

# חומרי העשרה למורים

## תכונות המסייעות בזיהוי סלעים

מזהים סלעים באמצעות כמה תכונות בולטות שלהם:

- א. צבע – לרוב הסלעים יש צבע בולט, אם כי לעתים קרובות מוצאים אותו של סלע בצבעים שונים. כך למשל מוצאים סלעי גיר בצבע חום, אפור, שחור, צהוב, ורוד ולבן. עם זאת לסוגים מסוימים של סלעים יש צבע אופייני: הצור הוא בדרך כלל חום ולבזלת צבע אפור-שחור.
- ב. קשיות ופרירות – אבן החול הוא סלע שמתפורר כאשר מנסים לחרוץ אותו בציפורן. זהו סלע פריך. חרסית וקירטון (סוג של סלע גיר) הם סלעים רכים שנחרצים בציפורן אצבע. סלעים קשים יותר כמו גיר נחרצים במסמר העשוי ברזל. סלעים קשים מאוד כמו ברזל וגרניט אינם נחרצים גם במסמר ברזל.
- ג. עיסתיות – תכונה אופיינית לסלע חרסית, כאשר מרטיבים אותו הוא נעשה עיסתי ונוח לעיבוד. משום כך משמש סלע החרסית לייצור כלים כבר אלפי שנים.
- ד. תסיסה בחומצה – הוספת טיפות של חומצה מהולה לסלע גיר גורמת פליטת בועות גז הנראות כבעבוע. הגיאולוגים מכנים תופעה זו "תסיסה", אך זהו שם מטעה ועדיף לומר בעבוע. תסיסה הוא סוג של נשימה אל-אווירנית שמבצעים בין השאר שמרים וגם חיידקים אחרים, ובמהלכו נפלט הגז – פחמן דו-חמצני. הוספת חומצה מהולה לגיר משחררת גם כן את הגז – פחמן דו-חמצני, אך זוהי תגובה כימית ולא תהליך ביולוגי.
- ה. משיכה למגנט – תכונה אופיינית לסלע בזלת, שיש בו מינרל בשם מגנטיט. כדי לצפות בתופעה זו יש לקרב מגנט חזק לאבקה כתושה של סלע בזלת.
- ו. טעם – מאפיין סלעי מלח. סלעים אלה מתמוססים במים ומעניקים להם טעם מלוח.

## סוגי סלעים הנפוצים בארץ

### אבן חול

סלע המורכב מגרגרים מעוגלים וקשים של המינרל קוורץ (תחמוצת הצורן). אפשר להרגיש את גרגרי הקוורץ כאשר מנסים לגרוס חול בין השיניים. הסלע פריך וניסיון לחרוץ אותו בציפורן מפורר אותו. **כורכר** הוא דוגמה לאבן חול. בסלע זה הגרגרים מחוברים זה לזה באמצעות גיר ולכן הסלע תוסס כאשר מוסיפים אליו חומצה מהולה. רוב סלעי הכורכר בארץ מצויים לאורך חוף הים התיכון. חול שונה מאבן חול. גם הוא עשוי גרגרי קוורץ אך הם אינם מחוברים זה לזה ולכן לא נוצר מבנה גושי כמו בסלע הכורכר.

מוצאים בטבע סלעים של אבן חול במגוון צבעים: ורוד, אדום, סגול, לבן, צהוב. סלעים של אבן חול נוצרו בעיקר ביבשה אך גם בים. לעתים קרובות מוצאים באבני חול מאובנים של שורשים ושל גזעי עצים, דבר המעיד שהסלעים נוצרו ביבשה. לעתים רחוקות יותר מוצאים גם מאובנים של אורגניזמים ימיים. חול ואבן חול הם חומרי מוצא חשובים בייצור זכוכית. כדי לייצר זכוכית נחוצה תערובת של קוורץ ואבן גיר. מתיכים את חומרי הגלם בטמפרטורה גבוהה מאוד (1200°C) ומעבדים אותם לכלים שונים באמצעות ניפוח או יציקה.

### חרסית

סלע רך מאוד הנחרץ בקלות בציפורן האצבע. התגובה להוספת מים מאפיינת את הסלע: הוא סופג את המים ונעשה עיסתי ורך ומתקשה שוב כאשר מייבשים אותו. מוצאים סלעי חרסית בטבע בצבעים בהירים של צהוב, ירוק ואפור. יש גם סוג של סלע חרסית לבן (שמו – קאולין). סלעי חרסית נוצרו כתוצאה משקיעה בגופי מים יבשתיים (ביצות ואגמים) וגם בים. לעתים קרובות מוצאים בהם מאובנים.

## גיר

סלע נפוץ בארץ. הוא הסלע היחידי המגיב לחומצה. לסלע דרגת קושי בינונית: אינו נחרץ על ידי ציפורן האצבע אך נחרץ על ידי מסמר ברזל. מוצאים בטבע גיר בצבעים שונים: אפור, צהוב, לבן וורוד (הודות לתחמוצת ברזל שמצויה בו). **קירטון** הוא סוג של סלע גיר רך יותר שנחרץ על ידי ציפורן האצבע. הקירטון משמש לכתובה על הלוח (אם כי החומרים המשמשים היום לכתובה על הלוח אינם גיר טבעי אלא חומרים מלאכותיים העשויים גבס – שאינו תוסס בחומצה או סיד שרוף – שתוסס בחומצה). צבעו של הקירטון לבן. הגיר נוצר בדרך כלל בים ומוצאים בו מאובנים רבים: צדפות, חלזונות ואלמוגים. בקירטון מוצאים מאובנים זעירים רבים.

## צור

סלע קשה מאוד שאינו נחרץ גם על ידי מסמר ברזל. צבעו אפור-חום. תכונה ייחודית לצור – שפשוף שתי אבנים זו בזו יוצר ניצוצות ששימשו בעבר להדלקת אש. הצור נוצר בים ואפשר למצוא בו מאובנים ימיים רבים כמו צדפות, חלזונות ואמוניטים.

## בזלת

סלע שנוצר בעקבות התפרצויות הרי געש. הלבה הפורצת מהם מתקשה והופכת לסלעי בזלת. זהו סלע קשה שאינו נחרץ במסמר ברזל. צבעו אפור-שחור. בסלע יש חומר, מגנטיט, הנמשך למגנט, אך אפשר לגלות תכונה זו רק אם כותשים את הסלע לאבקה. בגלל קשיותו הרבה שימש סלע הבזלת להכנת אבני ריחיים ומכתשים.

## גרניט

הגרניט, כמו הבזלת, נוצר מסלעים מותכים. אלא שלא כמו הבזלת הוא נוצר בעומק הקרקע. גם הוא סלע קשה מאוד שאינו נחרץ על ידי מסמר ברזל. צבעו בדרך כלל אפור או ורוד. הוא מורכב ממינרלים שונים ובהם קוורץ – גבישים אפורים מבריקים, מגבישים ורודים ולפעמים גם מגבישים שחורים. בארץ מוצאים גרניט טבעי באזור אילת ומכרות תמונע. (כדאי להבחין בין גרניט המשמש כשיש ואינו סלע טבעי ובין סלע טבעי שהוא הגרניט).

## סלע מלח

הוא מלח המאכל שלנו. מצטיין בשתי תכונות בולטות: מסיס היטב במים ומעניק להם טעם מלוח.

## כיצד נוצרת קרקע?

יש המגדירים את הקרקע כבית גידול לשורשי הצמחים. על פי רוב, עובי השכבה שהשורשים גדלים בה אינו עולה על חצי מטר בסך הכול. הקרקע נוצרת מבלייה של סלעים, בתהליכים שנמשכים אלפי שנים, משילובם של שלושה סוגים של תהליכים:

**תהליכים פיזיקליים** – חילופי טמפרטורות בין יום ולילה ובעונות שנה שונות, גורמים להתפשטות ולהתכווצות של הסלעים. כתוצאה מכך מתנתקים גבישים הבונים את הסלעים, הסלע נסדק ועם הזמן מתפורר. לפעמים יש תופעה של התקלפות השכבות העליונות של הסלע שהן חשופות לחימום על ידי קרינת השמש.

**תהליכים כימיים** – המסה של מרכיבים בסלעים בהשפעת מים המגיעים אליהם. זוהי בליה כימית המחלישה את המגע בין החלקיקים הבונים את הסלע ומזרזת את תהליך הפירוק שהתחיל בהשפעת תהליכים פיזיקליים. כיצד פועלת בליה כימית?

מים המגיעים לסלעים, קולטים בדרכם מעט פחמן דו-חמצני מהאוויר וכמות גדולה יותר של הגז המצוי בקרקע

(נוצר בנשימה של מיקרואורגניזמים החיים בקרקע). הם מגיבים עם הגז ונוצרת חומצה שמגיבה עם חומרים הבונים סוגים שונים של סלעים והם נשטפים מהסלע. כך למשל ממיסה החומצה סלעי גיר ונוצרות מערות בתוך הסלעים. **תהליכים ביולוגיים** – על הסלעים מתפתחות חזזיות. הן מתפרקות ומשתחרר מהן חומר אורגני המאפשר התפתחות חיידקים על הסלעים. החיידקים מפרקים את החומר האורגני ומשחררים כמות גדולה של פחמן דו-חמצני, חומצות חנקן וגופרית. אלה מזרזים את הפירוק הכימי של הסלעים. ככל שנוצרת יותר קרקע והיא מתעשרת בחומר אורגני, מתחילים להופיע צמחים גדולים יותר שמזרזים את תהליך יצירת הקרקע. שורשי הצמחים סודקים את הסלעים וחושפים חלקים פנימיים לתהליכי בליה פיזיקליים וכימיים. שורשי הצמחים מחזיקים בקרקע, מונעים סחף שלה ומאפשרים השלמת תהליך יצירתה. עצים מצליחים להעמיק לתוך שכבת הסלעים שמתחת לקרקע. השורשים שלהם ממייסים את הסלעים ומצליחים לחדור לתוכם.

אופי הקרקע מושפע מסוג סלע האב שממנו נוצרה, מהאקלים בסביבת הסלעים, מהצמחים הגדלים בה, ממידת החלחול והניקוז של מים דרכה ומהמבנה הטופוגרפי של האזור שבו היא מצויה (מדרון תלול או מתון, מישור, עמק). לעתים מוסעת הקרקע עם המים ומושקעת באזורים אחרים (סחף). במקרים כאלה שכבת הקרקע מעל סלע האב נותרת דקה. במקרים אחרים מוסעים חלקיקי הקרקע ברוח, שוקעים באזורים מרוחקים מהאזור שבו נוצרו ומשפיעים על הרכב הקרקע במקום שקיעתם. מרכיבי סלע שהם מסיסים במים נשטפים ממנו עם הזמן ובקרקע נשארים רק מרכיבים שאינם מסיסים: חרסית, תחמוצות ברזל וקוורץ. צבע הקרקע נקבע על פי כמות החומרים המסיסים במים שעדיין נותרו בקרקע ביחס לכמותם בקרקע של מרכיבים שאינם מסיסים במים. צבע אדום – מקורו בתחמוצות ברזל בקרקע. צבע לבן – מקורו בגיר בקרקע. צבע שחור – מקורו בחומר אורגני בקרקע.

## מרקם הקרקע

גוף הקרקע מורכב מחלקיקים בגדלים שונים. נדמה שהחלקיקים נוגעים זה בזה אך למעשה יש ביניהם רווחים או נקבוביות. באדמה יבשה הנקבוביות מלאות אוויר ואילו בקרקע רטובה יש בהן מים. מבנה המרכיב המוצק, **מרקם הקרקע**, נקבע על פי גודל החלקיקים הבונים אותה: נוהגים למיין את חלקיקי הקרקע על פי גודלם לארבע קבוצות:

- **אבנים** – חלקיקים שגודלם עולה על ס"מ אחד
- **צורות** שגודלם נע בין 2-10 מ"מ
- **סילט** שגודלם נע בין 0.002-0.03 מ"מ
- **חרסית**, שגודלם פחות מ-0.002 מ"מ.

הכמות בקרקע של חלקיקים בגדלים שונים קובעת את המרקם שלה. נוהגים לבטא את היחס הכמותי של מרכיבי הקרקע השונים ביחס משקלי באחוזים. בדרך כלל מתלכדים חלקיקי הקרקע ויוצרים חלקיקים גדולים יותר, **תלכידים**.

טיב המרכיב המוצק קובע את מרקם הקרקע: אבנונית, צרורית, סַיִינית (בהרכבה מוצאים חול, סילט וחרסית), סילטית וחרסיתית. בקרקע שהמרקם שלה גס מוצאים גרגרי חול רבים (קרקע חולית). מכנים אותה גם קרקע קלה. בקרקע שהמרקם שלה בינוני, מוצאים גרגרי סילט (אדמת טיט). מכנים אותה גם קרקע בינונית. בקרקע בעלת מרקם עדין מוצאים בעיקר גרגרי חרסית (קרקע חרסיתית). מכנים אותה גם קרקע כבדה.

התכונות של הקרקע מושפעות מהמרקם שלה. ככל שהחלקיקים קטנים יותר, יש מספר גדול הרבה יותר של חלקיקים באותו נפח קרקע. לכן גם שטח הפנים שלהם יהיה הרבה יותר גדול: שטח הפנים של חלקיקים בגרם חול הוא 6 מ"ר בעוד שבקרקע חרסית מגיע שטח הפנים של החלקיקים בקרקע שמשקלה גרם אחד ל-600 מ"ר! ככל ששטח הפנים גדול יותר גדלה אחיזת המים בקרקע. לכן לחלול המים בקרקע חרסיתית יהיה אטי הרבה יותר מאשר בקרקע חולית.

## השוואת התכונות של קרקע חולית לקרקע חרסיתית

קרקע חולית	קרקע חרסיתית	התכונה
מעטה	רבה	אחיזת מים
מהירה	איטית	חדירות למים
מהיר	איטי	אוויר
נמוך	גבוה	אחוז חומר אורגני
מעטה	טובה	פוריות כללית

המרקם של הקרקע אינו משתנה, אבל הרכבה, בעיקר כמות החומר האורגני בקרקע, יכול להשתנות ולהשפיע על תכונותיה. כן מושפעות התכונות מהאופן שבו מסודרים החלקיקים בקרקע, סידור הבא לידי ביטוי בצפיפותה.

### מבנה הקרקע

סידור החלקיקים בקרקע נקרא: **מבנה הקרקע**.

מבנה הקרקע משתנה בעומק ובמרחב. חתך הקרקע מגלה את השינויים בעומק. בדרך כלל מבחינים בקרקע בכמה שכבות. כל שכבה נקראת **אופק**.

השכבה שיש בה קרקע שנוצרה מסלע האב נקראת **אופק C**.

השכבה העליונה של הקרקע נקראת: **אופק A**. יש בה בדרך כלל הצטברות של חומר אורגני וכמות קטנה יותר של חרסית שנשטפת עם המים לשכבות עמוקות יותר. בשכבה זו מוצאים את שורשי הצמחים ולכן מכנים אותה: בית השורשים.

במרבית הקרקעות מוצאים בין שתי השכבות האלה שכבה נוספת, **אופק B**, שבה מתרכזת חרסית. צבעה של שכבת הביניים הוא על פי רוב אדום, חום או צהוב. בשכבה זו אין כמעט חומר אורגני ורק לעתים רחוקות מוצאים בה שורשים של צמחים. שכבה זו אינה תורמת להתפתחות הצמחים.

השכבה של סלע האב שלא עבר תהליכי בליה שנמצאת מתחת לקרקע היא **אופק R**.

לעתים נוצרים בשכבות קרקע שונות גושים של גיר ומסמנים אותם כ**אופק ca**.

### צפיפות הקרקע

המרקם של הקרקע (אופי החלקיקים הבונים אותה) הוא ערך בלתי משתנה ולכן יש חשיבות רבה לאופן סידורם של החלקיקים בקרקע, כלומר, לצפיפות הקרקע.

הצפיפות של הקרקע היא המסה של יחידת נפח של קרקע (למשל של סמ"ק). מסת הקרקע כוללת גם את האוויר הכלוא בין חלקיקיה. לכן, במדידת תכונות הקרקע בודקים לעתים קרובות את הצפיפות האמיתית: המסה של סמ"ק קרקע התפוס כולו על ידי חלקיקי הקרקע שאין ביניהם אוויר.

נפח האוויר שבין חלקיקי הקרקע תלוי במבנה הקרקע ובגודל החלקיקים. בקרקע חולית, חלקיקי הקרקע גסים יותר ויש ביניהם רווחים גדולים יותר עם אוויר.

בקרקע חרסיתית, לעומת זאת, החלקיקים קטנים מאוד ויש בקרקע נקבוביות זעירות רבות. מבחינים בין שני סוגים של נקבוביות:

א. נקבוביות נימיות: בנקבוביות אלה המים נאחזים בדפנות, שהם למעשה שטח הפנים של חלקיקי הקרקע, ואינם חופשיים לנוע בקרקע.

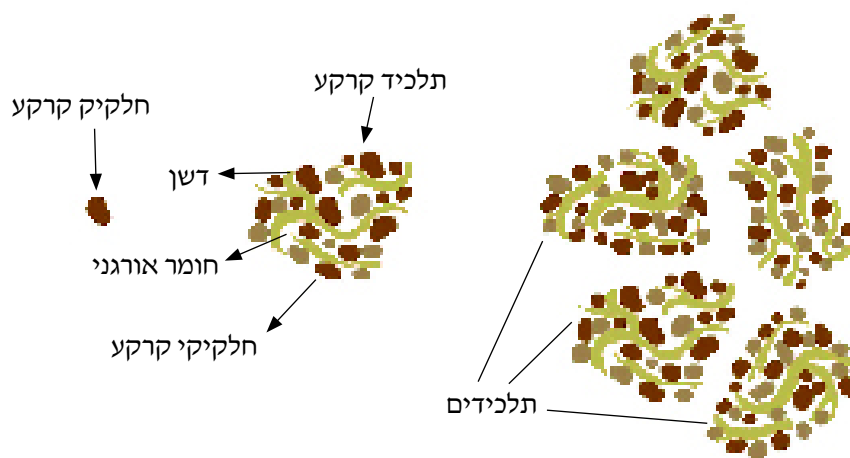
ב. נקבוביות לא נימיות: שבהן המים חופשיים לנוע בקרקע. הם נעים כלפי מטה בכוח הכובד.

בקרקע חולית, החלקיקים גדולים והרווחים שביניהם גדולים. יש רק מעט נקבוביות נימיות ולכן החדירות לאוויר טובה מאוד. אך נימיות נמוכה של הנקבוביות מקטינה את האחיזה של המים בקרקע ולכן החלחול מהיר מאוד.

בקרקע חרסיתית יש הרבה חלקיקים קטנים וביניהם נקבוביות זעירות שרובן נימיות. לכן המים נאחזים בחלקיקי הקרקע ואינם זורמים כלפי מטה בכוח הכובד (אינם מחלחלים). בקרקע חרסיתית אם כן, חלחול המים אטי וגם האוורור שלהן (חדירות הקרקע לאוויר) נמוך.

בקרקע חרסיתית נוצרים לעתים קרובות **תלכידים**, חלקיקי קרקע שנדבקים זה לזה ויוצרים חלקיקים גדולים יותר. התלכידים גדולים יותר ויוצרים ביניהם נקבוביות לא נימיות. יצירת התלכידים מגדילה את החדירות לאוויר ואת חלחול המים בקרקע. בתלכידים מוצאים לעתים קרובות גם חומר אורגני. הוספת חומר אורגני לקרקע חרסיתית מסייעת אם כן ליצור תלכידים ומשפרת את איכות הקרקע. החומר האורגני גם יוצר תלכידים משלו שמפרידים בין חלקיקי החרסית ובכך תורמים גם כן לאוורור הקרקע ולהפחתת הנימיות שלה.

### מבנה הקרקע



בקרקע מוצאים מיקרואורגניזמים רבים המפרקים שיירי צמחים ובעלי חיים המגיעים לקרקע והופכים אותם לרקבובית, חלקיקים קטנים של חומר אורגני. קרקע עשירה ברקבובית היא קרקע פורייה יותר. הרקבובית משמשת מקור למינרלים שנקלטים על ידי שורשי הצמחים (בעיקר חנקות וזרחות). הרקבובית תורמת ליצירת תלכידים בקרקע חרסיתית, תורמת לאוורור הקרקע ומפחיתה את הנימיות שלה. בקרקע חולית הרקבובית מגדילה את אחיזת המים. בקרקע מתקיימת קבוצה חשובה במיוחד – חיידקים קושרי חנקן הניזונים מהרקבובית. קשירת החנקן על ידי מיקרואורגניזמים בקרקע היא המקור העיקרי לחנקן, העומד אחר כך לרשותם של הצמחים ובעלי החיים.

### השפעת צמחים על מבנה הקרקע

הצמחים תורמים לשיפור איכות הקרקע. הם מונעים הרס תלכידים שכבר קיימים בקרקע ותורמים ליצירת תלכידים נוספים. כשהשורשים גדלים וחודרים לעומק הקרקע, הם מהדקים את חלקיקי הקרקע ויוצרים תלכידים. יצירת התלכידים מתגברת גם כאשר השורשים יונקים מים מהקרקע. ליד השורשים יש פעילות ניכרת של מיקרואורגניזמים וגם היא תורמת לשיפור מבנה הקרקע. שורשי הצמחים יוצרים מחילות שדרכם יכולים המים לחלחל בקלות רבה לעומק הקרקע ויכול גם להגיע אוויר לשכבות עמוקות יותר.

המים המצטברים מעל הקרקע פוגעים לעתים קרובות בתלכידים המצויים בשכבות העליונות של הקרקע בגלל הלחץ שהם יוצרים על שכבות הקרקע העליונות. נוף הצמחים מפחית את הצטברות המים מעל הקרקע ומפחית את הפגיעה במבנה הקרקע. נוף הצמחים גם שומר על לחות קרקע גבוהה יותר ועל טמפרטורת קרקע יציבה יותר, וכך הוא מסייע לפעולתם של מיקרואורגניזמים בקרקע. כך תורם נוף הצמחים לשמירה על איכות הקרקע.

עיבוד הקרקע על ידי האדם כרוך בחרישה והפעלת לחץ מכני על הקרקע שדוחס אותה והורס את תלכידים הקרקע. ככל שעיבוד הקרקע נעשה לעתים קרובות יותר, הפגיעה בקרקע קשה יותר. השקיה תכופה של הקרקע יוצרת גם היא לחץ על הקרקע, מהדקת אותה ופוגעת במבנה שלה. עודף מים מפחית את אוורור הקרקע עד כדי חנק השורשים. גם

אופי הגידולים משפיע על איכות הקרקע. גידולים שמשך גידולם ארוך מצליחים ליצור שורשים מסועפים ועמוקים יותר שמשפרים את איכות הקרקע. גידולים שמשך גידולם קצר אינם מצליחים לפתח מערכת שורשים מסועפת ותורמים פחות לאיכות הקרקע. אפשר לשמור על איכות הקרקע אם משלבים במחזור הגידולים צמחים שמשפרים את איכות הקרקע.

## חלחול מים בקרקע

כשמוסיפים מים לקרקע, הם חודרים פנימה בתהליך שנקרא: **חלחול**. צבע הקרקע משתנה עם חדירת המים לתוכה: היא נעשית כהה יותר.

מודדים את חדירות המים לקרקע על פי מהירות החלחול: העומק (במ"מ) שהמים מצליחים לעבור בקרקע במשך שעה. בקרקע שחלחול המים בה גבוה, תהיה מהירות החלחול גדולה מ-50 מ"מ בשעה. בקרקע שהחלחול בה בינוני, תהיה מהירות החלחול בין 15 ל-50 מ"מ בשעה. בקרקע שהחלחול בה נמוך, תהיה מהירות החלחול קטנה מ-15 מ"מ בשעה.



מהירות החלחול תלויה במבנה הקרקע ובמרקם שלה, אך גם בתכולת המים בקרקע. מהירות החלחול גדלה כלל שהקרקע יבשה יותר. כאשר מוסיפים מים לקרקע יבשה, הם נספגים בתחילה מהר מאוד. אבל ככל שכמות המים בקרקע גדלה, פוחתת בהדרגה מהירות החלחול.

## תכולת המים בקרקע ומהירות החלחול של המים

כדי למצוא את כמות המים בקרקע, שוקלים דגימה של קרקע ומייבשים אותה בתנור במשך יום או יומיים בטמפרטורה של  $105^{\circ}\text{C}$ .

שוקלים את הקרקע היבשה.

ההפרש שבין משקל הקרקע הרטובה למשקל הקרקע היבשה הוא משקל המים בדגימת הקרקע.

אפשר גם לבטא את כמות המים בקרקע באחוזים ממשקל הקרקע.

מחשבים את ההפרש שבין משקל הקרקע הרטובה למשקל הקרקע היבשה, ומחלקים במשקל הקרקע היבשה:

$$\frac{\text{משקל רטוב} - \text{משקל יבש}}{\text{משקל יבש}} \times 100\%$$

בקרקע שאחוז המים בה הוא 20%, יש 20 גרם מים על כל 120 גרם קרקע **רטובה**.

כאשר יורד גשם, הנקבוביות בקרקע מתמלאות מים. הקרקע מגיעה ל**רוויה** כאשר כל הנקבוביות מלאות מים. במצב זה אין עוד אוויר בקרקע. קל לגלות אם הקרקע רוויה במים: די אם ניקח ביד קרקע ונלחץ אותה. אם יוצאים מהקרקע מים הרי היא רוויה.

כאשר הקרקע רוויה, לא יכולים לחלחל בה עוד מים ונוצרת זרימת מים על-קרקעית.

במצב של רוויה, הצמחים מתקשים להתקיים כי הם זקוקים לאוויר בקרקע. רוב הצמחים אינם יכולים להמשיך להתקיים בקרקע רוויה במים יותר מ-2-5 ימים. האורז הוא יוצא דופן מבחינה זו. הוא גדל בקרקעות מוצפות במים.

בדרך כלל מצב הרוויה נפסק עם ההפוגה בגשמים. המים ממשיכים לחלחל לשכבות עמוקות בקרקע וסופם שהם מגיעים למאגרי מים תת-קרקעיים (מי תהום) או זורמים לאזורים נמוכים יותר. במקום המים נכנס אוויר לקרקע.

בקרקע שחלקיקיה גסים כמו קרקע חולית, התהליך נמשך שעות אחדות. בקרקע חרסיתית נמשך תהליך ייבוש הקרקע כמה ימים.

אחרי ייבוש הקרקע, הנקבוביות הגדולות בקרקע מלאות אוויר ואילו הנקבוביות הקטנות יותר מלאות מים. מצב זה נקרא: **קיבול רטיבות השדה**. מצב זה מתאים מאוד לגידולים חקלאיים. אך עם הזמן הצמחים יונקים את המים ויש להוסיף לקרקע עוד מים כדי שלא תתייבש. ככל שהקרקע יבשה יותר, נאחזים המים שנותרים בה בחוזק רב יותר אל חלקיקי הקרקע ולשורשי הצמחים קשה יותר לינוק אותם. אם לא משקים את הקרקע, יכול להיווצר מצב שבו השורשים אינם יכולים עוד לינוק מים מהקרקע והצמח סובל מחסור במים.

הנקודה שבה אין די מים בקרקע והשורשים אינם יכולים עוד לינוק ממנה מים היא **נקודת הכמישה**. המים הזמינים בקרקע העומדים לרשות הצמח הם בטווח שבין נקודת קיבול רטיבות השדה לנקודת הכמישה.

### מים במי תהום

חלק מהמים מחלחלים לעומק הקרקע ומגיעים לשכבות קרקע שהן רוויות כל הזמן במים, אלה הם **מי תהום**. עומק שכבת מי התהום משתנה ממקום למקום ותלוי במידה רבה במבנה הסלע שעליו הם נישאים. בעקבות גשמים מרובים, עולה המפלס של מי התהום. בעונות יבשות או בהשפעת שאיבת מים מהקרקע, יורד המפלס.

מי התהום זורמים זרימה אופקית ויכולים להגיע למאגרי מים על-קרקעיים: נהרות, אגמים ואף אוקיינוסים.

## כלי חרס

כבר בימי קדם הייתה עבודת הקדרות נפוצה מאוד בתרבויות רבות בעולם. מוצאים דמיון רב בצורת הכלים ובדרכי עיבודם. השימושים הראשונים בחרס היו להכנת פסילים ולצרכים פולחניים. עם הזמן התחילו להשתמש בחרס להכנת כלי בית שונים. השימוש הנרחב בכלי חרס מסייע לארכיאולוגים ולהיסטוריונים לאסוף מידע על תקופות קדומות, באמצעות כלי חרס שהם מוצאים בחפירות.

בתחילה שימש כחומר מוצא בוץ (טין) שמצאו בשפכי נהרות. עיבוד החרס היה פשוט מאוד: נהגו לשטח את החרס וליישר אותו באמצעות חבטות בעזרת אבנים או מוטות. לפעמים גם דרכו על החרס עד שהושגה הדחיסות הרצויה. הכאה על חומר הגלם בעזרת אבנים ומוטות שימשה גם לעיצוב צורת הכלי. עם הזמן התפתחו שיטות עיבוד משוכללות יותר ובהן השימוש בגלגלי אובניים (ראו בהמשך).

ביוון העתיקה הרבו לייצר כלי חרס והגיעו לרמה גבוהה מאוד בייצורם. בדרך כלל ייצרה כל משפחה את הכלים שהיו נחוצים לה. הסינים היו אמני החרס הראשונים. הם עיצבו מהחרס דמויות של בעלי חיים ושל האדם. הם גילו את החרסית הנקייה (אבקה לבנה בשם קאולין) בשנת 600 לספירה. שמה של האבקה נגזר משם המקום שבו היא נמצאה לראשונה. מחרסית נקייה הצליחו לייצר כלים עדינים באיכות גבוהה יותר, כלי חרסיה. הסינים שמרו במשך מאות שנים על סוד ייצור כלי החרסיה העדינים ורק במאה ה-16 התפשט ייצורם גם לאירופה.

### סוגים של כלי חרס

כלי החרס נבדלים זה מזה בעוביים, במרקם שלהם (אם יש בהם נקבוביות פנימיות ואם יש ציפוי זגוגי), ובצבע. נוהגים להוסיף לחרסית חומרים נוספים בהתאם לשימושים:

**חומרי מילוי** – חול, גיר, טלק ונסורת עץ, משנים את תכונות החרסית. הם מגדילים את הנקבוביות ואת הנפח ומפחיתים את הגמישות וגם את מידת ההתכווצות בשעת הייבוש והשרפה.

**מתכות** – המעניקות קשיות לחומר ומשפיעות גם הן על הצבע. בזמן החימום נותן ברזל שמוסיפים לתערובת צבע כתום-חום. סוג כזה של חרס משמש לייצור רעפים ולבנים אדומות. הנחושת נותנת לתערובת צבעים כחולים-ירוקים. לפעמים מוסיפים חומרי צבע אחרים.

**כלי חרס פשוטים** כמו עציצים וכלי חרס, מכינים מחומר לא נקי שמייבשים בטמפרטורה נמוכה יחסית. חרס זה סופג מים ואם רוצים שהכלים לא יעבירו מים יש לצפות אותם בציפוי זגוגי. כלים העשויים חרס פשוט נשברים בנקל.

**בכלי קרמיקה** יש כמויות גדולה יותר של חרסית נקייה. **כלי חרסינה** עשויים חרסית נקייה. כלים אלה עוברים שני תהליכי שרפה והם חסינים לחום. כלים אלה הם בעלי דופן דק והם חזקים מאוד. אפשר לעטר אותם לפני ששורפים אותם אך גם אחרי השרפה. מכינים מחרסית גם **כלי סניטציה**. מוסיפים לחומר חומרי מילוי ויוצקים את התערובת לתוך תבניות גבס. אחרי הייבוש מצפים את הכלים בציפוי זגוגי ושורפים אותם בטמפרטורות גבוהות.

## שיטות לייצור כלי חרס

יש שתי שיטות עיקריות לייצור כלי חרס:

- א. גלגלי אובניים – שימשו את הקדרים עוד במצרים העתיקה. בשיטה זו מניעים לוח באמצעות דוושות או מנוע חשמלי. מניחים על הלוח את החומר ומעבדים אותו בין כפות הידיים. מניחים לכלי להתייבש ואחר כך שורפים אותו. בשיטה זו מייצרים כלי אוכל וכלי נוי.
- ב. יציקה – מכינים תבניות מגבס משני חלקים המחוברים היטב זה לזה. יוצקים אל התבניות חומר גלם נוזלי. מניחים למים להיספג בתבנית. כשהחומר מתקשה, פותחים את התבנית ומוציאים את הכלי. מחליקים ושורפים אותו. בשיטה זו משתמשים כדי לייצר כמויות גדולה של כלים אחידים. בשיטה זו מייצרים כלי סניטציה וכלי אוכל.

## שרפה של כלי חרס

השרפה מקשה את החומר. נראה שתופעה זו התגלתה באקראי. בעבר נהגו לייבש כלי חרס על ידי שרפתם בעזרת עצים וזרדים, קוצים, פחם וזבל יבש. הבעירו אותם והניחו בהם את כלי החרס. השרפה בשיטה זו אינה אחידה וכלי חרס רבים התקבלו פגומים.

כיום שורפים את כלי החרס בתנורים מיוחדים (כבשנים) שאפשר להשיג בהם טמפרטורות של אלפי מעלות. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, המוצרים חזקים וקשים יותר. אך יש להתאים את טמפרטורת השרפה לכל תערובת של חומר (ראו בטבלה).

טמפרטורת השרפה של כלי חרס שונים

1500°-1400°c	1400°-1200°c	1200°-1000°c	900°c
כלים חסיני אש	כלי חרסינה	כלי חרס	עציצים
לבנים לכבשן	כלי סניטציה	אריחים	רעפים
		כלי אוכל	לבנים אדומות

כלי חרס באיכות גבוהה נוהגים לשרוף פעמיים: פעם ראשונה כאשר מסיימים לעצב את הכלי ופעם שנייה אחרי הזיגוג. השרפה השנייה מתבצעת באיטיות רבה כדי לא לסדוק את הכלים. כדי למנוע ספיגת נוזלים, מצפים את הכלים בציפוי זגוגי.

הזיגוג מתקבל ממריחת תערובת של סיד, פצלת השדה וחלמיש. בעבר נהגו להוסיף גם עופרת. כדי לצייר על הכלי, מצפים תחילה את הכלי בזיגוג ראשון. מציירים על הזיגוג ואחרי שהצבע מתייבש, מורחים שכבת זיגוג נוספת ושורפים שוב. בתהליך השרפה חומרי הצבע נצמדים היטב לחרס.



## זכוכית

בעבר הייתה הכנת הזכוכית קשה ומורכבת ולכן היא הייתה יקרה מאוד, כמתואר בספר איוב, כח יז: "אם יערכנה זהב וזכוכית ותמורתה כל פז."

רק אנשים עשירים מאוד יכלו להרשות לעצמם להשתמש בכלי זכוכית. היא שימשה לייצור כלי קישוט ותכשיטים. כבר המצרים הקדמונים השתמשו בזכוכית לציפוי כלי נוי, חרוזים ותכשיטים שהכינו מחרס ומסבון. לזכוכית היו צבעים מיוחדים: טורקיז, אדום, כתום ועוד. אחר כך התחילו לייצר כלים מזכוכית לאחסון נוזלים, משחות ובשמים ולהכנת פסלונים.

במאה הראשונה לפני הספירה שגשה תעשיית הזכוכית בצידון. הפיניקים המציאו את אומנות הנשיפה וייצרו בקבוקים, ספלים, גביעים, צלחות ועוד.

במאה השנייה לספירה התחילו להוסיף לזכוכית את המתכת, מנגן, שמעניק לזכוכית שקיפות. בעקבות זאת התחילו לייצר שמשות, מראות ועדשות למשקפיים ולמכשירים אופטיים אחרים.

במאה ה-14 התפתחה בחברון תעשייה מפותחת של זכוכית שנודעה בשם: זכוכית חברון. זכוכית זו נודעה בעיקר בעקבות הצבעים שלה: כחולים, ירוקים וחומים. הזכוכית שימשה בעיקר לצורכי פולחן אך גם לייצור תכשיטים, אגרטלים, כדים וכוסות.

המסורת של הכנת כלי זכוכית עברה במשך דורות רבים מאב לבן עד שתעשיית הזכוכית התפתחה וגבר השימוש במכונות.

## מרכיבי הזכוכית ואופן הייצור של כלי זכוכית

בזכוכית יש כמה מרכיבים:

- חול קוורץ, המרכיב העיקרי, 50%-70% מהרכבה.
  - סודה או אשלגן שמעלים את נקודת ההתכה של הזכוכית.
  - סיד או חומצת בור שמקנים לזכוכית ברק, קשיות או רכות, צליל אופייני ועמידות בפני שינויים בטמפרטורה. מתיכים את כל המרכיבים בטמפרטורה גבוהה מאוד (מעל 1400°C) עד שמקבלים תערובת אחידה. מניחים לתערובת להתקרר עד שהיא נעשית צמיגה יותר ואז נותנים לה את הצורה הרצויה. יש כמה שיטות לייצור כלים מזכוכית:
- א. שיטת הנשיפה** – מכניסים צינורית ברזל חלולה לתוך הנוזל הצמיג ונושפים. הנוזל הצמיג עוטף את בועת האוויר שנפלטת מהצינור. כך מקבלים את החלק הפנימי של הכלי. אפשר להוסיף לו ידיות, רגליות ועיטורים חיצוניים אחרים.
  - ב. נשיפת זכוכית בתבניות** – נושפים אוויר לתוך זכוכית צמיגה וחמה. נוצרת בועת זכוכית שמכניסים אותה לתוך תבנית מברזל יצוק. נושפים שוב לתוך הזכוכית כשהיא מוחזקת בתבנית. כך גורמים לזכוכית למלא את כל נפח התבנית ולהיצמד לדופןותיה. מצננים את הזכוכית ומוציאים אותה מהתבנית. הנשיפה מתבצעת על ידי אדם או על ידי מכונה. בשיטה זו מייצרים בקבוקי זכוכית.
  - ג. זכוכית משוכה** – משמשת לייצור משטחי זכוכית. מושכים תערובת חמה וצמיגה של זכוכית לגובה של כמה קומות במכונה מתאימה. תוך כדי המשיכה הזכוכית נעשית שטוחה וחלקה. הזכוכית מתקררת בהדרגה ועוברת דרך גלילים הכובשים ומחליקים אותה עוד יותר. הזכוכית מגיעה לקצה המכונה כשהיא קרה ומוצקה, שם חותכים אותה ללוחות. כך מכינים זכוכית לחלונות.

## צבעי הזכוכית

נוכחות של תחמוצת ברזל בחול מעניקה לזכוכית צבע ירקרק. כדי לקבל צבעים אחרים, מוסיפים לזכוכית מתכות אחרות בזמן ההתכה. כך הופכים הצבעים חלק בלתי נפרד מהזכוכית. אפשר גם לצבוע על פני הזכוכית. מורחים את הצבע על הזכוכית ומחממים את הכלי כך שהצבע נטמע בזכוכית.

## זכוכית ביטחון

זכוכית חזקה במיוחד מתקבלת כאשר מחברים זה לזה שני לוחות זכוכית באמצעות דבק חזק ושקוף (מעין "סנדוויץ"). גם אם הזכוכית נשברת היא נשארת צמודה לדבק. סוג כזה של זכוכית מתאים לשימוש בכלי רכב. סוג נוסף של זכוכית חזקה היא הזכוכית המשוריינת: מוסיפים לזכוכית רשת שתי וערב של חוטי מתכת. אם הזכוכית נשברת, השברים מוחזקים על ידי הרשת.

## זכוכית חד־כיוונית

זכוכית חד־כיוונית מאפשרת לראות את הנעשה בחדר סמוך, שהוא מואר, בלי שהנוכחים בחדר יוכלו לצפות בחזרה לתוך החדר השני, שהוא אפל יותר. כדי להשיג זאת, מצפים את הזכוכית מצדה האחד בשכבה דקה מאוד של כסף.

## סיבי זכוכית

מכינים סיבי זכוכית על ידי משיכת הזכוכית ויצירת חוטים דקים מאוד, דקים יותר משערה של אדם. בדרך כלל הסיבים קצרים ומשמשים חומר מבדד לחום ולקור. לסיבי זכוכית יש כמה תכונות חשובות: הם עמידים לאש, אינם סופגים לחות, עמידים לחומצות ושומנים, אינם נשחקים ואינם מתבלים כמו אריגים אחרים. אפשר לארוג את הסיבים ולהכין מהם בגדים, חבלים ווילונות.

## ביבליוגרפיה לפרק: אל מצוק הסלעים

- אמיר ר., (1996), פרקים באקולוגיה (הקרקע, עמ' 85-94), ירושלים
- אנציקלופדיה טיים-לייף לנוער, (1996), הכרכים: גיאוגרפיה וכוכב הלכת ארץ, תל אביב
- בייזר א., (2004), כדור הארץ, תל אביב
- ברני ד., (1995), כיצד פועל הטבע? האנציקלופדיה המדעית החדשה, ישראל
- גיל א., (1994), דע את האדמה, תל אביב
- זיו ע., רימון ד., (1998), צמחים בחקלאות: פרק ג – הקרקע כבית גידול לצמחים, ירושלים
- לבני ש., (1993), כדור הארץ שלנו, ירושלים
- מזור ע., (1994), גיאולוגיה בפטיש ישראלי, האוניברסיטה הפתוחה, תל אביב
- נוי י., (1965), שיעורים בתורת הקרקע, תל אביב
- נוי י., (1990), קרקע ודשן, תל אביב
- נכתב בסלע, (2001), מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים, מכון ויצמן למדע, רחובות
- עיניים, רבעון לילדים, הגיליונות:
- אבן, גיליון מס' 63, נובמבר 2005
- אדמה, גיליון מס' 9, ספטמבר 1997
- פארנדון ג., (1996), כיצד פועל כדור הארץ, תל אביב
- פלקסר ע., ילין-דרור ע., (1995), כדור הארץ: חומרים, מבנה ותהליכים, ירושלים
- רביקוביץ ש., (תשמ"א), קרקעות ישראל, התהוותן, טבען ותכונותיהן, תל אביב