

مختبر الجيولوجيا البيئية

المسألة رقم (1)

البيئات الجيولوجية حسب جهد الأوكسدة والأختزال والداالة الحامضية (*Eh & pH environments*)

لفهم العلاقة بين جهد الأوكسدة والأختزال والداالة الحامضية في البيئات الجيولوجية وأثرها على استقرارية الأطوار المعدنية وثباتها أو تغيرها الى اطوار اخرى في ظروف العمليات التحويرية المتأخرة والتجوية وغيرها من العمليات التي تؤثر على مدى استقرار الطور المعدني، ولذلك من الضروري معرفة حدود جهد الأوكسدة والأختزال وكذلك حدود الداالة الحامضية في الطبيعة.

حدود الداالة الحامضية:

تتراوح حدود الداالة الحامضية في البيئات الطبيعية بين 4 الى 9 ، وتبلغ في مناطق معينة اقل من 4 كما هو الحال في المحاليل الحاوية على غازات بركانية مذابة، أو تلك الناتجة من تجوية خامات الكبريتيدات. أو انها تبلغ اكثر من 9 كما هو الحال مع المحاليل التي تكون في تماس مع الصخور فوق القاعدية. الا ان مثل هذه الحالات تكون نادرة ومحدودة حيث ترتفع الداالة الحامضية المنخفضة ($pH < 4$) وتنخفض الداالة الحامضية المرتفعة ($pH > 9$) بسبب تفاعل المحاليل الحاملة لمثل هذه القيم من الداالة الحامضية مع محاليل اخرى ذات قيم دالة حامضية مختلفة (مثل تفاعل محاليل ناتجة من تجوية صخور فوق قاعدية مع محاليل ذات دالة حامضية اعتيادية أو منخفضة قليلا عن الأعتيادية) او تفاعل هذه المحاليل مع الصخور المجاورة . ولذلك تستقر حدود الداالة الحامضية تقريبا بين 4 و 9 في الطبيعة. ويمكن ان نعبر رياضياً عن هذه الحدود بالمعادلتين ادناه:

$$pH = 4 \dots\dots\dots \text{lower limit} \quad (\text{equation 1})$$

$$pH = 9 \dots\dots\dots \text{upper limit} \quad (\text{equation 2})$$

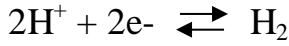
حدود جهد الأكسدة والأختزال في الطبيعة

تحدد قيم جهد الأكسدة والأختزال في الأوساط المائية بقيم محسوبة نظرياً، من خلال اعتماد تفاعلات الأكسدة والأختزال.

وقد وجد ان أي عامل مؤكسد قوي يوجد في الطبيعة فان تماسه مع الماء (الذي يمثل عادة وسط التفاعلات) يؤدي الى تفاعله مع الماء وتحرر الأوكسجين، وبما ان الأخير مستقر في الظروف الطبيعية لذلك يعد الأوكسجين هو العامل المؤكسد الأقوى في الطبيعة، وتمثل معادلة تفكك الماء وتحرر الأوكسجين هي الحد الأعلى لجهد الأكسدة في الطبيعة :



اما الحدود الدنيا لجهد الأكسدة والأختزال في الطبيعة ، فان أي عامل مختزل قوي يوجد في الطبيعة سوف يحرق غاز الهيدروجين عند تماسه وتفاعله مع الماء، ولذلك تمثل معادلة اختزال أيون الهيدروجين الناتج من تفكك الماء وتحرر غاز الهيدروجين هي الحد الأدنى لجهد الأكسدة والأختزال في الطبيعة، ويعبر عنها بالمعادلة التالية:



العلاقة بين جهد الأكسدة والأختزال والذالة الحامضية

من خلال تطبيقات قوانين الثيرموداينميك، من الممكن ايجاد العلاقة بين الذالة الحامضية وجهد الأكسدة والأختزال في الطبيعة لأي مجموعة من الأطوار المعدنية التي تخضع لظروف معينة من الذالة الحامضية وجهد الأكسدة، فضلا عن الظروف الثيرموديناميكية مثل الحرارة والضغط والتركيز ونشاط الماء. ويعبر عن هذه العلاقة رياضياً ومن خلال الرسم باستخدام معادلة نريست (Nerest).

فعلى سبيل المثال يمكن رسم العلاقة بين الذالة الحامضية وجهد الأكسدة والأختزال عند الحدود الدنيا والعليا وكما موضح ادناه:

$$E = E^{\circ} + 0.059 / n * \log K \dots\dots\dots \text{Nerest equation}$$

E: oxidization potential

E^o : standard oxid. Poten.

K = [C]^c [D]^d / [A]^a [B]^b equilibrium constant

n : reaction electrons

الحد الأعلى لجهد الأكسدة في الطبيعة يتمثل بمعادلة تفكك الماء وتحرر الأوكسجين :



$$E = 1.23 + 0.059/2 * \log [\text{O}_2]^{0.5} [\text{H}^+]^2$$

$[\text{O}_2] = 0.2 \text{ atm.}$

$$E = 1.23 + 0.059/2 * \log[0.2]^{0.5} + 0.059/2 * \log[\text{H}^+]^2$$

$$E_h = 1.23 - 0.01 - 0.059 \text{ pH}$$

$$E_h = 1.22 - 0.059\text{pH} \dots\dots\dots \text{upper limit} \quad (\text{equation 3})$$

أما الحد الأدنى لجهد الأكسدة في الطبيعة فيتمثل بالمعادلة التالية:



$$E = 0.00 + 0.059/n * \log [\text{H}^+]^2 / [\text{H}_2]$$

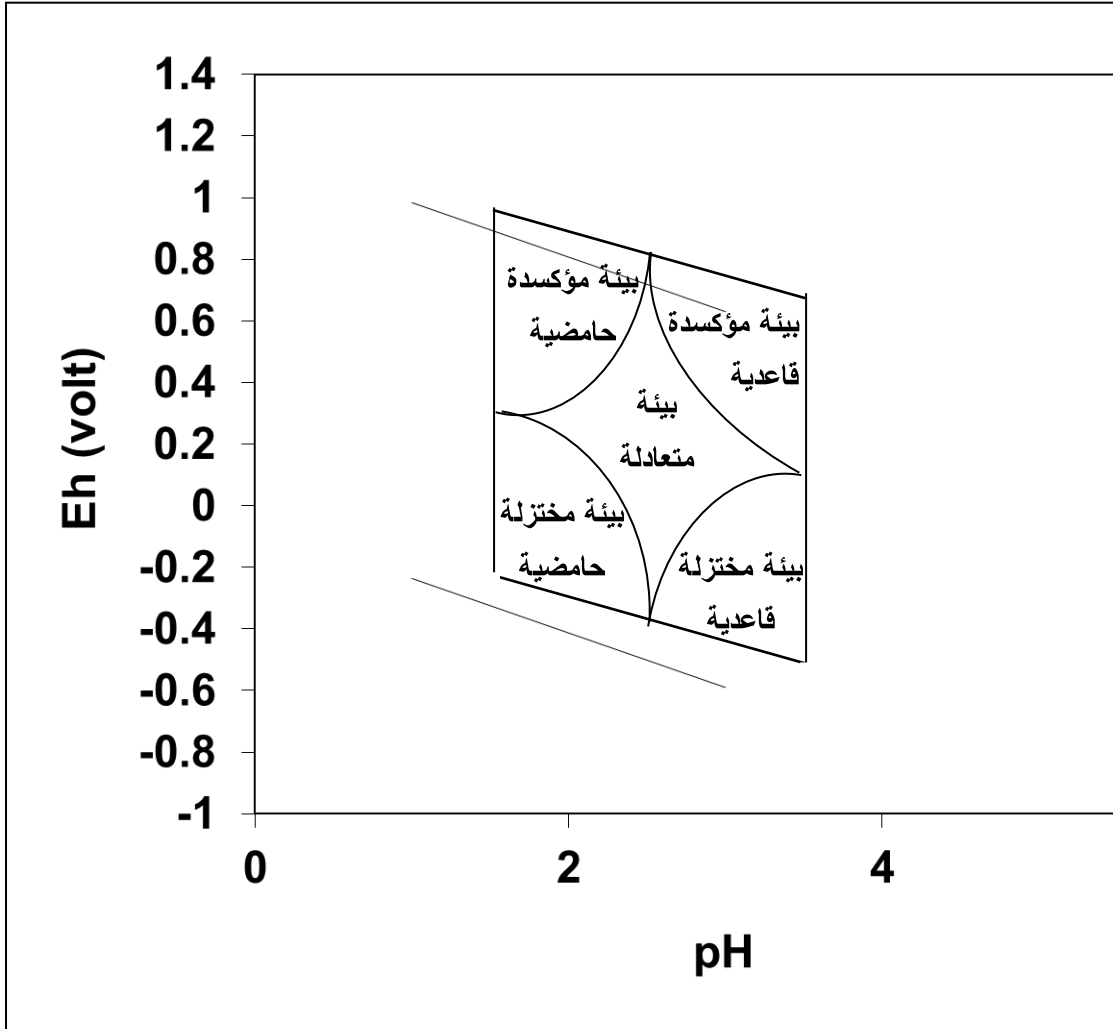
$[\text{H}_2] = \text{at the surface, } \text{H}_2 \text{ pressure no more than 1 atm.}$

$$E = 0.059/2 * 2 * \log[\text{H}^+] - 0.0$$

$$E_h = -0.059\text{pH} \dots\dots\dots \text{lower limit} \quad (\text{equation 4})$$

وعلى ضوء المعادلات الأربعة اعلاه يمكن رسم الحدود الدنيا والعليا للدالة الحامضية وجهد الأكسدة والأختزال في الطبيعة:

الحد الأدنى		الحد الأعلى	
pH	Eh	pH	Eh
4	- 0.236	4	0.984
7	- 0.413	7	0.807
10	- 0.590	10	0.630



مختبر الجيولوجيا البيئية

مسألة رقم (2)

تلوث المسطحات المائية بالغازات المذابة

The Pollution of Soluble Gases in Surface Water

تحتوي المياه بشكل عام ومنها المياه السطحية على نسب متباينة من أيونات وجذور بعض العناصر الضرورية والمفيدة لأدامة الحياة سواءً في المياه أو عند استخدام المياه لأغراض أخرى كالشرب والزراعة. كما توجد أيونات لعناصر أخرى تقع تراكيزها ضمن الحدود التي لا تحدث تأثير سلبي عند استخدام المياه وتسمى الحدود الطبيعية أي ان المياه فيها عديمة التلوث. ولكن عند تغير هذه التراكيز فانها تدخل ضمن الحدود الملوثة التي تحدث ضرراً بسيطاً كان أو كبير تبعاً لنوع العنصر عند استخدام المياه.

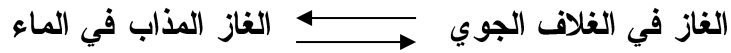
مصادر العنصر في المياه

هنالك مصادر عديدة تعمل على تغذية المياه السطحية بالعناصر بشكل مستمر أو بين فترة وأخرى ، أهمها:

1. التعرية: تلعب التعرية وبالأخص عملية التجوية الكيميائية دوراً كبيراً في حركة العناصر من أطوارها الصلبة إلى الماء بشكل أيونات أو جذور مذابة أو مركبات بشكل غرويات أو مركبات بشكل دقائق عالقة. وتقترن عملية إضافة هذه العناصر إلى المياه مع شدة عملية التجوية.
2. الغازات: تمتلك الغازات بشكل عام قابلية للذوبان في المياه ولكن بتراكيز متباينة تعتمد على نوع الغاز ، تعمل عملية ذوبان الغاز في المياه إلى تحويل طور الغاز الجوي إلى طور الغاز السائل (أي المذاب في الماء)، ومن ثم يتفكك الغاز إلى أيونات أو جذور.
3. البراكين: تنفث البراكين كميات كبيرة جداً من الغازات والمواد الصلبة (الرماد البركاني) إلى المسطحات المائية مما يؤدي إلى زيادة تركيز العناصر المختلفة في المياه نتيجة قابلية ذوبان الغازات وتحلل المكونات البركانية الدقيقة.

أ. حساب كمية الغازات المذابة في المسطحات المائية:

كثير من الغازات المكونة للغلاف الجوي لها قابلية على الذوبان في المسطحات المائية (الانهار والبحيرات والبحار والمحيطات) وتعتمد قابلية الذوبان على عدة عوامل مثل نوع الغاز ودرجة الحرارة واهما هي تركيز الغاز في الغلاف الجوي الذي يعبر عنه بالضغط الجزئي لذلك الغاز. يتحول الغاز كما نطر سابقا من حالة الغاز في الجو (الأتوموسفير) الى حالة الغاز المذاب في الماء وتكون هذه العملية متوازنة ومتعاكسة (أي ان مقدار ما يذوب منه يعادل مقدار ما يتبخر منه) وهذه العملية تخضع للعوامل اعلاه (نوع الغاز ودرجة الحرارة و.....الخ)، ولها قيمة ثابتة في الظروف القياسية التي تسمى بثابت هنري K_H لذلك الغاز.



ولذلك يمكن تحديد قابلية الذوبان بالأعتماد على الضغط الجزئي للغاز وعلى ثابت هنري الذي يمثل كمية الغاز المذابة نسبة الى ضغطه الجزئي.

$$\text{ثابت هنري} (mole/l / atm) = [\text{كمية الغاز المذابة } mole/l] / [\text{الضغط الجزئي للغاز } atm]$$
$$(mole \ l^{-1} \ atm^{-1})$$

وفيما يلي قيم ثابت هنري لأهم الغازات المعروفة:

$$\begin{aligned} 6.79 \times 10^{-4} &= N_2 \\ 1.34 \times 10^{-3} &= O_2 \\ 1.43 \times 10^{-3} &= Ar_2 \\ 3.79 \times 10^{-2} &= CO_2 \\ 1.24 &= SO_2 \\ 58.0 &= NH_3 \end{aligned}$$

مثال:- احسب كمية غاز الأوكسجين والنيتروجين المذابين في بحيرة التثرار بالأعتماد على

ثابت هنري الخاص بذوبان كل منهما؟

$$\text{الضغط الجزئي للأوكسجين} = 0.2 \text{ atm.}$$

$$\text{الضغط الجزئي للنيتروجين بشكل تقريبي} = 0.80 \text{ atm.}$$

$$\text{كمية النيتروجين المذابة} = 6.79 \times 10^{-4} \times 0.8 = 5.3 \times 10^{-4} \text{ مول / لتر}$$

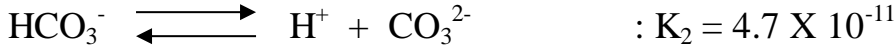
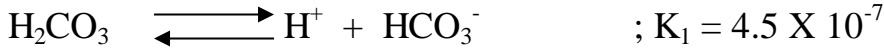
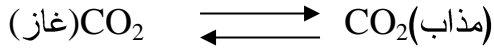
$$\text{كمية الأوكسجين المذابة} = 1.34 \times 10^{-3} \times 0.2 = 0.26 \times 10^{-3} \text{ مول / لتر}$$

ب. حساب الدالة الحامضية للمسطحات المائية

من الممكن حساب الدالة الحامضية التي يسببها كمية الغاز المذاب بالماء نتيجة تماسه المستمر مع الغلاف الجوي من جراء تفاعل الماء مع الغاز المذاب وتحرير أيون الهيدروجين. ويتحكم في هذه العملية فضلا عن العوامل التي ذكرت سابقا ثابت التأين للأطوار التي تنشأ من تفاعل الماء مع الغاز المذاب.

مثال:- إحسب الدالة الحامضية للمياه نتيجة تماسها مع الغلاف الجوي الذي يحتوي على 0.00033 atm من غاز CO_2 ؟

يعد غاز ثنائي اوكسيد الكربون أكثر تعقيدا من غازي N_2 و O_2 وذلك بسبب تفاعله مع الماء وحسب المعادلات التالية:



من ملاحظة قيم ثابت التأين K_1 و K_2 نجد ان الأول اكبر بكثير من الثاني بحوالي 10000 مرة وهذا يشير الى ان طور جذر البيكاربونات في الوسط المائي هو الشائع بالنسبة لطور الكربونات. ولسهولة الحسابات وبسبب التأثير الضئيل لثابت التأين الثاني لذلك سوف نهمل K_2 من الحسابات.

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

من الناحية الكيميائية والثيرموديناميكية (الديناميكية الحرارية) فان لا يوجد فرق بين كل من غاز ثنائي اوكسيد الكربون المذاب وكمية حامض الكربونيك المتكون:

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{CO}_2]$$

$$[\text{CO}_2] = 3.8 \times 10^{-2} \times 0.00033$$

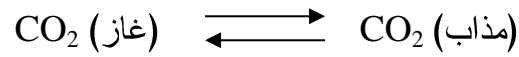
$$[\text{H}^+]^2 = 4.5 \times 10^{-7} \times 3.8 \times 10^{-2} \times 0.00033$$

$$[\text{H}^+] = 2.3 \times 10^{-6} \text{ mole / l}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 5.64$$

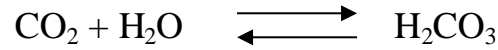
على الرغم من ان كمية (ضغط جزئي) غاز ثنائي اوكسيد الكربون المنخفضة في الغلاف الغازي فان قيمة الدالة الحامضية الناجمة عن ذوبان الغاز هي اقل من 7 ولذلك يظهر تأثير ذوبان هذا الغاز على الصخور والمعادن المكونة لها خلال عمليات التجوية وخلال الزمن الجيولوجي، اذا تعمل المحاليل ذات القيمة المنخفضة من الدالة الحامضية على اذابة بعض المعادن للصخرة .

مثال:- إحسب الدالة الحامضية لمياه الأمطار الساقطة على منطقة بركان فعال يبعث عدد من الغازات من بينها غاز ثنائي أوكسيد الكربون، بالأعتداد على المعلومات الآتية:-
 الضغط الجزئي لـ CO₂ في جو المنطقة = 0.03 atm.
 ثابت التحلل الأول K₁ لحمض الكربونيك H₂CO₃ = 4.5 X 10⁻⁷
 ثابت هنري لذوبان CO₂ = 3.8 X 10⁻² مول/لتر/ضغط جوي

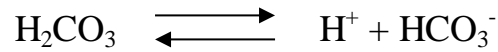


الكمية المذابة من غاز CO₂ في مياه الأمطار :-

كمية CO₂ الذائبة مول/لتر = ثابت هنري X الضغط الجزئي لـ CO₂ (atm).
 = 0.114 X 10⁻² = 0.03 X 3.8 X 10⁻² =



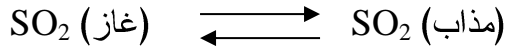
كمية CO₂ الذائبة = كمية حامض الكربونيك H₂CO₃ المتكون.



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} ; \quad 4.5 \times 10^{-7} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0.114 \times 10^{-2}}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+]^2 &= 5.13 \times 10^{-10} \\ [\text{H}^+] &= 2.30 \times 10^{-5} \\ \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] = 4.64 \end{aligned}$$

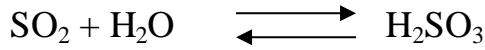
مثال: احسب الدالة الحامضية لمياه الأمطار الساقطة فوق منطقة بركان ينبعث منه عدة غازات من ضمنها غاز SO_2 ، وبالأعتماد على المعلومات الآتية:
الضغط الجزئي لغاز SO_2 في جو المنطقة = 10^{-3} جو
ثابت التأيين الأول K_1 لحمض الكربتوز H_2SO_3 = 1.27×10^{-3}
ثابت التأيين الثاني K_2 لحمض الكربتوز H_2SO_3 = 6.24×10^{-8}
ثابت هنري لذوبان SO_2 في الماء = 1.24



الكمية المذابة من غاز SO_2 في مياه الأمطار :-

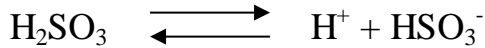
$$\text{كمية } SO_2 \text{ الذائبة مول/لتر} = \text{ثابت هنري} \times \text{الضغط الجزئي لـ } SO_2 \text{ (atm).}$$

$$= 10^{-3} \times 1.24 = 1.24 \times 10^{-3} \text{ مول/لتر}$$



كمية SO_2 الذائبة = كمية حامض الكربتوز H_2SO_3 المتكون.

ومن ملاحظة قيم ثابت التايين تبدو ان قيمة ثابت التأيين الأول أكبر من الثاني بحوالي 100000 مرة ولذلك نهمل الثاني K_2 لسهولة الحسابات وعدم تأثيره على قيمة الدالة الحامضية.



$$K_1 = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]} = \frac{[H^+]^2}{[H_2SO_3]} ; \quad 1.27 \times 10^{-3} = \frac{[H^+]^2}{1.24 \times 10^{-3}}$$

$$[H^+]^2 = 1.5748 \times 10^{-6}$$

$$[H^+] = 1.255 \times 10^{-3}$$

$$pH = -\log [H^+] = 2.9$$

مختبر الجيولوجيا البيئية

مسألة رقم (3)

توزيع العناصر الفلزية بين مياه الأنهار الملوثة والرواسب

Distribution of Metals between Polluted Stream Water and Sediments

يعتمد توزيع العناصر بين المياه والرواسب بشكل كبير على حركتها بين هذين الوسطين. وكما سبق الإشارة في مختبرات سابقة الى حالات انتقال العناصر بشكل عام، فان من العوامل المؤثرة على انتقال وحركة العناصر هو الدالة الحامضية (pH) وجهد الأكسدة والأختزال (Ec) لاسيما في الرواسب وانطقة التربة المتعرضة الى تأثير حركة المياه السطحية والجوفية عموديا وافقيا والمياه الموجودة في مسامات التربة والرواسب. وعادة مثل هذه الأوضاع من الحركة تتم في البيئات الثانوية التي تمثل بيئات التجوية الكيميائية والترسيب الثانوي وتكوين الأطوار المعدنية نتيجة العمليات الجيوكيميائية المختلفة مثل التحلل والأكسدة والتميو وغيرها.

وهناك عوامل مؤثرة على الدالة الحامضية وجهد الأكسدة والأختزال يجب أخذها بالأعتبار عند تفسير ومناقشة حركة العناصر بين الطور المعدني الصلب والوسط المائي، ومنها:-

1. **طبيعة الوسط المائي:** مثلا بيئة المياه السطحية تختلف عن بيئة المياه الجوفية فالأولى تكون تحت ظروف مؤكسدة بينما الثانية تكون تحت ظروف اختزالية، كما تختلف هذه المياه عن المياه في مسامات التربة والرواسب.

2. **آلية النقل:** تتباين حركة العناصر بشكل عام فهي إما تكون بهيئة أيونات أو ضمن جذور أو مركبات (معقدات) ذائبة عضوية وغير عضوية أو بهيئة عوالق وغرويات لأطوار معدنية أو مركبات غير ذائبة عضوية أو غير عضوية. وتختلف هيئات النقل هذه باختلاف الدالة الحامضية وجهد الأكسدة والأختزال.

3. **نوعية الصخور:** تؤثر نوعية الصخور التي تلامسها المحاليل على محتواها من العناصر الثقيلة، مثال ذلك ترسيب العناصر الثقيلة المذابة في المياه الحامضية عند ملامستها للصخور الجيرية بسبب تعادل المياه. بينما تعمل الرواسب الحاوية على أطوار كبريتيدية على خفض الدالة الحامضية للمحلول وزيادة ذوبان الرواسب.

4. وجود الأحياء الدقيقة **microorganisms**: بعض الأحياء الدقيقة (مثل البكتريا) لها القدرة على اختزال الكبريتات الى كبريتيد. أو أكسدة المادة العضوية التي تمتاز العناصر الفلزية وتحرير العناصر الى المحلول.

5. نوعية الأحياء الدقيقة: بعض الأحياء الدقيقة لها القدرة على ترسيب الأيونات لبعض العناصر الثقيلة في تركيبها الداخلي واخرى لها القدرة على تثبيت الأيونات على الأطوار المعدنية التي تنمو عليها.

6. الأيونات المشتركة: وجود بعض العناصر ضمن المحاليل تخفض من حركة نفس هذه العناصر من الطور المعدني الصلب الى المحلول.

7. تكوين الجذور المعقدة: تكون بعض المعقدات ذائبة وبعضها غير ذائبة لنفس العنصر.

8. نوع التربة أو الرواسب: مثلا وجود طبقات طينية التي تتكون من مجموعة من المعادن الطينية أو وجود مواد عضوية ضمن أنطقة التربة أو الرواسب تعمل على رفع تركيز العناصر الثقيلة بسبب امتزاز الأخيرة على المعادن الطينية والمادة العضوية.

9. نسبة الغازات المذابة: بعض الغازات المذابة تؤثر على قيم الدالة الحامضية مثل غاز CO_2 مما يؤدي الى زيادة قابلية المحلول على إذابة الفلزات.

10. الصفات الفيزيائية للوسط (التربة أو الرواسب): وتشمل المسامية (زيادة المسامية تعني زيادة المساحة السطحية للطور المعدني لتلامس المحلول) والنفاذية (تعني امكانية حركة المحلول ضمن المسامات مما يؤدي الى استمرار التبادل الأيوني بين الحبيبات والمحلول) والحجم الحبيبي (كلما كانت الحبيبات ناعمة كانت المساحة السطحية عالية مما تسمح بتبادل ايوني أكبر). أما الصفات الفيزيائية للوسط المائي (المحلول) فتتمثل بسرعة الجريان (المحاليل البطئية الجريان تكون ذات تبادل أيوني أقل من السريعة الجريان) ولزوجة المحلول (المحاليل الخفيفة، أي ذات الحمولة الواطئة تكون ذات قابلية تبادل ايوني عالية نسبة الى المحاليل ذات اللزوجة العالية).

تؤثر بعض اجسام الخامات أو العروق أو تجمعات لعناصر فلزية على نوعية المياه ومحتواها من العناصر الفلزية المذابة. فاذا كانت هذه التجمعات أو الأجسام تتكون من مركبات فلزية كبريتيدية، فعند تعرضها الى عملية تجوية بفعل مياه الأنهار فان تأكسد الكبريتيدات ستحول المياه الى مياه حامضية (ذات دالة حامضية منخفضة قد تصل الى دون

4)، وهذه الصفة الكيميائية للمياه تجعلها قادرة على اذابة الفلزات وتحويلها الى حالة أيونية، مما يساعد على حركتها ونقلها بواسطة الأنهار الى مواقع ترسيبها في البحار أو البحيرات حيث تتغير الدالة الحامضية وتقترب من حدود التعادل. ولذلك ينخفض تركيز هذه الأيونات بسبب ترسيبها ومغادرتها لمياه النهر مما يرفع من تركيزها في الرواسب.

المسألة

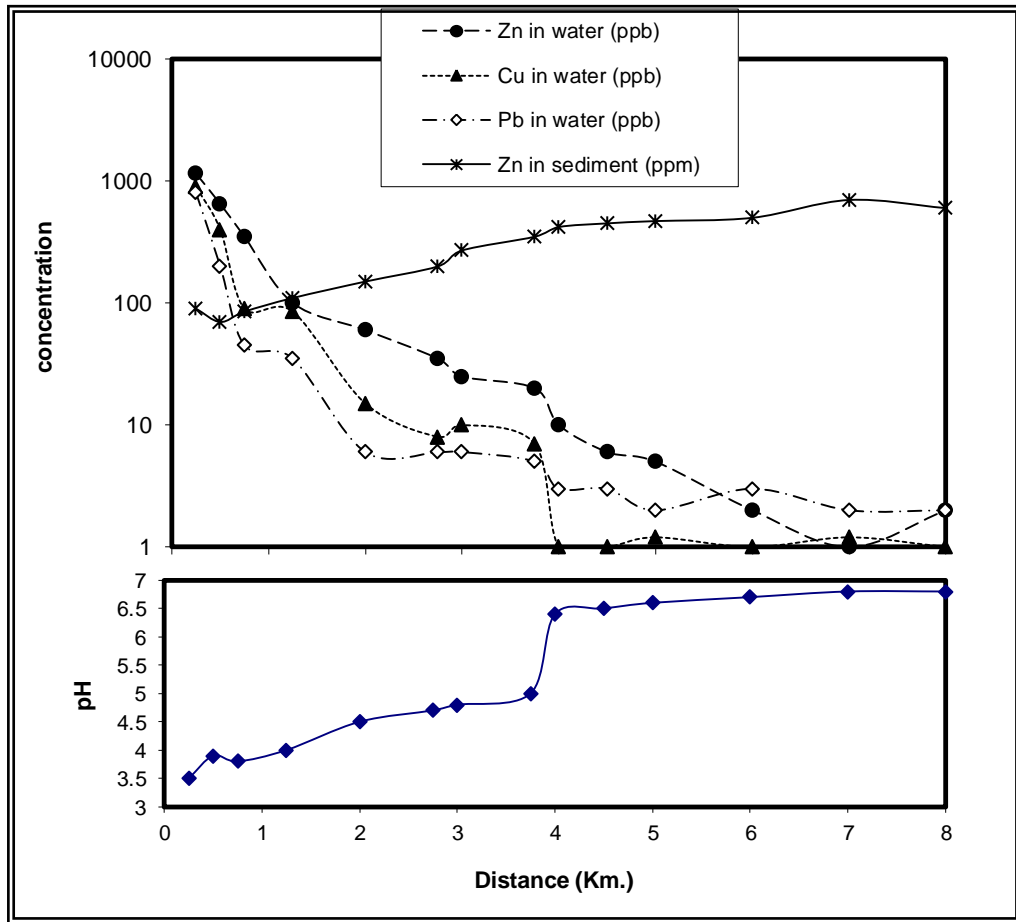
تتناول المسألة الحالية دراسة محتوى مياه نهر يصب في بحيرة في احد مناطق كندا ويمر خلال مسيرته على جسم كتلي من كبريتيدات الفلزات والذي يسبب في عملية أكسدة هذه المركبات مما يخفض من قيمة الدالة الحامضية لمياه النهر الى $pH=3.5$. ولذلك تؤثر مياه النهر على مكونات الجسم الكبريتيدي وتعمل على اذابة الفلزات وتحركها من الجسم الى مياه النهر. يمر النهر عبر مسافة 8 كيلومتر عبر بحيرات صغيرة وتصب فيه روافد صغيرة مما تعمل على تخفيف حامضية المياه ورفع دالتها الحامضية، الأمر الذي ينعكس على محتوى المياه من الفلزات المذابة.

ويوضح الجدول الآتي تركيز بعض الفلزات (Pb, Cu, Zn) في مياه النهر ، وتم اختيار عنصر Zn في الرواسب لمقارنة تركيزه بين المياه النهر والرواسب، فضلا عن قيم الدالة الحامضية على طول مسار النهر من موقع الجسم الكبريتيدي الى مصبه في البحيرة.

Distance Km.	pH	Zn in water (ppb)	Zn in sediment (ppm)
0.25	3.5	1150	90
0.5	3.9	650	70
0.75	3.8	350	85
1.25	4	100	110
2	4.5	60	150
2.75	4.7	35	200
3	4.8	25	270
3.75	5	20	350
4	6.4	10	420
4.5	6.5	6	450
5	6.6	5	470
6	6.7	2	500
7	6.8	1	700
8	6.8	2	600

المطلوب:

1. وضح من خلال الرسم تغير الدالة الحامضية على طول مسر النهر؟
2. وضح من خلال الرسم تركيز الفلزات في المياه ومحتوى الرواسب من Zn على طول مسار النهر؟
3. وضح اسباب تباين تركيز الفلزات في المياه وأثره على الرواسب؟
4. وضح هل يمكن اعتماد البيانات الجيوكيميائية كوسيلة لتعقب مصادر التلوث الطبيعية؟



مختبر الجيولوجيا البيئية

مسألة رقم (4)

توزيع العناصر الفلزية في مياه البحيرات

Distribution of Metals in Lakes

تتكون المياه بشكل رئيس من الأيونات الموجبة cations مثل (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) و الأيونات السالبة Anions مثل (CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} , NO_3^{-}). وتتباين تراكيز هذه المكونات التي تعكس الصفات الكيميائية ونوعية المياه. فضلا عن هذه الأيونات توجد تراكيز ضئيلة من أيونات عناصر أخرى ومنها الفلزات مثل (Fe , Cu , Zn ,) (Mn , Ni) ، وتوجد هذه العناصر بأكثر من حالة تأكسد تبعا لظروف الأوكسدة والأختزال في البيئة، وعادة ما تكون أعداد التأكسد العالية تعكس الظروف المؤكسدة التي تكون فيها هذه الأيونات ضمن أطوار صلبة بينما أعداد التأكسد الواطئة تكون في حالة أيونية حرة.

يؤخذ محتوى المياه من الأوكسجين المذاب كمؤشر على ظروف الأوكسدة والأختزال، إذ تشير كمية الأوكسجين المذاب المرتفعة في الطبقات العليا من مياه البحر والبحيرات الى ان الظروف تكون من النوع المؤكسدة ، حيث تكون العناصر الفلزية بشكل أطوار صلبة إما تترسب في قاع البحار والبحيرات التي تنمو فيما بعد بشكل عقد أو تمتز دقائق هذه الأطوار على العوالق أو الغرويات (بسبب اختلاف الشحنة السطحية بينها) التي تتكون في مياه البحر خلال عملية الترسيب للمكونات التي تبلغ حدود الإشباع، ولذلك من المتوقع ان تكون تركيز هذه العناصر الفلزية واطيء نسبة الى تركيزها في طبقات المياه السفلى التي يكون محتواها من الأوكسجين المذاب واطيء مما تعكس الظروف الأختزالية، وفي مثل هذه الظروف تكون العناصر الفلزية بحالة ذائبة فتبقى في المياه بشكل أيونات حرة.

كما تلعب المادة العضوية دورا في تكوين مركبات عضوية فلزية التي تساهم في سحب هذه الفلزات من مياه البحر، ويكون النشاط العضوي للأحياء عادة في الطبقات العليا من مياه البحر حيث الحرارة والضوء والأوكسجين اكبر مما في الطبقات السفلى.

وتجدر الإشارة هنا الى ان ظروف الأوكسدة والأختزال ليست هي العامل الرئيس الوحيد على تكوين الأطوار والمركبات للعناصر الفلزية، بل ان هناك عوامل رئيسة أخرى مثل الدالة الحامضية وحدود استقرارية الأطوار المتكونة فضلا عن عوامل أخرى مثل درجات الحرارة ودرجة الأشباع ونوع الجذور العضوية السالبة والموجبة. وهذه العوامل

تتحكم بتوزيع وانتشار العناصر الفلزية وحركتها خلال المحاليل في البيئات الجيولوجية المختلفة.

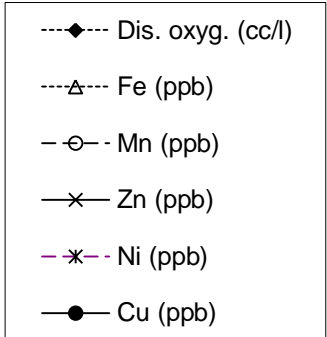
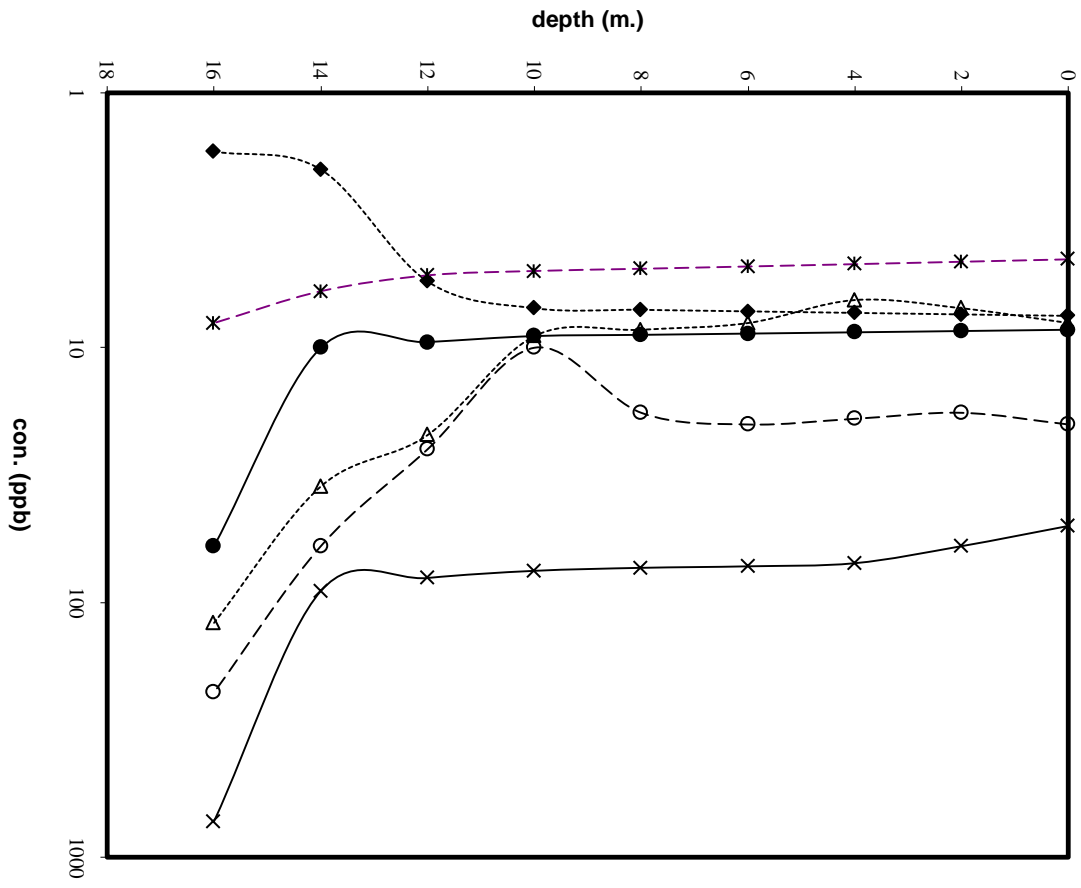
المسألة:

تم اخذ عينات من مياه بحيرة في كندا من أعماق متباينة من سطح الماء الى عمق 16 متر وتم تحليل العناصر الفلزية Fe, Mn, Zn, Ni, Cu فيها فضلا عن كمية الأوكسجين المذاب (dissolved oxygen)، وكما موضح في الجدول الآتي:-

Depth (m)	Dis. oxyg. (cc/l)	Fe (ppb)	Mn (ppb)	Zn (ppb)	Ni (ppb)	Cu (ppb)
0	7.5	8	20	50	4.5	8.5
2	7.4	7	18	60	4.6	8.6
4	7.3	6.5	19	70	4.7	8.7
6	7.2	8	20	72	4.8	8.8
8	7.1	8.5	18	73	4.9	8.9
10	7	9	10	75	5.0	9
12	5.5	22	25	80	5.2	9.5
14	2	35	60	90	6	10
16	1.7	120	225	720	8	60

المطلوب:

1. وضح من خلال الرسم توزيع العناصر الفلزية مع زيادة عمق المياه في البحيرة.
2. بين علاقة هذا التوزيع مع كمية الأوكسجين المذابة في مياه البحيرات.
3. حدد بشكل تقريبي انطقة الاكسدة والاختزال والمرحلة الانتقالية بينهما.



مختبر الجيولوجيا البيئية

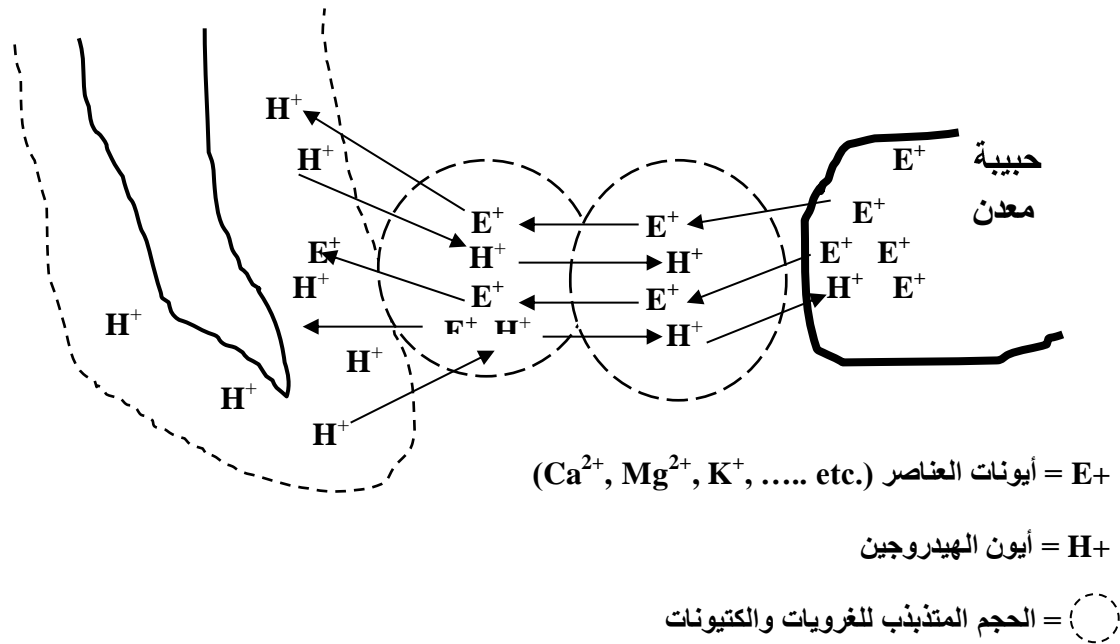
مسألة رقم (5)

امتصاص العناصر الأثرية من قبل النبات

Intaking the Trace Elements by Plants

- ان المحتوى الجمالي للعناصر الثرية في أنواع مختلفة من التربة يوفر معلومات محدودة عن كمية هذه العناصر الموجودة بصيغة قابلة للانتقال الى النباتات. غير ان الأهم من المحتوى الأجمالي هو المدى المتحرك من هذا المحتوى بتأثير العوامل الكيميائية والحياتية والتجوية الذي يتم خزنه في التربة بشكل متوفر (available). وهذا الشكل المتوفر يتمثل بالمصادر الآتية:
1. العناصر الموجودة في المحاليل بشكل أيونات أو مركبات مذابة ، التي يمكن استخلاصها من خلال معالجة التربة بالماء طبيعيا أو صناعيا.
 2. أيونات العناصر المتبادلة الموجودة في المعقدات العضوية واللاعضوية التي يمكن استخلاصها بمحاليل الأملاح المتعادلة مثل خلات الأمونيا.
 3. أيونات العناصر المتبادلة والمرتبطة بشكل أوثق في مكونات التربة التي يمكن استخلاصها بالحوامض المخففة بفعل نشاط جذور النباتات وما تفرزه من حوامض عضوية خلال مرحلة نمو الجذر. مثال ذلك حامض الخليك المخفف.
 4. العناصر الموجودة في المكونات العضوية واللاعضوية وفي الأكاسيد المترسبة أو أملاح غير ذائبة التي تحتاج الى ظروف ومواد ذات فعالية شديدة لأستخلاصها مثل EDTA و اوكرالات الأمونيوم الحامضية.
 5. العناصر الموجودة في المعادن الثانوية وبصيغة ثابتة.
- يعتمد وجود العناصر الأثرية بأي شكل من الشكال المذكورة على خواص العنصر الأثري وطبيعة وكمية المعادن الطينية والمواد العضوية والأملاح والذالة الحامضية pH وجهد الكسدة والأختزال Eh للتربة وكذلك بعض الخواص الفيزيائية للتربة مثل درجة النصح والمسامية والنفاذية والحجم الحبيبي. مثال ذلك عند تحرير عنصر النحاس بفعل عمليات التجوية فانه يدخل بسرعة الى المعقدات العضوية للترب الحامضية وبالتالي فهو متوفر بنسبة عالية للعمليات الحياتية للنباتات. ففي بعض الترب تشكل نسبة النحاس الداخلة في المعادن العضوية حوالي 90% من النحاس الذائب مقارنة مع نسبة الخارصين البالغة 75%.
- وبشكل عام فان الافاق السفلى من الترب ذات التصريف الحر تشهد معدلات منخفضة من العناصر الثرية المتحركة ، ولكن الافاق السطحية التي تتأثر بعمليات التجوية تؤدي الى حركة وانتقال العناصر الأثرية. أما في الترب ذات التصريف الرديء فتؤدي الى تكوين شواذ كيميائية-حياتية لمركبات بعض العناصر الأثرية.

ميكانيكية انتقال العناصر بين التربة والنبات عبر الجذر



إذا تم نمذجة منطقة معينة وتحليل نطاق التربة وقياس تراكيز العناصر الأثرية فيها وفي النباتات التي تنمو على سطح التربة، نجد ان هناك تغاير في تراكيز العناصر بين التربة والنبات. ولغرض المقارنة بينهما نختار نبات معين ونحسب تركيز بعض العناصر الأثرية في رماد هذه النباتات (حرق النبات وحساب التراكيز فيها). ومن خلال الرسم مثلاً بين تراكيز العناصر الأثرية في التربة والنبات نجد هنالك تباين في تركيز عنصر ما بين التربة والنبات وذلك حسب قابلية العنصر للانتقال والحركة من التربة الى النبات، وهذا لا يعتمد على سلوك العنصر فقط وانما على قابلية النبات لامتصاص ذلك العنصر. ويوضح الجدول الآتي تباين تراكيز بعض العناصر الأثرية حسب نوع النبات:

العنصر Tr. Ele.	الصنوبر conifers	أوراق النفضيات deciduous	أوراق الشجيرات shrubs	أوراق الشجيرات القصيرة herbs	الحشائش grasses
Zn	1127	2303	1585	666	850
Cu	133	249	223	118	119
Pb	75	54	85	44	33
Ni	57	87	91	33	54
V	21	16	25	23	25
Mo	5	7	15	19	34
Cr	8	5	14	10	19
Co	6	5	10	11	10

ان اختلاف تركيز العنصر في النبات ينعكس احيانا على صفات النبات من حيث لون وشكل الأوراق أو الأزهار أو طول الساق وشكل الثمرة، فمثلا وجود تجمع معدني غني بعناصر Cu-Mo يعطي تغير في شكل اوراق زهرة البايافير ، أو وجود معادن الحديد وما تحتويه من عناصر Ni, Cu, Mn, Cr تؤدي الى تغير في لون أوراق بعض النباتات. وقد تصل زيادة امتصاص العنصر الثري من قبل النبات الى حد السمية toxic الذي يظهر تأثيره على اجزاء النبات:

العنصر	الصفة الرئيسة الظاهرة
Al	قصر في الجذور وظهور بقع ملونة في اجاء مختلفة من النبات
B	قصر في العقل، وتشوه وعدم اكتمال نمو بعض الأجزاء
Cr	اصفرار الوراق
Co	ظهور بقع عل الأوراق تمثل اجزاء ميتة بيضاء اللون
Cu	ضعف في النمو وظهور بقع لأجزاء ميتة بيضاء اللون على الأوراق السفلية
Fe	ضعف الجذور وعدم اكتمال نمو بعض الأجزاء وظهور بقع ملونة
Mn	احمرار الأوراق ، تشوه شكل ألوراق وموت حافات الأوراق
Mo	عدم اكتمال النمو واصفرار الأوراق
Ni	تشوة النبات وظهور بقع لأجزاء ميتة بيضاء اللون على الأوراق
Zn	ضعف نمو الجذور وظهور بقع لأجزاء ميتة بيضاء اللون على الأوراق

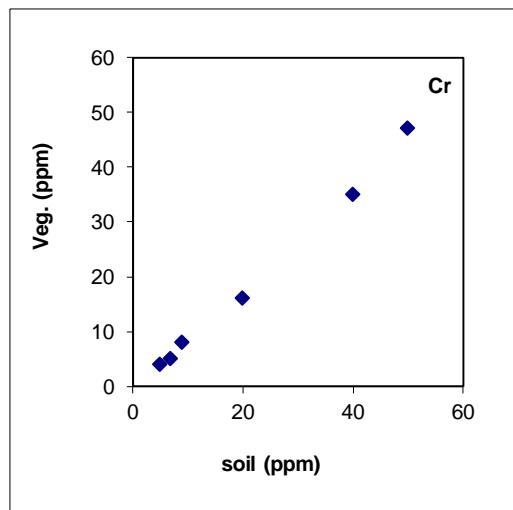
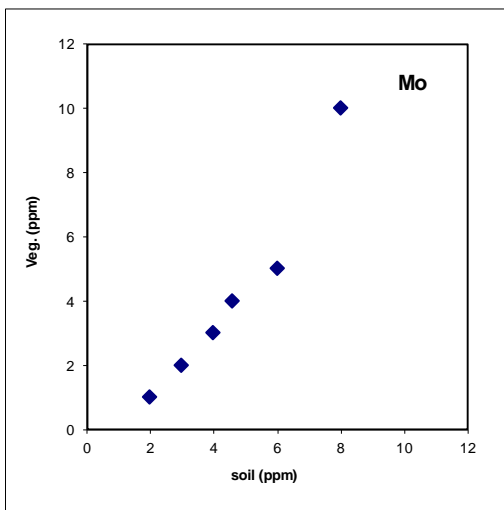
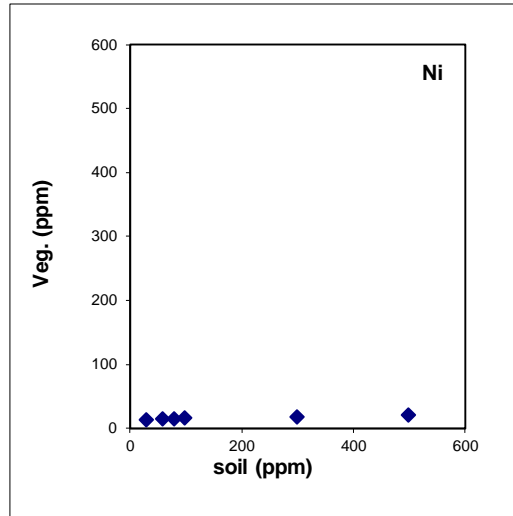
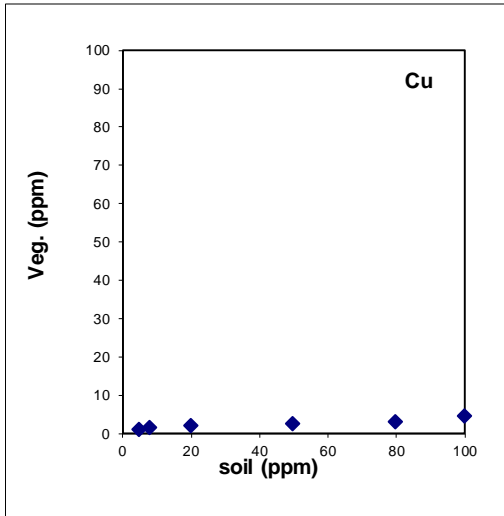
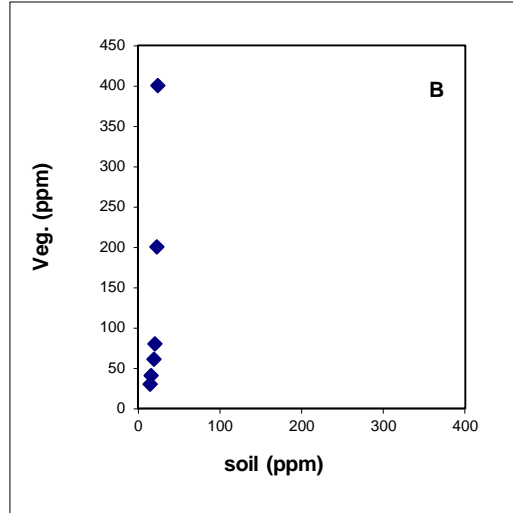
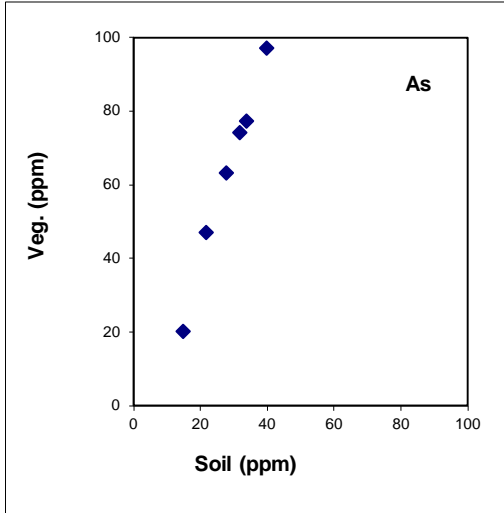
المسألة

تم تحليل 6 نماذج تربة لمنطقة معينة و6 نماذج رماد جنس معين من النباتات ينمو على سطح التربة ، وتم قياس تراكيز بعض العناصر الأثرية وكما مدون في الجدول الآتي:

As ppm		Mo ppm		Cu ppm		Ni ppm		B ppm		Cr ppm	
Soil	Veg.	Soil	Veg.	Soil	Veg.	Soil	Veg.	Soil	Veg.	Soil	Veg.
15	20	2	1	5	1	30	12	15	30	5	4
22	47	3	2	8	1.5	60	13	17	40	7	5
28	63	4	3	20	2	80	14	20	60	9	8
32	74	4.6	4	50	2.5	100	15	22	80	20	16
34	77	6	5	80	3	300	17	24	200	40	35
40	97	8	10	100	4.5	500	20	25	400	50	47

المطلوب:

1. أوجد من خلال الرسم توزيع العناصر الأثرية بين التربة والنبات؟
2. وضح التشابه والاختلاف في سلوك هذه العناصر بين التربة والنبات؟
3. رتب العناصر حسب قابليتها على امتصاص من قبل هذا الجنس من النبات؟



مختبر الجيولوجيا البيئية

المسألة (6)

تأثير الطبوغرافية على شكل تلوث التربة

The Effect of Topography on the Soil Pollution

المسألة

تم اختيار 70 إنموذج بشكل شبكة تغطي منطقة منحدر باتجاه الشرق تغطيها التربة وتحتوي صخورها على عرق لرواسب النحاس. تم تحديد 7 مسارات بالأتجاه غرب - شرق، المسافة بين مسار وآخر 100 متر مرتبة المسارات من الجنوب الى الشمال بالتسلسل T1 الى T7 ، وتم اختيار 10 نماذج من كل مسار بمعدل 100 متر بين موقع إنموذج وآخر مرتبة من الغرب الى الشرق بالتسلسل S1 الى S10.

معدل الأنحدار الطبوغرافي باتجاه الشرق يبلغ 10 متر لكل 100 متر ، وسمك التربة يبلغ 50 سم عند المحطات S3 ويبلغ 75 سم عند المحطات S6 وحوالي 100 سم عند المحطات S9. يبلغ معدل تركيز النحاس في الطبقة الصخرية حوالي 25 ppm بينما يبلغ تركيز النحاس في رواسب عرق النحاس حوالي 2500 ppm. ويوضح الجدول الأتي تراكيز النحاس لنماذج التربة وفق توزيعها على المسارات .

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
T1	19	20	20	23	47	75	450	400	320	220
T2	20	23	22	80	120	750	950	900	630	255
T3	22	80	622	1150	1850	1800	1219	808	808	410
T4	75	1006	2050	2102	2350	2307	1711	1250	911	375
T5	18	55	98	1020	1724	1813	1405	1100	750	410
T6	20	21	45	78	112	533	708	900	655	361
T7	19	18	25	40	60	74	87	89	210	320

المطلوب:

1. وضح علاقة شكل التوزيع الناتج بالأنحدار الطبوغرافي.
2. من خلال البيانات الجيوكيميائية المتمثلة بتراكيز النحاس حدد موقعا بشكل تقريبي موضع عرق النحاس.
3. ارسم مقطع لأحد المسارات الذي يظهر اكثر تباين في تراكيز النحاس وموقع عرق النحاس.

الحل:

