

地下水成分

描述地下水的關鍵成分

地下水

介紹

儘管這似乎令人驚訝，但地下的水卻很普遍。通常，地下水在地表下緩慢而無聲地流動，但是在某些位置，地下水會在春季冒泡到地表。在“侵蝕與沈積”一章中描述了地下水侵蝕和沈積的產物。

地下水

地下水是地球上最大的液態淡水庫，存在於 **含水層**，多孔岩石和**沈積物**中，中間夾有水。水被土壤顆粒吸引並產生**毛細作用**，這描述了水如何通過多孔介質移動，如何將水從潮濕的土壤移動到干燥的區域。

在不同深度發現含水層。有些僅位於地表以下，而有些則位於陸地表面以下。一個地區可能在其下有多個含水層，甚至大多數沙漠都在含水層以上。沙漠下面的含水層的源區很可能離含水層的位置很遠。例如，它可能在山區。

一個地區可用於進入地下水的水量受當地氣候，土地坡度，地表岩石種類，植被覆蓋，該地區土地利用以及保水量的影響。是殘留在地下的水量。大量降雨，平坦的土地，疏鬆的岩石，裸露的土壤以及尚未向土壤和岩石中註滿水的地方，會有更多的水流入地面。

水在地下水含水層中的停留時間可以是幾分鐘到數千年。地下水通常被稱為“化石水”，因為它自冰河時代結束以來就一直在地下停留了很長時間。

含水層

含水層的特徵

為了成為一個好的含水層，含水層中的岩石必須具有良好的性能：

- **孔隙度**：晶粒之間的小間隙
- **滲透性**：孔之間的連接

[該動畫顯示了孔隙率和滲透率](#)。在沉積物顆粒之間的孔隙中發現了水滴，即孔隙。當水可以在礦石之間流動時，那就是滲透性。

為了到達含水層，地表水通過岩石中的微小空間或孔隙向下滲透到地下。水向下流過可滲透的岩石，直到到達沒有孔隙的層為止。該岩石是**不可滲透的**（圖1）。這種不可滲透的岩石層構成了含水層的底部。的上表面，其中所述地下水到達是水表。

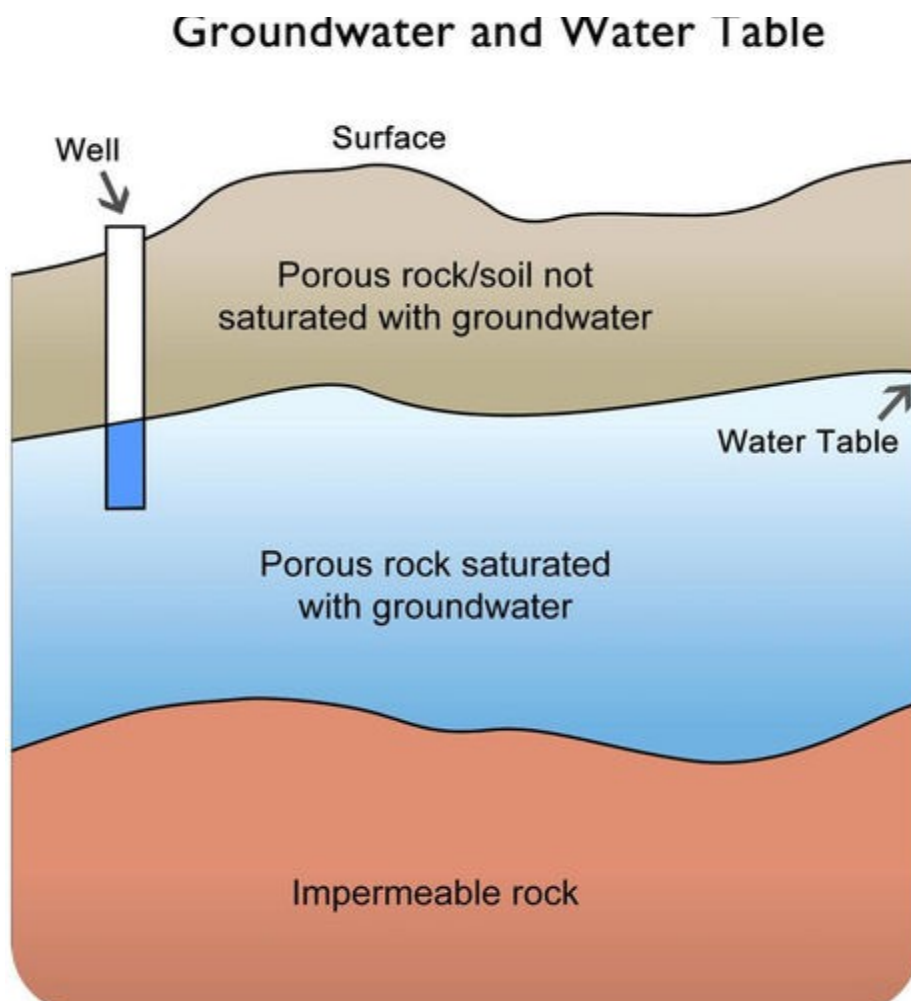


圖 1.在固體表面下發現了地下水。請注意，地下水位大致反映了土地表面的坡度。一口井穿透了地下水位。

地下水位

對於地下水含水量相同的水，補給量必須等於排放量。充值的可能來源是什麼？可能的放電源是什麼？

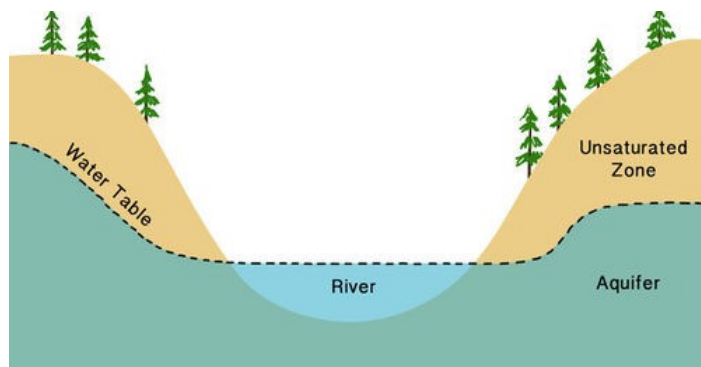


圖 2.流的頂部是地下水位的頂部。溪流給含水層。

在濕潤地區，溪流由地下水供給。溪流的表面是地下水位的頂部（圖 2）。在乾旱地區，水從溪流滲入含水層。這些溪流通常在一年中的大部分時間都是乾燥的。水在溪流或泉水中離開地下水庫。人們也從含水層中取水。

降雨多時地下水位會怎樣？發生乾旱時會發生什麼？儘管地下水位的上升和下降速度不如地表水高，但隨著時間的流逝，地下水位將在潮濕時期上升，而在乾旱時期下降。

在佛羅里達發現了最有趣但極不典型的含水層之一。儘管含水層很少是地下河流，但在佛羅里達州，水溶解了石灰石，因此溪流在地下和地面上方流動（圖 3）。

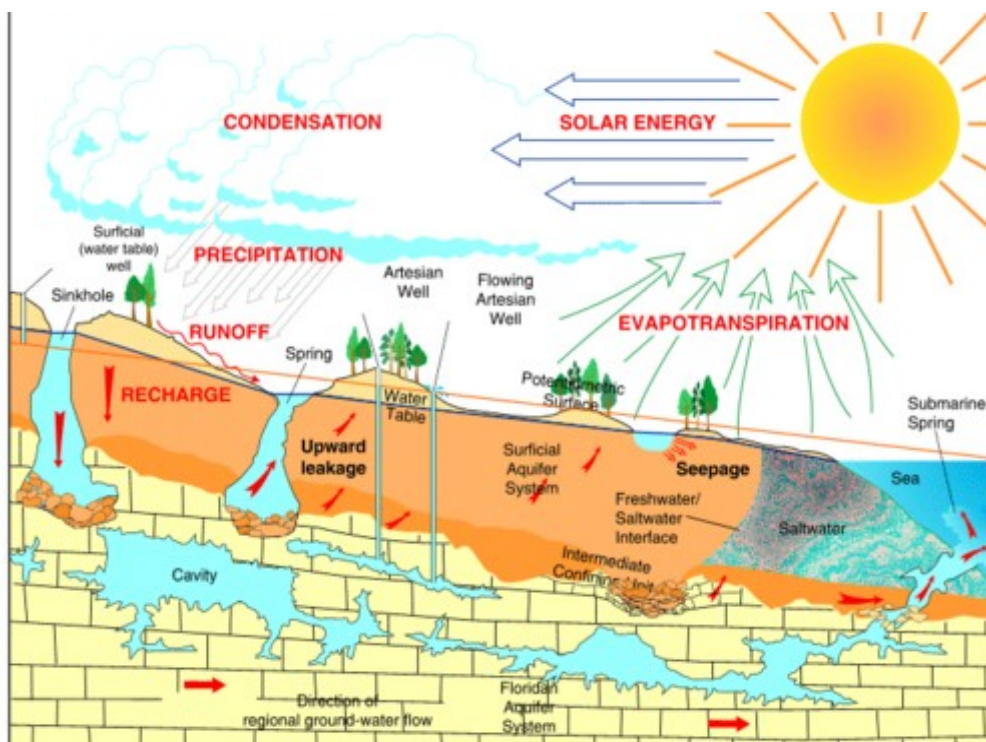


圖 3.在佛羅里達州，地下水有時不在地下。

孔隙率和滲透率

圖 1.從紅溪附近的頁岩中冒出的春天。是的，那水是黑色的！（照片：馬特·希律）

據了解，地下水就是地下存在的水。但是，對於人們如何設想地下水，仍然存在許多誤解。許多人設想大型地下湖泊和河流，儘管確實存在，但它們僅佔全部地下水的很小一部分。一般來說，地下水存在於土壤和岩石之間的孔隙中。想像一下充滿水的海綿。海綿上的所有孔都充滿水。通過擠壓海綿，我們將水擠出，類似地，通過抽水層，我們將水擠出孔隙。

水文地質學中有很多術語，其中大多數非常簡單，但必不可少。以下是一些重要的概念及其含義。

孔隙率

孔隙率是每種材料的固有屬性。它是指給定材料內的空白空間量。在土壤或岩石中，礦物顆粒之間存在孔隙（空白空間）。在像礫石這樣的材料中，穀物非常大，它們之間的空隙很大，因為它們無法很好地結合在一起。但是，在諸如礫石，沙子和粘土混合物的材料中，隨著較小的顆粒填充空間，孔隙率要小得多。材料可以容納的水量與孔隙率直接相關，因為水會嘗試填充材料中的空白空間。我們通過存在於特定多孔介質中的空白空間的百分比來測量孔隙率。

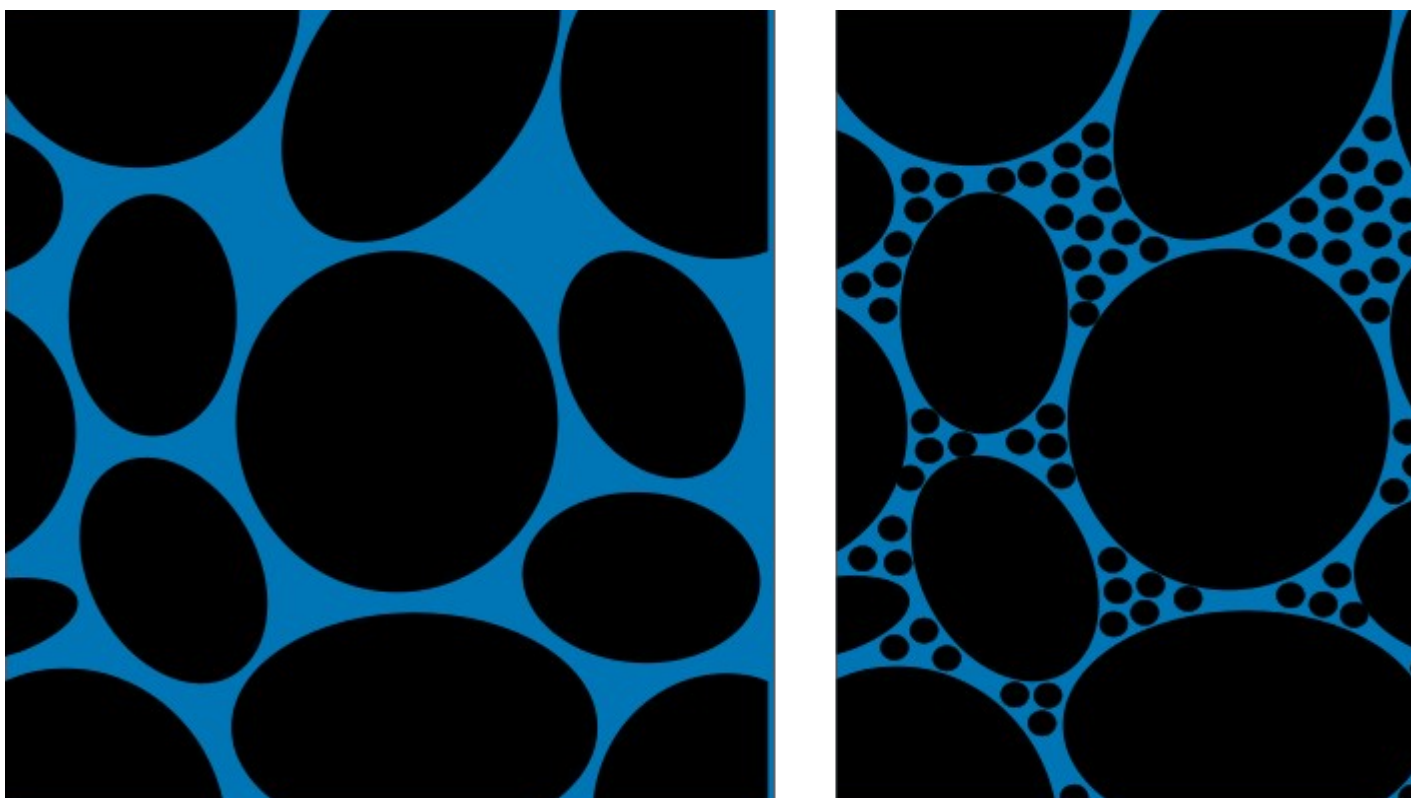


圖 2.兩種不同介質中的孔隙率。左側的圖像類似於礫石，而右側的較小顆粒正在填充一些孔並置換水。因此，右側材料的水分較少。（來源：維基百科）

磁導率

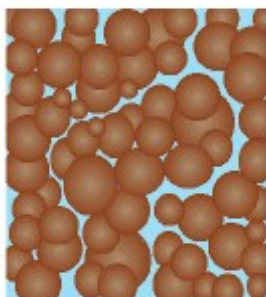


圖 3. 視頻顯示了連通的毛孔如何具有高滲透性並可以輕鬆輸送水。請注意，某些毛孔是隔離的，無法運輸陷在其中的水。

滲透性是所有材料的另一個固有特性，並且與孔隙率密切相關。滲透率是指孔隙空間相互連接的方式。如果材料具有高滲透率，則孔隙空間相互連接，使水從一個流向另一個，但是，如果滲透率低，則孔隙空間將被隔離，並且水會滯留在其中。例如，在一個礫石中，所有的孔隙都很好地相互連接，使水可以流過，但是在粘土中，大多數孔隙都被阻塞了，這意味著水不能輕易地流過。

含水層

含水層是一種可以容納和轉移完全被水飽和的土壤或岩石的術語。這意味著它僅僅是具有相當高的孔隙率和滲透率的土壤或岩石層，從而允許它包含水並相對快速地將其從孔隙轉移到孔隙中，並且所有孔隙空間都充滿了水。含水層很好的例子是具有高孔隙率和高滲透率的冰川耕層或沙質土壤。含水層使我們可以快速、輕鬆地抽水來回收地下水。但是，過度抽水很容易減少含水層中的水量並使水變乾。當地表水滲入地面並重新填充含水層中的孔隙時，將補充含水層。此過程稱為充值。確保補給乾淨，無污染或整個含水層可能被污染尤為重要。含水層主要有兩種。無限制含水層是在其上方沒有 **an** 子的水層，但通常位於其下方。

當含水岩石很容易將水輸送到井和泉水時，就稱為含水層。可以將井鑽入含水層中，並可以抽出水。降水最終將水（補給）添加到含水層的多孔岩石中。但是，所有含水層的補給率並不相同，在從井中抽水時必須考慮這一點。抽得太多的水太快會抽取含水層中的水，並最終導致一口井產生越來越少的水，甚至乾 **even**。實際上，如果你們都從同一個含水層中抽水，抽得太快甚至會導致鄰居的水井幹 **dry**。

在下圖中，您可以看到地下水位（藍色區域）下方的地面如何被水飽和。地下水位（綠色區域）上方的“不飽和區”仍包含水（畢竟，植物的根系生活在該區域），但並沒有完全被水飽和。您可以在圖底部的兩個圖中看到這一點，它們顯示瞭如何將水存儲在地下岩石顆粒之間的特寫鏡頭。

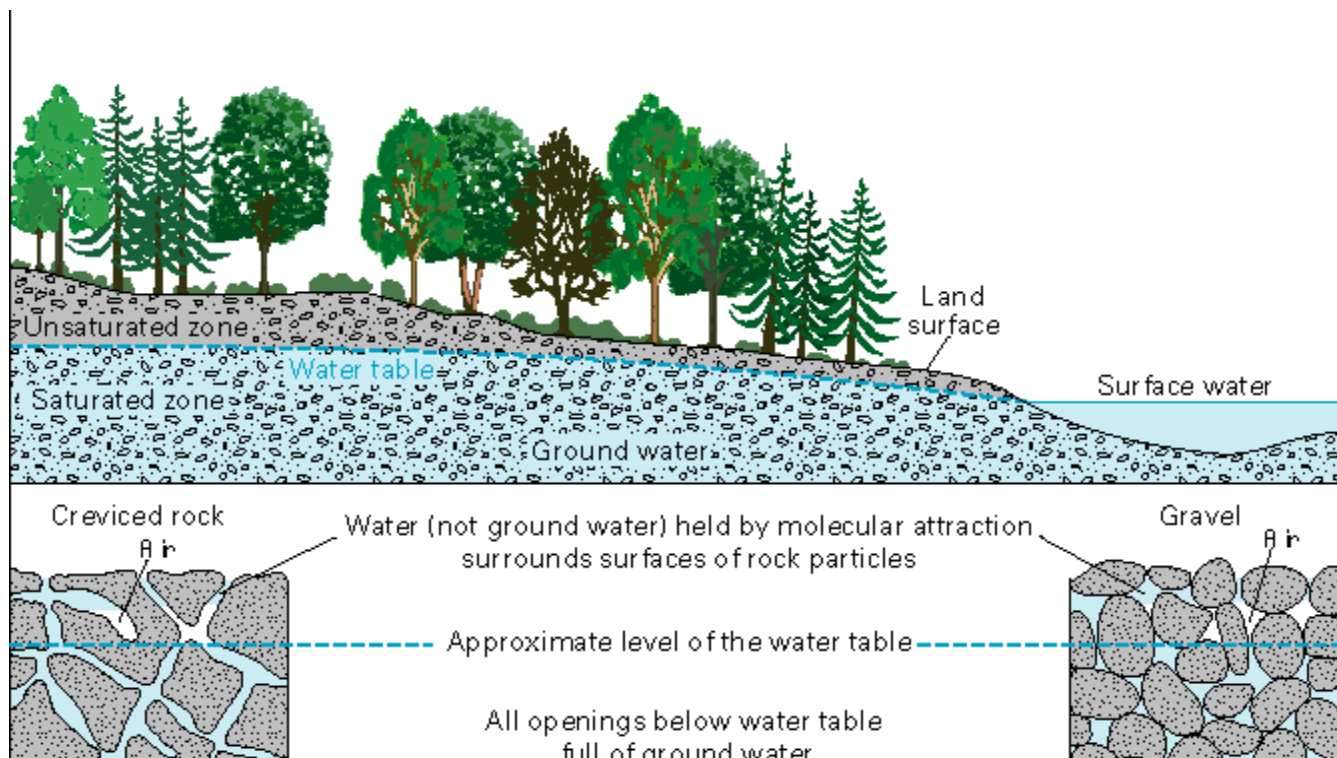


圖 2。

有時，多孔岩石層會在地球上傾斜。在多孔層的上方和下方均可能存在孔隙較少的圍岩層。這是承壓含水層的一個例子。在這種情況下，含水層周圍的岩石將壓力限制在多孔岩石及其水中。如果在“加壓”含水層中鑽一口井，則內部壓力（取決於岩石的輸水能力）可能足以在不借助泵的情況下將水向上推動並向上到達地面。完全出了問題。這種井稱為自流井。自流井的水壓可能非常大。

岩石的含水量與發現岩石的深度之間不一定存在關係。一塊非常緻密的花崗岩幾乎不會向井中產生水，也可能不產生任何水。相反，多孔砂岩，例如前面提到的達科他砂岩，可能位於陸地表面以下數百或數千英尺處，每分鐘的水量可能產生數百加侖的水。在 6,000 英尺以上的深度中發現了產生淡水的岩石，而在 30,000 英尺以上的深度中，鹹水來自油井。但是，平均而言，岩石的孔隙度和滲透率會隨著其在地表以下深度的增加而降低。由於上覆岩石的重量，大深度岩石中的孔隙和裂縫被封閉或尺寸減小。

含水層中的水運動

含水層中的水運動高度依賴於含水層材料的滲透性。滲透性材料包含相互連接的裂縫或空隙，這些裂縫或空隙既足夠多又足夠大，可以使水自由流動。在某

些滲透性材料中，地下水一天可能移動幾米；在其他地方，它在一個世紀內僅移動了幾厘米。地下水通過諸如粘土和頁岩之類的相對不可滲透的材料非常緩慢地流動。

進入蓄水層後，水緩慢地向較低的地方移動，最終從泉水從蓄水層排出，滲入溪流，或被井從地面抽出。滲透性差的岩石（如粘土或頁岩）層之間的含水層中的地下水可能會受到壓力的限制。如果這樣的密閉含水層被井水拍打，水將上升到含水層頂部上方，甚至可能從井中流到地面。據說以這種方式約束的水處於自流壓力下，該含水層稱為自流含水層。

可視化自流壓力

這是一個小實驗，向您展示自流壓力的工作原理。填充塑料夾層旅行箱水，通過開口放稻草，帶包裹稻草開閉，也 不會 向你的老師或父母點稻草，再擠的旅行箱。自流水通過吸管被推出。

阿基德

另一種類型是密閉含水層，在其上方和下方均具有一個脫水層。從本質上講，一個水母與一個含水層相反，只有一個關鍵的例外。阿基亞德的滲透性非常低，根本無法很好地轉移水分。實際上，它們通常在地面上充當水流的屏障，將兩個含水層分開。一個關鍵的例外是，**a** 魚可以具有高孔隙率並容納大量水，但是由於它們的低滲透性，它們無法將其從孔隙傳輸到孔隙，因此水不能很好地在 **an** 魚中流動。阿奎爾特的一個很好的例子是一層粘土。粘土通常具有高孔隙率，但幾乎沒有滲透性，這意味著它本質上是一種水不能流過並且將其中的水捕獲的屏障。然而，

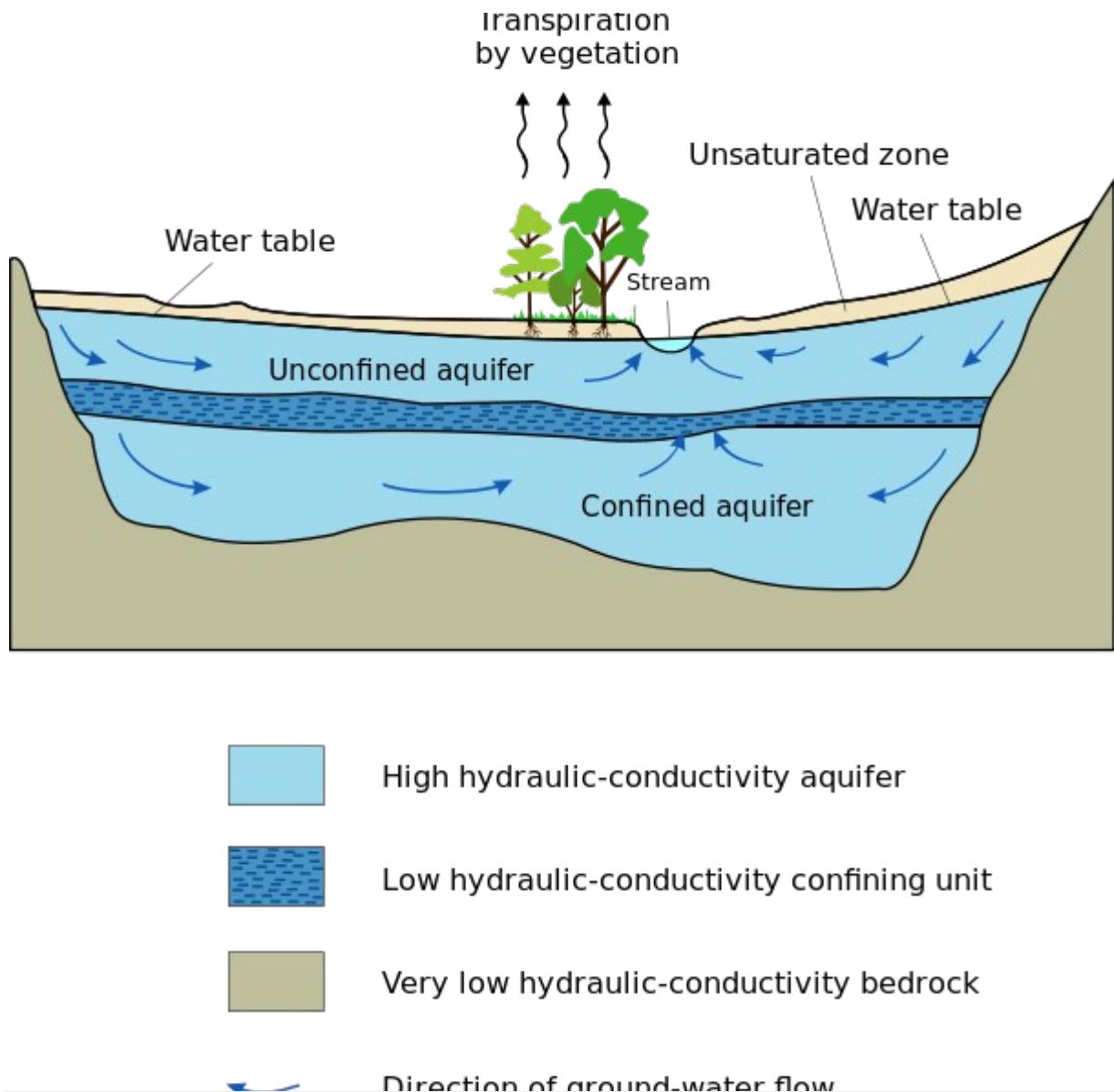


圖 4。

含水層和潛力

在古埃及必須挖一口井的普通喬很可能用他的雙手，一把鏟子和一個桶來做這項工作。他會一直挖直到到達地下水位並且水填滿了孔的底部。今天，仍然有些井是手工挖的，但是可以使用更現代的方法。[不過，這仍然是一項骯髒的工作！](#)

井對所有社會都極為重要。在許多地方，水井為家庭，灌溉和工業提供了可靠而充足的水源。在地表水稀缺的地方，例如在沙漠中，沒有地下水，人們將無法生存和繁榮。

井的類型

如今，手工挖井已經過時了（您想這樣做嗎？）。現代井通常是通過卡車安裝的鑽機進行鑽探的。儘管如此，仍有很多方法可以放入井中，這是一些常用方法。

挖井

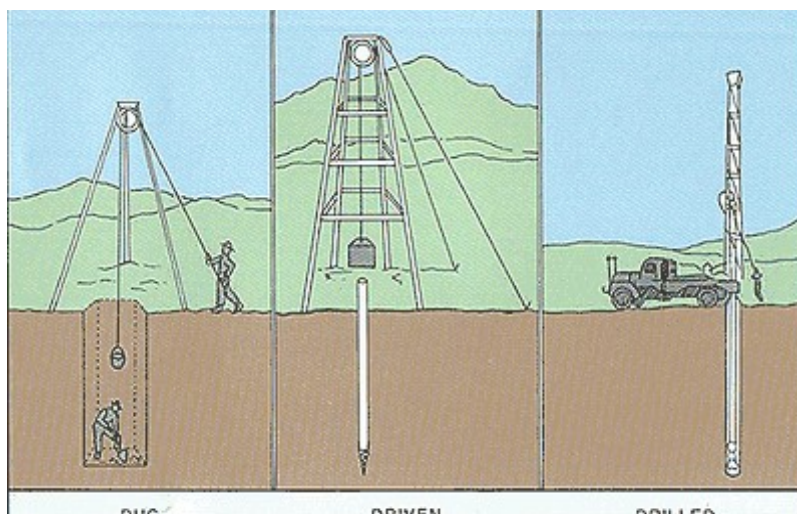


圖 1.井類型

用鎬和鏟子在地上亂砍是挖井的一種方法。如果地面較軟且地下水位較淺，則挖井就可以使用。從歷史上講，用鏟子將挖好的井挖到地下水位以下，直到進水超過挖掘者的提速。該井襯有石頭，磚塊，瓷磚或其他材料以防止倒塌，並用木頭，石頭或混凝土蓋上。它們的深度不能比地下水位深得多-就像您在海灘時無法在深處挖一個洞一樣……它不斷注滿水！

驅動井

如今，驅油井仍很普遍。它們是通過將小直徑的管道打入軟土（例如沙子或礫石）中來建造的。通常在管道底部安裝一個篩網，以過濾掉沙子和其他顆粒。問題？它們只能自來水，並且由於水的來源非常靠近地表，因此會產生地表污染物的污染。

鑽井

大多數現代井都是鑽井的，這需要相當複雜且昂貴的鑽機。鑽機通常安裝在大型卡車上。他們使用旋轉鑽頭咀嚼岩石，敲擊鑽頭砸碎岩石，如果地面較軟，則使用大型螺旋鑽。鑽井深度可超過 1,000 英尺。通常，將泵置於底部以將水推至地面。

井中的水位

如果供應井的含水層中的水位始終保持不變，則地下水使用者會發現生活更輕鬆。降雨的季節性變化和偶發的干旱會影響地下水位“高度”。如果井的抽水速度比周圍的含水層因降水或其他地下水流補給的速度快，那麼井周圍的水位會降低。如果井附近的其他井抽水過多，也可以降低井中的水位。當水位下降到泵入口的水位以下時，井將開始泵送空氣-它們將“變乾”。

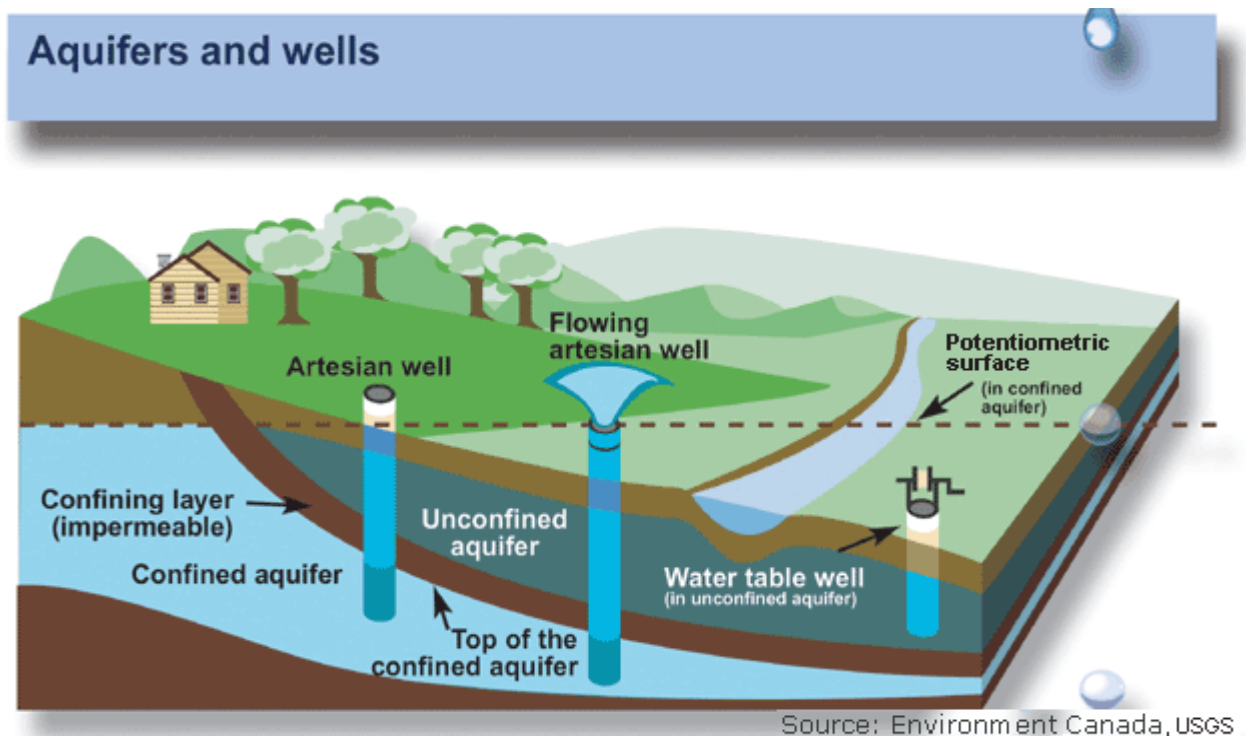
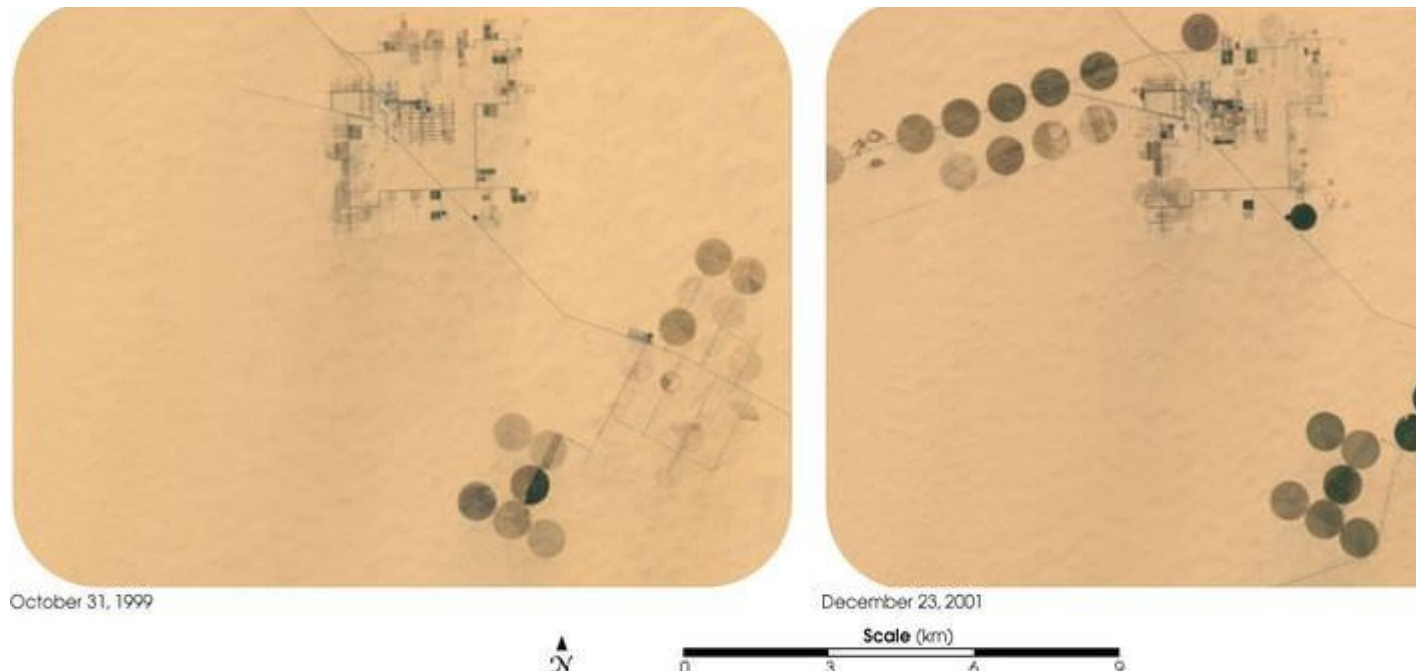


圖 2.含水層和井

地下水抽取



使沙漠開花好嗎？

只要可以加水，許多陽光充足，乾旱的地區就很適合種植農作物。生產力的提高部分是由於在技術上過於乾燥的地區進行耕種。地下水可以用來使沙漠開花，但是要付出什麼代價呢？還有多長時間？最終，井將乾 **dry**。

地下水過度使用

一些含水層被過度使用。人們抽出的水多於被替換的水。隨著水被抽出，地下水位緩慢下降，需要將水井挖得更深，這需要更多的金錢和精力。如果井的深度不足以進入降低的地下水位，它們可能會完全變乾。

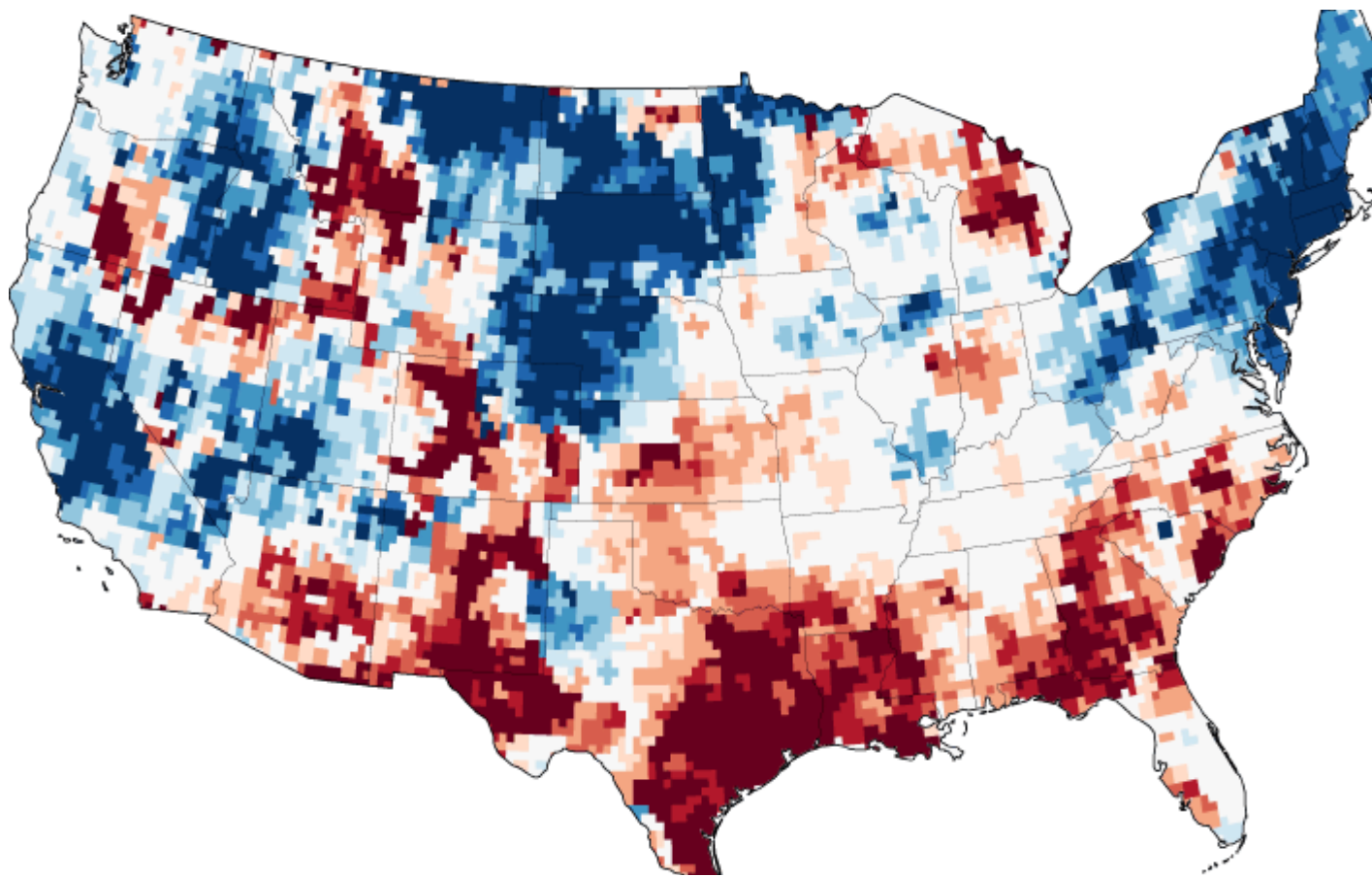


圖 1.嚴重的干旱降低了美國南部，特別是德克薩斯州和新墨西哥州的地下水位。

其他問題可能源於地下水過度使用。沉降和鹽水入侵是其中兩個。

奧加拉拉含水層

在美國，Ogallala 蓄水層供應大約三分之一的灌溉水。Ogallala 含水層被人們廣泛用於市政和農業需求。（圖 2）。發現該含水層深 30 至 100 米，面積約 440,000 平方公里！

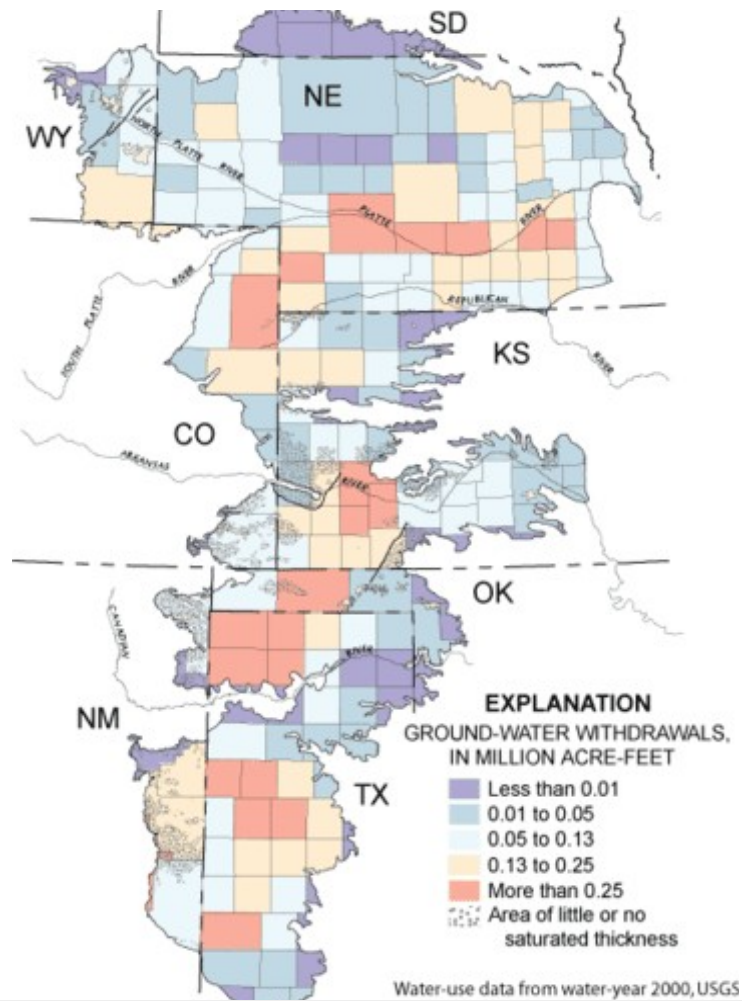


圖 2. Ogallala 含水層在八個州以下被發現並被大量使用。



圖 3.堪薩斯州的農場

含水層中的水主要來自最後一個冰河時代。每年從 **Ogallala** 含水層抽取的水量是補充水量的八倍。大部分水用於灌溉。堪薩斯州的農場使用中央樞紐灌溉（圖 3），效率更高，因為水直接落在農作物上而不是向空中噴射。這些場的直徑在 800 至 1600 米（0.5 至 1 英里）之間。

沉陷

降低地下水位可能會導致地面下沉。沉陷可能發生在房屋和其他建築物下方。加利福尼亞州的聖華金河谷是世界主要農業區之一。抽出了這麼多的地下水，使土地沉降了數十英尺。

鹽水入侵

當沿海含水層被過度使用時，來自海洋的鹽水可能會進入含水層，污染含水層，使其對飲用和灌溉的作用降低。在發達的沿海地區，例如夏威夷，鹹水入侵是一個問題。

概要

- 從含水層中抽水時，地下水位會下降，必須將水井鑽得更深。
- Ogallala 蓄水層在冰河時代就已充滿，但被用於灌溉美國中西部的農場，其速度遠遠超過了其補充的速度。
- 地面沉降和鹽水入侵是地下水過度使用的兩種可能後果。

實踐

使用此資源來回答隨後的問題。

1. 灌溉如何改變農業？
2. 是什麼導致人們對額外水的需求？
3. 科學家需要什麼來更好地計劃未來的用水計劃？
4. GRACE 衛星在做什麼？
5. GRACE 如何找到地下水含水層？
6. 人們如何知道含水層正在枯竭？
7. 印度發生了什麼事？如果水繼續下降，會發生什麼？
8. 水的未來是什麼？

地下水質量

如本章開頭所述，將地下水作為水源的好處之一是它不像地表水那樣容易被污染。但是有兩點警告：一是由於地下水與含水層材料的緊密聯繫，地下水可能會自然受到污染；二是一旦被人類活動污染，地下水很難淨化。

地下水的自然污染

地下水在含水層中緩慢移動，與溪流的地表水不同，它與周圍的岩石或沉積物有很多接觸。在大多數含水層中，構成含水層的地質材料是相對惰性的，或者是由溶解速度非常緩慢的礦物組成的。但是，隨著時間的流逝，所有地下水在與含水層保持接觸的過程中逐漸溶解了越來越多的物質。在某些地區，岩石或沉積物包括一些礦物質，這些礦物質可能會污染水，而這些元素可能會使水變得不適合人類消費或農業使用。例子包括銅，砷，汞，氟，鈉和硼。在某些情況下，由於含水層材料中所涉元素的含量特別高，因此可能會發生污染。

自然污染的一個例子發生在溫哥華島東海岸和鄰近的海灣群島的基岩含水層中。含水層是白堊紀（90 Ma 至 65 Ma）的納奈莫群，由砂岩，泥岩和礫岩組成（圖 1）。



圖 1.納奈莫停車場[SE]中暴露的白堊紀納奈莫組砂岩

Nanaimo 組的岩石中沒有任何微量元素的特別豐富，但是構成該組大部分的海底扇狀砂岩是石質瓦克岩，因此粘土含量相對較高（用於砂岩）。這種粘土擅長吸附^[4] 水中的某些元素會解吸其他元素，在此過程中，其 pH 值會升高（變為鹼性）。在高 pH 值下（Nanaimo 組中的某些元素高達 9），岩石中自然存在的元素氟（幾乎在任何岩石中都存在）具有增加的溶解在水中的趨勢。在某些地區，納奈莫集團的地下水中的氟含量遠高於建議的飲用水含量。世界衛生組織（WHO）對氟的最大可接受濃度（MAC）為 1.5 mg / L（每升毫克）。

Nanaimo 和相鄰的 Gabriola 島周圍 5% 到 10% 的家庭油井中的天然氣井比這更多，有些甚至高達 10 mg / L。人們飲食中的氟被認為對維持牙齒健康很重要，

Nanaimo Group 地下水中的硼含量也可能升高，這又與 pH 值和粘土礦物的吸附有關。雖然發現的硼含量對人體無毒，但某些水井中的硼足以對植物有毒，因此水不能用於灌溉。

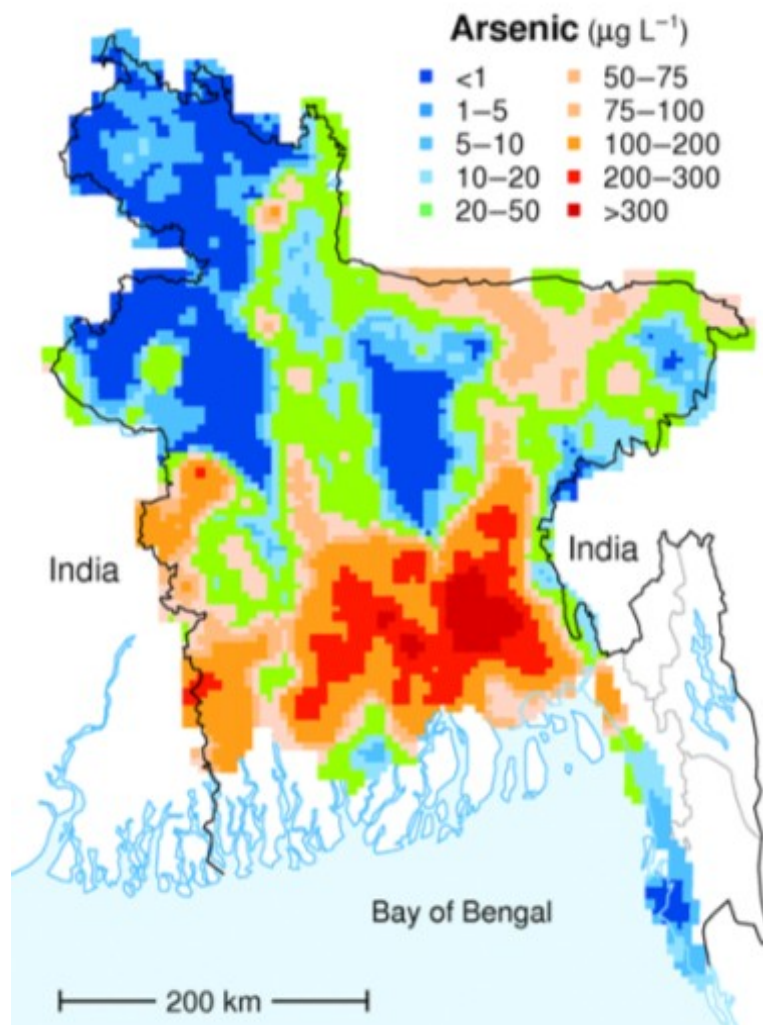


圖 2.孟加拉國地下水中砷的分佈。WHO 建議的砷安全水平為 10µg/L。地圖上的所有綠色，橙色和紅色區域均超過該限制。[來自：BGS 和 DPHE。2001 年。孟加拉國地下水的砷污染。Kinniburgh，DG 和 Smedley，PL，<http://www.bgs.ac.uk/arsenic/bangladesh/>。]

孟加拉國人口稠密國家的農村居民（每平方公里超過 1,000 個居民，而加拿大為 3.4 個/平方公里）過去主要依靠地面供應飲用水，其中許多人受到細菌污染。嬰兒死亡率是世界上最高的，腹瀉，痢疾，傷寒，霍亂和肝炎等其他疾病也很常見。在 1970 年代，包括聯合國兒童基金會在內的國際機構開始了一項鑽井計劃，以獲取 20m 至 100m 深度的豐富地下水供應。最終，超過 800 萬口這樣的井被鑽了。嬰兒的死亡率和患病率急劇下降，但後來發現這些井中很大一部分井中的砷含量都超過安全水平（圖 2）。

受災地區的大多數井都鑽入了恒河和雅魯藏布江的三角洲相對較新的沉積物中。儘管這些沉積物中砷的含量並不特別豐富，但它們中的有機物足以消耗掉其中的氧氣。這導致水的氧化電位自然降低（缺氧條件）；在這些條件下，砷是高度可溶的，因此沉積物中存在的任何砷很容易溶解到地下水中。砷中毒會導致頭痛，神志不清和腹瀉，並最終導致嘔吐，胃痛和抽搐。如果不及時治療，最終結果將是心臟病，中風，癌症，糖尿病，昏迷和死亡。有多種方法可以處理富含砷的地下水，

地下水的人為污染

地下水會被表面（或深處）的污染污染，並且有許多不同的人為（人為）污染源。

含水層對污染的脆弱性取決於幾個因素，包括到地下水位的深度，表面與含水層之間的材料的滲透性，含水層的滲透性，表面的坡度以及降水量。承壓含水層比不承壓含水層的脆弱性要低得多，而較深的含水層的脆弱性要比淺水層的脆弱性小。陡峭的斜坡意味著地表水傾向於流而不是滲入（這可以減少污染的可能性）。與乾旱地區相比，乾旱地區的污染風險也較小。

不列顛哥倫比亞省各個地區的地下水脆弱性研究已經完成。溫哥華南部島的地下水脆弱性圖如圖 3 所示。黃色到紅色區域被認為極易受到地表源污染的污染，其中大多數是含水層沒有被限制在相當滲透性的未固結的冰川或沉積物中的地方。河流起源，地下水位相對淺，地形相對平坦。

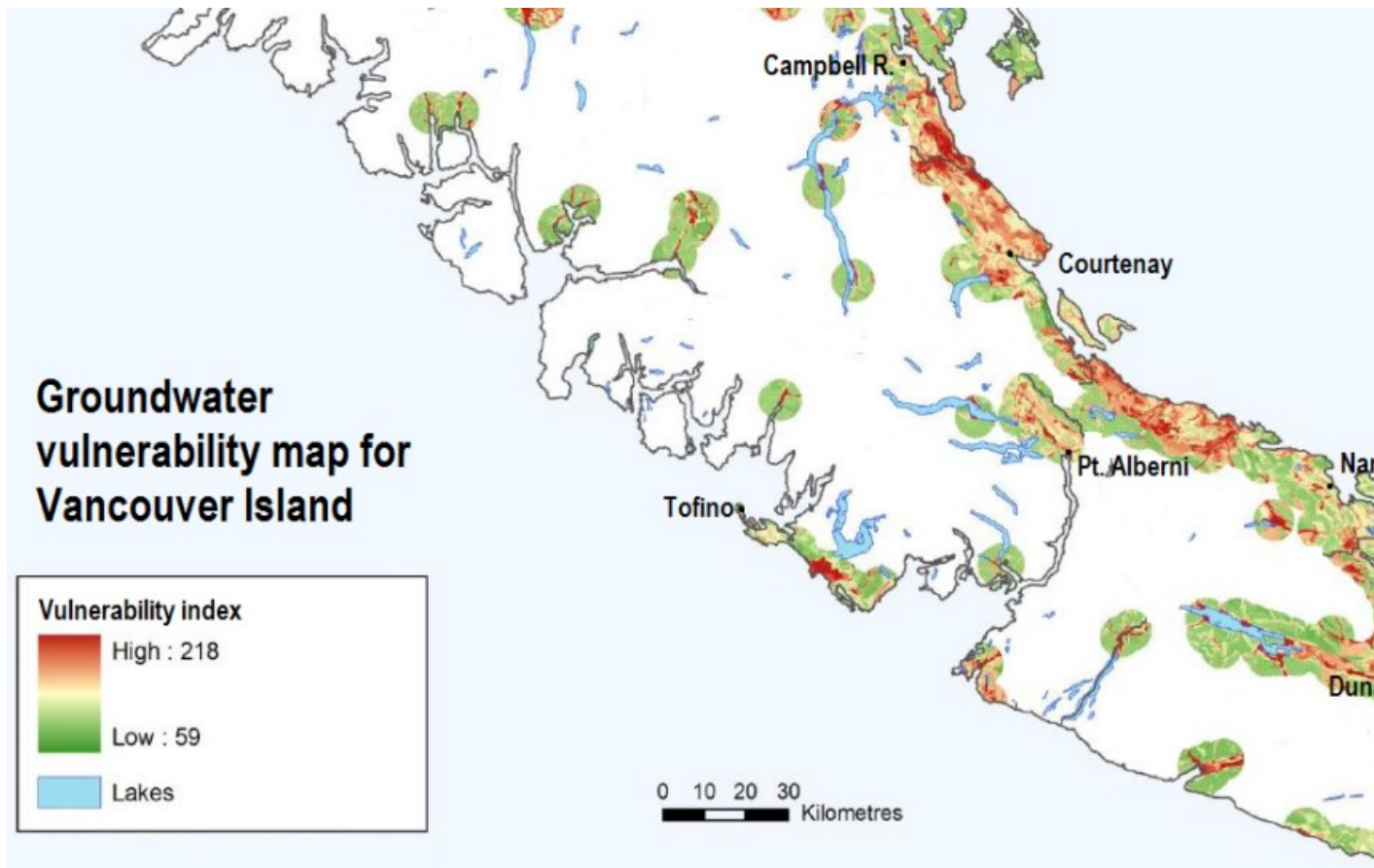


圖 3.溫哥華島南部受人為污染的含水層的脆弱性。由於沒有井的地區缺乏含水層信息，因此該島的大部分地區都未繪製地圖（顯示為白色）。[摘自：Newton, P.和 Gilchrist, A.2010。溫哥華島內在脆弱性映射方法技術摘要，溫哥華島水資源脆弱性映射項目，溫哥華島大學，第 45 頁。經許可使用。
https://web.viu.ca/groundwater/PDF/VI_DRASTIC_Summary_Phase2_2010.pdf]

人為造成的地下水污染的重要來源包括：

- 與農業有關的化學品和動物廢物，以及用於高爾夫球場和家庭花園的化學品
- 堆填區
- 工業運作
- 礦山，採石場和其他岩石發掘
- 油箱洩漏（尤其是加油站的油箱）
- 化糞池系統
- 道路上的徑流（例如冬季鹽漬化）或所運輸物料的化學溢出物

農業

集約化農業經營和高爾夫球場可能對環境產生重大影響，特別是在使用化學藥品和其他材料促進生長或控制害蟲的地方。農業污染的一個例子是弗雷澤河谷的阿伯茨福德地區，自 1950 年代以來，在阿伯茨福德-蘇馬斯含水層中觀察到的硝酸鹽水平超過了 44 mg / L 的最大可接受水平（以硝酸鹽表示）。但是，隨著 1980 年代農業強度的提高，這個問題變得更加嚴重。到 2004 年，據報導在阿伯茨福德周圍約 75 平方公里的區域中硝酸鹽含量超過 44 毫克/升的地下水，該問題已跨越邊界延伸到華盛頓州的蘇馬斯地區。

該地區被廣泛用於漿果作物（特別是覆盆子和藍莓）和大型家禽業，以及少量的放牧和飼料作物。雞糞通常存儲在雞舍附近的田地中，並可能從徑流水和氨氣中釋放出氮到環境中。幾十年來，化學肥料以及雞糞和其他糞肥都被用於漿果作物，以提供額外的氮，以幫助最大化漿果的生長。如果添加的肥料超過了植物所需的肥料，或者與需要的肥料相比時機安排不當，那麼多餘的氮可能會滲入下面的地下水中。夏季要灌溉漿果作物，以幫助作物生長。

自 1990 年代以來，為了降低地下水污染率，已經加強了農業實踐，但是 **Abbotsford-Sumas** 含水層中的硝酸鹽含量下降需要數十年的時間。加拿大農業和農業食品及其他許多公司正在研究更好的灌溉和硝酸鹽管理技術，以減少滲入地下水的氮含量。

堆填區

過去，家用和商業垃圾通常用卡車運到“垃圾場”（通常是地面上的一個洞），當洞被填滿時，被土壤覆蓋並被遺忘。在這種情況下，雨水和融化的雪很容易穿過用來覆蓋垃圾的土壤。這些水進入廢物本身，並且從填埋場底部流出的填埋場**滲濾液**會嚴重污染周圍的地下水和地表水。在過去的幾十年中，有關垃圾處理的法規得到了顯著加強，並且已採取重要步驟，通過將可回收和可堆肥的材料轉移到其他地方來減少垃圾填埋場的數量。

現代化的工程垃圾填埋場具有不可滲透的襯裡（通常是較重的塑料，儘管在某些情況下工程粘土襯裡或天然粘土可能足夠），排水系統（用於排放滲濾液（流經垃圾並受污染的雨水））和網絡填埋場內和周圍的監測井數量（圖 4）。一旦填埋場的一部分或全部填滿，就用塑料蓋將其密封，然後放置一個系統以提取**填埋氣體**（通常是二氧化碳和甲烷的混合物）。該氣體可以被送到附近的地方燃燒，以產生熱量或用於發電。必須對滲濾液進行處理，並且可以在普通的污水處理廠中進行處理。

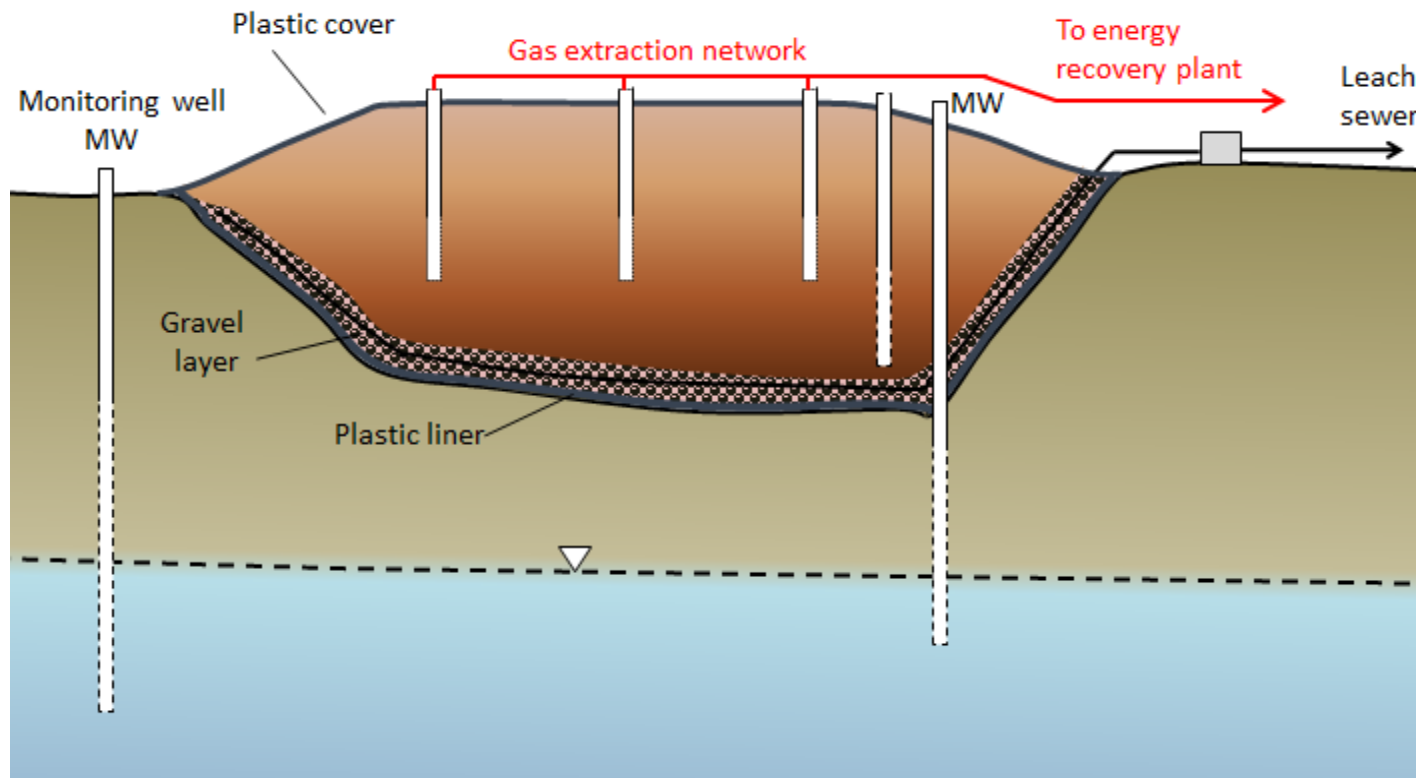


圖 4 典型的現代垃圾填埋場[SE]的橫截面

監測井用於評估垃圾填埋場周圍的地下水位，並收集地下水樣本，以便可以檢測到任何滲漏。由於幾乎不可避免地會發生洩漏，因此，填埋場的理想放置位置應是地下水位深度較大（如果可能，則為數十米）並且含水層材料相對不可滲透的區域。填埋場還應遠離溪流，湖泊或濕地，以免污染水生生境。

今天，全國各地有數百個廢棄的垃圾場。大多數被污染了我們將來可能希望使用的地下水。在許多情況下，我們不太可能做到這一點。

垃圾填埋場發生了什麼？



圖 5.垃圾填埋場[SE 照片]

除非您生活在偏遠的農村地區，否則您無法回收的垃圾很有可能會在路邊被撿起來並帶到垃圾填埋場。大多數垃圾填埋場是由城市或區域性地區運營的，您應該能夠在適當的地方政府網站上找到有關您的信息。查看您是否可以回答以下一些問題：

1. 哪個政府機構經營您的垃圾填埋場？
2. 垃圾填埋場在哪裡？
3. 您是否將所有廢物都放在垃圾填埋場中，或者是否正在使用其他過程（例如，焚化或堆肥）？
4. 是否捕獲了垃圾填埋氣？如果這樣，該如何處理？
5. 為了改善社區中的廢物處理狀況，可以進行哪些更改（例如，更多的回收利用，堆肥收集，廢物轉化為能源的技術）？

工業運作

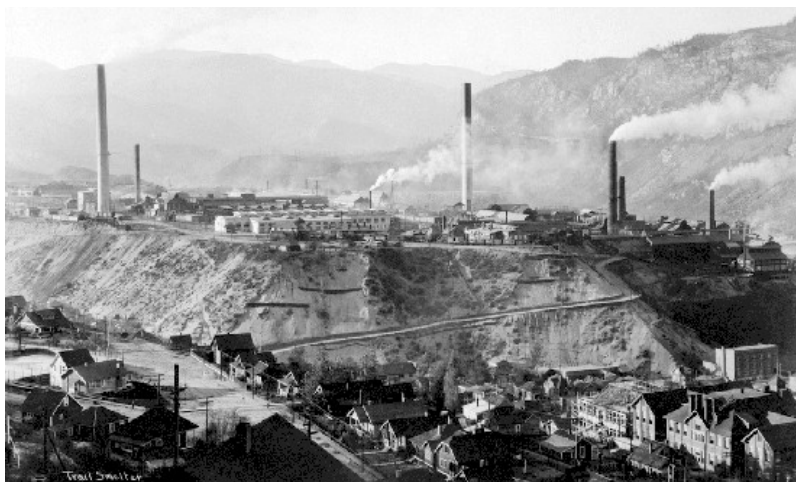


圖 6. 1929 年的 Trail 鉛鋅冶煉廠

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/Trail_Smelter_in_Year_1929.png]

儘管加拿大西部的工業污染程度不及加拿大其他地區，但西部仍然存在嚴重污染的場地，大多數場地都可能污染地下水。一個例子是不列顛哥倫比亞省特雷爾市的鉛鋅冶煉廠，這是世界上最大的冶煉廠，已經運行了 100 多年，並在該地區周圍留下了金屬污染殘留物（圖 6）。在 Trail 的某些地區，污染非常嚴重，以至於現有的土壤已從住宅物業中清除，並被其他地方帶來的干淨土壤取代。受污染的土壤導致了特雷爾地區的地下水污染。實際冶煉廠下方的地下水受到污染，

礦山，採石場和岩石開挖



圖 7. 廢棄山的酸性徑流。不列顛哥倫比亞省科特尼附近的華盛頓礦[SE]

涉及大量岩石開挖的礦山和其他作業（例如高速公路建設）有可能造成嚴重的環境破壞。先前未暴露於空氣和水中的岩石可能會導致岩石中含硫黃鐵礦

(FeS_2) 等含硫礦物的氧化。黃鐵礦，水，氧氣和特殊細菌（*酸性氧化鐵硫桿菌*）的組合）在酸性條件下壯成長會導致酸度的產生，在某些情況下會導致 pH 值小於 2。酸性的水本身就是危險的，但低 pH 值也具有增加某些重金屬溶解度的特性。通過該過程產生的水被稱為酸性岩石排泄（ARD）。ARD 可以自然發生在地表附近含硫化物的岩石處。ARD 問題是運營中的礦山和廢棄礦山中的主要環境問題。在山周圍的溪流中。溫哥華島的華盛頓礦（圖 7）中的銅含量很高，足以對魚類有毒。該地區受污染河流附近的地下水也很可能受到污染。

油箱洩漏



圖 8. 在不列顛哥倫比亞省納奈莫的一個封閉且有圍欄的加油站站點，背景中的白管是用來監測站點上地下水污染的井。[SE]

地下儲罐（UST）用於在加油站，工業場所，機場以及使用大量燃料的任何地方存儲燃料。它們不會永遠持續下去，最終它們開始將其內含物洩漏到地下。在較舊的加油站，這是一個特別的問題-儘管在較新的加油站，它也可能成為未來的問題。您可能已經注意到加油站已關閉，然後被鏈環圍欄包圍（圖 8）。在幾乎所有此類情況下，關閉都是由於發現洩漏的 UST 以及停止操作和修復現場的要求而觸發的。石油燃料是烴類化合物及其成分的複雜混合物，例如密度，粘度，溶解度等。水和揮發性-往往差異很大。結果是，一次石油洩漏就像是一口價的幾次洩漏。石油液體通過非飽和區緩慢沉降，然後傾向於漂浮在地下水錶面（圖 9）。洩漏物中較易溶解的成分溶解在地下水中，並隨正常的地下水流一起分散，並且洩漏物中較易揮發的成分向地表上升，可能污染建築物。

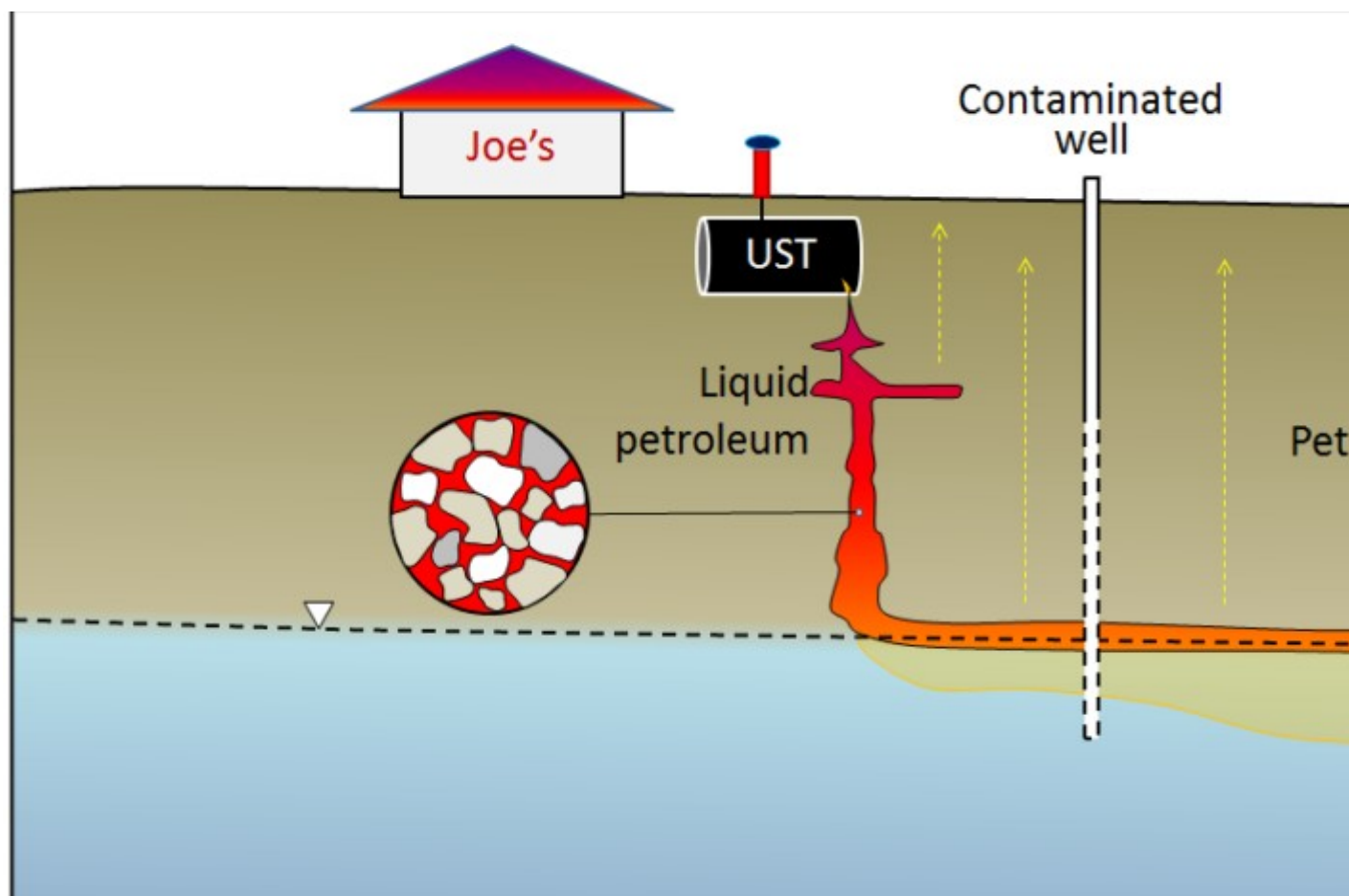


圖 9.地下儲油罐洩漏的石油的不同成分的去向圖。[SE]

在社區中發現滲漏的 UST

幾乎可以肯定的是，您附近的前加油站有洩漏的 UST。尋找一個空房子，周圍有一個帶有“禁止擅自進入”標誌的鏈節圍欄。您可能會看到監測井的證據（如圖 9 所示），並且周圍可能有一些石油桶被用來儲存受污染的水。一旦識別出其中之一，您可能會開始到處看到它們！

化糞池系統

在沒有通向中央污水處理廠的污水網絡服務的地區，大多數房主依靠化糞池系統來處理污水。簡單化糞池系統有兩個主要組成部分：化糞池和排水區（圖 10）。典型的化糞池由混凝土或塑料製成，容積為 5,000 L 至 10,000 L（5 m³ 至 10 m³）。這是第一種治療方法，設計為厭氧的（無氧氣）。那促進某些細菌的活動，有助於分解廢物。隨著廢物的降解，一些部分傾向於下沉，在水箱底部形成淤渣，而其他部分則漂浮到表面，形成浮渣層。化糞池可分為兩部分，以防止底部的污泥和頂部的浮渣流失。然後，水流到排水區域，這為好氧運動

的另一組細菌提供了合適的條件條件。排水區域包括一排塑料管，這些塑料管打孔以使廢水大面積排出並緩慢滲入地下。為了安裝排水場，首先必須測試下面的土壤，因為它必須具有足夠的滲透性，以使廢水滲出，但滲透性不強，以至於它流動得太快且土壤無法濾出致病菌。

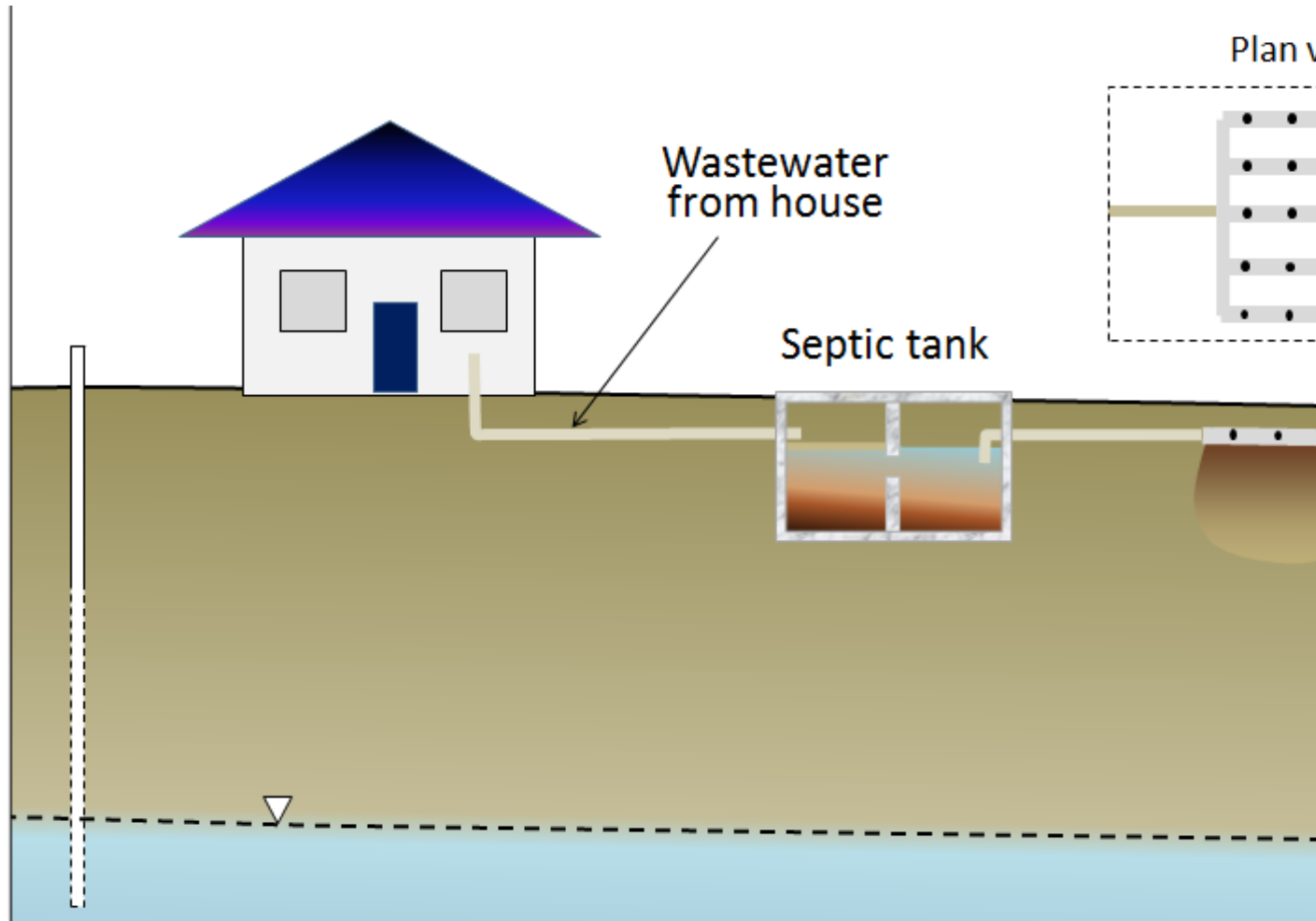


圖 10.典型的化糞池系統。[SE]

如果正確安裝和使用它們，並且定期從水箱中清除污泥，則化糞池系統應能有效地處理污水數十年。厭氧和好氧細菌應能夠分解進入的廢物，對地表環境或地下水的危害應很小。但是，化糞池系統可能會出錯，其中包括：

- 如果將不適當的化學物質添加到廢物流中，它們可能會干擾污水的自然分解。
- 如果沒有定期抽出水箱，固體會進入排水區域並影響排水，導致廢水流向地面。
- 如果土壤的滲透性不足或滲透性太強，廢水將不會流走（並開始聚集在地表）或流失得太快。

- 如果排水區域建在地下水位靠近地表的區域，則某些廢水很可能未經處理就流入地下水。

預防和減輕地下水污染

如上面的垃圾填埋場示例所示，有兩種相當簡單的方法可以顯著減少地表水污染地下水的機會和程度。一是防止雨水滲入地下水位並吸收污染物。這可以通過簡單地在垃圾填埋場，礦山尾礦或溢出場地上加蓋或蓋屋頂來實現。第二是在污染物下方提供不可滲透的屏障。現代垃圾填埋場和礦山尾礦庫都使用粘土和工程塑料屏障的某種組合來建造。蓋子和襯套這兩種解決方案都可能因洩漏而失效。

一旦污染物進入地下水，補救的主要形式是將污染的水抽出並在地表進行處理。這可能是一個緩慢的過程，並且可以通過在某些位置通過抽取或注入水來操縱局部地下水流來防止污染物在此過程中顯著傳播。在下面的練習中考慮這一點。

處理污染物羽流

該圖以紅色顯示了地下水污染物羽流。污染源已被清除，但如果不處理煙羽，它將最終進入溪流並威脅野生生物的健康。從 **B** 井中抽出污染物進行處理將不足以防止某些污染物進入流中。

您可以在 **A** 井和 **C** 井採取什麼措施來防止這種情況？解釋並使用下圖說明地下水位和羽流的預期變化。

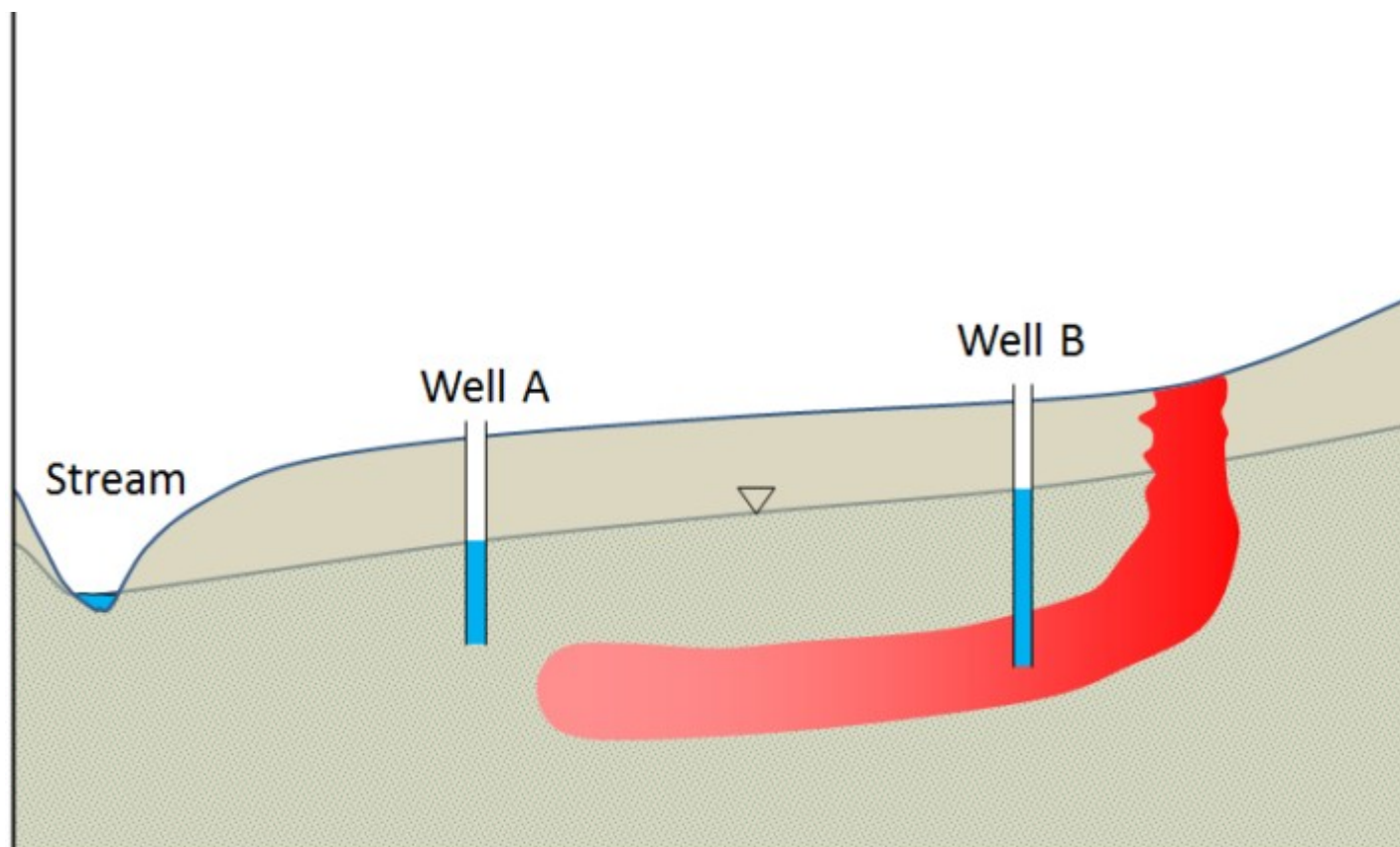


圖 11. 污染物羽流

