جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

مقرر " الهندسة البيئية "

Enviromental Engineering (CEVC705)

مواصفات مياه الشرب

Drinking water specifications

متابعة للمحاضرة الأولى

د. م. رائد سلمان جعفر

العام الدراسي 2023-2024

raedjafar@yahoo.fr
https://manara.edu.sy/

1-4-8- الفلورايد Fluoride :

يوجد في المياه الطبيعية بتراكيز حتى 12mg/L ويعطي فعالية كافية للقضاء على تسوس الأسنان والحدود المسموح بها (0.7– 1.5) mg/L وعند زيادتها عن 1.5 mg/L تعدّ ضارة بالصحة ويجب تخفيضها في محطة المعالجة وعند نقص التركيز عن النسبة المذكورة يجب إضافة الفلور.

1-4-9- اليود Iodine :

يوجد في المياه بنسب غير كبيرة وينعدم وجوده في بعض المصادر المائية وتحدد نسبة وجوده في مياه الشرب بـ .(10 mg/L)

1-4-10- البروميد Bromide:

يزيد تركيز البروميد Br^- في مياه البحار عن 60mg/L وقد يبلغ تركيزه في المياه الجوفية العميقة حتى (10 mg/L) يحدد وجود البروميد في المياه المعدة للشرب بـ 0.2 mg/L وتؤدي زيادة تركيزه عن هذه النسبة إلى ضعف عمل الأوعية الدموية وخلل في وظائف الكبد والكليتين.

1-4-11- السيليكا Silica:

توجد في المياه الطبيعية بشكل أيونات وجزئيات وغروانيات ويتعلق شكل وجود حمض السيليكا في المياه بعوامل كثيرة أولها تركيبها الأيوني وقيم الـ pH.

يتراوح تركيز السيليكا مقدراً لـ $Si\ O_3^{2-}$ وذلك في المياه الطبيعية (0.6–40 mg/L) وفي حالات نادرة حتى (65 mg/L) إن حمض السيليكا غير مؤذ للصحة لكن التركيز العالي منه في المياه يجعلها غير صالحة لتغذية المراجل البخارية بسبب تشكل الترسبات السيليكاتية.

1-4-12- مركبات الفوسفور PO_4^{3-} Phosphates Compounds:

توجد مركبات الفوسفور في المياه الطبيعية بكميات قليلة على شكل أيونات أو مركبات عضوية لحمض الفوسفور أو بشكل جزئيات معلقة ذات منشأ عضوي أو معدني.

1-4-13- الرصاص Lead Pb:

يؤدي وجود الرصاص في الماء إلى التسمم نتيجة تراكمه في جسم الإنسان وليس من المعتاد أن يوجد الرصاص في المياه الطبيعية لكن يمكن أن يوجد في مصادر المياه المتصلة بأوعية رصاصية مثل الأنابيب أو الخزانات المطلية بالرصاص.

1-4-14- القصدير والفضة Tin Sn and Silver Ag:

يهمل عادة تركيز مركبات القصدير في المياه الطبيعية لأنها لا تضر بالصحة ولا يعيق وجودها العمليات الصناعية.

1-4-15- التوتياء Zinc Zn:

إن للزنك تأثيراً مبيداً للجراثيم وهو نادر الوجود في المياه الطبيعية لكنه قد يوجد في المياه القادمة من صنابير المستهلكين بسبب استعمال الخزانات الحديدية المطلية بالزنك.

1-4-16- الزرنيخ Arsenic As:

إن الزرنيخ معروف بسمّيته ويأتي وجوده عن مقالب القمامة وبعض أحواض المياه الجوفية ونتيجة استخدامه للتخلص من الأعشاب الضارة.

1-4-17- السيانيد CN^- Cyanide:

يمكن أن يظهر السيانيد في الماء بسبب طرح المياه الصناعية في مياه النهر.

1-4-18- الفينول Phenol:

يدل وجود الفينول C_6H_6O في الماء على التلوث بالفضلات الصناعية ويعطي وجوده بنسب ضئيلة عند إضافة الكلور طعماً غير مستساغ للمياه.

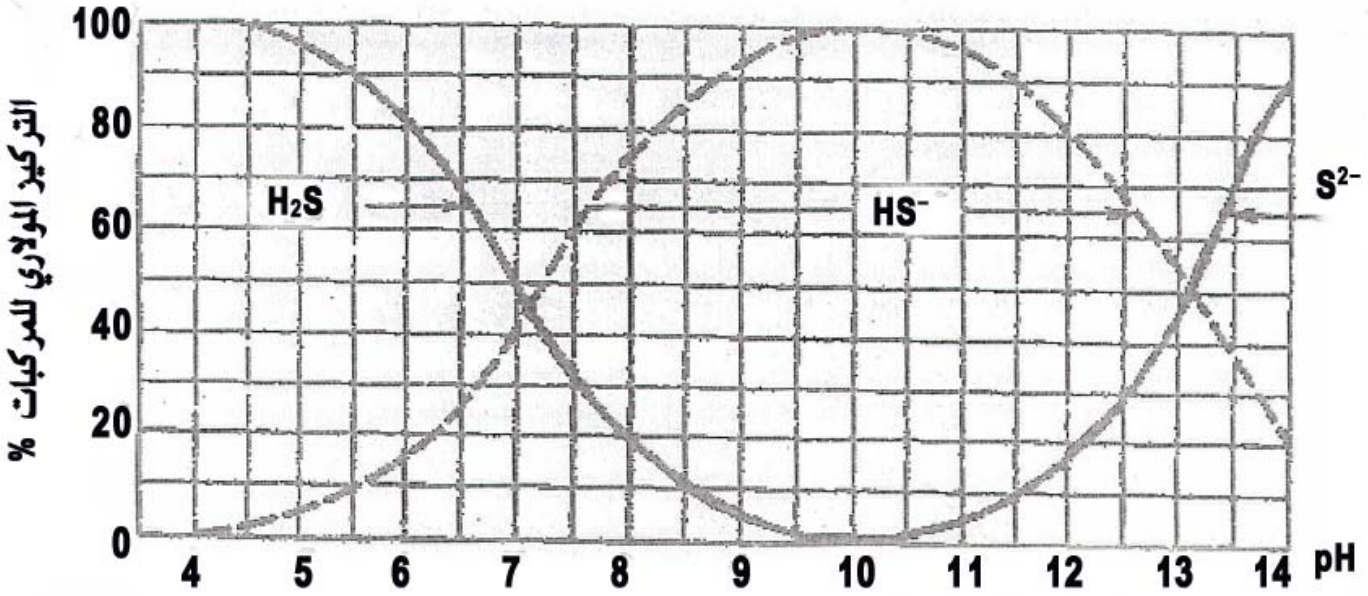
1-4-19- الصوديوم Sodium Na:

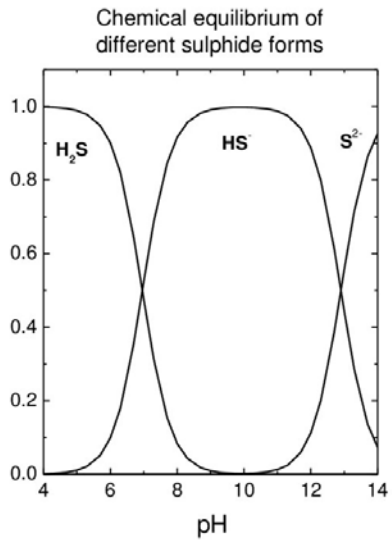
تحتوي غالبية المياه العذبة الطبيعية على تركيز كلور الصوديوم حتى 50mg/L ويسمح بوجود الصوديوم في مياه الشرب حسب المواصفات شريطة ألا يكون هذا التركيز الزائد ناتجاً عن التلوث بمياه المجاري أو مياه البحر.

1-4-20- غاز كبريت الهيدروجين Hydrogen Sulphide :

يوجد غاز كبريت الهيدروجين H_2S في المياه الطبيعية نتيجة تفكك المركبات العضوية أو انحلال الأملاح المعدنية مثل بيريت الحديد FeS_2 ويكون تركيزه في المياه السطحية قليلاً ويبلغ تركيزه في بعض أنواع المياه الجوفية عشرات الملغ/ل. يعطي وجود H_2S رائحة كريهة للماء ويؤدي إلى صدأ المعادن كما يمكن أن يغلق أنابيب المياه بسبب النشاط الفعال للبكتريا الكبريتية.

نرى من الشكل (4–1) أن غاز كبريت الهيدروجين وبحسب درجة pH الماء يمكن أن يوجد بشكل حمض ضعيف التفكك H_2S^- أو بشكل كبريتيت الهيدروجين المائية HS^- أو بشكل شوارد الكبريتيت S^{2-} ويكون لهذا المنحني أهمية كبيرة وخاصة عند حل مشكلة إقصاء هذا الغاز من المياه.





الشكل (4–1) العلاقة بين أشكال وجود H_2S في المياه عند قيم مختلفة للـ pH

1-4-21- الأكسجين Oxygen:

يوجد في المياه نتيجة تماسها مع الهواء ويوضح الجدول (2-1) تركيز الأكسجين المنحل في المياه النقية بحسب درجة حرارتها وذلك عند الضغط الجوي النظامي :

الجدول (2-1) علاقة انحلال الأكسجين في مياه المصادر السطحية النقية تبعاً للحرارة

الحرارة C°	انحلالية O_2 mg/L	الحرارة C°	انحلالية O_2 mg/L
0	14.6	35	7.0
5	12.8	40	6.5
10	11.3	50	5.6
15	10.1	60	4.8
18	9.5	70	3.9
20	9.1	80	2.9
25	8.3	90	1.6
30	7.5	100	0.0

ينعدم وجود الأكسجين في المياه الجوفية العميقة ويكون تركيزه مرتفعاً في المياه السطحية وأقل من القيمة النظرية بسبب استهلاكه لتنفس مختلف الأحياء وتفكك المخلفات العضوية ويدل الانخفاض الحاد لتركيز الأوكسجين في المياه على تلوثها.

يساعد وجود الاوكسجين المنحل في المياه على صدأ المعادن لذلك يحدد وجوده وبشكل صارم في المياه المغذية للمراجل وفي منشآت توليد الطاقة.

1-4-22- الميتان : Methane

يوجد الميتان CH_4 في المياه الطبيعية المستخدمة للتزويد بكميات لا تذكر لكن تركيزه يكون مرتفعاً في مياه المستنقعات حيث تجري عمليات التفكك للكائنات الحية والنباتية ويبلغ (30mg/L) وأكثر أحياناً.

1-5- الأحياء والنباتات المائية:

تؤثر الأحياء المائية الموجودة في المياه الطبيعية أثناء نشاطها على تركيب الوسط المائي المحيط وبالتالي على نوعية المياه ويمكن تقسيمها إلى:

- **البلانكتون (Plankton)**: عوالق حية تعيش في المياه من أسفل القاع إلى السطح ولها بقايا عضوية ولا عضوية عالقة في الماء.
- **بنتوس (Benthos)**: تعيش في قاع المسطحات المائية وتكون مغلفة بدرع ويوجد منها ما هو متحرك وما هو ساكن.
- **نيوستن (Neuston)**: كائنات دقيقة تعيش على الغشاء السطحي للماء.
- **باكون (Pagon)**: كائنات دقيقة تدخل ضمن الجليد شتاء وتتكاثر ربيعاً .

تُظهر الكائنات المائية دوراً بارزاً في التنقية الذاتية للمسطحات المائية بسبب استهلاكها للعناصر العضوية المنحلة في تغذيتها أما النباتات المائية (الطحالب بكافة أشكالها) وعند موتها تتفكك وتتحلل وتسيء لخواص وصفات المياه.

6-1- البكتريا والفيروسات:

يمكن أن تسبب الطفيليات الحية التي تعيش وتتكاثر عبر المياه أمراض التيفوئيد والباراتيفوئيد والديزنطاريا والكوليرا ويوجد ثلاثة أشكال رئيسية للبكتريا:

- المكورات بقياس $(1-2) \times 10^{-3}$ mm
- العصيات بأبعاد $(1-4) \times 10^{-3}$ mm
- الحلزونيات بأبعاد $(1-20) \times 10^{-3}$ mm

تكون البكتريا عادة بدون لون وشفافة وبعد تلوينها يمكن رؤيتها ولها قشرة رقيقة ونفوذة تحافظ على شكل خارجي ثابت.

تختلف الفيروسات عن البكتريا بأنها عبارة عن كائنات دقيقة بأبعاد $(16-30) \times 10^{-3}$ mm ترى فقط بالمجهر الإلكتروني ولا تملك بناء خلوياً لكن تتكون من حمض النيوكلين ومغطاة بقشرة زلالية (حمض نووي وبروتين يغلفها) ولها شكل كروي فأحياناً تأخذ شكل قشريات منحنية أو مستقيمة ولا تتكاثر الفيروسات في أوساط اصطناعية مغذية. يمكن أن تعيش الفيروسات في الوسط البارد وتحافظ على نشاطها وذلك لسنوات عديدة لكنها تموت عند بلوغ درجة حرارة الماء 90 C° وما فوق ويمكن لمخثرات شوائب المياه القضاء على 40 % من الفيروسات وعلى 85 % من العصيات المعوية.

توجد ظروف ملائمة من درجة الـ pH لكل نوع من الميكروبات لكن الانحراف عن هذه القيم يؤدي إلى تخثر البروتوبلاسما الغروانية ويخرب الوظائف الخلوية.

إن التحليل الجرثومي للمياه لتحديد البكتريا الممرضة صعب جداً لذلك نعمل عند هذا التحليل إلى تعيين العدد الكلي للبكتريا في (1 mL) ماء والتي تنمو بحرارة 37 C° والعصيات المعوية – بكتريا كولي. يدل وجود بكتريا – كولي في المياه على تلوثها بمياه المجاري المنزلية. يسمى الحجم الأصغري من المياه بـ (1 mL) الذي يوجد فيه عصية معوية واحدة بـ (معايرة –كولي) أما كمية العصيات المعوية الموجودة بـ (1 L) من المياه فتسمى بـ (مؤشر –كولي).

* **كولي – إنديكس :** يعبر عن عدد العصيات المعوية الموجودة في 1000 ml من المياه .
* **كولي – تيتر:** يعبر عن حجم المياه مقدراً بالميلليلتر الحاوي على عصية معوية واحدة .

تسبب الفيروسات أمراض Virus diseases شلل الأطفال (Poliomyelitis) والتهاب الكبد الإنتاني (Infectious nepatitis) أما الطفيليات وحيدة الخلية (Protozoal diseases) فتسبب الإصابة بالأميبا والزحار الأميبي والمسبب هو وحيد الخلية (Protozoon Entamoeba histolytica) الذي يعيش في الأمعاء الغليظة للإنسان مولداً أكياساً معدية تعبر إلى البراز.

1-7- استقرار المياه:

يجب أن تكون المياه التي تستخدم في أعمال الإنشاء للبيتون محققة لمواصفات الكود العربي السوري من حيث الملوحة والـ pH والمواد العضوية... الخ، ويمكن عادة استخدام المياه الصالحة للشرب في كافة أعمال البيتون.

نسمي المياه مستقرة عندما تكون خواصها لا تؤدي لحل كربونات الكالسيوم ولا تؤدي إلى ترسبها.

يرتبط استقرار المياه بالتوازن الديناميكي بين مختلف أشكال حمض الكربون.

$$2HCO_3 \rightleftharpoons CO_3^{-2} + CO_2 + H_2O$$

يسمى ثاني أكسيد الكربون الحر CO_2 اللازم لمساندة البيكربونات في المحلول بحمض الكربون التوازني.

إذا زاد تركيز حمض الكربون المنحل في الماء عن الحد التوازني عند ذلك يدخل فائض CO_2 بتفاعل مع كربونات الكالسيوم ويحلها.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \qquad (1\text{-}1)$$

يسمى الماء الذي يكون فيه تركيز حمض الكربون الحر أكبر من الحد التوازني عداونياً أو مسبباً للصدأ.

تنخر المياه المسببة للصدأ البيتون وتحل كربونات الكالسيوم الداخلة في تركيبه بالإضافة لذلك تنفي إمكانية تشكيل ترسبات كربونية على جدران الأنابيب. يؤدي غياب الطبقة المقاومة (المانعة) إلى تماس الماء مع المعدن الذي وعند وجود الأكسجين المنحل في المياه الطبيعية يؤدي إلى صدأ المعدن.

يؤدي نقصان CO_2 عن حده التوازني إلى حركة توازن المعادلة (1−1) باتجاه اليمين وعند ذلك تتشكل كمية إضافية من CO_2 مع زيادة في الوقت نفسه لتركيز أيونات CO_3 التي تدخل بتفاعل مع كاتيونات الكالسيوم الموجودة عادة في المياه مشكلة كربونات الكالسيوم التي تترسب.

$$Ca + CO_3^{2-} \rightarrow Ca\,CO_3 \qquad (1-2)$$

تسمى المياه التي تحتوي على كمية من حمض الكربون الحر أقل من التركيز التوازني غير آكالة وتؤدي إلى ترسب كربونات الكالسيوم.

يحدد **استقرار المياه** بالنسبة للبيتون بطريقتين:

يحدد مؤشر الاستقرار **بالطريقة الأولى (التجريبية)** من العلاقة :

$$C = A1/A2 \qquad (1-3)$$

حيث:

A1: قلوية المياه الخامية mg – eq/L

A2: قلوية المياه بعد خلطها وتحريكها مع كربونات الكالسيوم mg – eq/L

إذا كان:

C<1 تكون المياه آكالة (عدوانية)

C>1 تميل المياه إلى ترسيب كربونات الكالسيوم.

C=1 تكون المياه مستقرة.

بالطريقة الثانية (الحسابية):

يحسب مؤشر إشباع الماء بكربونات الكالسيوم j بالعلاقة:

$$j = pH_0 - pH_S$$

حيث:

pH_0: هي قيمة pH المياه المختبرة.

pH_S: هي قيمة pH المياه الموازنة المشبعة بكربونات الكالسيوم وتحدد قيمة pH_S من العلاقة:

$$pH_S = f1(t) - f2\ (Ca^{+2}) - f3\ (A1) + f4\ (P)$$

حيث:

f1(t)، $f2\ (Ca^{+2})$، f3 (A1)، f4 (P) : قيم تتعلق بحرارة المياه وبتركيز الكالسيوم فيها وبالقلوية وبالملوحة الكلية وتحدد قيمة pH_S بمنحنيات خاصة:

إذا كان:

$J < 0.25$ تكون المياه عدوانية.

$J > +0.25$ تؤدي المياه إلى ترسيب كربونات الكالسيوم

$J = \pm 0.25$ تكون المياه مستقرة.

1-8- مواصفات المياه المستخدمة في المجال الزراعي

تتصف المياه المستخدمة لشرب الحيوانات والطيور بنفس مواصفات مياه الشرب المستخدمة للإنسان تقريباً مع بعض السماح بتدني مواصفات الرائحة واللون والشفافية والحرارة والملوحة، أما بالنسبة للمياه المستخدمة لإرواء الأراضي فيجب ألا تزيد الملوحة فيها عن (1.5 g/L)، وإن وجود كبريتات وكلورايد الصوديوم في مياه الري وبشكل خاص كربونات الصوديوم تجعل من هذه المياه غير صالحة لأغراض الزراعة لأنها تسبب ملوحة التربة، أما وجود كبريتات الكالسيوم وكربونات المغنيزيوم بالحدود المسموح بها غير ضار بالزراعة.

1-9- مواصفات مياه التبريد ومياه المراجل البخارية:

يجب أن تتصف مياه تبريد الأجهزة والمحركات والعنفات بعدم تشكيل ترسبات بيولوجية وكيميائية تسبب اغلاق وصدأ سطوح المبادلات الحرارية لذلك تحدد كمية المعلقات اللاعضوية المسموح بها (رمل، غضار، طين) والتي تزيد من سماكة الترسبات كما تحدد كمية المركبات العضوية التي تعمل على نمو الطحالب والأشنيات على جدران السطوح ويحدد أيضاً تركيز الملوحة التي تسبب الترسبات لذلك يجب ألا يزيد تركيز الحديد عن (0.1 mg/L) والكربونات عن (2–7 mg – eq/L)

تحدد مواصفات مياه تغذية المراجل البخارية بحسب نوعية المراجل والضغط المطبق عليها وعادة تكون هذه المياه خالية من المعلقات والأملاح المسببة للعسارة وأيضاً خالية من الأكسجين المنحل لأن وجود هذه العناصر تسبب الترسبات وتؤدي إلى انتقال الأملاح مع البخار وكذلك صدأ المعادن.

10-1 - مناطق الحماية حول المصادر المائية:

لا داعي لتوسيع مناطق الحماية زيادة عن المناطق المحسوبة التأثر في حالة الضخ الأعظمي والتصريف الأدنى للطبقة الحاملة ويمكن اعتبار ما يلي:

منطقة حماية أولى:

غايتها حماية المنطقة والمياه من كل تلوث خارجي.

يجب السعي إلى استملاكها لصالح المؤسسة المستفيدة والأنسب فرشها بطبقة من العشب (المرج) ومنع كل ثغرة في الطبقة الحية ويمكن في حالة الضرورة تقوية الأماكن الضعيفة بوضع مواد نظيفة وكتيمة.

ويجب حماية المنطقة من عوامل التعرية والفيضان والمتفجرات حتى لأغراض جيوفيزيائية والشيء نفسه ينطبق على المكافحات الكيميائية للحشرات ويجب وضع سياج للمكان لمنع دخول من ليس له عمل.

ويمكن توسيع المحطة في مكان الضخ أو المأخذ في حالة نبع من جهة واحدة وهي جهة جريان الماء من (10–50m) وبعض الحالات الخاصة أقل من ذلك وبحيث لا يوجد تلوث في المنطقة الثانية من جراء فضلات الإنسان والحيوان.

2- منطقة الحماية الثانية:

غايتها الحماية ضد التلوث الجرثومي مهما كان منشأه والناجم عن التلوث بمياه المجارير أو الحيوانات أو وجود شق في طبقة الحماية.

يمكن اعتبار العوامل التالية مخففة لأخطار التلوث وهي:

آ- مجارير كتيمة جور فنية كتيمة، حماية المنطقة من الفيضان.

ب- حماية الأقنية الحاملة للمياه القذرة ضد التسرب أو رفعها من المنطقة.

ج- إملاء الحفر بمواد نظيفة.

د- تسوية الأماكن التي تتجاوز فيها المياه الجوفية سطح الأرض.

هـ- إزالة المواد الضارة.

و- تحويل سير المركبات عنها.

تكون المنطقة في حالة النبع بشكل مقطع دائري مركزها مكان أخذ المياه إلى الخط الذي يجعل حركة المياه فيه مدة خمسين يوما في الطبقة الحاملة.

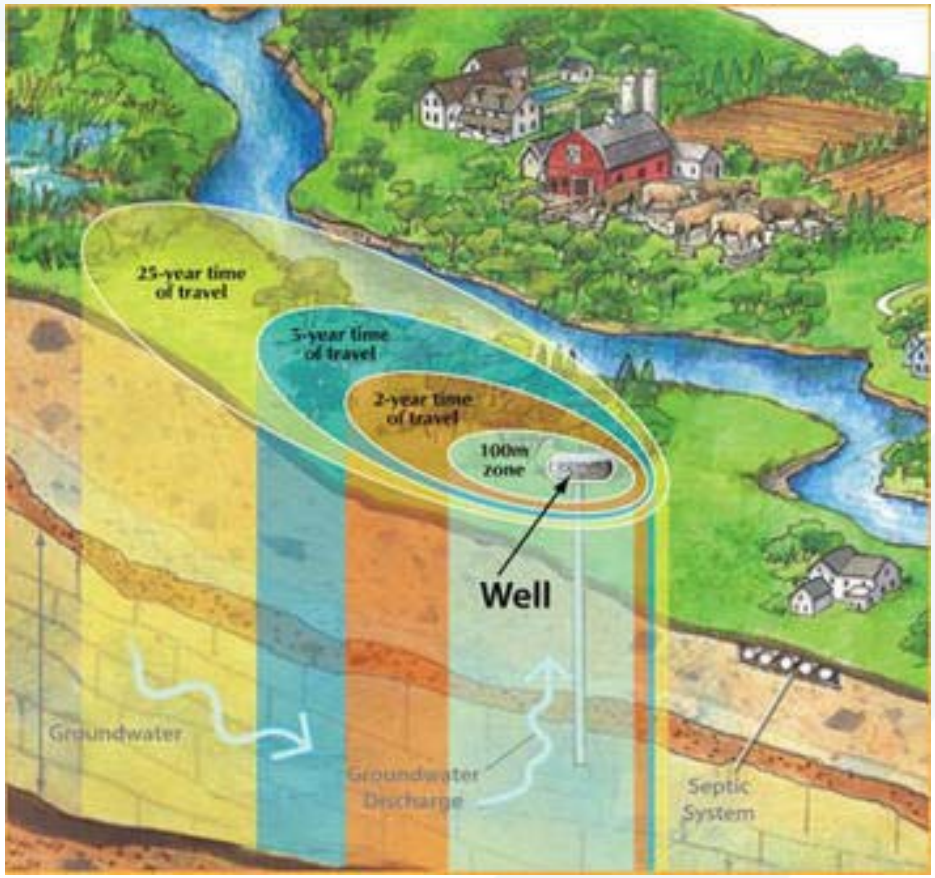
أو بطول خمسين متراً ويمكن عدم الأخذ بمنطقة الحماية الثانية هذه في حالة وجود المياه على عمق كافي وفي طبقة كتيمة جداً.

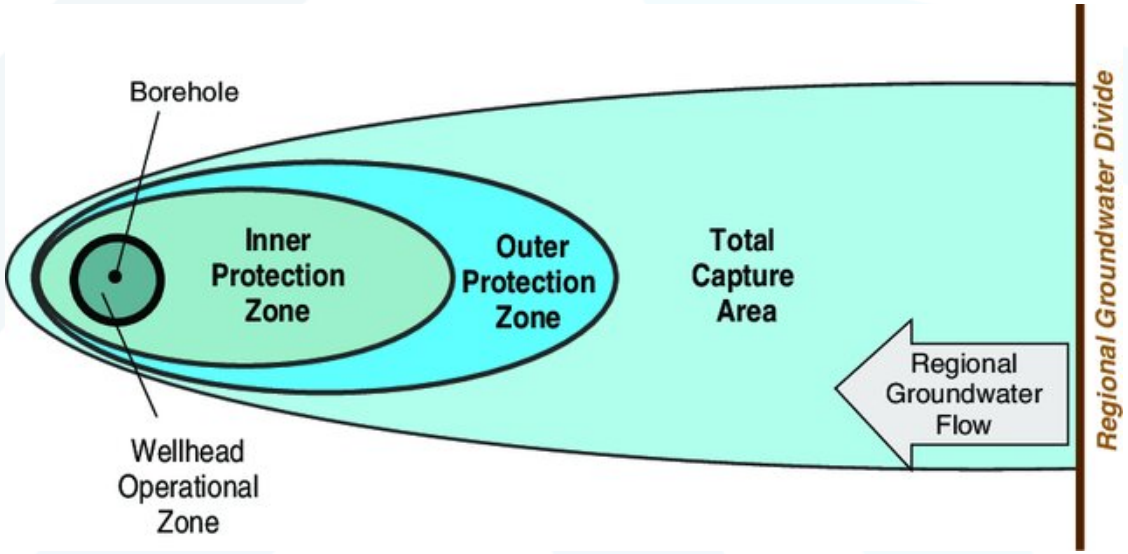
3- منطقة الحماية الثالثة:

غايتها الحماية من المواد الكيمائية والمشعة وكل الملوثات التي تضر بالمياه الجوفية. تقسم هذه المنطقة إلى قسمين إذا كانت منطقة تغذية المصدر المائي أطول من 2 كم:

أ- بطول 2 كم .ب- حتى نهاية منطقة التغذية.

وفي حالة عدم تقسيم المنطقة الثالثة إلى (أ) و (ب) تعتبر المنطقة كلها (أ)





تُعدّ المنشآت التالية خطرة بالنسبة للمياه الجوفية:

معامل البطاريات – الأمونياك – طلاء المعادن – مصافي البترول – خزانات الوقود – المصابغ – الفحم – مولدات الغاز – الكاوتشوك – الهدرجة – استخراج المواد المشعة – البوتاس – الممالح – البلاستيك – الجلود – الزيوت المعدنية – حمض الكبريت – الصودا – المفرقعات – معامل النسيج – الغلفنة – مواد الغسيل – سللوز – سكر وغيرها.

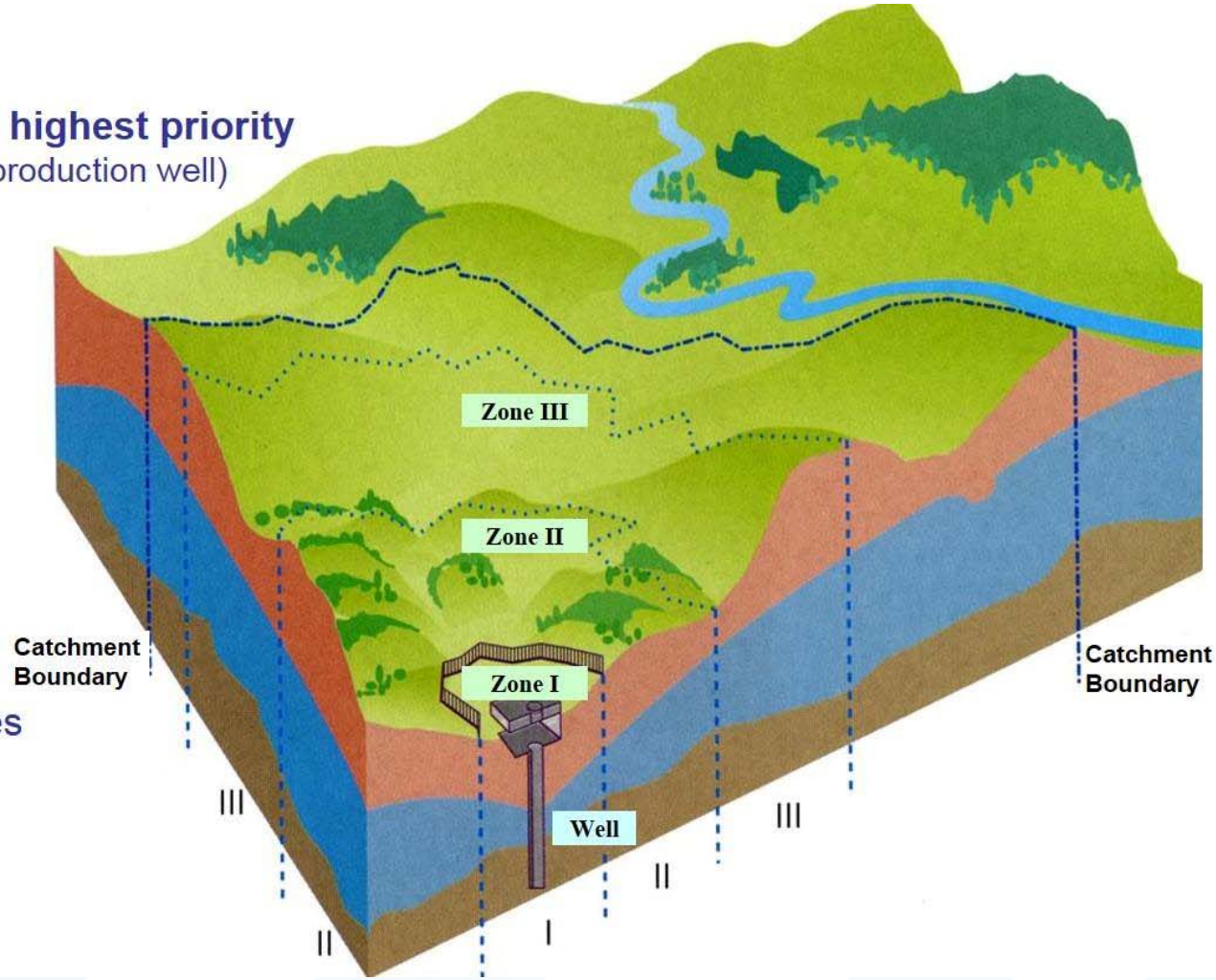
حيث يتخذ الحرم المباشر هو الحرم العقاري حسب القوانين النافذة ويعتبر عرضه 10 م من أعلى منسوب لمياه النبع ويمكن توسيعه حسب وضع النبع. ويعتبر الحرم الكيفي المباشر حرماً لمنع التلوث المباشر والجرثومي وتحدد النشاطات بداخله.

أما الحرم الكيفي الهامشي وهو الذي يغطي الحوض المغذي للنبع، حيث يتم تحديد أيضاً الاشتراطات اللازمة لمنع تلوث المياه الجوفية.

وأخيراً بعد تحديد مناطق الحماية لكل نبع بناء على دراسات خاصة يجب تطبيق ومراقبة ذلك بدقة.

Protection zone I has the highest priority
(area directly surrounding the production well)

Protection zone II:
no groundwater pollutants
and no industry,
no untreated wastewater

Protection zone III
limited use, construction/
housing limited

Catchment area
Integrated Water Resources
Management (IWRM)