدينة وتمتد إلى بحيرة زجرا شمال إلى قرية العكر في محافظة ميسان. ومن قضاء الجبايش في ذي قار شمال إلى

قرية الصيكل في محافظة ميسان، وتلتف حول قرية الكبيبة ثم إلى الجنوب في قرية الساجية بالجبايش. وهذه االهوار غنية بالقصب، وتتميز بكثافة سكانها وتنوع حرفهم.

أما االهوار الواقعة بين فروع الفرات في الديوانية والحلة، فهي ليست ذات أهمية، فهي فصلية في الغالب، وصغيرة المساحة، ومحدودة التأثير ومتباعدة.

أهم االهوار الرئيسية

هور الحّمار: يعتبر هور الّحمار من أهم االهوار، ويمتد من كرمة علي التي تقع على بعد 20 كيلو مترا شمالي البصرة الغّر)19)كم يبلغ طوله 90 كم وعرضه)25 -30)كم، وكانت إلى سوق الشيوخ والبو صالح والشطرة حول نهاية اف مساحته السطحية القصوى)3000)كم2 في موسم الفيضان وتنخفض إلى حوالي 600 كم2 خالل موسم الجفاف وتشكل بحيرة دائمية، ويعد أكبر بحيرة في البالد، وهي تستمد مائها من الفرات بواسطة قنوات وجداول عديدة إلى الشرق من قرية الحّمار. ويبلغ متوسط عمقها ثالثة أقدام. هور الحويزة: يقع هور الحويزة شرقي نهر دجلة، وتجري تغذية الهور من خالل فرعين رئيسيين يأتيان من نهر دجلة

قرب العمارة، يعرفان باسم المشرح والكحالء. ويمتد بين الحدود العراقية االيرانية، ويعرف في إيران بهور العظيم إّال إن الجزء االكبر يقع في الجانب العراقي ويمتد من جنوب ناحية المشرح في محافظة ميسان إلى مدينة القرنة جنوبا" وبذلك يبلغ طوله حوالي)80 كم(ومعدّل عرضه)30 كم(و خالل تدفّق الربيع يمكن لدجلة أن يفيض مباشرة في االهوار. وتصل مساحة الهور القصوى إلى)3000)كم 2 تقريبا .

تزيد وتنخفض بحسب نسبة المياه وقد تصل في موسم الجفاف إلى حوالي)650)كم2 ،وتعد نسبة مساحة الهور في العرق بنسبة 79 %وفي إيران نسبة 21 ، %واألجزاء الشمالية والمركزية من الهور هي دائمية، ولكن االجزاء الجنوبية تصبح موسمية في الحالة الطبيعية.

هور السناف: يقع هور السناف شمال غرب هور الحويزة، وتضمن تاريخيا مستنقعات موسمية أو مؤقتة تغمر بالمياه في الربيع وتجف في الصيف، في بداية 2003 ح ّولت المياه إلى هذه المنطقة لتجنب مياه الفيضان من مدينة العمارة . وأدّت إعادة الغمر ـ إلى إعادة نمو الحياة النباتية القادرة على تحّمل الملح، بينما بقيت نسب الملوحة عالية نسبيا، وجرى تطوير المنخفضات الملحية محليا بينما جففت المياه في المناطق الضحلة، ومع ذلك بقيت بحيرة كبيرة.

أهوار الجبايش: تقع أهوار الجبايش شمال نهر الفرات بين القرنة والناصرية، وكانت مدينة الجبايش مركزا سكانيا وأ غمرها في 2003 بالمياه من نهر الفرات. وتم استثناء الجبايش من الهدم في التسعينيات،ُ كبيرا لسكان االهوار، عيد نشئت بيوت طينية كبيرة حديثا، أما المنطقة الواقعة شمال الجبايش

ُ

وتبقى ثقافة سكان االهوار مزدهرة هناك فقد أ

بموازاة الجانب االيسر من نهر الفرات فقد بدأت تغمر بالمياه كنتيجة لثالثة تصدعات في سدود على الفرات، ونتيجة للمياه العالية في الفرات، بدأ الماء بالتدفق شماال في مناطق أهوار جافة لتندمج في نهاية االمر مع المناطق المغمورة أ زرع المناطق المغمورة وعادت 15 عائلة إلى إحدى القرىُ بالماء االتي من هور أبو زيرج، ففي نيسان 2003 عيد المدّمرة. ونتيجة لقدوم الصيف أصبحت مستويات مياه الفرات أخفض ليتحد مع التبخر لتصبح المناطق المغمورة حاليا مهددة بالجفاف من جديد. وتُبذَل جهود حاليا إلبقاء بعض المياه تتدفق من الشمال لتبقى المنطقة مغمورة إلى أن يجري

إعداد خطة عملية إلحياء المنطقة.

االهوار المركزية: يحدها نهر دجلة من الشرق ونهر الفرات من الجنوب، وتحدد المنطقة بمثلث بين الناصرية وقلعة صالح والقرنة، تبلغ مساحتها نحو 2400 كم 2 .وكانت االهوار المركزية تاريخيا تتغذّى بالمياه بشكل رئيسي من فروع نهر دجلة المتفرعة باتجاه الجنوب من العمارة وبضمنها شط الميمونة. وكان الهور مغطى بكثافة عالية بالقصب. وتعد بحيرتا الزكري وبغداد من البحيرات البارزة الدائمة الواقعة حول مركز الهور، وكانتا ذات عمق يصل إلى 3 أمتار تقريبا. بموازاة الحافة الشمالية للهور، هناك شبكات كثيفة من المصاب الفرعية والتي كانت مواقع لزراعة الرز.

ُعيد غمر السطح الخارجي لألهوار

ا. وأ

عند صيف 2004 ،بقي الجزء المركزي االوسط من االهوار المركزية جافّ

المركزية بالمياه، بما في ذلك الجزء الشمالي الغربي)يوصف بهور العودة(والجزء الجنوبي الغربي)يوصف بهور أبو ازيرج(والجزء الجنوبي)يوصف بهور الجبايش(. واستثمرت الحواف الشرقية والشمالية الشرقية من االهوار المركزية لزراعة القمح.

ولذلك يُعد العراق من أغنى دول العالم بالثروة المائية ومنها: نهر دجلة ونهر الفرات ونهر العظيم ونهر الزاب الكبير ونهر الزاب الصغير ونهر الخابور ونهر ديالى ونهر اب تانغرو نهر ابسيروان ونهر الدجيل ونهر الكارون ونهر شط العرب وأكثر من 35 نهر في شرق العراق ومن إيران وهذا غير االعداد الكبيرة لألهوار الموسمية داخل العراق.

والعديد من البحيرات منها: بحيرة الحبّانية وبحيرة الرزازة وبحيرة الثرثار وبحيرة ساوة وبحيرة دوكان وبحيرة دربندخان وبحيرة حمرين وبحيرة الموصل وبحيرة حديثة وبحيرة الشيخلي. ويعد العراق من أكثر البلدان في العالم ملكاألهوار والعديد من الواحات في غرب العراق والعيون والينابيع في شمال العراق ووسطه والكثير من اآلبار في وسط العراق وجنوبه.

أ. م. د. عدنان عودة الطائي

نهر الأمازون

الأمازون)بالاسبانيه ريو امازوناس ، البرتغاليه امازوناس(في جنوب شرق أمريكا احدهما اطول انهار على االرض ، اخرى يجري النيل في افريقيا. وتأخذ مصدرها في جبال االنديز والقيت في المحيط االطلسي . االمازون وقد اضخم تدفق ، نقل المياه من نهر المسيسيبي ، النيل ونهر معا تشانغ جيانغ. كما تمتلك اكبر تجمع في المنطقة لجميع االنهار. كمية المياه العذبة الى رفض المحيط هاءله : 000.209 م ملغ / أو خالل موسم المطر)مايو / يونيو(. بالفعل ، االمازون مسؤولة عن 18 ٪ من اجمالى حجم المياه العذبة سكب في محيطات العالم. حجم جديد وسكب ماء عكر كما هو مثل الملوحه واللون يعدل 300 اكثر كيلومتر من السواحل. النهر للمالحة االبخره حتى ايكيتوس ، الى 3700 كيلومتر من البحر ، وللسفن اصغر ، 780 كلم الى اكثر اشوال. وما ان كثيرا استخدام القوارب الصغيرة دي مانسيريشي طعامهم. االمازون تستنزف مساحة 000.915.6 كيلومتر مربع ، 40 ٪ من امريكا الجنوبيه. وتجمع المياه منذ 5 درجات خطوط العرض الشمالية والجنوبيه حتى 20 درجة . انتقل الى اهم المصادر التي تم العثور عليها في االندية وحة قريبة جدا من

المحيط الهادئ. النهر بعد سباق 531 كلم خالل بيرو والبرازيل ومن ألقى في المحيط االطلسي على مستوى خط االستواء.

االسم

قبل غزو امريكا الجنوبيه ريو من قص االمازون لم يكن له اسم ، في مكان مختلف اسماء القبائل االصليه التي تشير كل قسم ، والأراضي ، وباراناغوازا غويرما Solimões وغيرها. يسنتي يانيز بنزون الذي كان أول مستكشف للنهر هو نهر ريو الى سانتا ماريا مار دولسي بسبب انعدام الملوحه في البحر على مستوى الفم. وسرعان ما قصرت في آذار دولسي ، ثم أخيرا لبضع سنوات بعد 1502 وعرفت تحت اسم ريو غراندي. المرافقون من بنزون الى نهر ريو ايل مارانيون. كلمة مارانيون ، بالنسبة للبعض ، من اصل السكان. وهذه الفكره الول مرة في رسالة وجهها بيتر الشهيد قفز هورتادو دي ميندوزا في 1513 .لكن هذه الكلمه يمكن ان ينشأ عن "االسبانيه maraña ، "وهو ما يعني تشابك طعام - وبالتالي تمثل الصعوبات التي واجهها اثناء اول المستكشفين المالحة ليس في مصب النهر ولكن أيضا من عدة قنوات وقطع البنوك التي تشكل حاليا البرازيلي اية مارانهاو.

الهضاب والمرتفعات

مصدر والمرتفعات]تعديل[المصدر االصلي منطقة الأمازون ثابت اال مؤخرا. ومن الجدول الموجود على اعلى ارتفاع 5507 متر ، نيفادو شهداء بيرو في االنديز حوالي 160 كيلومتر في الغرب من بحيرة تيتيكاكا واكثر او اقل 650 كيلومترا في جنوب شرق ليما . هذا الجبل اقترح الول مرة عن المصدر الحقيقي في عام 1971 ولكن لم تتأكد قبل عام 2001 .الجدول منذ نيفادو شهداء تنفد على نهر ابوريماك. ابوريماك هو مترف من اوكايالي ، اي مشترك في مارانيون يأخذ اسم ريو solimões بدخولها الى البرازيل. ويأخذ اسم االمازون الى ذروة ماناوس ، بعد ان انضمت ريو نيغرو. على طول النهر من منبعه إلى مصبه من 570.6 كلم االمر الذي يجعل منه ثاني اطول انهار بعد النيل)690 كلم(، بل هو اول من تدفقها. ادنى من نقطة االلتقاء بين االمازون وهواالغا ، النهر يغادر منطقة االنديز ويخترق في السهول التي غمرتها الفيضانات. وانطالقا من هذه النقطه حتى اوكايالي ، على نحو 2400 كلم الغابات المصارف ال من الماء وقتا طويال قبل غرق النهر ال يصل الى ممكن. البنوك منخفضه نسبيا توقف بعض التالل ، فالنهر الكبير نهر يخترق الغابة.

في غابات االمازون

في غابات االمازون يبدأ في الشرق من جبال االنديز. وهي اكبر الغابات في العالم ، وبالتالي فإن من بالغ االهميه االيكولوجيه التي تستطيع استيعاب كميات هاءله من ثانى اكسيد الكربون. المحافظة على غابات االمازون هى من اهم المشكالت البيءيه في هذه السنوات االخيرة. الغابات االستواءيه من النتائج البالغة الشامله مناخ حوض نهر االمازون. االمازون ، واآلالف من روافدهما ، مع ببطء خالل الطبيعة ، المنحدر من الضعف بحيث هو الدافع الفعلي مياه المجاري

التدفق الذي يدفع باتجاه البحر. مدينة ماناوس الى 1000 كيلومتر من المحيط االطلسي يقع في 44 مترا فوق مستوى سطح البحر. التنوع البيولوجي للغابات االمازون العجيب : المنطقة مالجئ على االقل 5،2 مليون نوع من الحشرات ، عشرات االالف من النباتات وبعض الطيور والثدييات 2000 .خامس جميع أنواع الطيور يمكن ان يوجد في غابات االمازون. تنوع النباتات في حوض أألمازون هي االقوى في العالم. بعض الخبراء يقدرون ان كيلومتر مربع واحد يمكن ان تحتوي على ما يصل الى 000.90 طن من مواد نباتيه حية .

فيضان النهر

االمطار الموسميه والفيضانات تشمل تمرد واسع في المناطق المتاخمه لمنطقة االمازون وروافدهما. متوسط عمق النهر اثناء كبير من موسم االمطار 40 م ومتوسط ومن العرض 40 كلم. منسوب المياه بدأ في االرتفاع في نوفمبر ، ثم ينمو حجم أكبر حتى يونيو قبل ان تقع حتى نهاية اكتوبر. الصاعد من االثرياء ريو نيغرو ليست متزامنة.

موسم المطر ال يبدأ في الوادي قبل شباط او آذار في حزيران مستواها مع اقوى وتبدأ في االنخفاض مع امازون. ماديرا ، كما له بالضبط قبل شهرين على االمازون في االرتفاع واالنخفاض. وخالل موسم االمطار ، االمازون من الفيضانات من جهة اخرى من خالل على السطح عدة مئات من الكيلومترات المربعه ، وهي تغطي السهول التي غمرتها الفيضانات. مستوى النهر ، في اماكن معينة ، ومن 12 الى 15 امتار من خالل موسم الجفاف. خالل االرتفاع بمستوى مع اكويتوس 6 م. تيف في 15 م. قريبا وبيدوس ، 11 م. وفي الفقره 4 متر فوق مستوى منخفض خالل الموسم الجاف.

االستغالل

استغالل 350 خالل السنوات االولى التي اعقبت االتحاد استكشاف االمازون من بنزون ، البرتغاليه جزء من الحوض بقي تقريبا في البرية ، اال تحتلها القبائل االصليه التي ألن من الصعب بحثا عن الغذاء وتنقسم الى عدة اجزاء.

الصعوبات على الصيد وجمع الغذاء كان مثل الكثافة السكانيه لهذه المناطق يكون اقل من 1 ساكن 10 كيلومترا مربعا من االرض. وتم انشاء بعض عدادات البرتغال المصارف االمازون وروافدهما ، فالهدف من التجارة مع االمريكيين وعلى évangéliser .في عام 1850 ، بلغ اجمالي السكان في البرازيلي حوض االمازون حوالي 350 نسمة ، الذي كان ثلثا االوروبيين او عبيد ، ثم عد استفاد العبيد. المدينة التجارية الرئيسية ، الفقره ما بين 10 و 12000 نسمة ، وتشمل العبيد ووندرستود. مدينة ماناوس ، manáos ان تقع في مصب نهر ريو نيغرو ، بنحو بين 1000 و 1500 . في قرى أخرى ، تاباتينغا وتنميتها على الحدود بين البرازيل وبيرو وكولومبيا ، كانت متواضعه نسبيا. 6 سبتمبر 1850 ، أألمبراطور ، بيار الثاني للبرازيل ، اذن مالحة االبخره في االمازون وفوض الى باراو يال)Irineu يفانغيليستا دي سوسا(لتنفيذ تلك المهمة. وتقوم "بشركه اي دي نافيغاتاو Commercio ج االمازون" في ريو دي جانيرو في 1852 .في السنوات التي تلت بدأت عمليات ثالثة الصغيرة االبخره ، "ملك" ، "باندیراس" و "ريو". في البداية ، اقتصر على المالحة في النهر الرئيسى. في 1857 ، الحكومة اضطرت الشركة إلجراء الخدمة الشهريه بين الفقره وmanáos مع االبخره من بطاقه 200 طن من الخط الثاني ، واجراء اتصاالت ستة سنويا بين manáos وتاباتينغا ، وثالثة تربط مرتين شهريا والفقره كاميتا. أنه خطوة أولى نحو فتح اسعة داخل الفضاء. اجتمع نجاح هذه الشركة االنتباه الى االستغالل االقتصادي ابروبرياتنيسيس من االمازون قريبا انشاء الشركة الثانية وتعهد التجارية ماديرا على

نهر بوروس ، والسود. ثالثا انشاء عالقة بين الفقره وmanáos ؛ رابعا وأخيرا تبين ان تجعل االبحار اصغر

االبخره. خالل هذه الفترة ذاتها ، شركة امازون زيادة اسطولها ، وبدا المروجين صغير خاص بها على الباخره الصغيرة االمازون وروافدهما يوم 31 1867 ، وان الحكومة البرازيليه ، تحت ضغط ثابت قدره البحرية ويطوق البالد العليا حوض االمازون اصدر فتح اٱلمازون إلى جميع البيوت ، وتحديد نقاط محددة منها : تاباتينغا على االمازون كاميتا على توكانتينز ، سانتاريم على تاباجوس ، بوربا على ماديرا وmanáos في ريو نيغرو. المرسوم نافذا في 7 ايلول / سبتمبر 1867 .Manáos(ماناوس(، الفقره وايكويتوس االن مدن االزدهار التجاري. التجاري االول بين االجنبي وmanáos بدأ في 1874 .التجارة المحلية ثم تقوم بها بريطانيا خلفا للشركة أمازون : "االمازون البخار كومباغني مالحة" شركة المالحة مع بخار من االمازون)من مثل بخار اضعاف الصغيرة الشركات العاملة في تجارة المطاط. الصادرات الرئيسية من الوادي كان المطاط والكاكاو والجوز البرازيلي وبعض المنتجات االخرى ذات اهمية ثانويه.

نهر اٱلمازون: تعريف: ثاني أطول االنهار الرئيسية في العالم بعد نهر النيل يبلغ طوله 6463 كم و ينبع من جبال اٱلنديز و يصب في المحيط االطلسي ويقع في قارة اميركا الجنوبية. بطاقة تعريف: طول النهر: 6280 كيلو متر منبع النهر : كارولينا) البيرو (, دلتا النهر موجوده شمال شرق البرازيل االمازون تستنزف مساحة 000.915.6 كيلومتر مربع ، 40 ٪ من امريكا الجنوبيه. وتجمع المياه منذ 5 درجات خطوط العرض الشمالية والجنوبيه حتى 20 درجة.

حقائق**:

نهر االمازون ثاني اكبر انهار العالم بعد نهر النيل .و لكن اذا قسنا االنهار من ناحيه كميه الماء نجد نهر االمازون االول بينها . نهر االمازون ينبع)ينتج (تقريبا 20 %من كل مياه االنهار بالعالم لوحده . نهر االمازون اكتشفه بحار اوروبي بالصدفه !! غابات نهر االمازون موطن ل 300 نوع من الثديات و آالف من اسماك المياه العذبه و عشرات اآلالف من االشجار و مئات اآلالف من االعشاب و توجد بها العديد من الحشرات اللي لم تكتشف جميعها بعد البعض يقول 000,20 نوع و البعض يقول انها قرابه المليون نوع من الحشرات و كل يوم يتم اكتشاف انواع جديده

أما حوض االمازون فيشغل حوالي ثلث البرازيل، و تغلب على هذه المنطقة اٱلراضي المنخفضة و المستنقعات و السهول الفيضانية ، كما تشغل مساحة كبيرة منها الغابات االستوائية المطيرة ، و كثير من منخفضات البرازيل لم يتم اكتشافها إال قريبا بسبب النمو الكثيف للغابات ، و على الحافة الشمالية لحوض االمازون توجد منطقة جبلية اخرى هي منطقة مرتفعات جيانا.

غابات اٱلمازون: تقع غابات اٱلمازون في البرازيل في قارة أمريكا الجنوبية . تعتبر غابات اٱلمازون الرئة التي تتنفس اٱلرض من خاللها فهي الغابة البكر في القارة اٱلمريكية يجري حالياً اٱلعتداء السافر على هذه الغابات حيث يجري تجريف وقطع جائر ألشجارها ونباتاتها لتحويلها إلى طرق سريعة ومدن سكنية ناهيك عن زراعة المخدرات فيها وانشاء معامل تصنيع وتحويل هذه المخدرات إلى سموم يتم تهريبها إلى جميع أنحاء العالم من خالل عصابات خطرة بمساعدة بعض الحكام و الدكتاتوريات العالمية . و هي حاليّا تتعرض لخط ر ، فقد قال علماء من البرازيل و الواليات المتحدة ان االجتثات الذي تتعرض له غابات االمازون اكبر مما كان متصورا بحوالي 60 بالمئة . و انجز الفريق دراسة باستعمال تقنيات اكثر تطورا من سابقاتها تعتمد على صور االقمار الصناعية، مما مكنه من التقاط انشطة بشرية لم يكن

رصدها ممكنا من قبل واكتشف العلماء مثال ان مستغلي حطب االمازون ينتقون انواعا خاصة من االشجار لجودة خشبها وقيمته، ويتركون االنواع االخرى . وقد رحبت الحكومة البرازيلية بالتقرير لكنها قالت ان االرقام مبالغ فيها . دراسة لوكالة ناسا: ويذكر ان مشكلة اجتثات االشجار في غابات االمازون كبير لدرجة تستحيل معها دراسته دون استعمال االقمار االصطناعية . ولم تكن الصور التقليدية تبين بعض جوانب المشكلة ككون الحطابين يختارون اشجارا عالية القيمة كشجر الماهوجاني . وقد استعان الباحثون بموارد الوكالة االمريكية للفضاء ناسا. وخلصت الدراسة إلى ان المناطق التي دمرت من غابات االمطار في االمازون بين 1999 و 2002 اكبر مما كان متوقعا بآالف الكيلومترات المربعة . كما تقول الدراسة ان كمية الكربون الناتجة عن االنشطة البشرية في االمازون اكبر بـ25 بالمئة، مما يكفي للمساهمة في االحتباس الحراري . واشاد المسؤولون البرازيليون بالدراسة لكونها سلطت الضوء على انتقاء اشجار دون غيرها، لكنهم قالوا ان هذه االرقام صعبة التصديق . ويدعي رجال االعمال الذين يستغلون أخشاب االمازون ان قطع اشجار وترك اخرى اقل ضررا للبيئة، لكن المدافعين عن البيئة يقولون ان بلوغ االشجار العالية الجودة يتطلب بناء طرق واحضار تجهيزات ثقيلة إلى قلب الغابات . و أيضا ، أحدث أسوأ جفاف منذ أكثر من 40 عاما أضرارا ألكبر غابات مطيرة في العالم وأشعل حرائق في حوض نهر االمازون واصاب سكان المناطق المطلة على النهر بأمراض بسبب تلوث مياه الشرب كما ادى لنفوق ماليين االسماك بسبب جفاف الجداول . وقال دونيسفالدو ميندونكا دا سيلفا الصياد البالغ من العمر 33 عاما "الشيء الفظيع بالنسبة لنا هو ان كل هذه االسماك نفقت وعندما تعود المياه لن يكون هناك اي منها ." وفي الجوار تهتز اسماك الضاري في حركة متشنجة في مياه شديدة الضحالة هي ما تبقى مما كان يوما نهر بارانا دي ماناكويري المتدفق أحد روافد االمازون. وتتناثر االف من االسماك العفنة على طول ضفتيه الجافتين . وأعلن حاكم والية امازوناس حالة االزمة في 16 بلدية حيث اثر الجفاف المستمر منذ شهرين على سكان المناطق المطلة على النهر الذين لم يعد بمقدورهم العثور على الطعام او بيع المحاصيل ويلقي بعض العلماء باللوم على درجة حرارة المحيط المرتفعة بسبب ارتفاع درجة حرارة االرض والتي ترتبط ايضا بسلسلة اعاصير غير عادية مهلكة ضربت الواليات المتحدة وامريكا الوسطى في االونة االخيرة . ويقول بعض العلماء ان الهواء المرتفع في شمال المحيط االطلسي الذي يغذي العواصف ربما سبب هبوط الهواء فوق االمازون ومنع تشكيل السحب وسقوط االمطار

أ. م. د عدنان عودة الطائي

ندرة مائية، وبناءً على ذلك فان 13 بلداً عربياً تقع ضمن فئة البلدان ذات الندرة المائية.

وهذه الندرة في المياه تتفاقم باستمرار بسبب زيادة معدالت النمو السكاني العالية. ويوضح تقرير البنك لسنة 1993 ان متوسط نصيب الفرد السنوي من الموارد المائية المتجددة والقابلة للتجدد في الوطن الدولي)مع استبعاد مخزون المياه الكامنة في باطن االرض(سيصل إلى 667 مترا مكعبا في سنة 2025 العربي بعدما كان 3430 مترا مكعبا في سنة 1960 ،أي بانخفاض بنسبة 80 .%أما معدل موارد المياه المتجددة سنوياً في المنطقة العربية فيبلغ حوالي 350 مليار متر مكعب، وتغطي نسبة 35 %منها عن طريق تدفقات 56 مليار متر مكعب، وعن طريق نهر االنهار القادمة من خارج المنطقة، إذ يأتي عن طريق نهر النيل

وفروعه 38 مليار متر مكعب. وتحصل الزراعة المروية 25 مليار متر مكعب، وعن طريق نهر دجلة الفرات على نصيب ألسد من موارد المیا ه في الوطن العربي، حيث تستحوذ في المتوسط على 88 ،%مقابل 9.6 % لالستخدام المنزلي، و1.5 %للقطاع الصناعي. وقد حدد معهد الموارد العالمية منطقة الشرق ألوسطبالمنطقة التي بلغ فيها عجز المياه درجة ألزمة، وأصبحت قضية سياسية بارزة، خاصة على امتداد أحواض ألنهار الدولية.

وفقاً لتحليل دوائر سياسية عالمية، وقد غدا موضوع المياه مرشحاً إلشعال الحروب في منطقةالشرق ألوسط خاصة ان أغلب ألقطار العربية ال تملك السيطرة الكاملة على منابع

أيضاً هي بلدان تتحكم بحوالي وربما زائير وكينياوأوغندا والسنغال وإيران وغينيا وتركيا مياهها. فأثيوبيا 60 %من منابع الموارد المائية للوطن.

السقيط

(*Precipitation*)

السقيط : هو كل أشكال الماء التي تصل إلى الارض من الجو و من الاشكال الاعتيادية سقوط المطر و الثلج و البرد و الصقيع و الندى ولكي يتكون السقيط ينبغي توفر الظروف التالية :

1. **يجب أن يحتوي الجو على رطوبة .**
2. **يجب أن توجد ذرات كافية تساعد على التكاثف.**
3. **يجب أن تكون الظروف الجوية مناسبة لتكاثف بخار الماء .**
4. **يجب أن يصل ناتج التكاثف إلى الارض.**

اشكال السقيط Forms of Precipitation

من الاشكال العامة للسقيط المطر و الثلج و الرذاذ (المطر الخفيف) والصقيع ، ويمثل المطر وصفاً للسقيط بشكل قطرات ماء أكبر من 0.5 ملم ويصل أكبر قطر لقطرات المطر إلى 6 ملم تقريباً و تصنف الامطار إستناداً إلى شدتها إلى:

الصنف	الشدة المطرية
مطر خفيف	أقل من 2.5 ملم / ساعة
مطر متوسط	2.5 – 7.5 ملم / ساعة
مطر كثيف	أكبر من 7.5 ملم / ساعة

كفاية محطات القياس المطرية

إذا كان هناك عدد سابق من محطات قياس المطر في الجابية فإن العدد الامثل للمحطات و التي يظهر فيها نسبة مئوية من الخطأ في حسابات معدل سقوط الامطار ممكن إستخراجها بالتحليلات الاحصائية كما يأتي:

$$N = \left(\frac{C_v}{\in}\right)^2 \qquad C_v = \frac{100 \times \sigma_{m-1}}{\bar{p}}$$

$$\sigma_{m-1} = \sqrt{\left[\left(\sum_1^m p_i^2\right) - \frac{\left(\sum_1^m p_i\right)^2}{m}\right] \Big/ (m-1)}$$

$$\bar{P} = \frac{1}{m}\left(\sum_1^m p_i\right)$$

N : العدد الامثل للمحطات

C_v : (%) m معامل التغاير في قيم سقوط المطر في المحطات الموجودة بعدد

P_i : i_{th} مقدار السقيط في المحطة

m : عدد المحطات

مثال (1) / جابية تحتوي على (6) محطات مقاييس سقوط مطر وفي إحدى السنين كان المطر السنوي المسجل في المقاييس كما يأتي:

المحطة	A	B	C	D	E	F
معدل سقوط المطر (cm)	82.6	102.9	180.3	110.3	98.8	136.7

وبإفتراض حصول خطأ 10% في تقدير متوسط المطر ، إحسب العدد الامثل للمحطات في هذه الجابية ؟

الحل /

$\bar{P} = 118.6$; $\epsilon = 10\%$; $\sigma_{m-1} = 35.04$; $m = 6$;

$C_v = 100 * 35.04 / 118.6 = 29.54$

$N = 8.7 = 9$ stations

إذن نحتاج 3 محطات إضافية

التعبير عن الامطار

هنالك العديد من الطرق يمكن استعمالها لحساب معدل المطر المتساقط فوق مساحة معينة عند توفر مقياس واخذ المطر المستحصل عليه من القياس يكون ممثلا لتلك المساحة، وعندما تتوفر عدق مقاييس منتشرة فيمكن التعبير عن المطر لتلك المساحة بأحدى الطرق التالية:

1. طريقة المتوسط المطري Average Rainfall

تعد من أبسط الطرق في ايجاد معدل المطر وتتلخص الطريقة بأخذ المتوسط الحسابي لما تسجله مقاييس المطر في المساحة المدروسة. تعطي هذه الطريقة نتائج أيجابية في الاراضي المستوية ونتائج غير دقيقة عندما تغطي مقاييس المطر مساحات غير متساوية. وهنا تؤخذ

وتجمع كميات الامطار للمحطات المثبتة في المنطقة وتقسيمها على عدد المحطات واهمال جميع المحطات المحيطة بالمساحة.

$$P = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{n}$$

2. طريقة المعدل الموزون)طريقة تايسن(Theisen Method

تعتمد هذه الطريقة في التعبير عن المطر في ايجاد المعدل الموزون للجزء من المساحة التي تغطيها مقاييس المطرولايجاد معدل المطر بهذه الطريقة يمكن تطبيق المعادلة التالية:

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \ldots\ldots A_nP_n}{A}$$

P = المعدل الموزون لكمية المطر

P_1, P_2, P_n = كمية المطر للمقاييس 1, 2,

A_1, A_2, A_n ..... n = المساحة التي تغطيها

A 1, 2, ... n = المساحة الكلية المقاييس

مثال: أحسب معدل المطر في حوض تغذية بطريقة تايسن من المعلومات الآتية ثم قارن بين هذه الطريقة وطريقة المتوسط المطري.

رقم المقياس	المساحة)دونم(	كمية المطر)مم(
1	50	50
2	15	20
3	20	25
4	18	22

طريقة تايسن

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \ldots\ldots A_nP_n}{A}$$

$$P = \frac{(50 \times 50) + (15 \times 20) + (20 \times 25) + (18 \times 22)}{103} = 35.88\ mm$$

طريقة المتوسط المطري

$$P = \frac{A_1+A_2+A_3+A_4}{n} = \frac{50+20+25+22}{4}$$ = 29.25 mm

3. طريقة أكفة المطر)خطوط المطر المتساوية(Isohytal Method

مثال : أحسب كمية المطر بطريقة أكفة المطر للمساحات وحدود الكفاف الموضحة في الجدول ادناه:

حدود كفاف المطر)مم(	المساحة الكلية)كم²(	صافي المساحة)كم²(	معدل المطر)مم(	معدل المطر لصافي المساحة
1	2	3	4	4×3
125	33.7	33.7	137.5	4633.75
100	233.1	199.4	112.5	22432.5
75	533.5	300.4	87.5	26285
50	1041.2	507.7	62.5	31725
25	1541.0	499.9	37.5	1874625
اقل من 25	1621.3	80.3	20.0	1606
		1621.3		105758.5

$105758.5 \div 1621.3 = 65.23\ mm$

الانماط المطرية Rainfall Patterns

يمكن ان تحدث شدة المطر بانماط مختلفة و هي:

1. العاصفة المطرية المنتظمة وفيها يكون معدل سقوط المطر منتظم في مدة سقوط المطر.
2. العاصفة المطرية المتقدمة: وفيها يكون معدل سقوط المطر على اقصاه في مراحل سقوط المطر الاولى ثم تتناقص الشدة تدريجيا" مع الزمن.
3. العاصفة المطرية المتوسطة: وفيها يكون معدل سقوط المطر على اقصاه في منتصف سقوط المطر.
4. العاصفة المطرية المتأخرة" وفيها يكون معدل سقوط المطر في بداية الهطول واطئا" ثم يزداد تدريجيا "مع الزمن وفي المراحل النهائية من السقوط يزداد بدرجة عالية جدا" ثم ينخفض فجأءة.

الصفات المطرية

طورت واستعملت طرق عديدة لغرض تحديد قدرة المطر في التعرية ودراسة حجم قطرات المطر وتوزيعها. وهذه الطرق نوقشت بالتفصيل في مراجع علم المناخ وعلم الانواء الجوية وعلم المياه وغيرها. ان كل هذه المصادر تناولت العلاقات بين حجم قطرات المطر والطاقة الحركية لها وبين شدة المطر والطاقة الحركية. يمكن حساب **حجم القطرة من القانون** الآتي:

$$D = aS^b$$

D = قطر القطرة S = قطر الصبغة a,b = ثوابت تستخرج من التعبير المختبري للورقة المستعملة)تقنية يستعمل فيها ورق خاص ويطلى بمادة قابلة للذوبان في الماء في الحالة الجافة تكون صبغة غير مرئية ولكن عند تعرضها للمطر تترك صبغة دائرية خشنة الملمس.(

الطاقة الحركية Kinetic Energy

ان الزخم الذي تسقط فيه قطرة مطر يولد طاقة بما يعادل نصف كتلتها في مربع سرعتها. وتعد هذه الطاقة هائلة جدا اذ قدر احد الباحثين بان الطاقة المتولدة نتيجة السقوط تعادل 10^5 أرك لكل سم وهذه الطاقة كافية لبدء عملية التعرية. وتحسب الطاقة الحركية للمطر اعتمادا على شدة المطر حسب المعادلة:

$$KE = 13.32 + 9.78 \log I$$

KE = الطاقة الحركية)جول / م². مم(I = شدة المطر)مم/ ساعة(علما ان هنالك علاقة بين شدة سقوط المطر ومتوسط قطر القطرة من خلال جداول خاصة اعدت للغرض.

مثال: أحسب الطاقة الحركية التي تسببها عاصفة مطرية كمية المطر فيها 20 مم ومدة حدوثها 40 دقيقة؟

الحل

$$KE = 13.32 + 9.78 \log I$$

$$KE = 13.32 + 9.78 \log I \ (20 \times \frac{60}{40}) = 27.76 \, Jol/m^2.mm$$

مثال: عاصفة مطرية كمية المطر 14 مم ومدة حدوثها 40 دقيقة:

1. **ما هي شدة المطر**
2. **ما هي كمية المطر الساقط خلال العاصفة في حقل مساحته 5 دونم.**

الحل

1. شدة المطر = $14 \text{ mm} \times \frac{60 \text{ min/hr}}{40 \text{ min}}$ = 21 mm/hr

2. كمية المطر

$$\frac{14 \text{ mm}}{1000 \text{ mm/m}} \times 5 \, dounm \times 2500 \frac{m^2}{dounm} = 175 \text{ m}^3$$

مثال: سقطت كمية من المطر خلال ساعة واحدة في منطقة شمال العراق وبالشكل التالي:

الكمية مم	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**2**
الزمن دقيقة	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**

أوجد ما يلي:

1. **شدة المطر خلال ساعة واحدة**
2. **اقصى شدة وزمن تلك الشدة**

1 ... $2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 2 = 14 \frac{mm}{hr}$

2 ... اقصى شدة $= 4 \times \frac{60}{10} = 24 \, mm/hr$

زمن تلك الشدة يساوي 10 دقائق

مثال: اذا توفرت لديك المعلومات لعاصفة مطرية تعود كل 50 سنة في منطقة مخمور شمال العراق الموضحة في الجدول ادناه:

مدة المطر)ساعة(	كمية المطر)مم(
1	125
24	200

مدة المطر)دقيقة(	كمية المطر)مم(
180	140
20	82.5

أحسب شدة المطر خلال 24 ساعة و 180 دقيقة و20 دقيقة.

1. الشدة $= 200 \times \frac{60}{60 \times 24} = 8.33\ mm/hr$

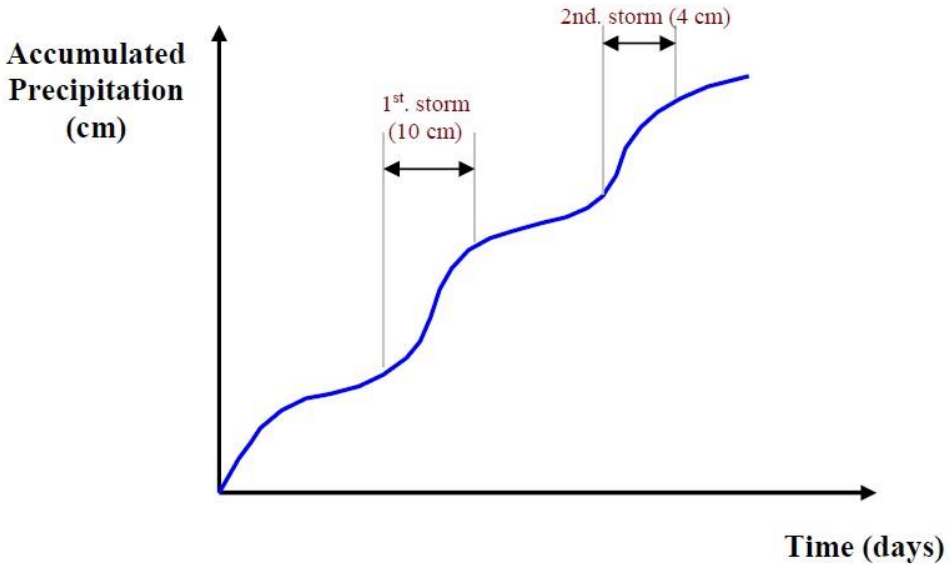
2. الشدة $= 140 \times \frac{60}{180} = 46.67\ mm/hr$

3. الشدة $= 82.5 \times \frac{60}{20} = 247.5\ mm/hr$

طرق عرض البيانات المطرية Rainfall Data-show Methods

1. المنحني التراكمي للمطر Accumulated Rainfall Curve

عبارة عن رسم السقيط المتراكم مقابل الزمن ويرسم حسب التسلسل الزمني عادة ، كما في الشكل



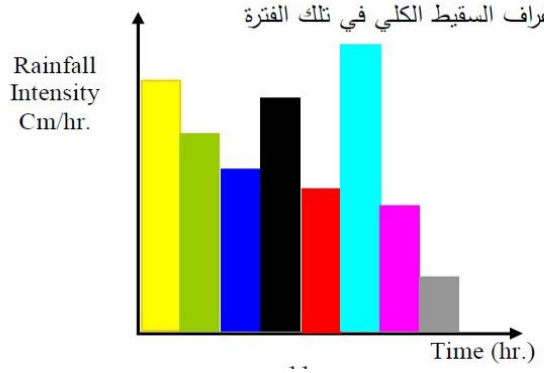
يعطي المنحني التراكمي معلومات عن : 1 . مقدار الزخة المطرية (cm) 2. إستدامتها بالأيام

3 . شدة المطر في مختلف الفترات الزمنية من معرفة إنحدار المنحني (cm/hr.)

2. الهيتوغراف (مخطط المطر) Hyetograph: عبارة عن رسم شدة المطر مقابل الزمن ، والهيتوغراف مشتق من المنحني التراكمي و يعرض على شكل خطوط عمودية (Bar Chart).

يعد الهيتوغراف طريقة مناسبة :

- عرض خصائص الزخة المطرية (مثلاً أول 8 ساعات الشدة المطرية 10 سم / ساعة)
- التنبؤ عن الفيضانات العالية
- تمثل المساحة تحت الهيتوغراف السقيط الكلي في تلك الفترة



التعبير عن الامطار

هنالك العديد من الطرق يمكن استعمالها لحساب معدل المطر المتساقط فوق مساحة معينة عند توفر مقياس واخذ المطر المستحصل عليه من القياس يكون ممثلا لتلك المساحة، وعندما تتوفر عدق مقاييس منتشرة فيمكن التعبير عن المطر لتلك المساحة بأحدى الطرق التالية:

1. طريقة المتوسط المطري Average Rainfall

تعد من أبسط الطرق في ايجاد معدل المطر وتتلخص الطريقة بأخذ المتوسط الحسابي لما تسجله مقاييس المطر في المساحة المدروسة. تعطي هذه الطريقة نتائج أيجابية في الاراضي المستوية ونتائج غير دقيقة عندما تغطي مقاييس المطر مساحات غير متساوية. وهنا تؤخذ وتجمع كميات الامطار للمحطات المثبتة في المنطقة وتقسيمها على عدد المحطات واهمال جميع المحطات المحيطة بالمساحة.

2. طريقة المعدل الموزون)طريقة تايسن(Theisen Method

تعتمد هذه الطريقة في التعبير عن المطر في ايجاد المعدل الموزون للجزء من المساحة التي تغطيها مقاييس المطرولايجاد معدل المطر بهذه الطريقة يمكن تطبيق المعادلة التالية:

P = المعدل الموزون لكمية المطر

P1, P2, Pn = كمية المطر للمقاييس 1, 2, ... n A1, A2, An = المساحة التي تغطيها المقاييس 1, 2, ...
n A = المساحة الكلية

مثال: أحسب معدل المطر في حوض تغذية بطريقة تايسن من المعلومات الآتية ثم قارن بين هذه الطريقة وطريقة المتوسط المطري.

رقم المقياس	المساحة)دونم(	كمية المطر)مم(
1	50	50

2	15	20
3	20	25
4	18	22

طريقة تايسن

طريقة المتوسط المطري

mm 29.25 =

3. طريقة أكفة المطر)خطوط المطر المتساوية(Isohytal Method

مثال : أحسب كمية المطر بطريقة أكفة المطر للمساحات وحدود الكفاف الموضحة في الجدول ادناه:

معدل المطر لصافي المساحة)كم2(	حدود كفاف المطر		معدل المطر)مم(	صافي المساحة)كم2(	المساحة الكلية
3×4	4	3	2	1	
4633.75	137.5		33.7	33.7	125
22432.5	112.5		199.4	233.1	100
26285	87.5		300.4	533.5	75
31725	62.5		507.7	1041.2	50
1874625	37.5		499.9	1541.0	25
1606	20.0		80.3	1621.3	اقل من 25
105758.5			1621.3		

mm 65.23 = 1621.3 ÷105758.5

الانماط المطرية Rainfall Patterns

يمكن ان تحدث شدة المطر بانماط مختلفة وهي:

1. العاصفة المطرية المنتظمة وفيها يكون معدل سقوط المطر منتظم في مدة سقوط المطر.
2. العاصفة المطرية المتقدمة: وفيها يكون معدل سقوط المطر على اقصاه في مراحل سقوط المطر الاولى ثم تتناقص الشدة تدريجيا" مع الزمن.
3. العاصفة المطرية المتوسطة: وفيها يكون معدل سقوط المطر على اقصاه في منتصف سقوط المطر.
4. العاصفة المطرية المتأخرة" وفيها يكون معدل سقوط المطر في بداية الهطول واطئا" ثم يزداد تدريجيا "مع الزمن وفي المراحل النهائية من السقوط يزداد بدرجة عالية جدا" ثم ينخفض فجأءة.

الصفات المطرية

طورت واستعملت طرق عديدة لغرض تحديد قدرة المطر في التعرية ودراسة حجم قطرات المطر وتوزيعها. وهذه الطرق نوقشت بالتفصيل في مراجع علم المناخ وعلم الانواء الجوية وعلم المياه وغيرها. ان كل هذه المصادر تناولت العلاقات بين حجم قطرات المطر والطاقة الحركية لها وبين شدة المطر والطاقة الحركية. يمكن حساب حجم القطرة من القانون الآتي:

$$D = aSb$$

D = قطر القطرة S = قطر الصبغة a,b = ثوابت تستخرج من التعبير المختبري للورقة المستعملة)تقنية يستعمل فيها ورق خاص ويطلى بمادة قابلة للذوبان في الماء في الحالة الجافة تكون صبغة غير مرئية ولكن عند تعرضها للمطر تترك صبغة دائرية خشنة الملمس.(

الطاقة الحركية Kinetic Energy

ان الزخم الذي تسقط فيه قطرة مطر يولد طاقة بما يعادل نصف كتلتها في مربع سرعتها. وتعد هذه الطاقة هائلة جدا اذ قدر احد الباحثين بان الطاقة المتولدة نتيجة السقوط تعادل 105 أرك لكل سم وهذه الطاقة كافية لبدء عملية التعرية. وتحسب الطاقة الحركية للمطر اعتمادا على شدة المطر حسب المعادلة:

$$KE = 13.32 + 9.78 \log I$$

KE = الطاقة الحركية)جول / م2. مم(I = شدة المطر)مم/ ساعة(علما ان هنالك علاقة بين شدة سقوط المطر ومتوسط قطر القطرة من خلال جداول خاصة اعدت للغرض.

مثال: أحسب الطاقة الحركية التي تسببها عاصفة مطرية كمية المطر فيها 20 مم ومدة حدوثها 40 دقيقة؟

الحل

$$KE = 13.32 + 9.78 \log I$$

مثال: عاصفة مطرية كمية المطر 14 مم ومدة حدوثها 40 دقيقة:

1. ما هي شدة المطر
2. ما هي كمية المطر الساقط خلال العاصفة في حقل مساحته 5 دونم.

الحل

1. شدة المطر = = mm/hr 21

2. كمية المطر

= 175 m3

مثال: سقطت كمية من المطر خلال ساعة واحدة في منطقة شمال العراق وبالشكل التالي:

الكمية مم	2	2	2	2	4	2	2
الزمن دقيقة	10	10	10	10	10	10	10

أوجد ما يلي:

1. شدة المطر خلال ساعة واحدة
2. اقصى شدة وزمن تلك الشدة

اقصى شدة ... 2

زمن تلك الشدة يساوي 10 دقائق

مثال: اذا توفرت لديك المعلومات لعاصفة مطرية تعود كل 50 سنة في منطقة مخمور شمال العراق الموضحة في الجدول ادناه:

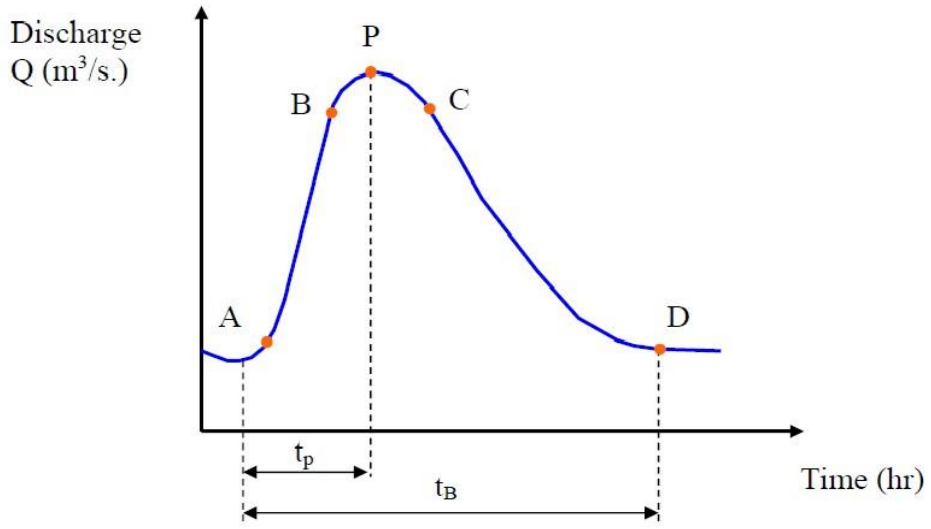
كمية المطر)مم(	مدة المطر)ساعة(
125	1
200	24

كمية المطر)مم(	مدة المطر)دقيقة(
140	180
82.5	20

أحسب شدة المطر خلال 24 ساعة و 180 دقيقة و20 دقيقة.

الهيدروغراف
(Hydrograph)

الهيدروغراف : هو تعيين للتصريف في مجرى مائي أو على جابية معينة نتيجة عاصفة مطرية ضد الزمن.



الشكل أعلاه يمثل هيدروغراف العاصفة أو هيدروغراف الفيضان ، وإن هذا الهيدروغراف له عدة مركبات أهمها:

1. الطرف الصاعد AB (Rising Limb) : وهو الزيادة في التصريف بسبب الزيادة التدريجية في بناء الخزين في القنوات فوق سطح الجابية . إن الضائعات الأولية وضائعات الترشح العالية خلال الفترة الأولى من سقوط العاصفة المطرية تسببان زيادة بطيئة في التصريف وبإستمرار العاصفة أكثر فأكثر فإن الجريان من أبعد نقطة في المساحة سوف يصل إلى مخرج الجابية و بالوقت نفسه فإن ضائعات الترشيح سوف تقل مع مرور الوقت ولهذا فإنه بسقوط عاصفة منتظمة فوق الجابية فإن السيح سوف يزداد بسرعة مع الوقت.
2. قطعة الحافة BC (Crest Segment) : وهي أحد الأجزاء المهمة من الهيدروغراف لأنها تحتوي على ذروة الجريان والتي تحدث عندما تشارك أجزاء مختلفة من الجابية بنفس الوقت في إيصال كمية الجريان إلى الحالة العظمى في مخرج الجابية .
3. الذروة P(Peak) : النقطة الواقعة بين نقطتي الإنقلاب B و C .

4. الطرف الهابط (منحني الإنحسار)CD (Recession Limb): إن منحني الإنحسار يمتد من نقطة الإنقلاب في نهاية قطعة الحافة إلى وقت بدء أو شروع الماء الأرضي بالجريان ويمثل لنا عملية سحب الماء من الخزين الذي تم خزنه في الجابية خلال المرحلة الأولى من الهيدروغراف.

إن نقطة البداية لمنحني الإنحسار (أي نقطة الإنقلاب الثانية) تمثل حالة الخزين الأعظم وحيث أن نفاد الخزين يحدث بعد توقف سقوط الأمطار، لذلك فإن شكل هذا الجزء من الهيدروغراف لايعتمد على خصائص العاصفة المطرية بل يعتمد إعتماداً كلياً على خصائص الجابية.

5. وقت الذروة t_p (Peak Time) : الوقت من النقطة A حتى نقطة P .

6. زمن القاعدة t_B (Base Time)

إن الهيدروغراف يمثل حالات السيح بأشكالها الثلاثة:

1. السيح السطحي Surface Runoff 2. الجريان البيني Inter Flow 3. الجريان القاعدي Base Flow

كذلك يتضمن التأثيرات الكاملة للإختلافات الكبيرة بين خصائص الحوض و خصائص العاصفة المطرية ، لذلك فإن عاصفتين مطريتين تسقطان على حوض واحد لهما هيدروغراف يختلف فيها الواحد عن الآخر ، وبالمثل فإن العواصف المتشابهة في جابيتين تنتج لنا هيدروغرافاً الواحد فيها مختلف عن الآخر.

وعلى هذا الأساس فإن فحص عدد من سجلات هيدروغراف الفيضان للمجاري المائية ، يلاحظ أن قسماً منها يحتوي على عدة ذروات للفيضان في حين أن الهيدروغراف البسيط يحتوي على ذروة واحدة كما في الشكل السابق.

العوامل المؤثرة على هيدروغراف الفيضان

إن العوامل المؤثرة على شكل الهيدروغراف من الممكن تصنيفها إلى:

أولاً: عوامل الجغرافية الطبيعية :

1. خواص الحوض

أ. شكل الحوض: يؤثر الشكل في الوقت الذي يستغرقه الماء حتى يصل من الأجزاء البعيدة من الجالبية إلى مخرجها، وبناءً عليه فإن نقطة الذروة و شكل الهيدروغراف يتأثر بصورة مباشرة بشكل الحوض.

ب. حجم الحوض: إن الأحواض الصغيرة تتصرف على نحوٍ مختلف عن الأحواض الكبيرة وخاصةً بالنسبة إلى طبيعة وأهمية الحالات المختلفة للسيح، وفي الجوابي الصغيرة فإن حالة الجريان و الشدة المطرية تلعبان دوراً مهماً في تحديد ذروة الفيضان في مثل هذه الجوابي. أما في الكبيرة منها فإن هذه التأثيرات تكون مخفية ويكون نوع الجريان السائد هـ الجريان في القناة.

ج. الميل : إن ميل المجرى المائي الرئيسي يعد أحد الأمور المؤثرة على سرعة الجريان في القناة ، وحيث أن منحني الإنحسار في الهيدروغراف يمثل نزف الخزين (depletion of storage) من الجابية فإن من العوامل التي لها تأثير واضح على ذلك ميل القناة للمجرى المائي ، حيث كلما كان الميل كبيراً فإن نزف الخزين يكون سريعاً وميل منحني الإنحسار يصبح شديداً وكنتيجة لذلك يكون وقت القاعدة للهيدروغراف صغيراً.

د. كثافة البزل : هي النسبة بين مجموع أطوال القنوات الموجودة بالجابية إلى المساحة الكلية للجابية ، وكلما كانت كثافة البزل عالية فإن ذروة التصريف تكون عالية وفي حالة كون كثافة البزل قليلة فإن الجريان فوق سطح الأرض هو السائد و الهيدروغراف الناتج له ذروة تصريف واطئة وطرف صاعد بطيء ، كما إن قطعة الحافة تكون عريضة نسبياً.

هـ . طبيعة الوديان

و. الإرتفاع

2. خصائص المغاض)الترشيح(

أ. إستعمالات الأرض و الغطاء النباتي : إن وجود الغطاء النباتي يزيد من نفاذية التربة ومن السعة الخزنية لها أي إن إستيعابها للماء بكمية أكبر، وفضلاً عن ذلك فإنها تعمل على تأخير جريان الماء فوق سطح الأرض ، وعلى هذا الأساس فإن الغطاء النباتي يقلل ذروة الجريان و هذا التأثير يكون واضحاً في الجوابي التي تقل مساحتها عن 150 كم^2 ويكون تأثيره كبيراً جداً في حالة الأمطار القليلة.

ب. نوع التربة و الظروف الجيولوجية

ج. وجود البحيرات والمستنقعات ومناطق الخزن الأخرى

3. خصائص القناة : مثل مقطع الخشونة و السعة الخزنية.

ثانياً: العوامل المناخية :

1. خصائص العاصفة المطرية من حيث الشدة و الإستدامة وإتجاه حركة العاصفة المطرية

حيث أن ذروة و حجم السيح السطحي تتناسب طردياً مع شدة وإستدامة العاصفة المطرية، كما إن حركتها من أعلى الجابية إلى أسفلها فإن هذا يعني أن تركيزاً عالياً و سريعاً للجريان يمكن أن يحصل في مخرج الجابية وينتج لنا هيدروغرافاً له ذروة فيضان واطئة ووقت القاعدة فيه طويل.

2. الضائعات الإبتدائية

3. التبخر الكلي

معادلة منحني الإنحسار Recession Curve Eq.

إشتق بارنس (عام 1940) معادلة منحني الإنحسار:

$$Q_t = Q_o K_r^t \quad \ldots\ldots (1)$$

Q_t : التصريف في الزمن t

Q_o : التصريف الأولي

K_r : ثابت الإنحسار $(K_r < 1)$

المعادلة أعلاه يمكن كتابتها بصورة أسية:

$$Q_t = Q_o e^{-at} \quad \ldots\ldots (2)$$

$$a = - \ln K_r$$

$$K_r = k_{rs} \cdot k_{ri} \cdot k_{rb}$$

k_{rs} = ثابت إنحسار الجريان السطحي = 0.05 – 0.2 , k_{ri} = ثابت إنحسار الجريان البيني = 1

k_{rb} = ثابت إنحسار الجريان القاعدي = 0.99

مثال (1) / الأرقام أدناه تمثل جزء الإنحسار من هيدروغراف الفيضان ، المطلوب حساب معامل إنحسار الجريان القاعدي و الجريان السطحي ، علما بأن الوقت هو من النقطة التي وصل فيها الهيدروغراف الذروة . أفرض أن مركبة الجريان البيني ملغية.

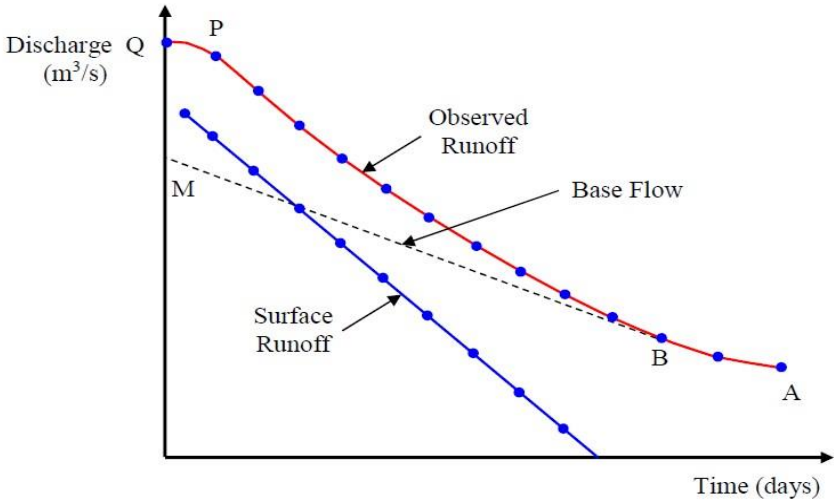
الوقت من الذروة (day)	التصريف (m^3/s)	الوقت من الذروة (day)	التصريف (m^3/s)
0	90	4	3.8
0.5	66	4.5	3
1	34	5	2.6
1.5	20	5.5	2.2
2	13	6	1.8
2.5	9	6.5	1.6
3	6.7	7	1.5
3.5	5		

الحل /

يتم تعيين هذه المعلومات على مقياس نصف لوغاريتمي يكون فيها التصريف على مقياس اللوغاريتم كما في الشكل. جزء المنحني AB والذي رسم على خط مستقيم يمثل الجريان القاعدي . الجريان السطحي إنتهى في النقطة B بعد 5 أيام من الذروة.

من معادلة (1) :

$$Q_t / Q_o = K_{rb}^{\,t} \Longrightarrow \log K_{rb} = \frac{1}{t} \qquad \log (\qquad Q_t / Q_o)$$



من الشكل ، لو أخذنا :

$Q_o = 6.6\ m^3/s.$, $t = 2\ days$, $Q_t = 4\ m^3/s.$

$$\log K_{rb} = \frac{1}{2} \log (4 / 6.6) \Longrightarrow K_{rb} = 0.78$$

$Q_o = 26\ m^3/s.$, $t = 2\ days$, $Q_t = 2.25\ m^3/s.$

$$\log K_{rs} = \frac{1}{2} \log (2.25 / 26) \Longrightarrow K_{rs} = 0.29$$

$$K_r = 0.29 * 0.78 * 1 = 0.226$$

فصل الجريان القاعدي Base Flow Separation

في دراسة وتحليل الهيدروغراف ، نجد أن العلاقة بين هيدروغراف الجريان السطحي و المطر المؤثر (أي المطر مطروحاً منه الضائعات) تظهر على نحوٍ واضح وإن هيدروغراف الجريان السطحي نحصل عليه من الهيدروغراف الكلي وذلك بفصل الجريان السريع عن الجريان البطيء. ومن المعتاد أن نعتبر الجريان البيني جزءاً من الجريان السطحي أي أنه واقع ضمن الجريان السريع، ولهذا فإنه يتم طرح الجريان القاعدي من الهيدروغراف الكلي للعاصفة لكي نحصل على هيدروغراف الجريان السطحي، وهنالك ثلاث طرق تستعمل لفصل الجريان القاعدي :

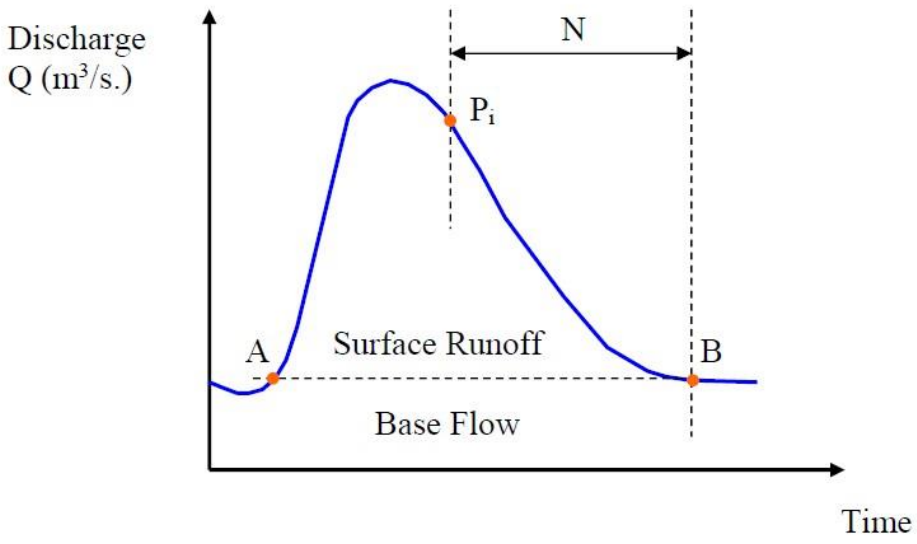
الطريقة الأولى : طريقة الخط المستقيم:

يتم فصل الجريان القاعدي وذلك بوصل بداية السيح السطحي بخط مستقيم على الطرف الهابط والتي تمثل نهاية السيح المباشر، وكما في الشكل فإن نقطة A تمثل بداية السيح المباشر وهي عادةً يمكن تحديدها بسهولة حيث أنها تمثل التغير الحاد في معدل السيح في تلك النقطة. أما النقطة B فتمثل نهاية السيح المباشر وهي صعبة التعيين بالضبط وهنالك معادلة تجريبية لتحديد الفترة الزمنية N (باليوم) من نقطة الإنقلاب P_i إلى النقطة B وهي:

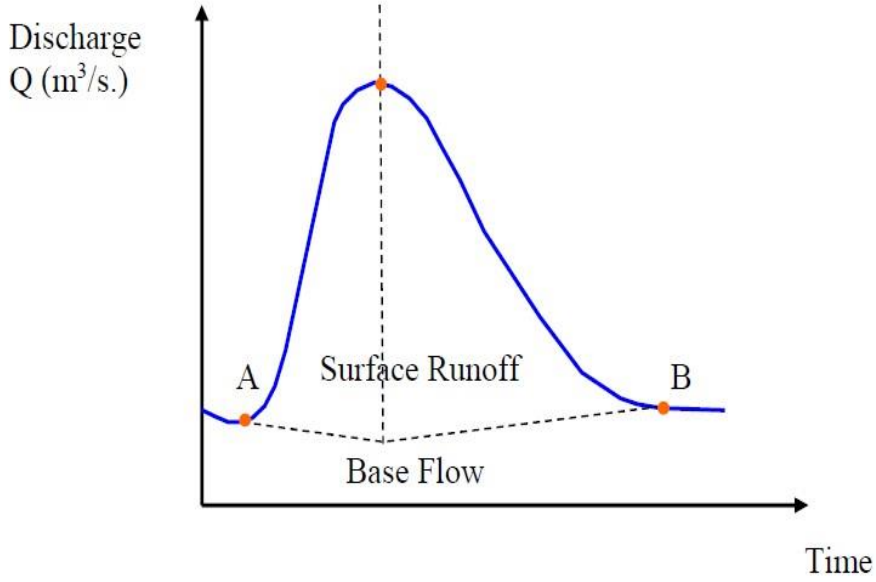
$$N = 0.83\ A^{0.2}$$

A : المساحة المبزولة (كم^2)

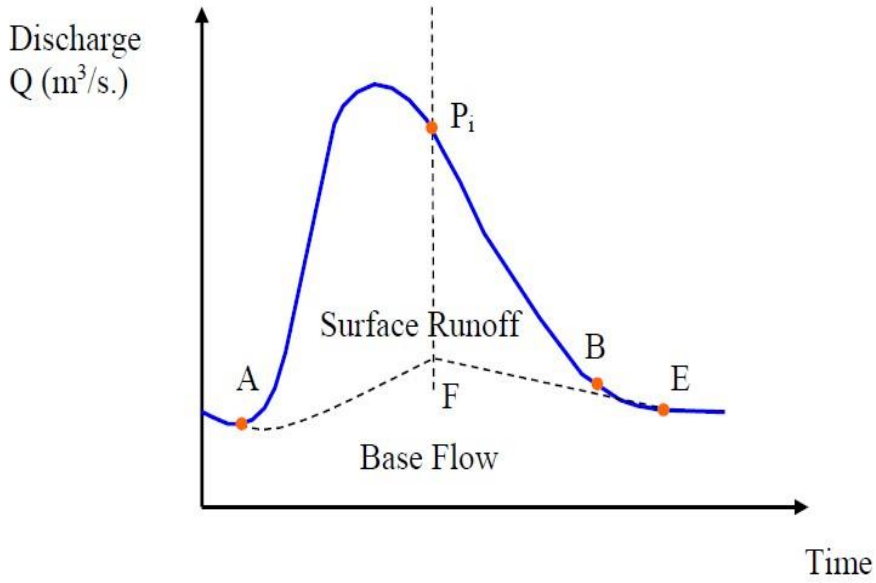
حيث توصل النقطتان A و B بخط مستقيم لفصل الجريان القاعدي عن السيح السطحي



الطريقة الثانية : في هذه الطريقة فإن منحني الجريان القاعدي السابق لبدء السيح السطحي يتم تمديده حتى يتقاطع مع الإحداثي المرسوم من نقطة الذروة (النقطة C) وهذه النقطة يتم ربطها مع النقطة B بخط مستقيم والقطع AC و BC تعين الجريان القاعدي و السيح السطحي.

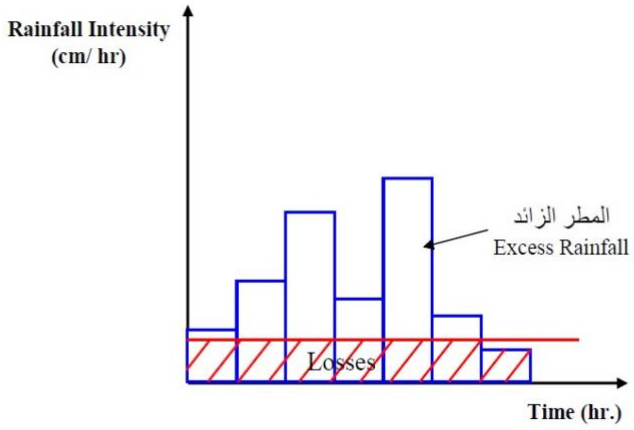


الطريقة الثالثة : في هذه الطريقة فإن منحني الإنحسار العائد للجريان الأرضي يتم تمديده إلى الخلف حتى يتقاطع مع الخط النازل من نقطة الإنقلاب P_i (الخط EF) والنقطتان A و F يتم وصلهما بمنحني يتم رسمه على نحوٍ تقريبي.



المطر المؤثر Effective Rain

لأغراض ربط هيدروغراف السيح المباشر مع المطر الساقط والذي ينتج الجريان فإن هيدروغراف المطر الساقط يتم تعديله بطرح الضائعات منه ، والشكل أدناه يبين لنا هيدروغراف عاصفة مطرية حيث أن الضائعات البدائية و ضائعات النفاذية يتم طرحها منه ولهذا فإن الهيدروغراف الناتج يعرف بهيدروغراف المطر المؤثر (ERH).

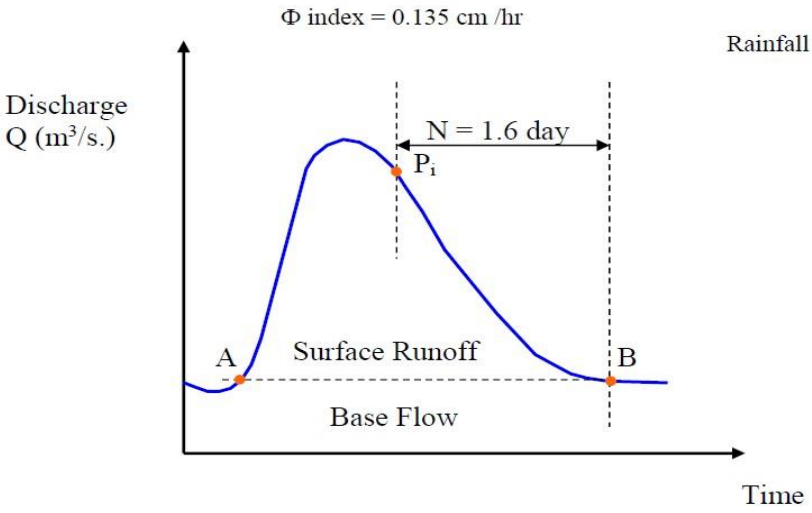


ملاحظة / إن كلا الهيدروغرافين (DRH و ERH) يمثلان نفس الكمية الكلية ولكن بوحدات مختلفة ، حيث تكون وحدات الـ (ERH) بالـ (cm/hr) وعندما ترسم ضد الوقت فإن مساحة المنحني الناتج عند ضربه بمساحة الجابية فإن الناتج يمثل الحجم الكلي للسيح المباشر والتي هي في الوقت نفسه تمثل مساحة الـ (DRH).

مثال (2) / الأمطار التي قيمتها 3.8 و 2.8 سم حدثت خلال إستدامة متعاقبة فترتها 4 ساعة و على مساحة مقدارها 27 كم^2 وأنتجت الهيدروغراف التالي للجريان في نقطة تصريف الجابية ، خمن الزيادة المطرية و قيمة المؤشر Φ ؟

الوقت من بداية سقوط المطر (hr)	-6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
الجريان الملاحظ (m^3/s)	6	5	13	26	21	16	12	9	7	5	5	4.5	4.5

الحل / بإستخدام طريقة الخط المستقيم لفصل الجريان القاعدي



$N = 0.83\ (27)^{0.2} = 1.6$ day $= 38$ hr.

نقطة الإنقلاب عندما (t = 0) وبداية الـ (DRH) عندما (t = 0) كما إنه ينتهي عندما (t = 48) أي أن الزمن الكلي لـ N :

Time of N = 48 – 16 = 32 hr.

وهي قيمة ملائمة أكثر من (N = 38) ، إذن وقت الـ DRH الكلي من t = 0 و لغاية t = 48

من خلال الرسم، طريقة الخط المستقيم تعطينا قيمة ثابتة للجريان القاعدي مقدارها 5 م³/ ثا

DRH حجم الـ = 6*60*60[0.5*8+0.5(8+21)+0.5(21+16)+0.5(16+11)+0.5(11+7)+0.5(7+4)+0.5(4+2)+0.5(2)]
$=1.4904*10^6$ m^3

Depth of Runoff = Runoff vol./ Area = $1.4904*10^6 / 27*10^6 = 5.52$ cm. (المطر الفائض)

Total Rainfall = 2.8 + 3.8 = 6.6 cm.

Time of Duration = 8 hr.

Φ index = (6.6 – 5.52) / 8 = 0.135 cm/hr.

الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph

هو هيدروغراف السيح المباشر والناتج عن وحد عمق (1) سم للمطر الزائد والتي تحدث بشكل منتظم ولإستدامة معروفة مقدارها (D – ساعة) فوق الجابية. وإن تعريف الهيدروغراف القياسي يتضمن ما يأتي:

1. إن الهيدروغراف القياسي يمثل رد فعل الجابية الطبيعي لكمية الأمطار الزائدة ذات الإستدامة D – ساعة لإنتاج هيدروغراف السيح المباشر. وبما أن عمق 1 سم من الأمطار الزائدة يمكن إعتباره، فإن المساحة تحت الهيدروغراف القياسي ستكون مساوية إلى الحجم الذي ينتجه 1 سم فوق الجابية.
2. إن الزيادة بالأمطار يفترض بأن لها معدل للشدة قيمته $\frac{1}{D}$ سم / ساعة بالنسبة لإستدامة العاصفة.
3. توزيع العاصفة يمكن إعتباره منتظماً فوق الجابية.

و بصورة عامة، فإن إشتقاق الـ DRH من الـ UH يتم على أساس ضرب إحداثيات الأخير بالمطر المؤثر:

إحداثيات DRH = إحداثيات UH * ER

فرضيات الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph Assumptions

1. إن السيح المباشر في الجابية لعاصفة مطرية مؤثرة يكون الوقت فيها ثابتاً.
2. إن العلاقة بين السيح المباشر و الأمطار الزائدة هي علاقة خطية ، حيث تزداد المساحة الناتجة من هيدروغراف السيح المباشر وذلك بضرب إحداثيات الـ UH بوحدات العمق المؤثر.

مثال (3) / المعلومات التالية هي إحداثيات 6 – ساعة هيدروغراف قياسي لجابية ، إحسب الإحداثيات الرأسية لهيدروغراف السيح المباشر بسبب الزيادة المطرية 3.5 سم التي تحدث خلال 6 ساعة ؟

الوقت (hr.)	0	3	6	9	12	15	18	24	30	36	42	48	54	60	66
إحداثيات UH (m3/s)	0	25	50	85	125	160	185	160	110	60	36	25	16	8	0

الحل /

الوقت (hr.)	0	3	6	9	12	15	18	24	30	36	42	48	54	60	66
إحداثيات UH (m3/s)	0	25	50	85	125	160	185	160	110	60	36	25	16	8	0
إحداثيات DRH (m3/s)	0	87.5	175	297.5	437.5	560	647.5	560	385	210	126	87.5	56	28	0

إشتقاق الهيدروغراف القياسي Unit Hydrograph Derivation

هي عملية إيجاد إحداثيات الهيدروغراف القياسي وذلك بقسمة إحداثيات الـ DRH على قيمة المطر المؤثر والناتج من إيجاد المساحة تحت منحني DRH وقسمته على مساحة الجابية.

إن فرضيات هيدروغراف الفيضان المستعمل في التحليل يمكن إختياره لكي يواجه النقاط المرغوبة الآتية:

1. الأمطار يجب أن تكون منتظمة خلال مدة إستدامتها ويجب أن تغطي مساحة الجابية.
2. العاصفة المطرية يجب أن تكون معزولة وتحدث بصورة فردية.
3. الأمطار الزائدة للعاصفة المطرية المختارة تكون عالية كما إن مدى قيمها يتراوح من 1 – 4 سم.

مثال (4) / خمن ذروة هيدروغراف 3 ساعة قياسي ، إذا علمت أن ذروة هيدروغراف الفيضان الناتجة بسبب 3 ساعة مطر مؤثر هي 270 م^3/ثا وإن معدل عمق المطر يساوي 5.9 سم ، أفرض أن معدل ضائعات النفاذية يساوي 0.3 سم / ساعة وإن الجريان القاعدي قيمته ثابتة و يساوي 20 م^3 / ثا ؟

الحل /

قيمة المطر المؤثر = 5.9 – 3*0.3 =5 سم

ذروة الـ DRH = 270 – 20 = 250 م^3/ ثا

ذروة الـ UH – 3 ساعة = 250 / 5 = 50 م^3 / ثا

إستعمالات و محددات الهيدروغراف القياسي

ا. الإستعمالات

1. في تطوير هيدروغراف الفيضان و معرفة قيمة المطر القصوى المستخدمة في تصاميم منشآت التصريف.
2. في إستكمال سجلات الجريان بالإعتماد على سجلات المطر.
3. لأغراض التنبؤ بالفيضان وفي إطلاق التحذيرات إعتماداً على الأمطار الساقطة.

يفترض مخطط الهيدروغراف القياسي بأن الأمطار الساقطة على جابية لها توزيع منتظم ، كذلك الشدة المطرية، فإنها يفترض أن تكون ثابتة خلال إستدامة المطر الزائد، ومن الناحية العملية فإن هذين الظرفين لا يطبقان بدقة ، حيث أنه من المعتاد أن تكون الأمطار غير منتظمة على المساحة ، و كذلك فإن الشدة مختلفة خلال فترة سقوط العاصفة المطرية وتحت مثل هذه الظروف فإن الهيدروغراف القياسي لا يزال يستعمل فيما إذا كان هناك توزيع مساحي متجانس للعواصف المختلفة.

على أية حال، فإن حجم المساحة يعد العامل المؤثر الأعلى على تطبيق الهيدروغراف القياسي، حيث يمكن القول أن المساحة 5000 كم^2 تعد الحد الأعلى لمساحة الجابية المستعملة في تطبيقات الهيدروغراف القياسي.

ب. المحددات:

1. إن السقيط يجب أن يكون مطراً فقط وذوبان الثلوج لا يمكن تمثيلها في الهيدروغراف القياسي.
2. الجابية يجب أن لا تحتوي على خزن كبير مثل الأحواض أو الصهاريج وكذلك الخزن في الضفاف الفيضانية والتي تؤثر على العلاقة الخطية بين الخزن و التصريف.
3. إذا كان السقيط غير منتظم فأن نتائج الهيدروغراف القياسي تكون غير جيدة.

و بصورة عامة، في إستعمالات الهيدروغراف لا يمكن توقع نتائج دقيقة جداً حيث أن الإختلافات في قاعدة الهيدروغراف تكون بحدود ±20 % وفي ذروة التصريف تكون بحدود ±10 % و تعتبر هذه النتائج مقبولة.

الفيضانات Floods

الفيضان Flood عبارة عن إرتفاع منسوب النهر بصورة غير عادية بحيث يطفح النهر على ضفتيه ويغرق المنطقة المجاورة. إن مخطط ماء الفيضان (الهيدروغراف) للفيضانات العالية و بيانات مناسيب المياه المقابلة لذروات الفيضان توفر معلومات و بيانات مهمة تساعد في التصميم الهيدرولوجي وفضلاً عن ذلك فإن من بين الخصائص المختلفة لهيدروغراف الفيضان، أن معيار ذروة الفيضان يعد من أهم المعايير المستخدمة وأوسعها إنتشاراً، ففي موقع معين تتغير ذروات الفيضان بين سنة وأخرى و تشكل مقاديرها السلسلة الهيدرولوجية والتي من خلالها يمكن تحديد التردد لذروة الفيضان وعملياً يمكن القول أنه عند تصميم جميع المنشآت الهيدروليكية فإن تصريف الذروة لتردد (مرة واحدة لكل 100 سنة مثلاً) يعد ذا أهمية لإنشاء هذه المنشآت و تحقيق الأغراض المنشودة منها ، ولغرض حساب مقدار ذروة الفيضان تتوفر الطرق الآتية :

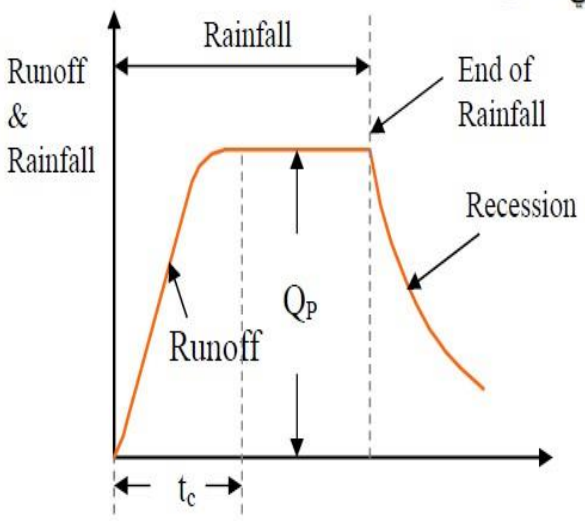
1. الطريقة العقلانية Rational Method
2. الطريقة الوضعية (التجريبية) Empirical Method
3. طريقة الهيدروغراف Hydrograph Method
4. دراسات تردد الفيضان Flood – Frequency Studies

وتعتمد دراسة طريقة ما على عدة عوامل منها :

أ. الغرض المنشود ب. البيانات المتوفرة ج. أهمية المنشأ

1. الطريقة العقلانية Rational Method :

بإفتراض سقوط المطر بشدة منتظمة ولفترة إستدامة طويلة جداً على حوض ماء ، فإن معدل السيح يزداد تدريجياً من الصفر إلى قيمة ثابتة وكما موضح في الشكل:



حيث يزداد السيح بإستمرار وصول التصريف من المناطق البعيدة من الجابية إلى المخرج (0utlet) ، فإذا رمزنا إلى الفترة التي تصل فيها قطرة الماء من أبعد جزء من الجابية إلى مخرجها بالرمز (t_c) (زمن التركيز) فإن من الواضح إنه إذا استمر سقوط المطر إلى ما بعد (t_c) فإن السيح سيصبح ثابتاً عند قيمة الذروة (Q_P):

$$Q_P = C\,A\,i \qquad t \geq t_c$$

$C = \text{Runoff} / \text{Rainfall}$, A : مساحة الجابية , i : شدة المطر

وعند إستخدام الوحدات الحقلية يمكن كتابة المعادلة أعلاه كما يأتي:

$$Q_P = \frac{1}{3.6} C\,(i_{tcp})\,A$$

Q_P : (m^3/s) تصريف الذروة , C : معامل السيح , i_{tcp} : P إحتمالية t_c لإستدامة متوسط شدة المطر (ملم / ساعة)

A : مساحة التصريف (كم^2)

وقت التركيز (t_c) Time of Concentration:

هناك عدة معادلات تجريبية لتخمين وقت التركيز ومن أهم هذه الطرق :

أ. الطريقة الأمريكية U.S.A. Practice: في حالة كون أحواض التصريف لجابية صغيرة فإن زمن التركيز يساوي تقريباً فترة تصريف الذروة :

$$t_c = t_P = C_{tL} \left(\frac{LL_{ca}}{\sqrt{s}}\right)^n$$

t_c : زمن التركيز (ساعة) , $n = 0.38$, s : ميل الجابية الموزون

C_{tL}= constant

= 0.83 للمناطق الجبلية

= 0.5 للتلال

= 0.24 للوديان

L : طول الجابية وتقاس على طول المجرى المائي من خط تقسيم الجابية (كم)

L_{ca} : المسافة على طول المجرى المائي من محطة القياس إلى نقطة على المجرى المائي في مركز الجابية (كم)

ب. معادلة كيربج Kirpich Equation :

$$t_c = 0.01947\, L^{0.77}\, S^{-0.385}$$

t_c : (min) فترة التركيز

L : (m) أقصى مسافة يقطعها الماء

$S = \Delta H / L$: إنحدار الجابية

ΔH : فرق المنسوب من أبعد نقطة في الجابية إلى المخرج

شدة المطر Rainfall Intensity :

إن شدة المطر المكافئة لإستدامة معينة تساوي t_c وبإحتمالية تجاوز P (أي فترة رجوع $T = 1 / P$) يمكن إيجادها بواسطة العلاقة بين تردد المطر و الإستدامة للجابية :

$$i_{tcp} = \frac{KT^x}{(t_c + a)^m}$$

K , a , x , m ثوابت

2. الصيغ التجريبية (الوضعية) Empirical Formulas :

تعد الصيغ الوضعية المستخدمة لحساب ذروة الفيضان صيغاً محلية تعتمد على الإرتباط الإحصائي لخصائص الذروة و منطقة الجابية. ولغرض تسهيل شكل المعادلة تستخدم بعض المعايير التي تؤثر على ذروة الفيضان ، فعلى سبيل المثال تستخدم جميع الصيغ مساحة منطقة الجابية معياراً مهماً يؤثر على ذروة الفيضان وبنفس الوقت فأن معظم هذه الصيغ تهمل تكرار الفيضان بوصفه معياراً. من هذا المنطلق تطبق الصيغ الوضعية فقط في المناطق التي إشتقت فيها هذه الصيغ.

العلاقات بين ذروة الفيضان و المساحة Flood Peak – Area Relationships:

إن أسهل الصيغ الوضعية هي تلك التي تربط ذروة الفيضان الأقصى Q_P من منطقة الجابية التي مساحتها A بالعلاقة الآتية :

$$Q_P = f(A)$$

أ. صيغة ديكنز Dickens Formula :

$$Q_P = C_D\, A^{3/4}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية $(كم^2)$

C_D : ثابت ديكنز $(30 - 6)$

ب. صيغة رايف Ryves Formula :

$$Q_P = C_R\, A^{2/3}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية $(كم^2)$

C_R : ثابت رايف

= 6.8 للمناطق التي تبعد بحدود (80) كم عن الساحل

= 8.5 للمناطق التي تبعد بحدود (80 - 160) كم عن الساحل

= 10.2 لبعض المناطق قرب الجبال

جـ . صيغة إنجليس Inglis Formula :

$$Q_P = \frac{124A}{\sqrt{A + 10.4}}$$

Q_P : التصريف الأقصى للفيضان (m^3/s)

A : مساحة الجابية $(كم^2)$

د. صيغة فولر Fuller's Formula:

$$Q_{TP} = C_f\, A^{0.8}\, (1 + 0.8 \log T)$$

Q_{TP} : التصريف الأقصى خلال 24 ساعة بتردد T سنة (m^3/s)

C_f : ثابت فولر $(1.88 - 0.18)$

هـ . صيغة بيرد – ماكوارن Bird – McWarn Formula :

$$Q_{MP} = \frac{3025A}{(278 + A)^{0.78}}$$

مثال (2) / إحسب التصريف الأقصى للفيضان بإستخدام صيغة وضعية و لمساحة جابية مقدارها 40.5 كم^2 ؟

الحل/

1. صيغة ديكنز $(C_D = 6)$

$$Q_P = 6 * (40.5)^{0.75} = 96.3\ m^3/s$$

2. صيغة ديكنز $(C_R = 6.8)$

$$Q_P = 6.8\ (40.5)^{2/3} = 80.2\ m^3/s$$

3. صيغة إنجليس

$$Q_P = \frac{124 * 40.5}{\sqrt{40.5 + 10.4}} = 704\ m^3/s$$

4. صيغة بيرد – ماكوارن :

$$Q_{MP} = \frac{3025 * 40.5}{(278 + 40.5)^{0.78}} = 1367\ m^3/s$$

المياه الجوفية
(Ground Water)

المياه الجوفية : يطلق على المياه في غلاف التربة مصطلح المياه تحت السطحية أو المياه الجوفية وتوجد في منطقتين هما:

1. منطقة التشبع Saturated Zone .
2. منطقة التهوية Aeration Zone .

1. منطقة التشبع Saturated Zone : تعرف هذه المنطقة أيضاً بمنطقة المياه الجوفية وتكون فيها كل فراغات التربة مملوءة بالماء ويشكل منسوب الماء الجوفي water table حدودها العليا أو ما يعرف بالسطح الحر أي السطح المعرض للضغط الجوي.
2. منطقة التهوية Aeration Zone : تكون فراغات التربة في هذه المنطقة مشبعة جزئياً بالماء وتمتد هذه المنطقة بين الفراغ الكائن بين سطح الأرض وبين منسوب المياه الجوفية وتقسم هذه المنطقة إلى ثلاثة أقسام:

أ. منطقة ماء التربة Soil Water Zone : تقع هذه المنطقة قرب سطح الأرض في المنطقة الجذرية الرئيسة للنبات والتي ينفذ الماء خلالها إلى الجو.

ب. منطقة الحاشية الشعرية Capillary Fringe : وهي التي يتحرك فيها الماء بواسطة الخاصية الشعرية وتمتد هذه المنطقة بين منسوب الماء الجوفي صعوداً إلى حد الإرتفاع الشعري.

ج. المنطقة المتوسطة Intermediate Zone : وتقع هذه المنطقة بين منطقة ماء التربة وبين المنطقة الشعرية ويعتمد سمك منطقة التهوية وأقسامها على بنية التربة ومحتواها الرطوبي وتتغير من موقع لآخر.

وكما هو معلوم، فإن جميع المواد سواءً كانت تربة وصولاً إلى الصخر تختلف بالمسامات والتي تعتبر مملوءة بالماء في المنطقة الكائنة تحت منسوب الماء الجوفي، وعلى هذا الأساس تصنف التكوينات المشبعة إلى أربعة مجاميع هي:

1. **التكوين الخازن Aquifer:** وهو عبارة عن تكوين جيولوجي مشبع لا يخزن الماء فحسب بل ينتجه بكميات كافية وعلى هذا الأساس فإن التكوين الخازن يسمح بنفاذ الماء خلاله بسهولة وذلك لنفاذيته العالية، وتعد الرسوبيات غير المنضمة unconsolidated كالرمل و الحصى أمثلة جيدة على هذا النوع.
2. **التكوين الخازن الضعيف Aquitard :** هذا التكوين يسمح بتسرب الماء فقط لذلك يكون إنتاجه قليلاً مقارنةً بالتكوين الخازن ويعد هذا التكوين نفاذاً جزئياً.
3. **التكوين الكاتم Aquiclude :** وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ للماء ويمكن إعتباره مغلقاً تجاه حركة الماء حتى لو إحتوى على كميات كبيرة منه، ومن الأمثلة على ذلك تكوين التربة الطينية.
4. **التكوين الأصم Aquifuge :** وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ وغير مسامي ولايحتوي على فتحات مترابطة، لذلك لا يمكنه نقل الماء، ومن الأمثلة على ذلك الكتل الصخرية الخالية من الشقوق.

8. 2. موازنة المياه الجوفية Ground Water Budget :

يعتمد مقدار المياه الجوفية في حوضٍ ما على الجريان والتصاريف في مختلف النقاط. والعلاقة المتداخلة بين الجريان الداخل inflow والجريان الخارج outflow والتراكم يعبر عنها بمعادلة تسمى معادلة الموازنة كما يأتي :

$$\Sigma I \Delta t - \Sigma Q \Delta t = \Delta S$$

$\Sigma I \Delta t$: كل أنواع التغذية وتشمل ما يقدم من البحيرات والجداول والأمطار والتغذية الصناعية في الحوض

$\Sigma Q \Delta t$: تمثل التصريف الصافي للمياه الجوفية من الحوض ويشمل الضخ والجريان السطحي والتسرب إلى البحيرات و الأنهار.

ΔS : التغير في مخزون المياه الجوفية في الحوض والحاصلة عبر فترة زمنية (Δt)

إن المعدل الأقصى للسحب من المياه الجوفية في حوضٍ ما والذي يمكن إجراؤه دون أن يتسبب في نتائج غير مرغوبة يطلق عليه (الإنتاج الأمين Safe Yield) وهذا المصطلح يعتمد على أهداف مطلوبة، وإن النتائج غير المرغوب فيها تشتمل على :

1. إنخفاض دائم في منسوب الماء الجوفي أو الإرتفاع البيزومتري.
2. أن يكون منحني الهبوط أقصى ما يمكن مؤدياً إلى عدم كفاءة تشغيل البئر.
3. تداخل الماء المالح وخاصةً في التكوينات الساحلية.

الآبار Wells

تعد الآبار واحدة من أهم الطرق الشائعة في الحصول على المياه الجوفية من التكوين الخازن ، و على الرغم من استخدام الآبار في كثير من التطبيقات فإن أكثرها شيوعاً هي في إمدادات المياه و التطبيقات الهندسية في الري.تأمل وجود الماء في تكوين خازن حر يضخ بمعدل ثابت من البئر، و قبل الضخ يشير منسوب الماء في البئر إلى منسوب الماء الجوفي الساكن، و ينخفض هذا المنسوب مع إستمرارالضخ. و إذا كان التكوين الخازن موحد الخواص و متجانساً و كان منسوب الماء الجوفي أفقياً فإن ذلك المنسوب يتخذ شكلاً مخروطياً جراء الجريان الشعاعي إلى البئر، و يطلق عليه مخروط الانخفاض cone of depression ،

و يطلق على الانخفاض في منسوب الماء الجوفي في أية نقطة عن المنسوب الساكن مصطلح منحني الهبوط – draw down أما مدى تأثير مخروط الانخفاض فيطلق عليه مساحة التأثير area of influence في حين يسمى قطره المؤثر بقطر التأثير radius of influence .

و عند حصول الضخ بمعدل ثابت فإن منحني الهبوط يبدأ بالتكوين مع مرور الزمن و ذلك للسحب الكائن في الخزين، و يطلق على هذا الطور بالجريان غير الثابت لأن منسوب الماء الجوفي يتغير مع مرور الزمن، و باستمرار الضخ تصل حالة من التوازن بين معدل الضخ و معدل المياه الداخلة إلى البئر من الحافات الخارجية من منطقة التأثير. و يتخذ سطح منحني الهبوط موقعاً ثابتاً مع مرور الزمن حيث يعمل البئر تحت ما يسمى بظروف الجريان الثابت. و عند توقف الضخ يعوض الخزن في مخروط الانخفاض بمزيد من المياه الجوفية الداخلة إلى منطقة التأثير و يبدأ التراكم التدريجي للخزين لحين الوصول إلى منسوب ساكن و يطلق على هذا مرحلة الاستعادة recuperation of recovery و تعد هذه ظاهرة غير ثابتة، حيث يعتمد وقت الاستعادة على خصائص التكوين الخازن.

الجريان الثابت في البئر Steady Flow into a Well

1. الجريان المحصور Confined Flow :

يوضح الشكل أدناه بئراً يخترق تكويناً خازناً محصوراً سمكه B بافتراض أن للبئر تصريفاً ثابتاً مقداره Q ، فإذا كان الارتفاع H و كان عند بئر الضخ هو h_w و منحني الهبوط فيه هو S_w :

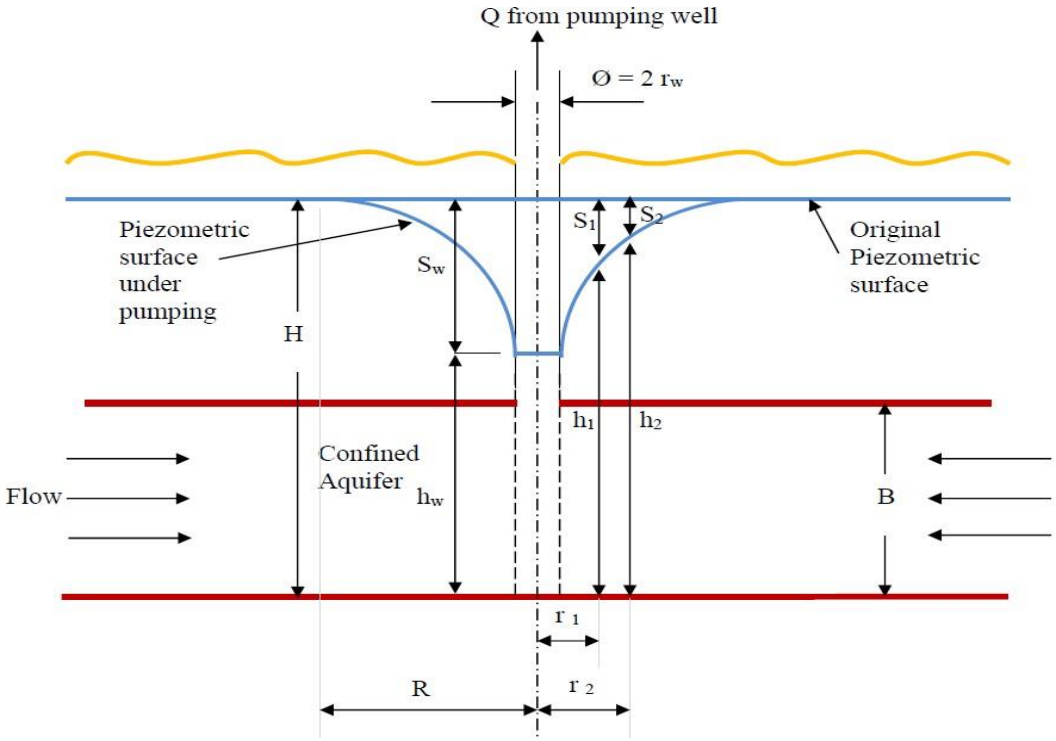
$$Q = \frac{2\pi k T \ (h_2 - h_1)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})} \quad , \text{if} \quad S_1 = H - h_1 \ , \ S_2 = H - h_2 \ ,$$

$T = k B$ (transportation factor m^2/s.)

$$Q = \frac{2\pi \ T \ (S_2 - S_1)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})}$$

و عند حافة منطقة التأثير ($S = 0 \ , R = r_2 \ , H = h_2$) كما أن ($S_1 = S_w \ , \ h_1 = h_w \ , \ r_1 = r_w$) عند جدار البئر :

$$Q = \frac{2\pi \ T \ Sw}{\ln(\frac{R}{r_w})}$$



مثال (1) بئر قطرها 30 سم تخترق كلياً تكويناً خازناً محصوراً معامل النفاذية له 45 م/يوم ، فإذا علمت أن سمك الطبقة الخازنة = 20 متر و أن منحني الهبوط و نصف قطر التأثير عند الضخ بالحالة الثابتة هما 3 و 300 متر على التوالي ، إحسب كمية تصريف البئر ؟

الحل :

$R = 300$ m. , $r_w = 0.15$ m. , $S_w = 3$ m. , $B = 20$ m.

$k = 45 / (3600 * 24) = 5.208 * 10^{-4}$ m/s.

$T = 5.208 * 10^{-4} * 20 = 10.416 * 10^{-3}$ m^2/s.

$Q = 2 * \pi * 10.416 * 10^{-3} * 3 / \ln(300/0.15) = 0.02583$ m^3/s. = 1550 liter/min.

مثال (2) في المثال السابق إحسب التصريف إذا كان :

1. **قطر البئر 45 سم مع بقاء بقية العوامل ثابتة .**
2. **إذا زاد منحني الهبوط إلى 4.5 متر و ببقاء بقية العوامل ثابتة .**

الحل :

1. $Q = 1637\ m^3/s.$
2. $Q = 2325\ m^3/s.$

2. الجريان غير المحصور (الحر) Unonfined Flow

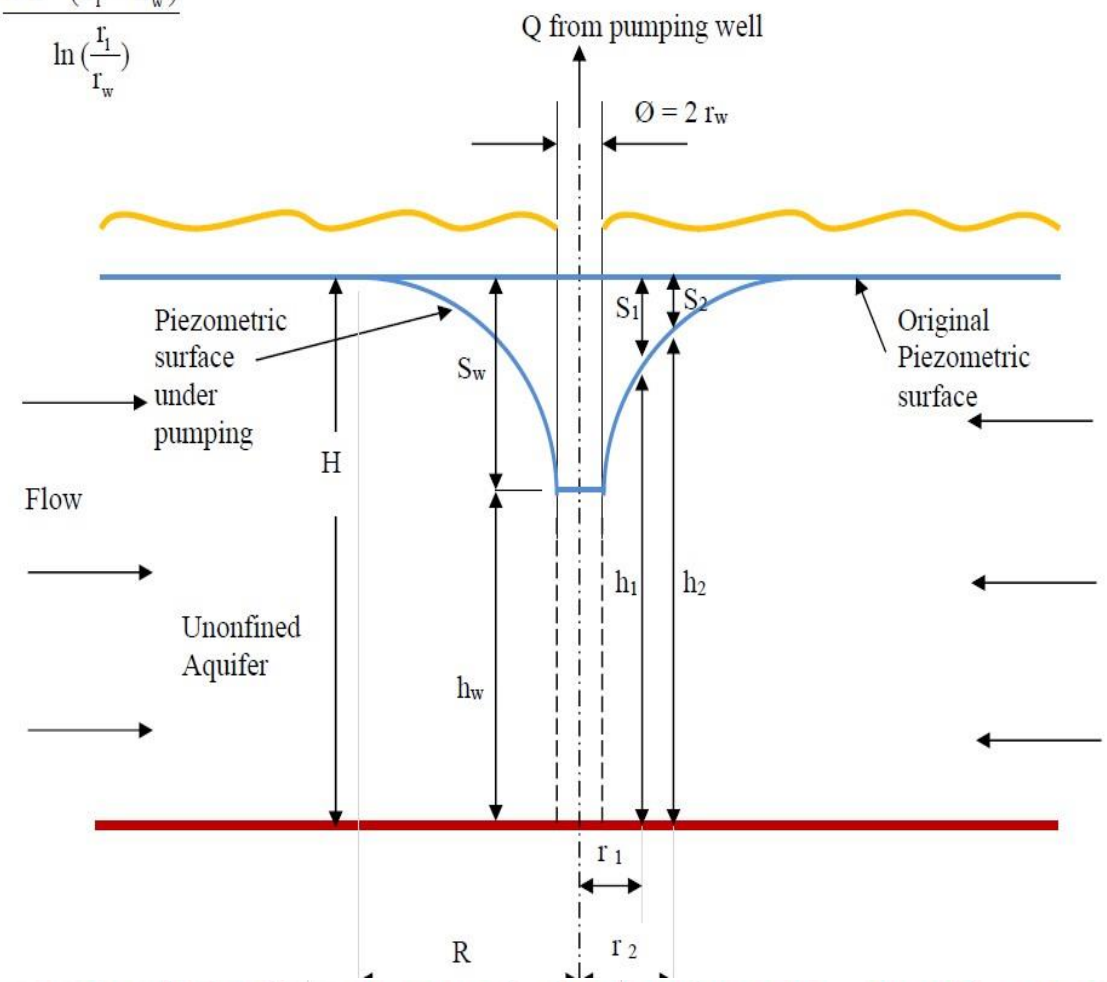
$$Q = \frac{\pi\, k\ (h_2^2 - h_1^2)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})}$$

و عند حافة منطقة التأثير ($R = r_2$, $H = h_2$) كما أن ($h_1 = h_w$, $r_1 = r_w$) عند جدار البئر :

$$Q = \frac{\pi\, k\ (H^2 - h_w^2)}{\ln(\frac{R}{r_w})}$$

Or :

$$Q = \frac{\pi k \quad (h_1^2 - h_w^2)}{\ln(\frac{r_1}{r_w})}$$



مثال (3) بئر قطرها 30 سم تخترق كلياً تكويناً خازناً حراً عمقه 40 متر وبعد فترة طويلة من الضخ بمعدل ثابت مقداره 1500 لتر /دقيقة ، ظهر أن منحني الهبوط في بئري مراقبة تبعدان 25 و 75 متر عن بئر الضخ هما 3.5 و 2 متر على التوالي ، إحسب معامل الاستنقال للتكوين الخازن ، ما مقدار منحني الهبوط عند بئر الضخ ؟

الحل :

1. $Q = 1500*10^{-3}/ 60 = 0.025\ m^3/s.$

$h_2 = 40 - 2 = 38\ m.$, $h_1 = 40 - 3.5 = 36.5\ m.$

$r_2 = 75\ m.$, $r_1 = 25\ m.$

$0.025 = (\pi * k * (38^2 - 36.5^2)) / \ln(75/25)$

$k = 7.823 * 10^{-5}\ m/s.$

$T = k H = 7.823 * 10^{-5} * 40 = 3.13 * 10^{-3}\ m^2 / s.$

n

k

(

1

1

1

2

-

1

1

2

w

)

l

n

(

L

)

* 7.823 * 10 ^{5} * $(36.5^{2}$ -hw^{2})) 111 (25/0.15) 0.025

Ilw= 28.49 m.

= 40 — 28.49 - 11.51 mS

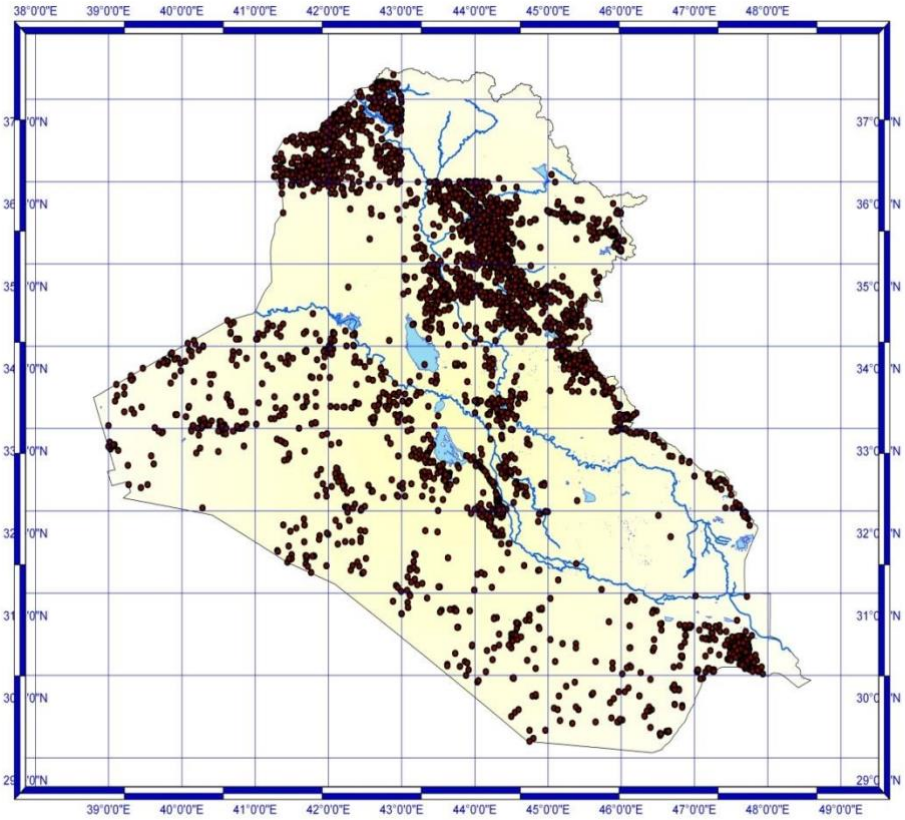
المياه الجوفية

يقسم الع ارق من الناحية الفيزيوغ ارفية الى خمسة اج ازء رئيسة وهي:

1. المنطقة الجبلية
2. المنطقة المتموجة
3. منطقة الجزيرة وشمال السهل الرسوبي
4. منطقة السهل الرسوبي

5. منطقة الصح ارء ولكل منطقة لها مواصفاتها الخاصة التي تتميز بها من ناحية احتوائها على المياه الجوفية فتختلف منطقة عن اخرى سواء في نوع المياه او في كمياتها او في اعماق ابارها او معاملاتها.

يتركز حفر الابار في الع ارق في المنطقة المتموجة ومنطقة شمال السهل الرسوبي وجنوب الصح ارء ،فيما يقل في منطقة الجزيرة والسهل الرسوبي وكذلك قسما من المنطقة الجبلية



ان المياه الجوفية في المنطقة الجبلية) **منطقة الطيات العالية وهى المنطقة الجبلية المحاذية لجبال ازكروس فى الشمال الشرقى من العارق ابتدا بالحدود الدولية وحتى عارضة صلاح الدين(**عادة ماتكون

مياه ذات نوعية عذبة متمثلا بتكوين عقرة – **بخمة** الكاربوني في سهل شهرزور، وتكوين كوميتان _قمجوقة في سهل بنجوين و تكوين باي حسن في سهلي ازخو وارنية، والمياه الجوفية عادة ماتكون عذبة
) اقل من 1000 ملغم/ لتر (اضافة الى وجود الترسبات الحديثة التي تحتوي على مياه جوفية عذبة ايضا في السهلين الاخيرين.

اما المياه الجوفية في المنطقة المتموجة) **منطقة الطيات الواطئة وهى المنطقة المتموجة التى تحد المنطقة الجبلية من الجنوب الغربى وحتى سلسلة جبال حمرين (** فتبرز التكوينات الجيولوجية الاتية

كأهم التكاوين التي تحتوي على مياه جوفية **سنجار**– **بلاسبى الكاربوني، باى حسن، المقدادية،** والترسبات الحديثة، ومعظم مياه هذه التكوينات لاتزيد ملوحة مياهها عن 3000 ملغم /لتر وفي العديد من الاحواض المائية تقل ملوحة مياهها عن 1000 ملغم / لتر مثل تكوين باي حسن في حوض التون كوبري مما يشجع على استخدامها للاغ ارض البلدية.

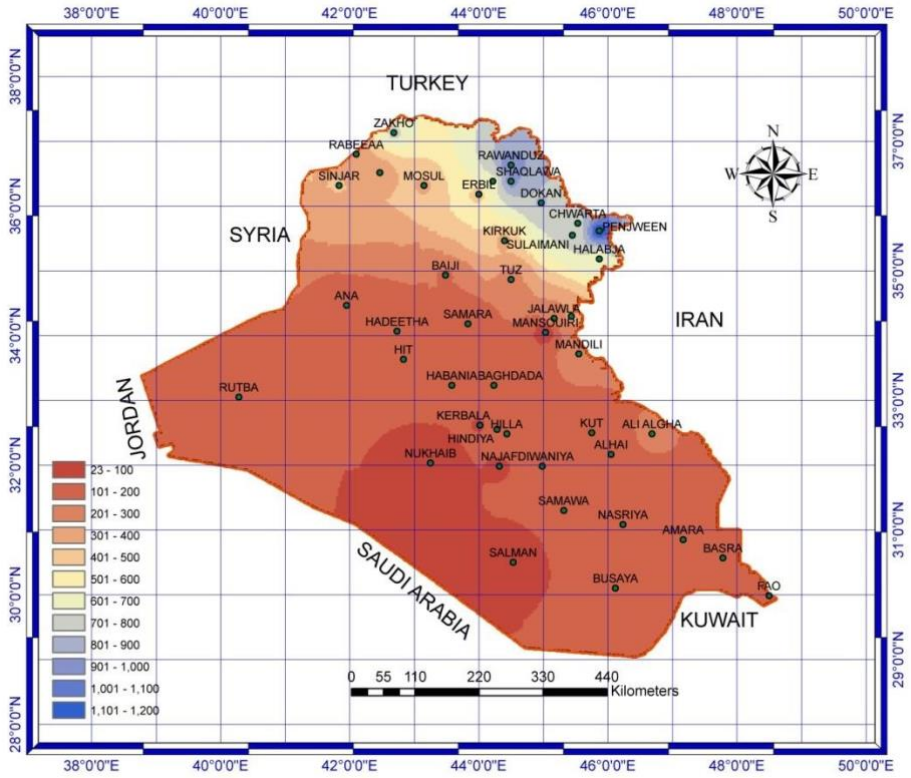
ومياه شمال السهل الرسوبي) **المنطقة المحصورة بين نه ر ي دجلة والعظيم وجبل حمرين الى الشمال من مدينة بلد تقع خارج السهل الرسوبى** ومياهه الجوفية عادة ماتت اروح مابين 3000- 4000 ملغم / لتر وتستخدم غالبا للأغ ارض الزارعية, والطبقة الجيولوجية الحاملة للمياه فيه هي تابعة لتكوين المقدادية اضف الى ذلك الترسبات الحديثة في المناطق القريبة من سام ارء.

والسهل الرسوبي) المنطقة المحصورة بين نهرى دجلة والف ارت (فهي ارض منبسطة نسبيا لا ازلت الد ارسات الهيدروجيولوجية عن منطقة السهل الرسوبى الواقعة الى الجنوب من بلد وحتى الفاو والمتمثلة بوادى ال ارفدين غير مكتملة، وان حركة المياه الجوفية فى هذة المنطقة بطيئة باتجاه المسالك المائية كالانهار والقنوات فى الطبقة الحرة العليا وان تغذية هذه الطبقة التى هى عبارة عن رسوبيات فيضية انما مصدرها الرئيسى العلاقة بين نهرى دجلة والف ارت وشبكة قنوات الرى وعمليات الرى نفسها بالاضافة الى مياة الصرف الصحى وتجمعات مياة الامطار الفائضة. لذا فان نوعية المياه الجوفية فى منطقة السهل الرسوبى غير متجانسة وعادة ما تكون ت اركيز الاملاح فيها مرتفعة نتيجة عمليات غسل التربة وبزلها ومياه الرى العائدة التى تحتوى بالاضافة الى الاملاح وملوثات استخدام الاسمدة والمبيدات...الخ

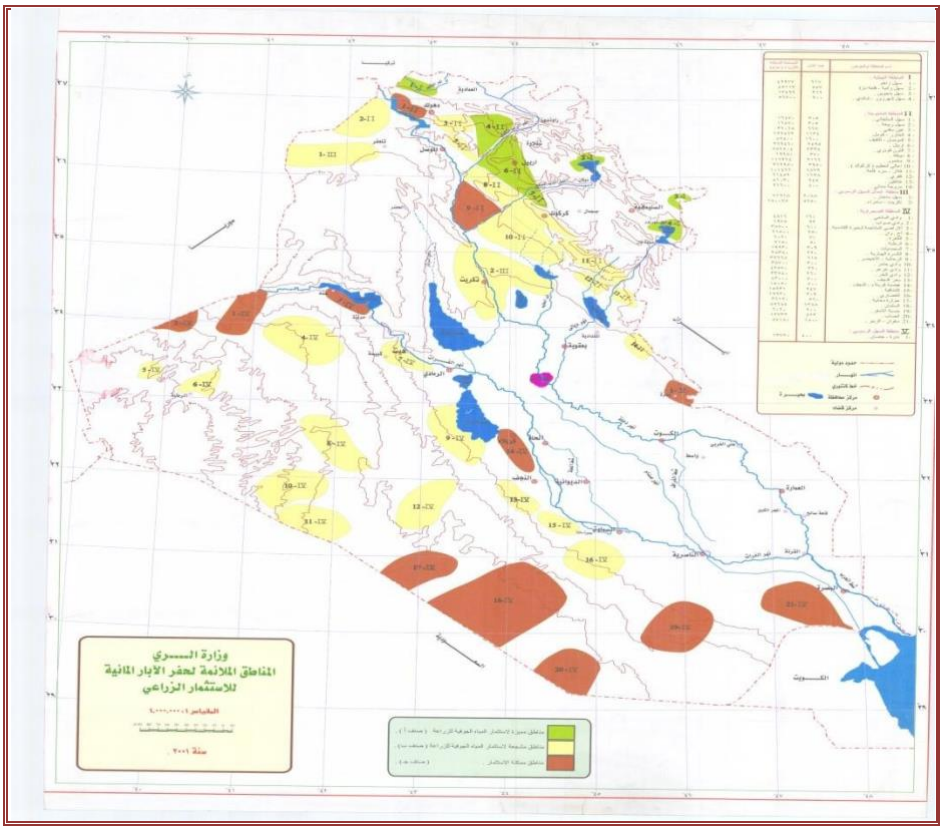
اما مياه المنطقة الصح اروية وهي المنطقة الواقعة جنوب نهر الف ارت والى الحدود الع ارقية الاردنية والسعودية والكويتية ويحتوى العمود الرسوبى هذا على عدد من طبقات المياه الجوفية منها المتشققة ذات الامتداد الواسع تفصلها عن بعضها طبقات كتيمة. ويمكن فى هذة الحالة لبئر عميقة ان نستفيد من مياه اكثر من طبقة مياه جوفية. واهم التكوينات الجيولوجية التي تحتوي على مياه جوفية هي الكعرة)2500- 3500 (، الملصى)300 -2000 (, محيور) 1000 - 6000(، الرطبة)1000 -
6000 (، الهارثة (1500 - 5000(، الطيا ارت (1500 - 4000 (، ام ارضمة (2000 - 6000)، الف ارت (2500 - 5500 (, الدبدبة) 2500 - 6000(ملغم / لتر

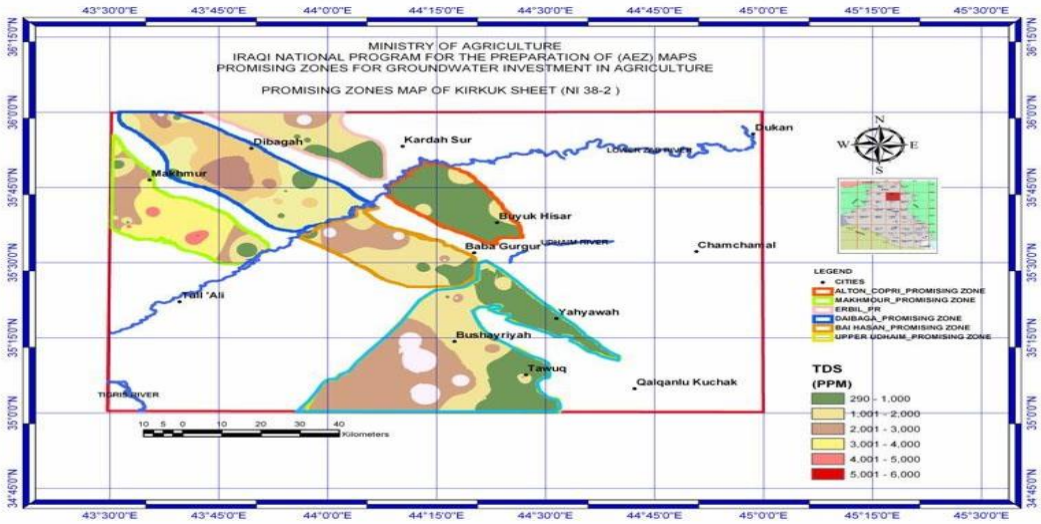
فيما تعتبر مياه الجزيرة وهي المنطقة المحصورة ما بين غرب نهر دجلة وشمال نهر الف ارت طبقات جيولوجية من الجبسم ولطبيعة جيولوجية المنطقة المميزة باحتوائها على هذه الطبقات فى جزء مهم منها ممتد بين نهر الف ارت ومدينة الحضر يتكون فيها خزين جوفى مؤقت فى قنوات الاذابة والتخسفات يصرف عن طريق عدد من العيون التى يلاحظ تاثرها بالظروف الموسمية.
تتأثر المياه الجوفية في الع ارق تأث ار مباش ار بالتساقط المطري وخصوصا بالنسبة للطبقات المائية الحرة وقديلاحظ ان هناك تذبذبا واضحا في مناسيب المياه الجوفية بين الفترتين الرطبة والجافة وعادة مايتوزعالتساقط المطري بين مياه تعمل على تغذية المياه الجوفية والجريان السطحي ورطوبة التربة اضف الى ذلك التبخر. ويقدر كم مياه الساقط المطري الذي يعمل على تغذية المياه الجوفية في عموم الع ارق بـ 4 مليار مت ار مكعبا سنويا.

المعدلات السنوية للتساقط المطري في الع ارق ويتضح ان منطقة الطيات العالية تتمتع بأكبر معدل اذ تصل الى 1200 ملم / سنة في منطقة بنجوين تحديدا، وتقل المعدلات بالاتجاه نحو الجنوب الغربي لتصل الى مادون 100 ملم / سنة



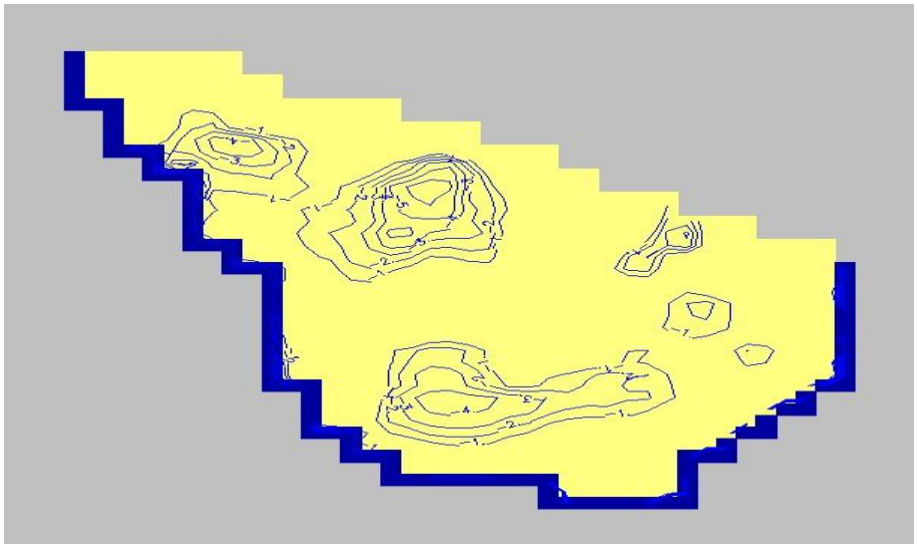
المناطق الواعدة: يختلف تعريف المنطقة الواعدة للغرض الذي يستخدم فيه والضوابط التي توضع لغرضتعريفها فمثلا تعريف المنطقة الواعدة المستخدم ضمن هذا العرض يستخدم محددين رئيسين هما الملوحةوالتصريف النوعي اللذان استخدما لتحديد كفاءة مياه الابار لاستخدامها لاغ ارض زارعية، وقد يختلف عدد المناطق الواعدة من خارطة الى اخرى وحسب مقياس الرسم المستخدم.

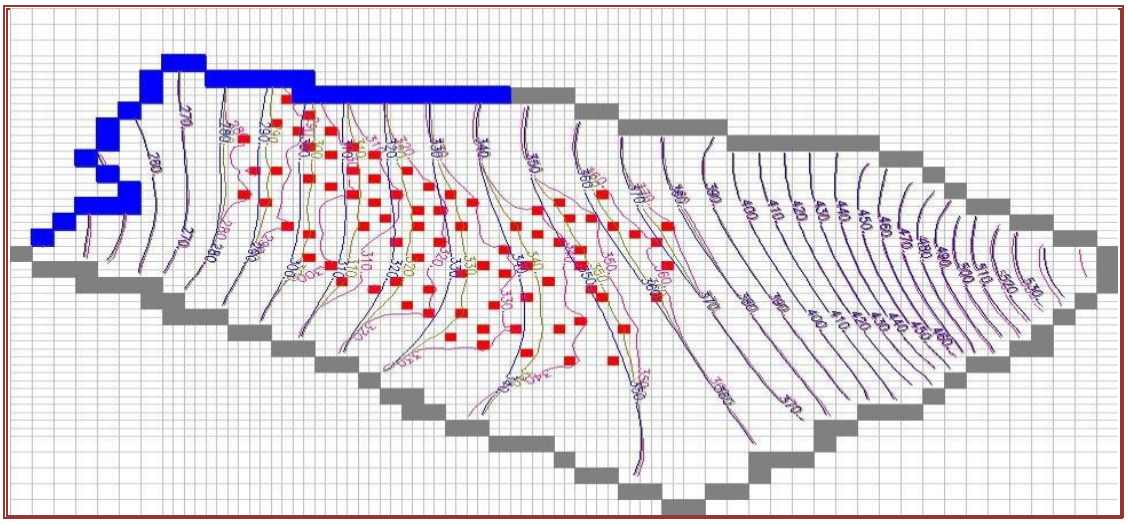




خارطة لمناطق واعدة بمقياس 1 : 250000

الاستن ازف والسحب المفرط يثير الإستخدام المفرط للمياة الجوفية لري المزروعات مسألة استم اررية ذلكالري في البلد. تظهر تقدي ارت أثار السحب ال ازئد للمياه الجوفية صورة مظلمة عن نضوب مصادر تلكالمياه في المناطق التي تمت د ارستها. عليه يجب إحداث توازن مقبول بين سد الاحتياجات الغذائية الآنية للسكان واستم اررية الزارعة التي تعتمد على الري بالمياه الجوفية





مثال يوضح الفرق مابين الاستخدام العقلاني والاستخدام العشوائي في حوض التون كوبر ي

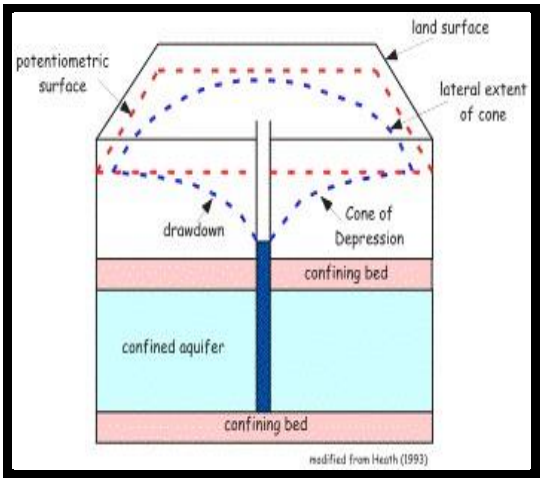
الابار الارتوازية

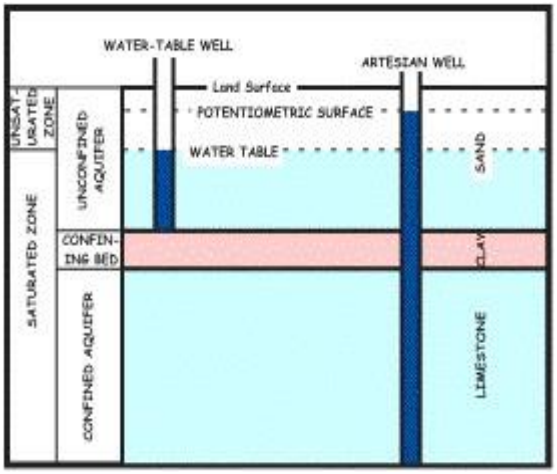
ان اخت ارق طبقة كتيمة وصولا الى طبقة محصورة يؤدي الى ارتفاع منسوب المياه لمستوى قد يعلو مستوى سطح الارض. عدم السيطرة على تدفق المياه واستخدامها الصحيح كما في منطقة عين التمر اذ ترك اثا ار سلبية بالغة ادت الى اندثار العيون وفي مناطق اخرى ادى الى اثارة المخاوف من تأثيرها على قطاع السياحة كما في شقلاوة، كما قد يؤدي ايضا الى تلوث

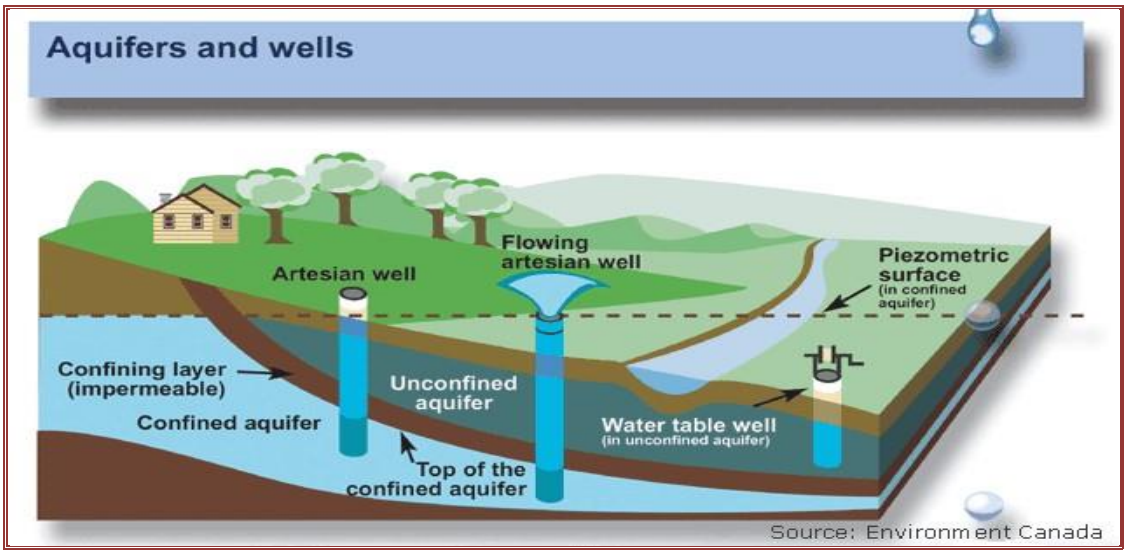
مياه الانهار كما في منطقة هيت. لذا في مثل هذه الحالات لابد من التحوط اثناء اعمال الحفر واستخدام الاساليب الصحيحة للحيلولة دون هدر المياه.

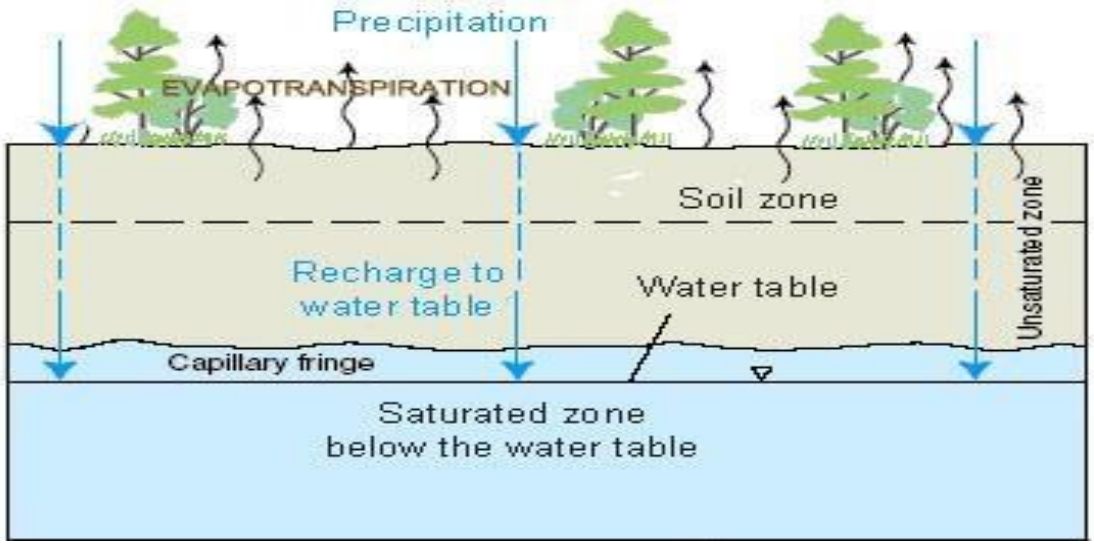
التغيارت النوعية في المياه الجوفية

كما هو الحال في انخفاض مناسيب المياه الجوفية فقد شهدت المياه الجوفية تدهوار يكاد يكون ملحوظآ في بعض الاحواض الهيدروجيولوجية نتيجة لعوامل مختلفة. ولغرض السيطرة على تردي النوعية لابد من وضع ضوابط للحد من التلوث واهمها حماية مناطق التغذية من التلوث مهما كان مصدره، بما فيه الفضلات الصلبة والسائلة، ومكابّ النفايات، والمدخلات الزارعية، وما شابه ذلك. الا ان اهم ما يجب عمله هو عدم خلط الطبقات المائية بعضها بالبعض الاخر والعمل على حجز الطبقات المالحة عن العذبة او معتدلة االملوحة.









Zones of the infiltration process for the water content profile

*حظر حفر الآبار واستغلال المياه الجوفية من دون حصول على رخصة حفر صادرة عن الجهةالمخولة.

*حظر استغلال المياه الجوفية بكميات تزيد عن الكميات المرخص بها. ووضع عقوبات على المخالفين بما فيها فرض الغ ارمات الكبيرة والغاء رخصة الحفر واغلاق البئر.

*استغلال المياه من الطبقات المائية الجوفية غير المتجددة بحذر وبعد إج ارء د ارسات وتحريات مستفيضة وتحديد المدى الزمني لأي من هذه الطبقات وتحديد معدلات الاستغلال تبعاً لذلك.

*التعاون ما بين وازرة الموارد المائية مع الجهات التخطيطية والبيئية لتكون مواقع الصناعات المسببة للتلوث ورمي النفايات الصلبة خارج مناطق حماية الطبقات المائية الجوفية.

*التعاون ما بين وازرة الموارد المائية ووازرة الزارعة لتنظيم نوع ومعدلات استخدام الأسمدة، المبيدات داخل مناطق تغذية الطبقات المائية الجوفية.

*الحفاظ على مسافات ملائمة بين الآبار للحيلولة دون وقوع هبوط مفاجئ لمناسيب المياه الجوفية.

* تطوير الطبقات المائية الجوفية العميقة بعناية، واستغلال المياه منها بشكل تدريجي مع القيام بتقييم دوري لنوعية المياه وكمياتها.

*تشجيع الاستعمال المتواتر للمياه الجوفية والسطحية في الأماكن التي يمكن فيها ذلك لزيادة منافع الاستعمال المائي.

*تنظيم حملات على حفر الآبار غير المرخصة، واغلاق هذه الآبار واتخاذ الإج ارءات القانونية بحق المخالفين.

وتوجد في المناطق السهلية كميات من المياه الجوفية ناتجة من تسربات مياه دجلة والف ارت وهي لا تبعد كثي اًر عن سطح الأرض. في حين نجد أن مستودعات المياه الجوفية في البادية يزيد عمقها على 300 م وغالباً ما تكون مياهها قليلة الجودة ولكنها تصلح للزارعة والى حد ما للشرب خاصة في حوض الف ارت الواقع في الجهة الغربية من الع ارق الذي يمتد إلى الأ ارضي السعودية.

يقدر إجمالي حجم المياه الجوفية في الع ارق بحدود 2 مليار م^3، وأشارت الد ارسات الجيولوجية الحديثة إلى وجود خ ازن مائي جوفي هائل في المنطقة الشمالية ومنطقة الجزيرة الغربية من الع ارق، قدر مخزونه المائي بنحو 200 مليار م^3 وتغذيته المائية السنوية تصل إلى 1447 مليون م^3.

مسببات تلوث المياه الجوفية

هناك نوعين من المسببات لتلوث المياه الجوفية. فمسببات النوع الأول: الطبيعة وتغي ارت المناخية ،فالمسطحات المائية وفتحات الآبار والينابيع المعرضة للظروف الجوية تستقبل كميات

كبيرة من الملوثات وعبر تلك المتنفسات الطبيعية للخ ازنات الجوفية تتسرب تلك الملوثات إلى المياه الجوفية. إن مساهمة هذه الملوثات المسؤولة عنها التغي ارت المناخية، ليست كبيرةً وتستلزم وقتاً كبي اًر. أما النوع الثاني من مسببات النشاطات المتعددة وغير المسؤولة للإنسان اتجاه الطبيعية منها:

1. مخلفات المجتمعات الحضرية: فكلما ازدت نسبة التحضر في المجتمعات، كلما ازدت ملوثاتها
)المجتمعات الريفية ملوثاتها قليلة اتجاه الطبيعية(فمياه الصرف الصحي لتلك المجتمعات كبيرة جداً وبحالة عدم وجود مجاري للصرف الصحي في مناطق تلك التجمعات أو وجود مجاري صرف صحي غير محكمة) عديمة الصيانة(، فأن كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي ستتسرب نحو جوف الأرض وتعمل على تلوث المياه الجوفية. هذه الحالة من التلوث تقتصر على مياه الصرف وليس على موادها الصلبة التي تبقى فوق سطح الأرض نتيجة عملية الترشيح عبر عدة طبقات سطحية من رمال وحصى..وغيرها.
2. مخلفات صناعية: تترك النشاطات الصناعية للمجتمعات الحضرية مخلفات كثيرة)ملوثات(مضرة بالطبيعية، وحين تطرح تلك الملوثات دون معالجة نحو الأنهار والبحي ارت والبحار فأنها تسبب تلوثاً لتلك المياه ولم يقتصر الأمر على ذلك فقط وأنما قسماً من تلك الملوثات سيأخذ طريقه نحو المياه الجوفية.

والملوثات الصناعية على العموم، يمكن تقسيمها لثلاثة أنواع هي: **ملوثات كيميائية**، تشمل فل ازتالطبقات الحاملة للمياه من فل ازت..وغيرها، بالإضافة إلى نفايات التصنيع .**والملوثات البيولوجية**: تشمل مخلفات تصنيع الأدوية والمختب ارت العلمية بالإضافة إلى مخلفات المستشفيات حيث تحتوي على أنواع مضرة من البكيريا والفيروسات المرضية التي يمكن أن تصل إلى المياه الجوفية عبر تسربها من المجاري الصحية أو عبر الأنهار أو عبر ب ارز الإنسان والحيوان. وقد رصدت ملوثات من هذا النوع في آبار عديدة في أفريقيا والشرق الأوسط. **والملوثات الإشعاعية**: منها المنبعث من تحلل الطبقة الحاملة للمياه الجوفية مثل ال اردون 222 الشديد الذوبان في المياه وقد رصد هذا النوع من الملوثات في عدد من آبار عمان)حوض الزرقا(في الأردن. وهناك تلوث باليورانيوم ينتج عن ذوبان الطبقات الحاملة للمياه خاصة الصخور الج ارنيتية) أو الرسوبية(ورصدت تلك الملوثات في عدد من آبار الشرق الأوسط وأفريقيا وبنسب تت اروح بين) 20-27 (ملغم/ لتر. إن ملوثات اليورانيوم المنضب التي ضرب بها جنوبي الع ارق أبان الحرب الخليجية الثانية أدت إلى تلويث المياه السطحية والمياه الجوفية وتسببت في موت ونفوق أعداد كبيرة من البشر والحيوانات وما ازلت الآثار ماثلة من خلال الولادات المشوهة. يحتاج التخلص من الملوثات الإشعاعية في المياه الجوفية إلى ملايين السنيين.

3. المخلفات الزارعية: هي المخلفات الناتجة عن استخدام الأسمدة والمخصبات الزارعية وكذلك المبيدات الزارعية التي تحوي عش ارت العناصر السامة والمعادن الثقيلة التي تأخذ طريقها عبر المبازل الزارعية إلى الأنهار أو البحي ارت ومنها تتسرب نحو المياه

الجوفية، وقد تتخذ طريقاً مباش اًر عبر فوهات الآبار المنتشرة في الأ ارضي الزارعية. تعتبر مكونات المخصبات الزارعية والمبيدات الحشرية من العناصر الخطرة على الإنسان والحيوان وكذلك على الكائنات الحية الأخرى كونها تتألف من مركبات كيماوية معقدة ذات آثر ضار.

العوامل الاساس لتلوث المياه الجوفية

1-التوسع في الزارعة والحاجة المستمرة إلى مشاريع مروية من مياه المخزون الجوفي. ويمثل النشاط الأساسي المتسبب في نضوب وانهاك هذا المخزون. كما أن النشاط الزارعي مسؤول عن تلوث المياه الجوفية بسبب زيادة النت ارت الناتجة عن استعمال الأسمدة والمبيدات، ونتيجة للمخلفات الصلبة والسائلة للحيوانات إضافة إلى الأنماط السيئة للمصارف الزارعية والصحية.

2-تعتبر النشاطات الصناعية عاملاً أساسياً في تلوث المياه الجوفية والسطحية على السواء. ويختلف نمط تلوث المياه الجوفية باختلاف المصدر الملوث، مثل مخلفات السيانيد الناتجة عن عمليات التعدين والورق الغني بالكبريت ومخلفات صناعة المصابيح الكهربائية والمواد الغنية بالزئبق الناتجة عن الصناعات الكهربائية والمخلفات الصلبة للصناعات البتروكيميائية والتعدين وانتاج الغاز والنفط. لا تعتبر النشاطات الصناعية السبب الرئيس وارء نضوب المصادر المائية لكنها السبب الرئيس لتلوثها.

3-تعتبر النشاطات المنزلية والتجارية من الأسباب الرئيسية لتلوث المياه الجوفية رغم أن تأثيرها ثانوي على الاستهلاك. ويرجع سبب التلوث إلى التركيز المرتفع للكبريتات والكلوريدات والنيت ارت، وقد تشكل المواد المتسربة من مخلفات صرف المنازل والنشاطات التجارية مصد اًر ملوثاً خطي اًر على المياه الجوفية وذلك لمكوناتها القابلة للذوبان وحاجتها الكبيرة من الأوكسجين البيولوجي الذي قد ينتج عنه ظاهرة نقص الأوكسجين في النطاقين المشبع وغير المشبع المعرضين للتسرب المباشر بواسطة الأمطار.

وعموماً، فأن هناك نوعين من المعالجة لملوثات المياه الجوفية

النوع الأول معالجته مكلفة ويأخذ وقتاً طويلاً : وقد لا يستعيد الخ ازن المائي حالته الطبيعية وحيئذاً تعد المياه غير صالحة للشرب كما هو الحال في التلوث الإشعاعي- النو وي الذي يتسرب نحو الخ ازنات الجوفية ويسبب تلوثها وآثاره تبقى لملايين السنيين.

أما النوع الثاني فالملوثات القابلة للمعالجة: غالبا ما تكون نوع من أنواع البكتريا المرضية أو عناصر معدنية ثقيلة ذات نسب عالية السمية للاستخدامات البشرية أو لها تأثي ارت سلبية على منتجات التصنيع في حال استخدامها بحالتها الخام.

شكل عام، فالملوثات السائدة في المياه الجوفية هي: المعادن الثقيلة؛ والمغذيات الزارعية؛ والكيميائياتالعضوية؛ ومبيدات الحش ارت؛ والمكونات الملحية؛ والبكتريا) الج ارثيم(؛ وأخي اًر الفيروسات. وأغلب تلك الملوثات هي نتيجة للاستخدامات البشرية، وكما أشرنا سابقاً بشكل مفصل عن أسباب المرضية منها وتأثي ارتها السلبية على المياه الجوفية.

الأنظمة العالمية لتقييم المياه الجوفية والحفاظ عليها

إن الاهتمام الذي حازت عليه المياه الجوفية في العالم من قبل المنظمات الدولية، لم يزيد عمره الزمني على ثلاثة عقود خلت وما ازل هذا الاهتمام متواضعاً قياساً بالاهتمام الذي حظيت به المياه السطحية في العالم. ولم يسفر هذا الاهتمام عن اتفاق عالمي ولا على آلية قانونية للاستثمار، كما إنه لم يحصل اتفاق بين المختصين في مختلف أنحاء العالم على تحديد الرموز والمصطلحات الواجب اعتمادها في رسم خ ارئط لتقييم المياه الجوفية.

لذا، فأن مجال التعاون ونقل الخبرة بين المختصين والتقنيين في العالم حول المياه الجوفية ما ازل يعاني من ضعف كبير. فالقواعد المعتمدة) وأيضا الرموز والمصطلحات(في أمريكا مثلاً لرسم خ ارئط التقييم
مختلفة عن تلك التي تعتمد في فرنسا أو السويد أو بريطانيا. أما العالم الثالث فما ازل بعيداً عن تلك) الإرهاصات العلمية(وعملية توحيدها على أسس عالمية.

بذلت اربطة الهيدروجيولوجين العالمية ومنظمة اليونسكو التابعة للأمم المتحدة جهوداً في هذا المجال ،بغية إيجاد صيغ توحد تلك الرموز والمصطلحات والألوان المعتمدة لرسم الخ ارئط ودلالاتها العلمية، لكن تلك الجهود لم تكن كافية بالرغم من أنها وضعت بعض الأسس لتوحيد قسم من تلك الرموز.

اعتقد أن عدم الاتفاق الكامل بين دول العالم حول توحيد تلك الاختلافات لرسم الخ ارئط الجوفية لا يعود
) فقط(إلى الدلالات الخلافية وكيفية توحيدها، وأنما التغير والتوحيد يتطلب أموالاً طائلة من قبل الدول التي شرعت منذ أمد طويل في رسم وتقييم مياهها الجوفية بذات الوسائل المعتمدة لديها.

ويتطلب إعادة رسم تلك الخ ارئط وعمليات التقييم على الأسس العالمية الجديدة ليس أموالاً فقط، وأنماالوقت الطويل خاصة في بلدان أوربا فدول العالم الثالث ما ازلت في أول السلم ويمكنها الاستفادة من إي تغير يط أر بشأن التوحيد عبر المنظمات الدولية.

والخ ارئط الجوفية عديدة وهي بذات الوقت متنوعة ولها أغ ارض مختلفة حسب الحاجة والحالة التي ي ارد الاستفادة منها أو تنميتها أو رصدها. فغالباً ما تستخدم الخ ارئط الجوفية لاعتمادها كأساس لتخطيط بعيد المدى أو قصير المدى بشأن قابلية المياه الجوفية للتلوث كأن تعتمد أساساً لاتخاذ الق ارارت حول استثمار الأ ارضي الزارعية ونوعية المياه الجوفية، أو

إج ارء د ارسات شاملة في مجال التخطيط الإقليمي أو لربما اعتمادها لتحديد أولويات السياسات المائية الجوفية وكيفية اتخاذ الإج ارءات اللازمة لمنع تلوثها.

ولرسم أية خريطة مائية جوفية، لا بد من توفر جملة من المعطيات عن التكوين الجيولوجي للحوض الجوفي: كنوعية المياه ؛ وحجم التغذية المائية السنوية؛ وسماكة النطاقين المشبع وغير المشبع؛ والغطاء النباتي؛ ومصدر التلوث وحجمه..وغيرها. تلك المعطيات هي الأساس الذي يحدد شكل الخريطة الجوفية ،لذا لا بد من توفرها بشكل دقيق. فالقاعدة المعلوماتية توضح دقة الخ ارئط خاصة في خ ارئط قابلية المياه الجوفية للتلوث ذات الحساسية الكبيرة والخطأ الذي يُرتكب فيها يكلف مياه الخ ازن الجوفي الكثير ولسنوات طويلة، خاصة إذا كانت تلك الخ ارئط أساساً لاتخاذ ق ارارت ذات شأن من جهات عليا. **نورد أدناه أهم طرق الحصول على القواعد المعلوماتية لرسم خارئط قابلية المياه الجوفية للتلوث أولاً: الاستشعار عن بُعد، ويتم عبر عدة طرق منها:**

1. طرق تفسير الصور الجوية البيضاء والسوداء والملونة.
2. طرق تفسير الصور الجوية الملونة ألواناً مزيفة.
3. تقنيات معالجة وتفسير صور الأقمار الصناعية والصور الجوية المأخوذة بالماسح المتعدد الأطياف أو بواسطة ال اردار ذي الفتحة الصنعية) SAR(.

فبالنسبة للطريقة الأولى: تتم عبر المسح الجوي المنخفض الارتفاع لغرض مسح الأنشطة البشرية وتأثي ارتها؛ واستثمار الأ ارضي الزارعية؛ والتغي ارت الناتجة عن الصرف وشبكات الري والأنهار والجداول المائية؛ ومصادر التلوث؛ وأماكن الاستق ارر السكاني وهيكليتها وأخي اًر التغي ارت البيئية وسوء الاستخدام. والطريقة الثانية: تتم عبر المسح الجوي المتوسط والعالي بغرض جمع معلومات عن البُنيات والحدودالجي ولوجية؛ ومظاهر التشقق والكارسن وأخي اًر شكل ونوع الغطاء النباتي.

أما الطريقة التقنية: فيتم الحصول عليها بواسطة الطائ ارت أو الأقمار الصناعية بغرض الحصول على معلومات ستاتيكية ساكنة) صور وحيدة(ومعلومات ديناميكية حركية متغيرة) عدة صور(. وهناك نوعان من تقنيات الاستشعار عن بعد هما:

1-التقنيات التنشيطية: عبارة عن بث شعاع من الأشعة الاصطناعية نحو الهدف، وتحليل استجابة الهدف. وقد يكون الإشعاع في شكل موجات كهرومغناطيسية عالية التردد) اردار(أو موجات صوتية
) أجهزة فوق صوتية(ويمكن تركيب الجهاز على الأرض) اردار، فوق صوتي(أو على الطائ ارت
) اردار.(وحتى الآن لم يبدأ استخدام الأجهزة الضوئية) الليزر(في ميدان الهيدرولوجيا على نطاق واسع، ويستخدم الأسلوب التنشيطي للاستشعار عن بُعد على أساس قواعد إقليمية ولكن قد يستخدم أيضاً لقياسات موجهة نحو نقطة ما) فوق صوتية(.

2-تقنيات المتابعة: عبارة عن تحليل الأشعة الطبيعية لشيء ما. ويتم في الأساليب المتابعة، استخدام الإشعاع الكهرومغناطيسي)من أشعة تحت حم ارء إلى أشعة بنفسجية، وناد اًر ما

تكون فوق بنفسجية(وتتم كثي اًر من التطبيقات حالياً بواسطة كاشف متعدد الأطياف، يمكن أن تحمله طائرة ولكنه في الغالب يركب على قمر صناعي .

ثانيا: أنظمة الأقمار الصناعية الحديثة

يتم من خلالها جمع جملة من المعلومات هي: توزع الصرف العمودي بمعدلات مرتفعة) نفاذية مرتفعة ،وغطاء محدود أو بدون غطاء كلياً(؛ ومواقع الأجسام المائية الدائمة) عمق المياه الجوفية الضحلة، وتسرب مائي كثيف من أجسام مائية سطحية نحو الطبقات المائية الدنيا(؛ واستخدامات الأ ارضي التي تسمح بتقييم مصادر التلوث الممكنة أو مصادر التلوث الحالية)الأسمدة، والمركبات الزارعية الكيميائية..الخ(؛ والوضع ال ارهن للغطاء النباتي الذي يعكس عموماً التغي ارت التي تط أر على الصخور المختلفة التي يكسوها محتوى الماء في التربة؛ والتغي ارت التي تحدث في قوام التربة التي تظهر بوضوح متكامل التحاليل الطبقية) التحاليل العنقودية، والتحاليل المجموعاتية(ومن خلال التحاليل المورفولوجية ،أشكال الأرض)حصوية أو رملية أ غرينية(والمعقمات الهيدرولوجية وتحديد مواصفاتها الخاصة التييمكن الحصول عليها بتفسير صور الأقمار الصناعية والمعالجات المرتبطة بها.

ثالثاً: العمليات الرياضية للإشارت المتعددة أو الوحيدة لقارءة الصور الفضائية

غرضها إيجاد المناطق ذات التسرب المائي السريع؛ والظواهر تحت الطبقة السطحية؛ والعلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والمياه الجوفية؛ وتبادل المياه الجوفية بين الطبقات المائية المتجاورة.

اربعاً: استخدام نظام المعلومات الجغارفية)GIS(

النظام قائم على استخدام الحاسوب وسيلة لتكامل وتحليل المعطيات التي يتم الحصول عليها من طيف واسع من المصادر كالاستشعار عن بُعد ومسح التربة ومسح الأ ارضي ومن محطات جمع العينات المائية ومن خ ارئط الطبوغ ارفيا والمعطيات الإحصائية. إن المعطيات الأساس التي تقوم عليها خ ارئط تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث يمكن ادخلها مباشرة في نظام المعلومات الجغ ارفية GIS على الأشكال التالية:

1. قيم المتغي ارت النقطية) الارتفاعات، قياسات الآبار وتسجيلاتها، ومناسيب المياه الجوفية، والأعماق إلى المياه الجوفية ،والايصالية المائية، وم واصفات التربة.....وغيرها.(
2. المظاهر النقطية)الآبار والينابيع ومحطات القياس والم ارقبة، ونقاط التدفق، ومواقع تخزين الكيميائيات والنفايات ، .....(
3. خطوط المسح المتصلة المستمرة) المقاطع الجيوفيزيائية، والمقاطع الهيدروجيولوجية.(
4. خ ارئط مختلفة) خ ارئط الت اركيب الهيدروجيولوجية، وخ ارئط النبات والتربة، وحدود مناطق الحماية..وغيرها.(

5. خطوط العلاقات التبادلية أو المظاهر الخطية) الحدود، والمظاهر البنيوية، وخطوط تقسيم المياه الجوفية، خطوط الأنابيب، والطرق، وخطوط المجارير...وغيرها.(

6. معطيات الاستشعار عن بُعد) الصور البيضاء والسوداء أو الملونة.(

تلك هي أحدث الطرق العالمية لرسم خ ارئط قابلية المياه الجوفية للتلوث، تعتمد تقنياتها على الأجهزة الحديثة ومنها الأقمار الصناعية التي تفتقرها معظم دول العالم الثالث، لذا فأن تقنيات رسم الخ ارئط المائية الجوفية في دول العالم الثالث إذا ما تم اعتمادها يجب أن تكون بخب ارت أجنبية وبالتالي ذو تكلفة عالية يضاف إلى ذلك نقص الكادر العلمي في دول العالم الثالث.