

## מי תהום באקוויפר החוף

### כרטיס זיהוי של הפעילות

	<b>הפעילות משתלבת</b>
מערכות אקולוגיות; משאב המים	בנושא
	ברעיון
מי תהום, חלחול, זיהום מים, אקוויפר, קרקע חולית, קרקע חרסיתית, זיהום מי תהום, שאיבת יתר, זיהום מקומי, זיהום אזורי.	<b>מושגים קרובים לנושא</b>
המחשה באמצעות <b>דגם פעיל</b> או סדרת צילומים של הדגם הפעיל <sup>1</sup>	<b>סוג הפעילות</b>
	<b>מיומנויות</b>
פעילות מקורס מורים מובילים במדעי הסביבה תשע"ב בריכוזה של רבקה משגב. עיבוד במסגרת המרכז הארצי למורי ביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה.	<b>הפעילות מבוססת על</b>

**דפים לתלמיד**

**דפים למורה**

**רשימת כלים וחומרים**

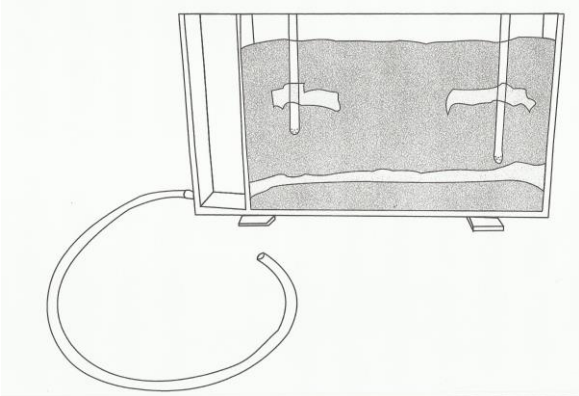
---

<sup>1</sup> הדגם הפעיל משווק על ידי חברת דלילה. ניתן לראות אותו ואת סדרת הצילומים שלו באתר דלילה:  
<http://www.dlila.co.il/oneproducts.php?itemId=5341>

## מי תהום באקוויפר החוף

### דפים לתלמיד

פעילות זאת תמחיש לכם מהם מי התהום, כיצד הם נאגרים ומהי השפעת האדם עליהם.



האיור שלפניכם<sup>2</sup> מציג דגם פרספקט של אקוויפר החוף. האיור מאפשר התבוננות בדגם מהצד הרחב שלו. בדגם יש שני מדורים.

במדור הגדול של הדגם, שנפחו הוא כארבעה ליטרים לערך, תוכלו לראות קרקע משני סוגים - החולית (גווני חום) והחרסיתית (אפור), שתי מבחנות שתחתיותיהן מנוקבות והן ניצבות בתוך הקרקע (מייצגות שתי בארות).

המדור הקטן מייצג את הים ונמצא משמאל למדור הגדול ומופרד על ידי מחיצה מנוקבת.

בין המדורים קיים קשר המאפשר זרימה לשני הכיוונים. במדור המייצג את הים יש פתח יציאה המאפשר ניקוז המים.

### שאלות

1. התבוננו בדגם שבאיור וזהו את המרכיבים שצוינו בתיאור. סמנו את המרכיבים על גבי האיור בדף העבודה שלכם.

בקישור שלהלן (אתר של חברת "דלילה", שהדגם הוא שלה) מופיעה סדרת צילומים של הדמיית מי תהום באמצעות דגם פעיל: <http://www.dlila.co.il/oneproducts.php?itemId=5341> הצילומים מצורפים, כנספח, בסוף דף הפעילות<sup>3</sup>.

2. באיור 1 רואים את הדגם לאחר שמזגו מהפתח שבצדו הימני 1 ליטר של מי ברז, שהוסף להם צבע מאכל ירוק. המים נצבעו כדי שיהיה נוח לעקוב אחר התפשטותם. התבוננו אחר התפשטות המים.

א. תארו את התפשטות המים שהוספו.

ב. האם המים הגיעו לבארות? אם כן – לאיזה?

<sup>2</sup> איור: גבריאל אברמוביץ.  
<sup>3</sup> באדיבות "דלילה".

3. באיורים 2 ו-3 מתואר הדגם לאחר שמזגו לתוכו (מאותו פתח) עוד ליטר של מים בצבע ירוק. תארו את שלבי החלחול בכל חלקי הדגם, ואת הופעת המים בבארות.
4. מה "תפקידה" של שכבת הקרקע החרסיתית בדגם זה?
5. באיורים 4 ו-5 מודגמת התפשטות מזהמים בקרקע (בהדגמה שפכו באמצע הסימולטור 1 ליטר של מי ברז שהוסף להם צבע מאכל אדום).
- א. איזה סוג זיהום מיוצג באיור 4 ואיזה באיור 5? מה ההבדל בין שני סוגי הזיהום?  
ב. תארו את התפשטות הזיהום בשני האיורים. התייחסו לבארות, לים ולכל שטח הקרקע.
6. איזה מסקנות תוכלו להסיק לגבי התפשטות המזהמים? בסו את המסקנות.
7. מה יקרה לדעתכם אם ישפכו מים מזהמים (שפכים) מעל אזור מסוים. האם ייגרם זיהום מקומי או אזורי? הסבירו.
8. התבוננו באיור 6.  
א. איזו פעולה מיוצגת באיור 6? מה רואים בה?  
ב. אם פעולה זו תימשך זמן רב, כיצד תשפיע על המערכת?

### ועוד על חלחול זיהום מי תהום

9. א. אלו חומרים מזהמים עלולים להגיע למי התהום מערמות פסולת של בתי חרושת ושל בתי חולים? כיצד הם מגיעים?  
ב. מה ניתן לעשות כדי למנוע מחומרים מזהמים מאזורי תעשייה ומבתי חולים להגיע למקורות המים (נחלים ומי תהום)?
10. גם דשנים המפוזרים על הקרקע באזורים חקלאיים וגם חומרי הדברה המרוססים מהאוויר יכולים להגיע למי התהום. כיצד?
11. באתר פסולת שנסגר כיסו את שאריות הפסולת ביריעת פלסטיק עבה. לשם מה?
12. תכננו ניסוי לבדיקת הקשר בין סוג הקרקע לקצב זיהום מי התהום.  
א. מה יהיה המשתנה התלוי? כיצד תמדדו אותו?  
ב. מה יהיה המשתנה הבלתי תלוי? כיצד תשנו אותו?  
ג. תארו את הניסוי המוצע.  
ד. מהי ההשערה שתיבדק בניסוי?



## דפים למורה

### מטרות הפעילות

1. המחשת אופן הצטברות מי התהום והקשר לסוגי קרקע.
2. הבהרת מושגים הקשורים בהיווצרות מי תהום.
3. הבנת תהליכי זיהום מקומי וזיהום מי תהום.

### עיקרון ההדגמה

מעקב אחר חלחול מים (צבועים) בשכבות קרקע שונות, היקוות שלהם כמי תהום והופעתם בבארות.

### רקע עיוני/מדעי

**מי תהום** הם מים הנקווים בשכבות התחתונות של הקרקע. הם נוצרים על ידי מי הגשמים המחלחלים בכוח הכובד בסלעים נקבוביים עד שהם נתקלים בשכבות סלע אטומות שאינן מאפשרות את המשך החלחול כלפי מטה. מי התהום משמשים מקור למעיינות ולבארות.

שכבת הסלע הנקבובית נקראת אקווה או **אקוויפר**, ושכבת הסלע האטומה נקראת **אקוויקלוד**. באקוויפר החוף מי התהום פוגשים את מי הים. מאחר שמי התהום המתוקים קלים יותר ממי הים המלוחים, המים המתוקים צפים על גבי המלוחים. המשטח המבדיל בין שני סוגי המים נקרא **הפן הביני**. אין הפרדה מוחלטת בין שני סוגי המים, אלא מתקיימת שכבת ערבוב שדרכה אובדים מים מתוקים לים. מיקומו של הפן הביני נקבע על פי מפלס מי התהום. ככל שמפלס מי התהום גבוה יותר משקלם של המים המתוקים גדול יותר, והם דוחקים את הפן הביני כלפי מטה.

**שאיבה** של מי תהום מבארות באקוויפר החוף יכולה להשפיע על איכות המים. לחץ המים המתוקים

על מי הים יקטן, והפן הביני

יתקדם לכיוון היבשה. **בשאיבת**

**יתר**, צפויים מי הים לחדור

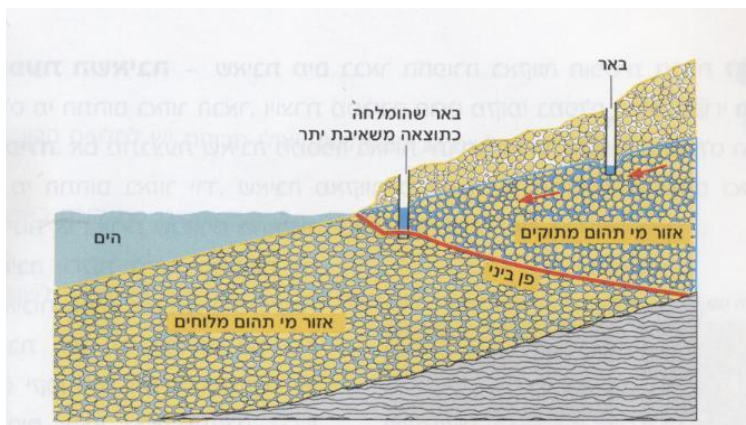
לבארות באזור, ולא ניתן יהיה

להשתמש בהן, אלא לאחר

שתיפסק השאיבה לכמה שנים,

והמים המתוקים יחזרו וידחקו את

מי הים.



איור: השפעת השאיבה על הפן הביני (מתוך הספר משאבים וסביבה, עמוד 50)

כדי לשפר את איכות מי התהום ולהעלות את כמותם נעשית החדרה מכוונת של מים אל מי התהום באקוויפר. בדרך כלל משתמשים לשם כך במי גשמים או מי שיטפונות. ההחדרה נעשית במישרין בקידוחים ובעקיפין על ידי חלחול מפני השטח.

### הגורמים העיקריים לזיהום מי תהום:

- א. ביוב: בביוב מצויים חיידקים, רעלים אורגניים וריכוז גבוה של מלחים ומתכות. חדירת מי ביוב למי השתייה היא סכנה גדולה לאדם.
- ב. פסולת מוצקה, ביתית ותעשייתית: זו מופנית בד"כ למזבלות פתוחות לרוב מעל לאקוויפר, הגשמים ממיסים חומרים שונים בפסולת ומחדירים אותם למי התהום.
- ג. דליפת חומרי דלק: ממכלים, מצינורות, מכלי רכב, גורמת אף היא לזיהום מי התהום.
- ד. הפקת חשמל בתחנות הכוח: מקור האנרגיה של התחנות נפט או פחם, בתהליך השריפה משתחררות לאוויר תרכובות רעילות, שוקעות באדמה ומחלחלות בעזרת גשם למי התהום.
- ה. חלחול דשנים וחומרי הדברה: נגרם בכל האזורים החקלאיים.
- ו. זיהום תעשייתי: מפעלי התעשייה מייצרים שפכים רעילים המוזרמים לביוב, ולנחלים ולים, כמו כן נוצרת פסולת מוצקה המופנית למזבלות פתוחות, בשני המקרים חומרים רעילים חודרים למי התהום.
- ז. גידול השטח העירוני: השטח המכוסה בבטון ובאספלט גדל, השטחים הפתוחים מתמעטים ומי הגשמים אינם יכולים לחלחל, הם מצטברים לשיטפונות קטנים שרובם מגיעים לים, לאחר שסחפו עמם חומרים רעילים ומזהמים שהיו בשטחים הבנויים של העיר.

### הערות והמלצות למורה

- פעילות זאת מתאימה כהמשך לפעילות "חלחול קרקעות". קיימת חפיפה מסוימת ביניהם וחלק מהתכנים משותפים.
  - חשוב להבהיר את הנקודה שזיהום מקומי יכול להתפתח לזיהום אזורי. ולמשל אי טיפול בשפכים במדינה אחת יכול לזהם מי תהום וקרקעות במדינה שנייה, ועל מנת לשמר ולהגן על מי התהום חשוב שיהיה שיתוף פעולה אזורי ובינלאומי.
  - חומר עיוני רחב בנושא מי תהום וזיהומם ניתן למצוא בספר משאבים וסביבה (2004) שטסל, זריהן, ויצמן, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים, עמודים 41-55.
  - הפנייה לתכנים מתאימים ופעילויות (כולל פעילות זאת) בספר "כוכב הלכת הכחול", בהוצאת מכון ויצמן. <http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/blueplanet/teachers-guide/s2-4.pdf>
- המדריך למורה בשלמותו - <http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/blueplanet/teacher-index.html>

- דגם מסחרי להדגמת מי תהום ניתן לרכישה בחברת דלילה.
- הוראות העבודה לפעילות זאת נכתבו בהתבסס על ההנחה שהעבודה היא עם סדרת צילומים מאתר חברת דלילה. אם עובדים עם הדגם המסחרי או בונים דגם באופן עצמי יש להחליף את התיאורים של "מה עשו" בהוראות עבודה לתלמידים.

#### **הנחיות עבודה אם העבודה היא עם דגם מסחרי:**

- א. שפוך 1 ליטר של מים ירוקים מאחד הפתחים (פתח יציאת המים סגור).
- ב. סמן בטוש מחיק את התפשטות המים.
- ג. שפוך עוד 1 ליטר מים ירוקים.
- ד. סמן בטוש בצבע אחר את התפשטות המים.
- ה. שפוך 1 ליטר מים בצבע אדום (דוגמה למזוהמים) מפתח אחר.

לגבי הדגם – המדור הגדול, המייצג את הים ריק בתחילת ההדגמה. הוא יתמלא תוך כדי ההפעלה, אליו יזרמו המים לכיוון הים. בשלב הדגמת המלחת מי התהום, חוזרים מי הים אל החלק החולי ונכנסים אל הבארות. במדור המייצג את הים יש פתח יציאה המאפשר ניקוז המים. עם תחילת הפעילות סוגרים אותו בעזר מלחץ הופמן, כדי לגרום למים להתנקז לים ועם תום הפעילות פותחים את ההופמן כדי לרוקן את הדגם ולשטוף אותו.

- ניתן לנהל דיון כיתתי על זיהום מי תהום (למשל על ידי דליפה ממאגרי דלק תת קרקעיים בתחנות דלק).

- הנחיות לביצוע דגם **למעין שכבה** ניתן למצוא בחוברת של **מטח: מישור החוף התיכון הדרומי וצפון הארץ: חוברת פעילויות < חלק רביעי המים** בעמוד 68

<http://www.school.kotar.co.il/KotarApp/Viewer.aspx?nBookID=94055014#68.8466.3.fitwidth>

- עוד חומר באתר משרד להגנת הסביבה:

<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/WaterStreams/Resources/Pages/Aquifer.aspx>

#### **פעילויות נוספות ברשת:**

1. משימת אוריינות מדעית מצוינת באתר האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים. שם המשימה: פיאזומטר ו"נביחת" הבולדוג.

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Portal/Haashara/MadaKadurHide/MPiazometer.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/Haashara/MadaKadurHide/MPiazometer.htm)

דף למורה לפעילות זאת:

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Portal/Haashara/MadaKadurHide/PPiazomter.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/Haashara/MadaKadurHide/PPiazomter.htm)

2. דף עבודה נוסף, עם תשובות (באוריינטציה כימית)

<http://www.jerusalem.muni.il/education/manchi/guidecenter/madaim/chimya/melach.doc>

- מומלץ להקדים לפעילות זאת למידה בסיסית על הנושא או דף עבודה שהתלמיד יבצע כעבודת בית.  
לדוגמה:
1. הגדירו את המושגים הבאים: א. אקוויפר; ב. אקוילוד; ג. פן ביני; ד. אתר החדרה;
  2. מהם מקורות חידוש מי התהום באקוויפרים? התייחסו בתשובתכם לפחות ל-3 מקורות.
  3. ציינו לפחות 3 גורמים לזיהום מי אקוויפר החוף, והסבירו כיצד הם מזהמים את מי התהום.
  4. מי תהום מאקוויפר החוף הם מים מסוננים. תאר למה?
  5. למה יש הרבה אתרי החדרה באזור החוף?
  6. האם באקוויפר החוף מתבצע גם סינון מומסים? הסבר בעזרת הדגם.
  7. א. מי התהום באקוויפר החוף חשופים לזיהומים. הסבר.  
ב. תן דוגמה לארבעה סוגי מזהמים אפשריים באזור החוף בארצנו.

## תשובות לשאלות

1. התבוננו בדגם שבאיור וזהו את המרכיבים שצינוו בתיאור. סמנו את המרכיבים על גבי האיור בדף העבודה שלכם.  
התלמידים יסמנו: קרקע חולית, קרקע חרסיתית, באר (2X), מי תהום, ים, מדור גדול.
2. באיור 1 רואים את הדגם לאחר שמזגו מהפתח שבצדו הימני 1 ליטר של מי ברז, שהוסף להם צבע מאכל ירוק. המים נצבעו כדי שיהיה נוח לעקוב אחר התפשטותם. התבוננו אחר התפשטות המים.  
א. תארו את התפשטות המים שהוספו.  
המים הירוקים, שנמזגו בחלק הימני של הדגם מתחילים לחלחל, אך שכבת קרקע חרסיתית אטומה לא מאפשרת חלחול אנכי, אלא מסיטה את המים לצדדים. במקום שהשכבה החרסיתית נגמרת, המים ממשיכים בחלחול אנכי. בתחתית הדגם המים נתקלים שוב בשכבה חרסיתית, הפעם שכבה רציפה, והחלחול נמשך לצדדים.  
ב. האם המים הגיעו לבארות? אם כן – לאיזה?  
המים מגיעים לבאר הקרובה למקום הוספת המים.
3. באיורים 2 ו-3 מתואר הדגם לאחר שמזגו לתוכו (מאותו פתח) עוד ליטר של מים בצבע ירוק. תארו את שלבי החלחול בכל חלקי הדגם, ואת הופעת המים בבארות.  
באיור 2 ניכר המשך התפשטות המים (הירוקים) (למעט מתחת לאזור החרסיתית באזור הוספת המים), עליית מפלס המים בבאר הימנית וכניסת מים גם לבאר הרחוקה יותר.



4. מה "תפקידה" של שכבת הקרקע החרסיתית בדגם זה?  
תפקידה להמחיש מה קורה למים המחלחלים כאשר נתקלים בשכבה שאינה חדירה.
5. באיורים 4 ו-5 מודגמת התפשטות מזהמים בקרקע (בהדגמה שפכו באמצע הסימולטור 1 ליטר של מי ברז שהוסף להם צבע מאכל אדום).  
א. איזה סוג זיהום מיוצג באיור 4 ואיזה באיור 5? מה ההבדל בין שני סוגי הזיהום?  
באיור 4 מיוצג זיהום מקומי, ובאיור 5 זיהום כללי.  
ב. תארו את התפשטות הזיהום בשני האיורים. התייחסו לבארות, לים ולכל שטח הקרקע.  
עם הוספת המזהם (המים האדומים) מתחיל לחלחל אנכי המתפשט לכל השטח. כשהמזהם נתקל בשכבה החרסיתית, מתחילה התפשטותו לכיוון הים (השכבה החרסיתית משופעת לכיוון זה). המזהם נכנס לבאר הקרובה לים ומזהם אותה (במידה קלה בשלב זה) וניכר בצורה משמעותית מאוד גם במי התהום (במדור השמאלי). הזיהום (עדיין) לא הגיע לבאר הרחוקה (בצד ימין).
6. איזה מסקנות תוכלו להסיק לגבי התפשטות המזהמים? בסו את המסקנות.  
- בקרקע חולית המזהמים מחלחלים ומתפשטים. קרקע חולית עשויה גרגרים גדולים, דרכם מחלחלים המים.  
- קרקע חרסיתית, היא קרקע אטומה, ומים אינם יכולים לחלחל דרכה. גרגרי הקרקע החרסיתית קטנים מאוד, הם סופחים את המים והסלע נאטם.  
- באר החפורה בקרקע, קולטת את מי התהום (חוק הכלים השלובים), והמזהמים בכלל זה.  
- כשמזהמים קרקע במקום אחד הזיהום מגיע לא רק לבאר באותו אזור אלא גם לבארות במקומות רחוקים, וכמובן – במי התהום. ובהכללה – זיהום מקומי יכול להוביל לזיהום אזורי.
7. מה יקרה לדעתכם אם ישפכו מים מזהמים (שפכים) מעל אזור מסוים. האם ייגרם זיהום מקומי או אזורי? הסבירו.  
הדבר תלוי בסוג הקרקע באזור בו שופכים את המים המזהמים, ובכמות החומר המזהם. אם יש שכבה שאינה חדירה, הזיהום יתפשט לשטח רחב יותר. ככל שכמות החומר המזהם גדולה יותר, הסיכוי שיגיע למי התהום גבוה יותר.

8. התבוננו באיור 6.

א. איזו פעולה מיוצגת באיור 6? מה רואים בה?

הפעולה המודגמת היא שאיבה מבארות. בהדגמה רואים שהמים העולים מהבאר מזוהמים.

ב. אם פעולה זו תימשך זמן רב, כיצד תשפיע על המערכת?

שאיבה ממושכת גורמת לירידה במפלס מי התהום ועשויה לגרום להמלחת הבארות. באיור 6

רואים שמפלס הזיהום במדור הימני נמוך יותר. בבאר הקרובה לים, ירידה גדולה במפלס מי

התהום יכולה לגרום לכניסת מי הים לבאר, מה שיחייב את הפסקת השימוש בבאר זו.

**ועוד על חלחול זיהום מי תהום**

9. א. אלו חומרים מזוהמים עלולים להגיע למי התהום מערמות פסולת של בתי חרושת ושל בתי חולים? כיצד הם מגיעים?

החומרים הם: חומצות ומתכות רעילות, חומרי ניקוי וחיטוי, שאריות של תרופות, חיידקים. הגשמים שוטפים בדרכם את ערמת הפסולת, מחלחלים בקרקע, מגיעים עד מי התהום ומזוהמים אותם. גם מי השפכים מגיעים לעיתים לאזורים מהם הם מחלחלים למי התהום.

ב. מה ניתן לעשות כדי למנוע מחומרים מזוהמים מאזורי תעשייה ומבתי חולים להגיע למקורות המים (נחלים ומי תהום)?

כמה מהאמצעים האפשריים: פינוי מסודר של מי השפכים מבתי מגורים, מפעלים ומוסדות אל בריכות לטיהור מים, ומים אלו ישמשו להשקיה. הפרדת חומרי רעל וחומרים מסוכנים אחרים הנמצאים בפסולת של בתי חרושת ובתי חולים, והעברתם לאתר מיוחד של פסולת רעילה. בניית אתרים להטמנת פסולת שקרקעיתם אטומה, כך שנוזלים לא יחלחלו מהם למי התהום, אלא ינוקזו לבריכות טיהור.

10. גם דשנים המפוזרים על הקרקע באזורים חקלאיים וגם חומרי הדברה המרוססים מהאוויר יכולים להגיע למי התהום. כיצד?

מי השקיה שוטפים בדרכם את ערמת הפסולת, ומי גשמים שוטפים מהצמחים את חומרי ההדברה ששקעו על הצמחים. המים מחלחלים בקרקע עם המומסים שנשטפו על ידם, מגיעים עד מי התהום ומזוהמים אותם.

11. באתר פסולת שנסגר כיסו את שאריות הפסולת ביריעת פלסטיק עבה. לשם מה? יריעת הפלסטיק מונעת ממי הגשמים לשטוף את ערמות הפסולת ולחלחל עם החומרים המזוהמים למי התהום.

12. תכננו ניסוי לבדיקת הקשר בין סוג הקרקע לקצב זיהום מי התהום.

א. מה יהיה המשתנה התלוי? כיצד תמדדו אותו?

כמות המזהם שחלחלה ביחידת זמן (מים צבועים או דלק). אמדוד בכל 5 דקות כמה נוזל הצטבר בתחתית המבחנה.

- ב. מה יהיה המשתנה הבלתי תלוי? כיצד תשנו אותו?  
בכל מבחנה אשים קרקע בעלת גודל גרגר שונה: קרקע חרסיתית, גרגרי חול גס, גרגרי חול דק.  
ג. תארו את הניסוי המוצע.  
בשלוש מבחנות נשים 3 סוגים שונים של קרקע. לכל אחת מהמבחנות נשפוך באטיות 25 סמ"ק מזהם (מים צבועים או דלק), ונמדוד בפרקי זמן של 5 דקות את כמות המים הצבועים/הדלק שחלחלו בכל מבחנה.  
ד. מהי ההשערה שתיבדק בניסוי?  
ככל שגודל הגרגרים יהיה קטן יותר, מהירות החלחול תהייה קטנה יותר.

### **רשימת כלים וחומרים**

דגם מוכן של אקוויפר החוף או סדרת צילומים של הדגם הפעיל (אפשרית גם בנייה עצמית).

ראו: <http://www.dlila.co.il/oneproducts.php?itemId=5341>