מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
תל

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

בר אילן
אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

מדריך למורה

יש לנו רק

אחד

פסולת מוצקה
משאב המים

משאב האוויר
רעש
וקרינה

תכנון סביבתי

על מבנה הספרים לתלמיד

"יש לנו רק כדור ארץ אחד" הוא מהדורה משוכתבת של "עוברים לירוק." הספר עסקה בארבעה נושאי ההרחבה הנדרשים ביחידות התמחות בשני חלקים – שני נושאים בכל חלק:

בחלק הראשון - ספר הפסולת המוצקה וספר המים.

בחלק השני – ספר האוויר וספר הרעש והקרינה.

הספרים מוצגים כיחידות נפרדות עם תוכן עניינים, ביבליוגרפיה ומילון מונחים שלהם. לכל ספר יש גם רצף מספרי עמודים משלו.

בגלל ההפרדה בין הספרים נוצר קושי – מאחר שלא ניתן להפנות את התלמידים להיבטים הנלמדים בהרחבה בנושאי לימוד אחרים כמו למשל זיהום אוויר והקשר שלו לתהליכי פירוק הפסולת. כדי להתגבר על קושי זה, כולל הספר הערות והרחבות המציגות מונחים עיקריים וידע בסיסי הנוגע לנושאים מעין אלה.

בתחילת הספר מוצג מבוא כללי המציג תמונת מצב של נושאי הסביבה במועד כתיבת הספר – שנת 2013.

כל ספר פותח בהצגת סיפור רקע המחדד את הבעיה שהספר עוסק בה ואת השאלות שהיא מעלה (דוגמת צריכת היתר ביפן כפתיחה לספר הפסולת המוצקה). סיפורי רקע מעוררי עניין נוספים מוצגים גם בפתיחה של פרקים אחרים של כל ספר. נתונים רבים המוצגים במגוון צורות של גרפים וטבלות יוצרים את הבסיס המדעי לטענות שונות המועלות על ידי מומחים בתחום וכדי לתרגל מיומנויות של ניתוח נתונים ממקורות אלה. הנתונים המוצגים הם עדכניים ככל האפשר ונאספו ממקורות מקצועיים שונים בארץ ובעולם, כמפורט לצד כל גרף וטבלה בספר.

ליד הגרפים והטבלות מוצעות שאלות לתלמידים שמטרתן למשוך את תשומת לבם לנושאים הנלמדים, להבטיח שהם הבינו את המידע המוצג בהם וכדי לתרגל מיומנויות של ניתוח גרפים ושל טבלאות. ניתן להיעזר בשאלות ובהפעלות אלה במהלך הלמידה או כחלק מהתרגול בבית.

בכל ספר נכללות כמה פינות כדי להעמיק ולהעשיר את הלמידה:

חקרי מקרה - הפעלות אלה מציגות בהעמקה רבה יותר מקרים אופייניים שמהם אפשר ללמוד על תופעות נסקרות כמו למשל נזקים סביבתיים שמקורם באתרים לפינוי פסולת (השתלשלות אתר חירייה).

פינת העשרה – המרחיבות ומוסיפות מידע בנושאים שונים שבהם עוסק כל ספר.

פינת הדילמה – שאלות שמעלות בעיות הקיימות בכל תחום והמלצה לדיון בהן בכיתה.

הערות שוליים - המוצגות בשולי הדף הכוללות מידע היכול להעשיר את הכתוב, הפנייה למידע נוסף, הסבר על מונחים המוזכרים בטקסט והדגשה של מושגים הנזכרים בנושא הנלמד אך מופיעים בהרחבה רבה יותר במקומות אחרים בפרק.

הביבליוגרפיה בכל ספר מציגה את המקורות שבהם נעזרו הכותבים בהכנת כל ספר. אין המלצות נפרדות לתלמידים. אלה מופיעות בגוף הטקסט של כל ספר.

הספר כולל הפעלות ושאלות רבות שמסייעות לתרגל נושאים של קריאת גרפים מסוגים שונים ושל טבלאות וניתוחם, הכנת גרפים ונקיטת פעילות עצמאית של התלמידים.

על מבנה הספר למורה

הספר למורה כולל תשובות לשאלות המוצגות בספר לתלמיד וכן הערות מכמה סוגים:

- ♥ הפניה למקורות מידע מתאימים, בעיקר ברשת האינטרנט
- ♥ הרחבות והעשרות הכוללות מידע קצר נוסף בנושאים הנדונים
- ♥ הערות ובהן הצעות לחידוד תשומת הלב של התלמידים בשאלות המוצגות בכל נושא ותשובות לשאלות המוצגות לתלמידים.
- ♥ שאלות והפעלות שלא יכולנו לכלול בספר בגלל מגבלות מקום.
- ♥ ברשימת המונחים נכללים כל המונחים המופיעים בפרק. המונחים הנדרשים בתכנית הלימודים סומנו באמצעות הוספת רקע במדריך למורה בלבד כדי להקל על המעקב אחר העמידה בתכנית הלימודים. בספר לתלמידים הם מופיעים ללא הפרדה עם כל המונחים בפרק שגם אם אינם נדרשים על פי תוכנית הלימודים הסנדרשים להבנת הנושא הנלמד.

תוכן עניינים במדריך למורה

ספר ראשון 7

פסולת מוצקה: מבזבוז משאבים לקיימות 9

פרק 1: בעיית הפסולת המוצקה 12

פרק 2: גישות לטיפול בפסולת מוצקה 19

פרק 3: פסולת מסוכנת 67

המים – משאב מתחדש ההופך למשאב במחסור 77

פרק 1: מים וחיים 80

פרק 2: התמודדות עם בעיית המחסור במים 139

פרק 3: איכות הסביבה הימית 163

ספר שני 180

איכות האוויר בידינו 182

פרק 1: מאפייני האטמוספרה ותהליכים המתרחשים בה 185

פרק 2: מקורות לזיהום האוויר 188

פרק 3: זיהום האוויר ופיזורו באטמוספרה 218

פרק 4: נזקים שגורם זיהום האוויר 222

פרק 5: משבר שינוי האקלים 230

קול ורעש 246

פרק 1: מאפיינים ומקורות של הקול 249

פרק 2: נזקי רעש 254

פרק 3: רעש סביבתי ומניעתו 255

קרינה 263

פרק 1: סוגי קרינה ומאפייניהם 266

פרק 2: שימושים בקרינה 273

פרק 3: נזקי קרינה 276

פרק 4: מניעת נזקי קרינה 287

ספר שלישי

תכנון סביבתי 291

פרק 2: הבסיס המשפטי והמערכת האחראית לניהול ולתכנון סביבתי בישראל 299

פרק 3: תכנון סביבתי ברמה הארצית 310

פרק 4: תכנון סביבתי עירוני 317

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
תל

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

ישראל

אחד

פסולת מוצקה

המים

ראש הפרויקט
פרופ' יוסף מניס

אחראית אקדמית
ד"ר מיכל ציון

צוות השכתוב
ד"ר שרה קלצ'קו
יהודית צ'ורנה-הוניג
ישראל וייסבלום

יועצים מדעיים
ספר פסולת מוצקה: פרופ' אופירה אילון
ספר המים: פרופ' דניאל רונן, מכון וולקני

עיצוב גרפי
ניצן - שמיר - מעצבים

עריכת לשון
ד"ר שרה קלצ'קו

קראו והעירו
בתיה פריד
עינת פילר
לימור רוט
מדי קן
אריק הר זהב
יהודית צור
אלה מיכאלוב-סלע

בהכנת המהדורה הראשונה השתתפו
ד"ר שרה קלצ'קו
רחל סקאל

יועצים מדעיים
ספר פסולת מוצקה: ד"ר סטפן רוקם, ד"ר יוסי ענבר
ספר המים: ד"ר אבי בורג, המכון הגיאולוגי, ד"ר אריה בן צבי, השירות ההידרולוגי

עיצוב גרפי והכנת איורים
דפנה גילת

עריכת לשון
לאה תלמי

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך 2014

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
תל

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

פסולת מוצקה
מבזבוז משאבים לקיימות

פתח דבר למורה

קווים מנחים בהכנת גרסה עדכנית של הספר על פסולת מוצקה

בעשר השנים שעברו בין השלמת המהדורה הראשונה של הספר (2003) למהדורה הנוכחית (2013) חלו שינויים ניכרים בעמדות ובמדיניות של החברה המערבית בכל הקשור לטיפול בפסולת. עד לפני כמה שנים נועד העיסוק בפסולת למצוא פתרון לבעיה הנוצרת כאשר מוצרים מסיימים את מחזור החיים שלהם ומושלכים לפסולת. לצד הטמנת הפסולת – פתרון שהיה נפוץ במדינות רבות, הוצעו גישות שונות בניסיון לצמצם את כמות הפסולת המצטברת ולחסוך במשאבים, והעיקריות שבהן - ארבעת ה-R (הפחתה Reduce, שימוש חוזר Reuse, מיחזור Recycle והפקת אנרגיה מפסולת Recovery.)

ההתפתחות הכלכלית המואצת במדינות מתפתחות בעולם ובראשן סין והודו, חזרו והדגישו את המחיר של הגידול בצריכה- גידול בכמות הפסולת עם העלייה המואצת ברמת החיים: השלכת המוצרים לפסולת גורמת להתכלות של משאבי טבע ושל מקורות אנרגיה בעולם המשמשים לייצור המוצרים.

הנתונים שהצטברו עם השנים חיזקו את ההכרה שאנחנו, בני האדם, צריכים לשאת במלוא האחריות לפסולת שאנחנו מייצרים ולדלדול המשאבים הנגרם על ידי השלכת פסולת. הכרה זו הובילה לחשיבה מחודשת על אופן הטיפול בפסולת ולביסוס התפיסה של **קיימות**. התחזקה הגישה הגורסת שמניעת יצירתה של פסולת עדיפה על פני טיפול בבעיית הפסולת לאחר שכבר נוצרה. הגישה המעודדת מניעת יצירתה של פסולת רואה כיעדים מרכזיים את הפחתת הפסולת במקור שבו היא נוצרת, ואת הפיתוח של תהליכי ייצור מחזוריים המבטיחים שימוש חוזר בחומרי הגלם.

מימוש הגישה של מניעת יצירתה של פסולת דורש גם שינוי יסודי במדיניות של ממשלות במדינות העולם השונות. עליהן ליצור את המסגרות המנהליות והחוקיות המתאימות כדי לעודד פיתוחם של תהליכי ייצור מתאימים ולשנות את דפוסי ההתנהגות של תושביהן. פיתוח תהליכי ייצור חדשים ועידוד ההשבה של חומרי גלם מתוך הפסולת יצמצמו את הניצול של חומרי גלם חדשים ויובילו לשימוש מושכל במשאבי כדור הארץ. שינוי דפוסי התנהגות יאפשר ליישם גישות של הפרדת פסולת למרכיביה במקור ולצמצם את כמות הפסולת המצטברת. במקומות רבים בעולם (וגם בארץ) הוקמו לצורך זה מרכזי מיחזור מיוחדים והתושבים מתבקשים להפריד למרכיביה פסולת שהם אוספים בביתם. קודמו גם פתרונות של הפקת אנרגיה מפסולת לאחר ששיפורים טכנולוגיים צמצמו באופן ניכר פליטת מזהמים לאוויר בתהליך השרפה. בד בבד עם תהליכים אלה נעשים מאמצים לצמצם את הטמנת פסולת כדי להשתמש בזהירות הראויה במשאב יקר נוסף – משאב הקרקע. כתמריץ לצמצום ההטמנה, הועלו במידה ניכרת מחיריהן של אגרות שיש לשלם עבור הטמנת פסולת.

הספר פותח בהצגת הגישה, "**מעריסה לעריסה,**" שהיא המתקדמת ביותר בעולם כיום. הגישה שמה דגש על מיחזור מלא של כל חומרי הגלם המשמשים בייצור מוצר בדומה למחזורי החומרים בטבע. גישה זו נמצאת עדיין בשלבי פיתוח ראשוניים בעולם, והיא ממחישה את הכיוון שמדינות העולם מתחילות ללכת בו בעשור הראשון של המאה ה-21 עם התחזקות התפיסה של הקיימות: מציאת פתרונות שימנעו קשיים ובעיות, במקום לטפל בקשיים לאחר שהם כבר נוצרו. השיח

החדש שנולד מתפיסת הקיימות מאפיין תחומים שונים של השמירה על הסביבה. הוא מציע דרכי התמודדות אפשריות עם המצב של **חברת הצריכה**, שרוכשת מוצרים לא כדי לענות על צורך אלא כמענה לאופנה חולפת או לרדיפת חידושים. הצגת הגישה של "מעריסה לעריסה" כבר בפתיחה נועדה להדגיש את המסר – הפתרון הוא במניעת בעיות של יצירת פסולת ושל דלדול משאבים, ולא בטיפול בבעיה לאחר שכבר נוצרה.

גישה ההטמנה הגורמת לבזבוז רב של משאבים, עדיין רווחת מאוד בארץ ובמדינות רבות אחרות בעולם. הרחבת היקף השימוש בגישה של הפחתה במקור ובגישה של מיחזור נותנות מענה טוב יותר לצורך למנוע בזבוז משאבים בהשוואה לגישת ההטמנה. לכן מקבלות גישות אלה חשיבות רבה יותר במדיניות הממשלתית בארץ ובעולם. גישת המיחזור גם מעודדת רשויות מקומיות ואזרחים מהשורה לקחת חלק פעיל בתהליכים של מניעת יצירתה של פסולת. לכן בחרנו להציג גישות אלה בספר עוד לפני הצגתה של גישת ההטמנה ובהיקף רחב יותר. רצף זה של הצגת הגישות לטיפול בבעיית הפסולת מדגיש שהגישה הנכונה ביותר מבחינה סביבתית היא הפחתת פסולת מלכתחילה. גישת ההטמנה צריכה לשמש פתרון אחרון ורק לטיפול בפסולת שאין לה כל פתרון אחר.

במהדורה הקודמת הוצגו התכונות של הפסולת המוצקה כמקשה אחת. במהדורה הנוכחית מוצגת כל תכונה במסגרת הגישה לטיפול בפסולת שהתכונה הזו ממלאת בה תפקיד חשוב: תכונת ה**רטיבות** מוצגת בהקשר של טיפול בפסולת אורגנית רטובה, תכונת **ערך ההיסק** - בהקשר של הפקת אנרגיה מפסולת, ותכונת **צפיפות הפסולת** - בהקשר של איסוף פסולת ביתית והובלתה להטמנה.

יש קשר וגם דמיון רב בין שני תהליכים של טיפול בפסולת אורגנית רטובה – **קומפוסטציה** (מיחזור - הפקת חומרי דשן מפסולת) **ועיכול אנאירובי** (התמרה - הפקת גז מפסולת המשמש אחר כך להפקת אנרגיה). לכן בחרנו להציג אותם בזה אחרי זה למרות שטיבם שונה (מיחזור והתמרה, בהתאמה). עם זאת, הוספנו התייחסות קצרה לתהליך העיכול האנאירובי גם בפרק, פסולת לאנרגיה, העוסק בהפקת אנרגיה מפסולת .

פסולת הבניין קיבלה בספר מקום נרחב יותר לאור שינוי שחל במדיניות הטיפול בה. כיום מחייב החוק כל אתר בנייה ואף כל פעולת שיפוץ של מבנה לאסוף את פסולת הבניין ולהפנותה לטיפול מתאים.

נושא חדש המוצג בספר עוסק ב**פסולת מסוכנת** הכוללת חומרים מסוכנים מסוגים שונים ופסולת אלקטרונית – שני סוגי פסולת שכמויותיהם גדלו במידה רבה מאוד בעשורים האחרונים והם הופכים למטרד סביבתי קשה.

הרצף המוצע בספר הוא בגדר המלצה. אם תמצאו שהרצף המתאים לגישת ההוראה שלכם שונה מזה המוצע בספר, אתם מוזמנים להשתמש בחומרים בספר ברצף ההוראה המתאים לכם.

פרק 1
בעיית הפסולת המוצקה

מבוא - איך נוצרה בעיית הפסולת?

תשובות לשאלות מתחת לגרף 1 בעמוד 8

1. א. כמות הפסולת שמייצר בשנה תושב בתימן קטנה פי 7 מזו שבישראל ופי 9 מזו שבארצות הברית.

ב. ביפן ובגרמניה מייצר כל תושב כמות דומה של פסולת בשנה – כ-400 ק״ג. באוסטרליה וישראל מייצר כל תושב בשנה כ-600 ק״ג ואילו בארה״ב כ-700 ק״ג.

ג. ביפן ובגרמניה, שתייהן ארצות מפותחות, מייצרים כמות פסולת לנפש לשנה הדומה לזו שבמצרים – כ-400 ק״ג.

2. ההבדלים בכמות הפסולת משקפים קרוב לוודאי הבדלים ברמת החיים ובכמות המוצרים שצורכים במדינות מפותחות בהשוואה למדינות מתפתחות – כפי שעולה מההשוואה בין תושבי תימן לתושבי ישראל וארצות הברית. תימן היא דוגמה למדינה מתפתחת בעלת רמת חיים נמוכה ולכן כמות המוצרים הנצרכת בה קטנה יחסית למדינות מפותחות בעלות רמת חיים גבוהה דוגמת ארה״ב וישראל. קצב תחלופת המוצרים הנמוך בתימן יוצר כמות קטנה של פסולת. כמו כן התושבים בתימן, שהם חסרי אמצעים, משתמשים בכל מרכיב אפשרי במוצר למטרות שונות ולכן רק מרכיבים מעטים מושלכים לפסולת. למעשה מצב זה היה נפוץ בארצות רבות בעולם לפני שהתפתחה תרבות הצריכה.

3. ארה״ב ידועה כמדינה בה תרבות הצריכה מפותחת מאוד. אוסטרליה וישראל דומות לה בתרבות הצריכה שלהן ובעיקר בהתנהגות התושבים המעדיפים לעשות שימוש חד-פעמי במוצר ולרכוש מוצרים חדשים במקום לעשות שימוש חוזר במוצרים קיימים. בקטע הפתיחה לפרק צוין שתושבי יפן הם צרכנים גדולים של מוצרים, לא פחות מתושבי ארצות הברית. ההבדלים בכמות הפסולת משקפים טיפול שונה בפסולת - השימוש החוזר שהתושבים עושים במוצרים רבים (מעמידים אותם בלי תשלום לרשות צרכנים אחרים), מיחזור (שימוש בחומרי הגלם הטמונים במוצרים) או שניהם גם יחד. היבטים אלה יתבררו בהמשך הפרק.
באירופה תרבות הצריכה מתונה יותר בגרמניה למשל מחנכים כבר מגיל צעיר להפריד פסולת לצורך מיחזור. גם אחוז ההשבה של פסולת בגרמניה גבוה מאוד.

הערה מתחת לתמונה 3 בעמוד 10

כדאי להפנות את תשומת הלב לתאריך היצירה הנותן רמז לזמן בו כבר ניתן היה להבחין בתרבות הצריכה ובתרבות השפע. ניתוח של היצירה ניתן למצוא באתרים שונים באינרנט.

תשובה לשאלה בעמוד 10

״מעריסה לעריסה״ – עריסה מסמלת לידה של מוצר חדש. מעריסה לעריסה פירושו לידה של דבר חדש מתוך דבר קיים. מסלול מעגלי שאין לו התחלה ואין לו סוף בדומה למחזורי החומרים בטבע. ״מעריסה לקבר״ – מסלול לינארי שיש לו התחלה ויש לו סוף. המוצר נוצר מחומרי גלם ובסוף השימוש בו אין לו יותר ערך או חיים, הוא מורחק אל מחוץ למעגלי השימוש והצריכה עד שייהרס על ידי כוחות הטבע אם בכלל.

הרכב הפסולת המוצקה

תשובות לשאלות מתחת לגרף 2 בעמוד 13

1. א. במדינות מתפתחות פסולת אורגנית היא המרכיב העיקרי, ואילו במדינות מפותחות פסולת הנייר היא המרכיב העיקרי.

הרחבה:

הנייר משמש לייצור עיתונים ואריזות למוצרים רבים, שהן מסימניה של תרבות הצריכה.

ב. במדינות מפותחות כמות פסולת הפלסטיק והזכוכית גדולה יותר מזו שבמדינות מתפתחות.

הרחבה:

פלסטיק וזכוכית משמשים למטרת אריזה, ולכן במדינות מפותחות כמות פסולת הפלסטיק והזכוכית גדולה יותר מזו שבמדינות מתפתחות.

2. במדינות מפותחות משתמשים במכשירים רבים: מכונות תעשייתיות, מכשירים ביתיים, קופסאות שימורים, פחיות שתייה. כל אלה יוצרים פסולת רבה בתום שימוש (לפני המיחזור). במדינות מתפתחות מרבית האוכלוסייה אינה צורכת מוצרים אלה ולכן כמות פסולת המתכת מועטה.

במדינות מתפתחות עיקר המזון בא מן הצומח. נעשה שימוש רב במזון טרי הנרכש בשווקים בתפזורת, ולכן יש שימוש מופחת באריזות פלסטיק, זכוכית ואפילו מתכת.

במדינות מפותחות רוב המזון נקנה ברשתות או בחנויות כשהוא ארוז. במדינות אלה לאריזה יש תפקיד בשיווק ובמכירת המוצר ויש לכך ביטוי בכמות פסולת הנייר.

מוצרי מתכת רבים - מוצרי חשמל, חפצי נוי, חלקי אינסטלציה, הם בבחינת נורמה מקובלת בכל בית במדינה מפותחת ואילו במדינות מתפתחות הם בגדר מותרות.

הרחבה למורה לעמוד 13

תל״ג (תוצר לאומי גולמי) הוא התפוקה הכוללת של מוצרים ושירותים במשך במשך שנה אחת.

אם נחלק אותו במספר התושבים במדינה נקבל את התל״ג לנפש (תל״ן).

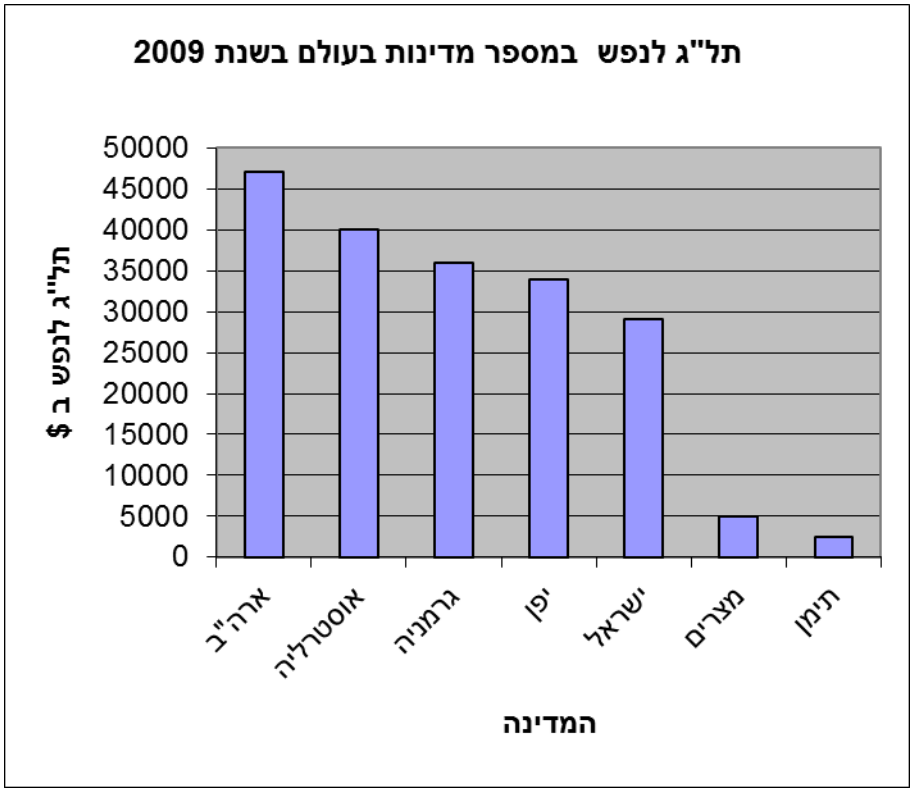
התל״ג מבטא את רמת החיים הממוצעת של התושבים בכל מדינה.

יש קשר הדוק בין רמת החיים לכמות הפסולת הנוצרת: ככל שרמת החיים גבוהה יותר גם כמות הפסולת לנפש גבוהה יותר.

המידע העוסק בתל״ג מראה את הקשר בין תל״ג לרמת חיים. הצגת המונח לצד הדיון בגרף 1 העוסק בהבדלים בכמות הפסולת במדינות בעלות רמת חיים שונה, תוסיף עניין ותחדד את הבנת משמעות הפערים בין מדינות מתפתחות למדינות מפותחות בכל הקשור לצריכה ולייצור פסולת.

רמת החיים הממוצעת של התושבים במדינות שונות נמדדת באמצעות **תוצר לאומי גולמי** (תל״ג) **לנפש** (תל״ן). הגרף שלהן מציג את התל״ג לנפש במדינות שונות (המוצגות בגרף שלהלן).

אפשר להציג בכיתה גרף זה לאחר הדיון בגרף 1 ולבקש מהתלמידים לענות על השאלות המוצגות אחרי הגרף.



מקור הנתונים: השנתון הסטטיסטי של האו"ם, סטטיסטיקה סביבתית, 2009.

מקרא לגרף: יש הבדל ניכר בין התל"ג לנפש (תל"ן) במדינות מפותחות לבין זה של מדינות מתפתחות כמו מצרים ותימן.

שאלות מוצעות לתלמידים

1. השוו את התל"ג לנפש במדינות שונות לכמות הפסולת המיוצרת בהן לנפש (הגרף לעיל). מהו לדעתכם הקשר בין שני מדדים אלה?
2. הסבירו, כיצד משפיעה רמת החיים על ייצור הפסולת?
3. לגרמניה תל"ג לנפש גבוה מזה של ישראל, ואילו כמות הפסולת המיוצרת בשנה לנפש בגרמניה קטנה מזו שבישראל (הגרף לעיל). הסבירו מדוע.

תשובות לשאלות

1. במדינות שבהן התל"ג לנפש גבוה (מדינות אירופה המיוצגות על ידי גרמניה, ארה"ב וישראל), כמות הפסולת המיוצרת בהן לנפש גבוהה. מדינות שבהן התל"ג לנפש נמוך (מצרים,ותימן) מייצרות פחות פסולת לנפש. המסקנה היא אם כן שמדינות בעלות רמת ייצור גבוהה יותר (תל"ג לנפש גבוה) מייצרות גם יותר פסולת.
2. הסברים אפשריים לכך:

   א. בחברת הצריכה נצרכים הרבה יותר מוצרים.

   ב. בחברת הצריכה נזרקים מוצרים רבים כדי להכניס מוצרים חדשים ולכן כמות המוצרים הנצרכת גדולה יותר.

ג. בתהליכי הייצור נוצרת פסולת ומאחר שנצרכים מוצרים רבים יותר גם כמות הפסולת גדולה יותר.

סיבות אפשריות: תרבות הצריכה בגרמניה שונה מזו של ישראל וצריכת מוצרים חדשים היא קטנה יותר.

הרחבה: בגרמניה הטיפול בפסולת שונה מהטיפול בארץ – החלו לגבות תשלום על טיפול בפסולת בהתאם לכמות המיוצרת וזה הביא להפחתת כמות הפסולת המיוצרת.

תשובות לשאלות תחת גרף 3 בעמוד 14

1. במדינות מתפתחות המרכיב העיקרי בפסולת הם חומרים אורגניים ואילו במדינות מתפתחות גדל חלקה של הפסולת היבשה: פלסטיק, נייר וקרטון ומרכיבים אחרים.
2. בשנים אלה בישראל חלה ירידה ניכרת בכמות הפסולת האורגנית ועליה בכמות הפסולת היבשה לסוגיה.
3. הרכב הפסולת במדינת ישראל דומה היום לזה הקיים במדינות מפותחות, יותר מאשר במדינות מתפתחות, כך שגם על פי מדד זה רוב תושבי ישראל מקיימים אורח חיים של מדינה מפותחת.
4. הסברים אפשריים – שינויים בהרגלי החיים: צריכה רבה יותר של מזון מוכן הכרוכה בשימוש באריזות רבות יותר, עלייה ברמת החיים המגבירה צריכת מוצרים שונים.

כמו כן חלה עלייה בכמות הנייר הנצרכת עקב השימוש הגובר בנייר בדפוס, בתקשורת (עיתונות) ובצריכה הביתית כתוצאה מהשימוש במחשב ובמדפסות.

שילוב של שני גורמים אלה הובילו לירידה בכמות היחסית של פסולת אורגנית.

5. גידול של 34.5% בכמות הכוללת של פסולת מוצקה.

מרכיב הפסולת מתייצב על 30% מכלל הפסולת.

6. א. גרף יורד, אך קצב הירידה הולך ופוחת עד שהוא מתייצב.

אפשר לבקש מהתלמידים לשרטט גרף קווי שבו המגמה הזו תהיה ברורה יותר.

ב. עד שנת 2010 נמשכת הירידה במרכיב הפסולת האורגנית מכלל הפסולת המוצקה לרמה של 30% ונשאר יציב בשנת 2020.

7. העלייה ברמת החיים מתבטאת בצריכת מזון מוכן ארוז בדרך כלל ובמוצרי צריכה אחרים ובירידה בצריכת המזון הטרי. מגמה זו צפויה להימשך ולכן נמשכת הירידה במרכיב האורגני בפסולת המוצקה.

פסולת מוצקה – מטרד או משאב?

תשובה לשאלה בעמוד 15

"אפס פסולת להטמנה" היא מטבע לשון המעידה על הכוונה לשנות לחלוטין את ייצור פסולת והפניית פסולת להטמנה. המטרה של מינימום הכרחי של פסולת להטמנה (שאריות אפר ממתקני פל"א, פסולת מסוכנת שלא ימצא לה טיפול) היא בהחלט אפשרית. שינוי גישת ייצור וצריכה ביחס לקיים כיום ואפילו ביחס לעולם העתיק יביא אותנו קרוב מאוד להשגת מטרה זו.

אפס פסולת - גישת "מעריסה לעריסה"

תשובות לשאלות בעמוד 16

1. אפשר להיכנס לאתר של חברת Desso המייצרת שטיחים לבית ולמשרדים בגישת "מעריסה לעריסה", http://www.desso.com/, או לחפש דוגמאות אחרות באתר http://www.bitc.org.uk/services/awards-recognition/responsible-business-awards
2. לייצר רהיט שאפשר לפרקו למרכיבים ולצרפם לאחר שיפוץ מתאים לרהיט חדש או להשתמש בחומרים ששימשו לייצורו כחומר גלם לייצור רהיט חדש מאותו סוג.

מהי גישת "מעריסה לעריסה?"

הערה למורה לעמוד 18

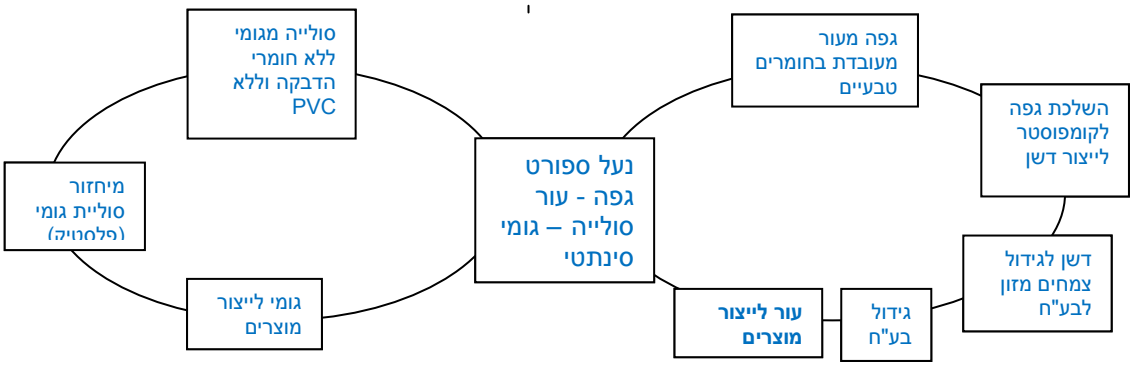
חברה ידועה נוספת מייצרת נעלי ספורט מסדרת מיוחדת בגישת "מעריסה לעריסה" וחוסכת חומרי גלם הנחוצים בתהליך הייצור. בתהליך הייצור של נעלי הספורט בסדרה זו מטפלים בעור בחומרים צמחיים טבעיים בלבד. מסדרים את שכבות העור בנעל כך שמשקלה יהיה קטן יותר. הסולייה עשוייה מחלקים המתחברים זה לזה ללא חומרי הדבקה מזיקים כדי להקל על המיחזור. חשוב להדגיש שבתהליכי הייצור לא נעשה שימוש ב-PVC (Polyvinyl Chloride).

כתוצאה מהשינויים בתהליך הייצור של הנעל פחתה כמות הפסולת בתהליך הייצור בשיעור של 63%, פחת השימוש בחומרים כימיים מזיקים ב-80% וכמות האנרגיה הנצרכת לייצור נעל ספורט קטנה ב-37% מזו הנחוצה לייצור נעל ספורט רגילה.

PVC הוא סוג פלסטיק המשמש בייצור מסחרי כבר משנת 1936.

שימושיו רבים מאוד: מחליף חומרי בנייה כגון טיט, בטון ועץ. בצורתו הקשיחה מייצרים ממנו כרטיסים לשימוש רב פעמי (כרטיסי אשראי, כרטיסי נסיעה), אביזרי אינסטלציה, תקליטים ועוד. בצורתו הרכה מייצרים ממנו בדים, משטחי ריפוד ציפו רצפות ועוד. החומר רעיל לסביבה בשלב הייצור ובשלב שבו הוא מתיישן.

תרשים הייצור של נעל הספורט על פי גישת "מעריסה לעריסה"



דוגמה נוספת לחברה בענף הטקסטיל המייצרת מוצרים בגישת "מעריסה לעריסה":

חברה המשווקת לשוק הטקסטיל חוט טוויה בשם Zeftron Savant העשוי מסיב ניילון 6, חוט שאפשר למחזור פעמים רבות. החוט תוכנן כך שניתן יהיה להחזיר אותו למפעל ולייצר אותו מחדש – הוא מתפרק למרכיביו הבסיסיים והופך לחומר חדש ממנו טווים שטיחים חדשים. באופן זה החברה יכולה לקבל גם שטיחים ישנים שניטוו בניילון 6, ולהפוך אותם ל-Zeftron Savant. זהו מוצר קלאסי של גישת "מעריסה לעריסה".

גישת "מעריסה לקבר"

תשובות לשאלות בעמוד 19

1. גישת "מעריסה לעריסה" משנה את כל התפיסה לפיה יש לייצר מוצרים. היא מתבססת על מחזורי החומרים בטבע ומציעה לפתח תהליכי ייצור המתבצעים באופן דומה. יש כאן שינוי מהותי בתפיסת תהליכי הייצור – במקום להתמקד בעיצוב ובייעול תהליכי הייצור מבחינה כלכלית, לייעל אותם גם מבחינה סביבתית (שבסופו של דבר גם מביאה תועלת כלכלית אם לוקחים בחשבון גם עלויות חיצוניות). לחשוב כבר משלב התכנון כיצד יוכל המוצר בסוף חייו, להפוך לחומר גלם עבור מוצר אחר.
2. בגישת "מעריסה לקבר" משמשת גישת המיחזור כאחת מהשיטות לטיפול בפסולת לאחר שהיא כבר נוצרה, במטרה לעשות שימוש מחדש בחומרים האגורים בפסולת. על פי גישה זו מייצרים תחילה מוצר ורק אחר כך חושבים מה אפשר לעשות בו בסוף מחזור חייו כדי שלא להשליכו מיד לפסולת. בגישת "מעריסה לעריסה" המיחזור הוא חלק בלתי נפרד מתהליך הייצור ומונע יצירת פסולת מלכתחילה.
3. בגישת "מעריסה לקבר" הנחת היסוד היא שיצירת פסולת הכרחית. אפשר לצמצם את הכמות הנוצרת על ידי מיחזור של נפלים בתהליך הייצור או מיחזור הפסולת לאחר שהיא כבר נוצרה. אין כאן מאמץ למנוע כליל יצירת פסולת.

הערה

אפשר לקשר את ההצגה של שתי הגישות – "מעריסה לעריסה" ו"מעריסה לקבר" לכותרת של הפרק שהוצג לעיל ולהשוות ביניהן: איזו גישה מדגישה את התפיסה של פסולת כמטרד ואיזו גישה מדגישה את התפיסה של פסולת כמשאב.

פרק 2
גישות לטיפול בפסולת מוצקה

הפחתת פסולת במקור ומניעת היווצרות פסולת - Reduce

תשובות לשאלות תחת חקר מקרה בעמוד 27

1. מיחזור- נייר וקרטון, שמן, מחסניות דיו. הפחתה במקור: חיסכון במים.
2. המרכיב העיקרי בתהליך הוא החיסכון בעלויות ההטמנה של הפסולת בגלל הפחתה בכמות המועברת להטמנה.
3. מרכיב נסתר אחד הוא מחיר ההובלה של הפסולת, פחות פסולת – פחות סבבים של מכונית לאיסוף הפסולת. וכך מחיר פינוי האשפה יורד.
4. המטרה שהושגה היא פיתוח מעגלי מיחזור, אמנם לא במפעל עצמו אלא מחוץ למפעל כיוון שלא ממחזרים חומרי הגלם של פס הייצור במפעל, אלא חומרי גלם של מוצרים נלווים: אריזות למיניהם.

   היצרן יכול לפתח טכנולוגיה לייעול תהליכי הייצור ולחסוך על ידי כך חומרי גלם ואנרגיה המשמשת לייצור.

תשובות לשאלות תחת גרף 4 בעמוד 28

1 א. משקל החומרים שאי אפשר למחזר הוא 40 ק"ג, 3.3% ממשקל המכונית.

   ב. אי אפשר לומר על המכונית שהיא ידידותית, אין לנו מידע על יתר החומרים המרכיבים את המכונית אם הם בני השבה בגישת טיפול אחרת או לא.

2. 2006, הכמות היא 40 ק"ג, 2008 הכמות היא 22 ק"ג. הפחתה של 45%.
3. 2006 – הכמות היא 40 ק"ג, 2007 הכמות היא 28 ק"ג: הפחתה של 30%, 2009 הכמות היא 22 ק"ג, הפחתה של 21.4%.
4. נעשה שימוש בטכנולוגיות ובחומרים שפותחו עד כה. טכנולוגיות חדשות וחומרים חדשים נמצאים בשלבי ניסוי.

הערה

להרחבת הדיון בנושא אפשר להיעזר באתרים של חברות המייצרות מכוניות: טויוטה, קיה, פורד ואחרות, תחת סעיף איכות הסביבה. לדוגמה, חברת קיה: http://kia-israel.co.il , איכות הסביבה.

אתר רכב ותחבורה: http://www.rechev.net/50683/AUTOPARTS

מידע מתוך מאמר המוצג באתר הנ"ל: **חלפים לרכב מחומרים טבעיים?**

יצרני רכב וחלפים לרכב נדרשים לעמוד ביעדי מיחזור מחמירים לגרוטאות רכב, שמכתיבה הדירקטיבה האירופאית. היצרנים מקדישים מאמץ רב כדי להרחיב את מעגל החומרים ברי המיחזור בתעשיית הרכב. במסגרת זו הם מחפשים חומרים טבעיים לשימוש ברכב ובחלקיו. מגמה זו היא עדיין בתחילת דרכה אם כי חברות שונות כבר הציגו מוצרים מסוג זה: פאנלים וגג למכונית מביופלסטיק, שטיחים מסיבי בננה, רצפת רכב העשוייה משכבות של סיבי עץ דחוסים, כאשר השכבה האמצעית עשוייה משאריות צמיגים, מילוי לצמיגים על בסיס תירס ועוד.

הפחתה במקור על ידי הצרכן - גישה מכוונת צריכה

תשובות לשאלות בעמוד 30

1. ייצור מוצרים מחומרים ידידותיים לסביבה – זהו שינוי בתפיסה שמטרתו לייצר מוצר שלא יהפוך לפסולת בסוף חייו. מאפיין את גישת מעריסה לעריסה. המוצרים אינם רעילים לסביבה ורובם פריקים או ברי מיחזור.

הפחתת שימוש במוצרים – הקטנת צריכה, אינה משפיעה על אופי המוצר ולכן זו עדיין גישה של "מעריסה לקבר".

ייעול תהליכי ייצור תוך שימוש בכמות קטנה יותר של חומר גלם או בשאריות של חומרי גלם: עדיין מוביל לייצור מוצר שהופך לפסולת ואם אי אפשר למחזר אותו למעגל ייצור או לקומפוסט הרי שזוהי גישת "מעריסה לקבר".

2. השכרת אופניים – צמצום ייצור מוצרים, לא כל אחד צריך לקנות אופניים משלו. יש חיסכון בחומרים ובאנרגיה המשמשים בייצור אופנים.

שירותי צילום ומכבסה – צמצום ייצור מוצרים וצמצום צריכה פרטית לצורך בעלות על המוצרים. במקום מכונת כביסה לכל בית, יש מכונת כביסה למספר בתים.

שימוש בגפת זיתים לבעירה – שימוש בפסולת לאנרגיה ובכך יש הפחתת פסולת להטמנה.

כלים חד פעמיים מבמבוק – מוצר שיכול להיות מושלך למעגל מיחזור של פסולת אורגנית.

3. טבלה 3 השלמה:

דוגמאות להפחתה במקור על ידי צרכן	**יתרונות לסביבה**	**חסרונות לסביבה**	**מידת כדאיות יישום**
הפחתת השימוש בכלים חד-פעמיים	מפחית את כמות הפסולת כיוון ששימוש בכלים חד-פעמיים פירושו: השתמש וזרוק. מפחית את כמות פסולת הפלסטיק שהיא בעייתית מאוד לסביבה כיוון שאינה מתכלה. ניתן להשתמש בכלים חד-פעמיים מתכלים: מפחית שימוש בתשומות אחרות הנדרשות לייצור ולהובלה: מים ודלק.	מצריך שימוש במים ובחומרי ניקוי לשטיפת כלים. שימוש בכלים חד-פעמיים מתכלים לא מפחית צריכה.	בתהליך ייצור פלסטיק יש שימוש במים. אפשר להשתמש בחומרי ניקוי ידידותיים לסביבה. צמצום השימוש בכלים חד-פעמיים מפחית את כמות הפסולת. מעורר מחשבה על הצריכה. <u>מסקנה</u>: כדאי ליישם כיוון שבסה"כ היתרונות עולים על החסרונות.

הפחתת אריזות נייר	חוסך שימוש בנייר ומפחית כמות של פסולת נייר. מצמצם ייצור נייר על כל הזיהום הנלווה. מפחית כריתת עצים לצורך ייצור נייר. עצים אלה גם מהווים בית גידול לאורגניזמים רבים.	ייתכן שיגבר השימוש באריזות פלסטיק וזכוכית.	יש יתרון בהפחתת אריזות בכלל. כדאי אם תהיה הפחתה בכמות אריזות בכלל.
שימוש בדוא"ל ובמסרונים	חוסך שימוש בנייר משרדי ומפחית כמות של פסולת נייר בתנאי שלא מדפיסים כל דבר.	צריכת אנרגיה להפעלת המחשב. עבודה מול מחשב חושפת את האדם לקרינה.	המחשב הוא חלק מחיינו ופועל בכל מקרה. יש להקפיד לכבותו בתום השימוש. הפחתת פסולת נייר הופכת פעולה זו לכדאית.
רכישת מוצרים באריזות גדולות	חוסך שימוש בחומרי גלם לייצור אריזות. חוסך פסולת אריזות.	אינו משפיע על הצריכה - אינו מצמצם צריכה.	מצמצם היקף השימוש באריזות וחוסך חומרים ואנרגיה בתנאי שאין גידול בצריכה
רכישת מוצרים מופחתי רעילות	מפחית זיהום מפחית סכנות בריאותיות	אינו משפיע על הכמות הנצרכת ועל הרגלי שימוש בחומרים.	אין שינוי בהרגלי השימוש ולכן עדיף שהחומרים יהיו ידידותיים לסביבה.

הערה

ניתן להוסיף לדיון עם התלמידים בתשובה לשאלה זו גם ניתוח איכותני של עלות– תועלת ביישום הדוגמה. דיון כללי על מחירים של המוצרים ועל החיסכון המושג. אפשר להפנות תלמידים לחפש מידע על העלויות הכספיות של המוצרים ושל חומרי הגלם / המשאבים המושקעים בייצורם.

הערה תחת השאלה בפינת העשרה בעמוד 30

אפשר באופן דומה לערוך סקרים על:

- ♥ מספר מכנסי ג"ינס ונעלי ספורט שיש לתלמידים ולברר מהו הצורך האמיתי – כמה זוגות מכנסיים ונעליים נדרשים לשימוש ומה נובע מצורך חברתי.
- ♥ אופי מסיבות סיום תיכון של כתות י"ב

- ♥ קניית בגדים ברשתות הנחשבות זולות כגון זארה, H&M, תמנון וכו׳: תדירות הקנייה, איכות הבגד, אורך חייו של הבגד, התאמת הבגד למה שקיים בארון, האם לבשת או לא לבשת את הבגד.
- ♥ מספר הסוגים של מעדני חלב / דגני בוקר ברשתות המזון – מהו המגוון הנדרש לקיום? מה נועד להגדיל את המכירות של החברה המייצרת?

מדיניות שלטונית להפחתה במקור

הערה לעמוד 31

בתמיכה טכנית הכוונה היא ליצירת תשתיות, מתקני קצה לטיפול בפסולת וכלים לאיסוף הפסולת.

כדי לבצע תוכניות חלוץ לבדיקת ייתכנות היישום של תהליך ההפחתה במקור על הרשות לשנות את כל המערך לאיסוף הפסולת שלה. חשוב להתאים את השינוי לאופי הרשות (גודל הרשות, חקלאית עירונית או כפרית) ולאופי התושבים הגרים בה (עד כמה הם מקפידים על שמירת החוק). רשות לא תניע תהליך מורכב ויקר מעין זה בתנאים של אי ודאות – אם לא תוכל להעריך עד כמה התהליך יפעל בהצלחה ואם יצליח ללא תמיכה של המדינה.

תמריץ כלכלי – תמיכות כספיות (תמריץ חיובי) או אגרות וקנסות (תמריץ שלילי).

הערות בעקבות השאלות בעמוד 32

1. יש מקום להסביר מהו חלקן של האריזות ביצירת פסולת: כמות, החומרים מהן עשויות אריזות שונות, אריזות מחומר אחד ואריזות המורכבות מכמה חומרים (קרטון חלב למשל), סוגי אריזות לפי רמת השימוש: לצרכן, לתצוגה, לשיווק ולשינוע
2. הצעות לפעילויות נוספות בנושא חוק האריזות:

- ♥ השוואה בין אריזת ופלים של 1 ק״ג לאריזת קטנות יותר, על ידי חברות שונות.
  נקודות להשוואה: גודל האריזה = כמות החומר באריזה, סוג החומר ממנו עשוייה האריזה, מספר אריזות של המוצר (חלוקה לאריזות פנימיות קטנות יותר).
- ♥ סקר התנהגות קונים: מהי אריזת מתנה שתמצא חן בעיניך? – לחבר עם התלמידים שאלון סקר העוסק באופן שבו נוהגים לארוז מתנה: על איזה חלק של האריזה ניתן לוותר? האם הייתם מוותרים על האריזה כדי לשמור על הסביבה? כיצד ארזו מתנה פעם בימי ההורים, הסבים?
- ♥ סקר חברות על חשיבות האריזה ביצירת המותג – לחבר שאלה שתופנה למספר חברות ותעסוק בשימוש באריזה ליצירת מותג. עד כמה הם מוכנים לשנות כדי לשמור על הסביבה: האם את חומר האריזה בלבד? גודל האריזה? לוותר עליה בכלל?
- ♥ איסוף נתונים:

איך ארוזה ארוחה שהבאתי לבית הספר? (מספר האריזות שהשתמשתי, סוגי חומרים, מספר האריזות לשבוע? לחודש? מספר אריזות כיתתי, שכבתי?)

איך אורזים ארוחות אישיות במדינות אחרות למשל יפן, בריטניה?

3. אריזה 1: אריזה ראשונית של המוצר באופן שימנע קריעה של השקית / קרטון וכו'. אריזה רב שכבתית מגינה מפני רטיבות, שומרת על צורת המוצר. מאפשרת תצוגה של המוצר לצרכן הסופי.

אם זה מוצר שביר: כלי זכוכית, מכונת כביסה, מקרר וכו מרפדים את האריזה כדי למנוע פגיעות במוצר.

אריזה 2: אריזה של כמה מוצרים יחד לחבילה המיועדת לשיווק לקמעונאי / סיטונאי. קרטונים מסוגים שונים או אריזה גדולה עטופה בסרט נדבק. לפעמים מרפדים את האריזה הגדולה כדי לשמור על המוצרים מפני פגיעה.

אריזה 3: אריזה במשטחים גדולים המיועדים למשלוח ליעד, לרוב מציבים אותם על משטח עץ ועוטפים יחד בניילון דביק. אריזה שאותה מכניסים למכולה.

אריזה 4: מכולה הנכנסת לבטן האונייה / מטוס.

4. מוצע לקיים דיון כיתתי בשאלה לתלמידים העוסקת בחוק האריזות.

חוק האריזות מציג יפה חשיבה סביבתית כוללת שתלמידים יכולים לבדוק השלכות חברתיות וכלכליות שלה.

חומר רקע לדיון כיתתי בנושא זה אפשר למצוא במידע המצוי ברשת האינטרנט ועוסק בחוק הפיקדון, בחוק האריזות ובלוגו הנקודה הירוק. כן מומלץ להיעזר ב"מסמך המלצות לטיפול בפסולת אריזות בישראל" שנכתב על ידי; אופירה אילון, מיכל נחמני, טל גולדרט, גדי רוזנטל, עידן דורפמן, מיכל גרוסמן, מרדכי שכטר, 2010

תשובות לשאלות הסיכום בנושא של הפחתה במקור בעמוד 33

1. עלויות שיש לקחת בחשבון: עלות מחקר לאיתור חומרים ותהליכי ייצור ידידותיים לסביבה, עלות תכנון מוצרים, עלות חקיקה תואמת (מערך אכיפה הכולל אנשי שטח ואנשי מינהלה), מנגנון בקרה, פרסום והסברה לקהל. עלות טיפול בפסולת שנוצרה.

2.

יתרונות הגישה	חסרונות הגישה
הפחתה ניכרת בעלויות של טיפול ישיר בפסולת בשל הפחתת כמות הפסולת. העלויות העיקריות הכרוכות ביישום החלופה כוללות עלויות מחקר, תכנון מוצרים, ניהול מערכות פסולת, חקיקה חינוך והסברה. הן נמוכות בהרבה מעלויות טיפול ישיר בפסולת.	יישום החלופה מצריך שינוי בגישה ובדפוסי ההתנהגות של כל הגורמים במשק (ממשלה, מוסדות, תעשיה וצרכנים). זהו שלב קשה ליישום. מיחזור יוצר זיהום אוויר שיש לטפל במניעתו.

3. תרומת הגישה להפחתת פסולת במקור – היא אמורה להביא להפחתה ניכרת בכמות הפסולת שנוצרת כיוון שהיא פועלת בשני ערוצים גם יחד: שינוי בחומרים ובתהליכי הייצור, ושינוי בהרגלי הצריכה של הפרט ושל הציבור כולו.

החיסכון במשאבים נובע מצמצום צריכה (פחות ייצור), אם כי ייתכן שאפשר להשיג חיסכון דומה ואף גדול יותר בגישות אחרות.

4. א. אכן יש מקום להפסיק את השימוש בקלקר. פתרונות טכנולוגיים חדשים מאפשרים

מיחזור של החומר אבל יש קשיים רבים באיסופומניעת פירוקו לפירורים.

ב. יש התומכים בגישה זו מתוך ניסיון שנצבר בעולם: בכל מדינה שהונהגה בה חובת תשלום, פחתה באופן ניכר צריכת השקיות. המתנגדים טוענים שזהו סוג של מס הפוגע בשוויון בין שכבות האוכלוסייה.

5. שימוש בשקיות רב-פעמיות: בד, פלסטיק עמיד, סלי קנייה על גלגלים, שקיות רשת לירקות ולפירות במקום שקיות הניילון.

שימוש בשקיות מחומרים מתכלים על בסיס ביולוגי כגון פלסטיק על בסיס תירס או סויה. שימוש זה מעורר דילמה אחרת של גידול תירס / סויה ליצור במקום לגדל מזון (בדומה לגידול צמחים לייצור אנרגיה).

הערה: בדילמה זו כדאי לעסוק כאשר מדברים על מיחזור פלסטיק ועל פלסטיק שמכינים מחומרים טבעיים מן החי.

6. חוק האריזות מחייב יצרן לאסוף את האריזות של מוצרים שברשותו לצורך מיחזורן. היצרן יחוייב לאסוף את אריזות הקלקר ולשלם עבור מיחזורן. כיוון שהחומר קשה למיחזור, סביר להניח שהתשלום יהיה גבוה והיצרן /היבואן יחפשו חומרים חלופיים לקלקר.

7. לעץ יש ערך מוסף כמטהר אוויר וכבית גידול ליצורים רבים. למרות גידול העצים בחלקות המיועדות לתעשייה, מספרן הכולל של חלקות היער בעולם פחת במידה ניכרת במאה ה-20 ולכן שימוש בשקיות נייר אינו הפתרון היעיל להחלפת שקיות הפלסטיק.

הערה

יש מצגת יפה של המועצה לארץ ישראל יפה העוסקת בהשוואת בין שקית פלסטיק לשקית נייר. כדאי להציגה בפני התלמידים ולדון בשאלה מה עדיף?

קישור למצגת: *www.yamidbar.co.il/AllSites/1273/Assets/problems.pps*

הערה לפינת הדילמה בעמוד 33

הפתרון הידידותי ביותר הוא כמובן חיסכון באריזות בכל דרך אפשרית - נושא זה נדון בהרחבה בפרק הבא העוסק בשימוש חוזר.

שימוש חוזר ושימוש מחדש - Reuse

תשובה לשאלה בעמוד 34

אריזה חזקה שאינה נקרעת או מתפרקת לאחר שימוש ראשוני.

אריזה שאינה נהרסת כאשר סוגרים אותה ומאפשרת שימוש ממושך כמו לדוגמה: מכלי רסק עגבניות בעלי מכסה קשיח יותר הניתנות לשימוש כקופסה, מכלי גלידה / חומוס וכו'.

אריזה המאפשרת גישה לחלקים פנימיים לצורך החלפתם כמו למשל אריזה של מכשיר אלקטרוני: טלפון נייד, מחשב או מכשיר חשמלי אחר (פנס).

הערה לפינת הדילמה בעמוד 34

יש כאן דילמה של עלות מול תועלת המאפשרת להעלות את נושא העלויות העקיפות ואת הצורך בראייה סביבתית רבת מימדים.

ניתן גם להיעזר בשאלה 3 עמ' 32.

שימוש מחדש

הערה

כדאי להביא דוגמאות למוצרים שנעשה בהם שימוש מחדש כמו למשל:

ספסל הבנוי על בסיס צמיגים ומילוי פסולת של אריזות פלסטיק.

פסיפס העשוי משברי קרמיקה.

פסלי מתכת מחלקי גרוטאות.

רהיטי גינה ופרגולות מפסולת עצים כגון אדניות רכבת.

קיר מפריד העשוי בקבוקי שתייה מפלסטיק, מיצגי אמנות העושים שימוש במכלי שתייה וכו'.

אתר מעניין העוסק בשימוש חוזר

www.reuse.org.il/talk_reuse_person.php?id=14

תשובות לשאלות בעמוד 35

1. עלויות שיש לקחת בחשבון: במקרה של שימוש תעשייתי - עלויות איסוף החומרים, שטיפה כולל הקמת קו ייצור לשטיפה.

   במקרה של שימוש קהילתי או פרטי - עלות שכירת מקום / סטודיו, אנשים לתפעול.

2+3.

יתרונות הגישה של שימוש חוזר REUSE	חסרונות הגישה של שימוש חוזר REUSE
הפחתת כמות הפסולת המגיעה להטמנה כיוון שחלקה מנוצלת מחדש. הפחתת שימוש במשאבי טבע ליצירת מוצרים חדשים. מודעות לפסולת כמקור לחומרי גלם ליצירת מוצרים חדשים גם אם לא מופעל תהליך תעשייתי. **<u>הרחבה</u>** אפשרות של תעסוקה לקהילות בעלות צרכים מיוחדים.	במקרים מסוימים - עלות גבוהה הכרוכה בהכנת המוצר לשימוש חוזר. לפעמים העלות גבוהה יותר מזו הדרושה לייצור מוצר חדש (הכוונה לעלות ייצור נטו שהן עלויות ישירות, לא כולל עלות חיסכון במשאבים ועלות טיפול בפסולת). גם עלות של מוצר בשימוש מחדש יכולה להיות גבוהה מאוד כיוון שכל פריט הוא ייחודי. הצורך במיון המוצרים לצורך שימוש מחדש על פי אמות מידה של איכות המוצר ובטיחות מסרבל את התהליך. איסוף חומרים שהם פסולת אינו מאפשר ייצור מסחרי של מוצרים בשימוש מחדש, רק ייצור בסדנה. אינו מאפשר רציפות כמקור לאספקת חומרי גלם.

תעסוקה לקהילות מסורתיות בדומה למלאכות מסורתיות, לדוגמה, הכנת סלים מפחיות שתייה.	שימוש במים רבים לצרכי שטיפה ,שימוש בדטרגנטים ובחומרים העלולים לזהם את הסביבה, עלות סביבתית של ניקוי מים שהזדהמו.

4. נקודות לדיון בשאלה זו:
האם יש כאן שימוש בפסולת שלא בייעודה המקורי?
האם תוספת חומרים (דבק, צבע, בטון) הופכת את התהליך לתעשייתי?
האם הפתרון עונה על צורך במוצר ונותן פתרון שתורם להפחתת פסולת?
האם אין כאן מענה לצורך חינוכי בלבד?
האם לא כדאי לטפל בפסולת בגישה אחרת?
מהו פסל סביבתי?
5. תרומת הגישה להפחתת כמות הפסולת – כמות הפסולת פוחתת אך התרומה העיקרית היא בשינוי הגישה לפסולת המיוצרת על ידי כל אדם, שיכולה להביא למעורבות רבה יותר בהפחתה במקור.
חיסכון במשאבים – יש חיסכון במשאבים אך התרומה מעטה בהשוואה לגישות האחרות, מאחר שלא מייצרים מוצרים חדשים.

תשובה לשאלת הרחבה

אין תשובה חד-משמעית. במסגרת השיקולים בעד ונגד יש לקחת בחשבון כמה היבטים: עמידות המוצר בהשוואה למוצר זהה או דומה מהדור החדש, איכותו, עלות התיקון מול עלות קניית מוצר חדש.
עד כמה המכשיר נחוץ - ערך רגשי.
אפשר להשוות כדאיות כלכלית של כמה מוצרים: שעון יד לשימוש יומיומי, משקפי שמש, נעליים, מכשיר חשמלי ביתי קטן (מצנם וכו'), מכשיר ביתי חשמלי גדול (מקרר, מכונת כביסה וכו'), רהיט.

מיחזור פסולת - Recycle

תשובות לשאלות בעמוד 36

1. עלויות שיש לקחת בחשבון:
הקמת תשתיות – מרכזי מיחזור בשכונות.
איסוף פסולת, כל מרכיב בנפרד שפירושו סבבים של איסוף פסולת (משאית, פועלים, דלק).
מערך של אכיפה לצורך הפרדת פסולת או למיון פסולת על פי דרישות המיחזור.
מערך של פרסום והסברה לציבור בנושא הפרדת פסולת.

.3+2

יתרונות הגישה	חסרונות הגישה
צמצום ניכר בכמות הפסולת צמצום בשטחי הקרקעות המשמשים לצורכי הטמנה בעקבות הצמצום בכמות הפסולת. צמצום בעלויות ייצור ישירות וביבוא של חומרי גלם – חיסכון רב למגזר התעשייתי (זה נכון כאשר הפסולת למיחזור נקייה מחומרים שאינם מתאימים לייצור ואין צורך להשקיע משאבים ואנרגיה בניקויה).	ביצוע יעיל של מיחזור מצריך חומרים אחידים (הומוגניים), בעוד שבפסולת כל החומרים מצויים בתערובת. יש צורך במערך הפרדה של הפסולת לפי מרכיביה השונים והחזרתם למעגלי הייצור כחומרי גלם. (איור 1) על מנת שהמיחזור יתבצע ביעילות, יש להקפיד על הפרדת הפסולת למרכיביה ונחוץ שיתוף פעולה בין האזרחים לרשות המקומית. יש ליצור שוק למוצרים העשויים מחומר ממוחזר. דרושים מפעלי תעשייה שיעבדו את החומרים המופרדים לחומרי גלם ומפעלים שישתמשו בחומרי הגלם הללו ליצירת מוצר סופי.

כדאי להדגיש כאן את ההבדל בין הפחתה כוללת בכמות פסולת לבין הפחתת כמות פסולת המופנית להטמנה.

א. גישה המיחזור מאפשרת להשיב כמות גדולה של חומרים מהפסולת ויש לה תרומה גבוהה להפחתת כמות פסולת המופנית להטמנה.

הגישה לא בהכרח תורמת להפחתת כמות פסולת בכלל משום שהיא יכולה להביא לעלייה בצריכה כי אם הצרכנים עלולים לחשוב שאם ניתן למחזר הרי שיש פתרון לפסולת, ואפשר להמשיך לצרום מוצרים ללא הגבלה.

ב. שימוש בפסולת כחומר גלם בתהליך ייצור חוסך כמות רבה של משאבים כולל משאבי אנרגיה.

הערה

אפשר להרחיב את הדיון בכיתה ולהדגיש שמיחזור תורם במידה רבה להפחתת כמות הפסולת המופנית להטמנה גם בהשוואה לתרומת הגישה של שימוש חוזר. בשתי הגישות המטרה היא לצמצם את כמות הפסולת המגיעה להטמנה. בגישת השימוש חוזר / השימוש מחדש המוצר עובר תהליך שימוש נוסף לפני הגיעו למטמנה. אחרי השימוש הנוסף יכול המוצר להיות חלק מתהליך המיחזור המוציא חומרים מזרם הפסולת ומקטין את כמות הפסולת המופנית להטמנה.

חקר מקרה: מפעל לייצור לוחות פלסטיק חלולים

תשובות לשאלות בעמוד 37

1. אזור הייצור – שאריות של חומרי גלם, שאריות מתהליכי הייצור (מוצרים פגומים), הטיפול הוא מיחזור לתוך תהליך היצור של 95% מהפסולת. מכירה לקבלן כחומר גלם למפעלים אחרים.

   אזור האחסון ואזור האריזה – אריזות, משטחי עץ, נמכרים לקבלן לשימוש חוזר.

   אזור המשרדים – נייר, טיונרים, מחסניות דיו. נייר נגרס לשימוש מחדש כמצע לרפת. טיונרים ומחסניות דיו מועברים למיחזור (לא למילוי חוזר) פלסטיק.

2. הפרדה של הפסולת לסוגיה ושמירה על "ניקיון" של כל סוג פסולת – שלא יתערבב עם פסולת אחרת. על המפעל למיין את הפסולת לסוגיה, כי כל קניין מעוניין בסוג מסוים של פסולת הנחוץ לו.

3. למרות העלייה במחיר לפינוי מכל אחד, מספר המכלים פחת מאוד ולכן מכפלת הסכום במספר המכלים נמוך באופן ניכר מהמכפלה שלפני התהליך.

   הרחבה: העלייה במחיר המכל הבודד נובעת מדרישות הקבלן המפנה. בהסכם ההתקשרות הקבלן מבטיח לעצמו את הכדאיות הכלכלית של הפינוי על ידי הגדרת סכום כולל מינימלי לפינוי, סכום זה מתחלק במספר המכלים הקיים. כאשר מספר המכלים גדול העלות למכל נמוכה ולהיפך.

4. המקור העיקרי הוא החיסכון במחיר ההטמנה.

   מחיר ההטמנה למכל פסולת עלה (כוחות שוק).כיוון שיש פחות מכלים להטמנה, 18 במקום 48, הסכום הכללי נמוך יותר מאשר לפני תחילת התהליך. יש חיסכון גדול מאד בכמות הפסולת להטמנה (קטן פי 30) ולכן המחיר להטמנה פחת מאוד.

   בנוסף נוצרו רווחים ממכירת פסולת לקבלנים שונים.

5. המפעל אכן עוסק בהפחתת פסולת ומקטין פגיעה בסביבה אבל החומר שהוא מייצר, פלסטיק, עלול להוות בעיה לסביבה. ולכן האפשרות לקבל תו ירוק אינה ודאית.

תשובות לשאלות תחת גרף 5 בעמוד 38

1. א. ארה"ב: שנת 1990 אחוז המיחזור הוא 16%, שנת 2009 אחוז המיחזור הוא 34%, גידול פי 2.13.

   ב. יפן: שנת 1990 אחוז המיחזור הוא 6%, שנת 2009 אחוז המיחזור הוא 14.5%, עלייה של פי 2.42.

2. בשנת 2007, אחוז המיחזור בארה"ב הוא 33%, ביפן - 14%, הבדל של פי 2.36.

   בשנת 2000, ארה"ב - 29%, יפן - 12%, הבדל של פי 2.42.

3. יש שתי סיבות אפשריות: אחת מוצגת במקרא לגרף והיא, הפניית פסולת לשרפה בשיעור גבוה מאוד ביפן: כ-80%. השנייה – התנהגות הציבור. ביפן הציבור "ממושמע" יותר מארה"ב ולמרות היותה חברה צרכנית (ראה קטע פותח מספרה של שפרה הורן), מרגע שהונהגה מדיניות ממשלתית של מיחזור, הציבור נאמן ומקפיד על מימושה.

שיטות להפרדת פסולת למיחזור

הפרדה במקור – לפני איסוף הפסולת

הפרדה במקור למרכיבים השונים

הערה לעמוד 39

ההפרדה במקור מקשה מאוד על הרשויות המקומיות מאחר שכל סוג פסולת נאסף על ידי חברה אחרת. כל כן על הרשות לחתום חוזים עם כמה קבלנים שכל אחד דואג רק למכלים עם הפסולת שהוא אוסף. צריך גם לדאוג לנגישות של רכב האיסוף אל המכלים ולהקפיד שהאזרחים יפרידו נכון את הפסולת.

הערה על הגישה השנייה של הפרדה במקור בעמוד 40

כדאי לעמוד על הקושי לשנות את ההרגלים של הציבור וגם את תפיסתם של מקבלי ההחלטות ברשות בכל הקשור לניהול סביבתי בכלל ולטיפול בפסולת בפרט.

באתר המשרד להגנת הסביבה ניתן למצוא סרטונים העוסקים בהפרדה במקור שהופקו על ידי הרשויות השונות כדי להניע שינוי הרגלים בקרב התושבים. מומלץ לצפות בהם.

מה גורם לרטיבות הפסולת?

תשובה לשאלות תחת גרף 6 בעמוד 43

1. פסולת שמקורה מבעלי חיים וצמחים – שיירי מזון וגזם - מכילה כמויות גדולות יחסית של מים, שכן גופם של הצמחים ושל בעלי החיים מורכב מאחוז גבוה של מים.
   בתהליך השרפה של חומר אורגני מתאדים רוב המים ומתקבל אפר המכיל כמות נמוכה מאוד של מים.
2. במתכות ובזכוכית כמות המים אפסית. הנייר סופג מים בנקל ממקורות שונים (גם אדי מים מהאוויר) ולכן, תכולת המים שלו גבוהה יותר.

הפרדה לשני זרמים בישראל

הערה לעמוד 43

על פי הנחיות המשרד להגנת הסביבה, הפרדה במקור מתייחסת להפרדה לשני זרמים, יבש ורטוב.

1. **זרם רטוב (אורגני) נקי** - שאריות המזון ומרכיבים אורגנים המתפרקים בטבע (פריקים ביולוגית), ללא אריזות, כגון: פירות, ירקות, מוצרי חלב, מאפים ועוד.
2. **זרם יבש (אחד או יותר)** - אריזות ומרכיבי הפסולת האחרים בעלי תכולת רטיבות נמוכה, כגון: קופסאות שימורים, טיטולים, שקיות פלסטיק, טקסטיל ועוד לפי גישה זו, התושבים יפרידו את הפסולת בבתים לשני הזרמים, שיאספו בנפרד.

הזרם הרטוב יועבר למפעל לטיפול בפסולת אורגנית.

הזרם היבש יועבר לתחנת מעבר למיון פסולת לצורך מיון של מרכיבי פסולת למחזור.

חומר שאינו בר מחזור יועבר לאתרי הטמנה לפסולת מעורבת.

ההפרדה במקור לא מתייחסת למיון במרכזי מיחזור שבהם מוציאים חומרים מתוך הפסולת הביתית.

אתר המשרד להגנת הסביבה, 7/5/2012

בסוף יוני 2011 החל ניסוי חלוץ של הפרדה במקור לשני זרמים בקרב 31 רשויות מקומיות בתמיכת המשרד להגנת הסביבה. כדאי לעקוב עם התלמידים בכיתה אחר מידת ההצלחה של תהליך הפרדת הפסולת ברשויות אלה.

כדאי לקבל מידע מרשויות אלה על דרכים שהן נוקטות לשינוי הרגלי הציבור ועל מידת ההצלחה בנושא, להציגו לפני התלמידים ולעורר דיון בשאלה כיצד ניתן לשכנע את הציבור לשנות הרגלים: מזריקת הפסולת לפח אחד – להפרדת פסולת בכמה מכלים / שקיות .

מיחזור של פסולת אורגנית

הערה לעמוד 45

1. אפשר לבחון את תרומת הקומפוסטציה משתי נקודות מבט:

   א. הפסולת משמשת חומר גלם לייצור קומפוסט לשימוש חקלאי.

   ב. הפחתת כמות הפסולת המופנית להטמנה הודות להוצאת חומרים מהפסולת המתאימים לייצור קומפוסט.

   ההבדל בין שתי נקודות המבט אינו בתוצר הסופי – קומפוסט. הוא בא לידי ביטוי באיכות הנדרשת של התוצר הסופי ובחומרים שאפשר להפנות לתהליך ייצור הקומפוסט.

   קומפוסט המיועד לשימוש חקלאי צריך להיות באיכות גבוהה. לכן הפסולת צריכה להיות נקייה מחומרים היכולים להזיק לקרקע או לצמחים, ולהכיל אך ורק פסולת אורגנית. לעומת זאת אם המטרה היא להפחית את כמות הפסולת אפשר להפנות לתהליך הקומפוסטציה גם בוצות ופסולת ביתית שמכילה זכוכית ומתכות. במקרה זה יתקבל קומפוסט באיכות נמוכה אך הוא לא יתאים לשימוש חקלאי.

מעובד לפי מסמך הנחיות להקמה ולתפעול מתקני קומפוסטציה, דצמבר 2000 , המשרד להגנת הסביבה, אגף פסולת מוצקה

2. בוצה שלא עברה טיפול להוצאת מתכות כבדות שהיא מכילה, מעלה את ריכוז המתכות הכבדות בקרקע. המתכות נקלטות על ידי הצמחים עם המים שהם יונקים מהקרקע ומשם הן מגיעות אל הצרכנים במארג המזון. במחקרים נמצאו ריכוזי אבץ ונחושת ביבולים שגודלו על בוצות שלא טופלו. לא נמצאו מתכות ביבולים שגודלו על קומפוסט (בוצות מעובדות). בקומפוסט שמכינים מפסולת של בעלי חיים ומפסולת ביתית לא צפויה בעייה של מתכות כבדות.

מתוך מסמך סכום של אט"ד: הפורום האורגני, מפגש שלישי ספטמבר 2009

ערכים מרביים למתכות כבדות בקומפוסט לפי תקן ישראל 801, שנת 2000

מתכת	ריכוז מרבי (ח"מ)
אבץ Zn	2500
כספית Hg	5
כרום Cr	400
נחושת Cu	600
ניקל Ni	90
עופרת Pb	200
קדמיום Cu	20

קומפוסטציה – ייצור חומרים לטיוב הקרקע

תשובות לשאלות תחת גרף 7 בעמוד 46

מיקרואורגניזמים המשתתפים בכל שלב בתהליך:

<u>השלב המזופילי</u> – מיקרואוגניזמים מזופיליים (מזו – אמצעי כלומר מיקרואורגניזמים הפועלים בתנאי טמפרטורה ממוצעים) מפרקים את החומר האורגני קל הפירוק וגורמים לעליית הטמפרטורה.

<u>השלב התרמופילי</u>- עם העלייה בטמפרטורה מתים האורגניזמים המזופיליים. אורגניזמים תרמופיליים (אוהבי חום, גם הם לא יכולים לפעול ללא רטיבות!!) נכנסים לפעולה וממשיכים לפרק חומר אורגני. גם בשלב זה יש להמשיך לבקר את תנאי התהליך. אם יצטבר חום רב מדי והטמפרטורה תעלה מעל 800^0C ימותו גם התרמופיליים.

<u>שלב ההתקררות</u> – דעיכה בקצב הפירוק של החומר האורגני בגלל ירידה בכמותו. כמות החום הנפלטת גדולה יותר מכמות החום הנוצרת בערמה ולכן הטמפרטורה יורדת. עם הירידה בטמפרטורה יורד מספר האורגניזמים התרמופיליים ועולה מספרם של המזופיליים.

<u>שלב הייצוב</u> – נמשך באטיות תהליך הפירוק של החומרים האורגניים על ידי מיקרואורגניזמים מזופיליים.

הערה - יתרונות הקומפוסט

א. הקומפוסט מכיל רכיבים אורגניים שהוספתם משפרת את תכולת האוויר והמים בקרקע, את המרקם הפיזיקלי של הקרקע ואת יכולתה לספוח חומרי הזנה ועוד.

ב קומפוסט משמש תחליף לחלק מחומרי הדישון מאחר שהוא מכיל חומרי הזנה לצמחים, בעיקר מינרלים שונים. כאמור, הרכבו של הקומפוסט אינו קבוע כי הוא תלוי בחומרי המוצא שממנו הכינו אותו ולכן אינו יכול לשמש כחומר דשן שבו יש הגדרה ברורה של הרכיבים. לכן מוגדר הקומפוסט כמטייב קרקע ולא כחומר דשן.

ג. שחרור חומרי ההזנה (בעיקר חנקן) מהקומפוסט לתמיסת הקרקע הוא אטי ובכך נמנע איבוד חנקן וזיהום מי תהום.

ד. הקומפוסט מדכא מחלות צמחים ופיזורו יכול להפחית ואף למנוע מחלות צמחים שמקורן בפטריות, בחיידקים או בחומרים רעילים בקרקע.

ה. הקומפוסט משמש בית גידול טוב למיקרואורגניזמים בקרקע ומגדיל את המגוון של האוכלוסייה המיקרוביאלית ה"טובה".

הרחבה

פעילות הפירוק של חומרים אורגניים בקרקע יכולה לגרום לעלייה ברמת החומציות שלה באזורים שבהם הקרקע עשירה בחומרים אורגניים, דוגמת אזור "היער השחור" בגרמניה: תהליכי נשימה ותהליכי תסיסה המתבצעים על ידי המיקרואורגניזמים, גורמים לשחרור פחמן דו-חמצני לקרקע. פחמן דו-חמצני מגיב עם המים בקרקע ובתגובה הכימית נוצרת חומצה פחמתית. הירידה ב-pH יכולה לגרום לעלייה בריכוזם של יוני אלומיניום, ברזל ומנגן בקרקע, עד כדי קבלת ריכוזים שהם רעילים לצמחים.

<u>הצעה לפעילות עם תלמידים</u>:

השלימו את הטבלה הבאה על פי המידע שבטקסט ומידע שנלמד עד כה בנושא:

התהליך	**תוצר**	**יתרונות**	**חסרונות**
פירוק פסולת המכילה חומר צמחי			
נשימה אירובית ותסיסה של מיקרואורגניזמים			

תשובה

התהליך	תוצר	יתרונות	חסרונות
פירוק פסולת המכילה חומר צמחי	קומפוסט – רקבובית טבעית	העשרת הקרקע שיפור איכות הקרקע	
נשימה אאירובית ותסיסה של מיקרואורגניזמים	פחמן דו-חמצני ותרכובות פחמימניות פשוטות המשתחררות לקרקע חום משתחרר אל הקרקע	העשרת הקרקע בתרכובות פחמימניות הנחוצות לצמחים ובמרכיבים נוספים	עלייה ברמת החומציות של הקרקע, המובילה לעלייה בריכוזים של יוני אלומיניום, ברזל ומנגן עד רמת רעילות לצמחים. עלייה גדולה בטמפרטורת הקרקע

תשובות לשאלות לסיכום נושא הקומפוסטציה בעמוד 47

1. על פי תנאי האקלים: בצפון אירופה הלחות רבה כל השנה והטמפרטורה נמוכה. לכן עדיפה קומפוסטציה במכל סגור שניתן לשמור בו על טמפרטורה ועל לחות קבועים. בארץ הטמפרטורה גבוהה יותר ואילו הלחות משתנה מעונה לעונה והיא נמוכה מזו שבצפון אירופה. עדיפה קומפוסטציה פתוחה. ניתן להרטיב את הערמה לשמירה על לחות. בכל זאת ניתנת העדפה למכל סגור כדי למנוע מטרדי ריח בקרבת בתי מגורים.
החורף גשום בעיקר בצפון הארץ ולכן בחורף עדיף מכל סגור. בקיץ צריך להרטיב את הפסולת.

2. התנאים הדרושים: חומר גלם ברמת ניקיון גבוהה – ככל שהוא נקי מחומרים שאינם אורגניים איכותו גבוהה יותר; תנאי האוורור וטמפרטורה מתאימים, רטיבות מספיקה. תנאים אלו משפיעים על קצב הפירוק, כלומר על קצב יצירת הקומפוסט. משפיע גם היחס שבין הפחמן לחנקן בחומר האורגני העובר קומפוסטציה.
הרחבה: המיקרואוגניזמים המשתתפים בתהליך פועלים בסביבה לחה. ערמה יבשה או רטובה מדי תאט את פעילותם. הרטיבות תורמת גם לצינון הקומפוסט ומונעת עלייה בטמפרטורה של ערמת הקומפוסט מעבר לרצוי בזמן תהליך הקומפוסטציה.

3. דשן מכיל מרכיבים הנחוצים לצמחים ואין להם השפעה על הקרקע. הקומפוסט מכיל גם הוא חומרי דשן (בעיקר מינרלים שונים) אך עיקר השפעתו היא על איכות הקרקע ולכן הוא נחשב מטייב קרקעות: הוא מעשיר את הקרקע בחלקיקים ובכך משפיע על מבנה הקרקע ומאפשר כניסת אוויר ומים אליה. בקרקע חולית הוא משפר את תאחיזת המים בקרקע.
הקומפוסט מאפשר קיום של אורגניזמים בקרקע התורמים לאוורורה ולבריאות השורשים.
הקומפוסט עשיר במיקרואורגניזמים המשפיעים לטובה על אוכלוסיית המיקרואוגניזמים בקרקע. קצב שחרור המינרלים מהקומפוסט אל הקרקע הוא אטי ולכן השפעתו נמשכת פרק זמן ארוך.

4 מערך ניסוי הבודק מרכיבים שונים של הקומפוסטר

מרכיב נבדק	משתנה תלוי משתנה בלתי תלוי	מערך הניסוי	שאלות ומסקנות
השפעת נפח ערמת הפסולת על קצב הפירוק	משתנה תלוי- טמפרטורה משתנה בלתי תלוי – מספר ימי הפירוק (משך הזמן הדרוש ליצירת קומפוסט)	הכנת שלוש ערמות פסולת. כל ערמה בנפח שונה. הפסולת בכל ערמה זהה, מיקום בחצר זהה. מעקב אחר הטמפרטורה בכל ערמה במשך כל הימים הנדרשים עד לפירוק החומר.	מה אפשר ללמוד מהשינויים בטמפרטורה על מהלך פירוק הקומפוסט? מה הקשר בין נפח הערמה לטמפרטורה הנוצרת בה? מה הגודל המומלץ של מכל (נפח ערמה) ביתי ליצירת קומפוסט.

השפעת לחות ערמת הפסולת על קצב ייצור הקומפוסט.	משתנה תלוי- לחות ערמת הפסולת משתנה בלתי תלוי – מספר ימי הפירוק	הכנת חמש ערמות פסולת במכל בגודל זהה ובתנאים שווים של טמפרטורה. כל ערמה מקבלת כמות מים שונה ליצירת % לחות שונה: 20%, 40%, 60%, 80%, 100%. תדירות ההשקיה של הערמה זהה עבור כל הערמות.	מהו טווח הלחות המומלץ ליצירת קומפוסט? האם יש טווח לחות בו לא נוצר קומפוסט כלל? האם יש השפעה של אחוז הלחות על איכות הקומפוסט? אלו מדדים מתאימים לבדיקת איכות הקומפוסט.
השפעת האוורור על קצב הפירוק	משתנה תלוי – טמפרטורה משתנה בלתי תלוי – מספר ימי פירוק	הכנת שלוש ערמות קומפוסט זהות. ערבוב כל ערמה בתדירות שונה. ערמה נוספת ללא ערבוב כלל	כיצד משפיעה תדירות ערבוב הקומפוסט על משך הזמן הדרוש לייצור? מהו קצב הערבוב המומלץ?
השפעת יחס פחמן/ חנקן בחומרים שונים לייצור קומפוסט על קצב ייצור הקומפוסט	משתנה תלוי – טמפרטורה משתנה בלתי תלוי – מספר ימי הפירוק	מספר ערמות קומפוסט בעלות יחס פחמן/חנקן ראשוני זהה. לכל אחת מוסיפים מרכיב אורגני בעל יחס פחמן/חנקן ידוע. מעקב אחר הטמפרטורה של הערמה במשך פרק זמן של חודש.	מהו יחס פחמן / חנקן הקיים במרכיבים אורגניים שונים כגון, עלי אורן, קש, דשא קצוץ, ירקות? מהו יחס המרכיבים הרצוי כדי להשיג יחס פחמן/ חנקן מיטבי?
השפעת סוג הפסולת	משתנה תלוי – טמפרטורה משתנה בלתי תלוי – מספר ימי הפירוק	מספר ערמות קומפוסט – כשלוש ערמות. בכל ערמה סוג הפסולת שונה:	האם כדאי לייצר קומפוסט מסוג אחד של פסולת? האם כדאי לערבב מספר סוגי פסולת? האם יש קשר בין גודל מרכיבי הפסולת לקצב הפירוק שלה?

הערה

הניסוי הזה מזמן למידה שיתופית באחת משתי דרכים אפשריות:

מחלקים את התלמידים בכיתה לקבוצות, כל קבוצה בודקת השפעת מרכיב אחד וביחד מקבלים תמונה מקיפה של השפעת גורמים שונים על פירוק הפסולת ויצירת קומפוסט.

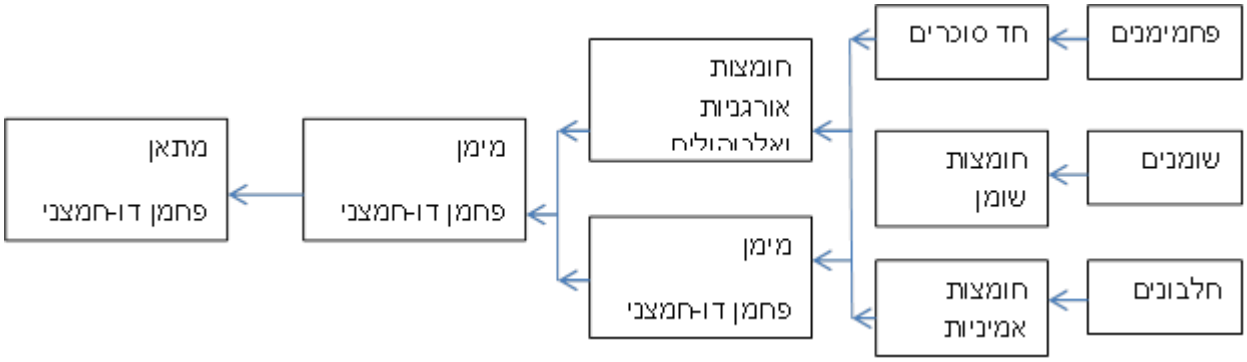
אפשר גם ליצור חפיפה בין קבוצות: כל קבוצה תבדוק שני גורמים וכך יתקבלו נתונים רבים יותר.

אפשר לבצע את הלמידה השיתופית באמצעות מסמך משותף בגוגלדוקס או בכל כלי מחשב שיתופי אחר.

עיכול אנאירובי

הערה

התרשים הבא מציג שלבים בתהליך העיכול האנאירובי:



פירוק (הידרוליזה) יצירת חומצות יצירת חומצת חומץ יצירת מתאן

שימוש בגזם ובמרכיביו

תשובות לשאלות בעמוד 51

1. הענפים והגזעים הם בעלי נפח וקשה לדחוס אותם יחד. לכן כשאוספים את הגזם נותרים רווחים גדולים בין המרכיבים והוא תופס נפח גדול.
2. קיצוץ הגזם וריסוקו מאפשר אריזה צפופה יותר של המרכיבים והנפח מצטמצם במידה ניכרת.
3. הטענה: גזם מרוסק מגביר את סכנת השרפות. ההסבר: קיצוץ הגזם מגדיל את שטח הפנים של הגזם וגדל גם שטח המגע עם האוויר. כך מגיעה לגזם כמות גדולה יותר של חמצן והבעירה שלו טובה יותר. משום כך גזם מרוסק דליק יותר והוא מגביר את סכנת השרפה.

הטיפול בגזם בישראל

תשובה לשאלות בעמוד 53

יתרונות:

<u>יתרונות לקרקע</u> – שומר על טמפרטורה ולחות יציבות, מפחית התאיידות, מונע סחף, מפחית עשבייה ואת הצורך להשתמש בחומרי הדברה. מאחר שהגזם הוא חומר אורגני הוא מתפרק עם הזמן לקומפוסט.

יתרונות לאוויר - מניעת שרפה של גזם הגורמת לזיהום אוויר. מניעת הטמנה של גזם מצמצמת פליטות של גזי חממה.

יתרונות למשק המים – מפחית את כמות מים הנדרשת להשקייה הודות לכך שהוא שומר על הלחות ומונע עלייה בטמפרטורת הקרקע.

יתרונות כלכליים – חיסכון במים, חיסכון בחומרי הדברה, חיסכון בעלויות פינוי גזם. לרוב, הגזם נקי מחומרים שאינם אורגניים ואינו מצריך ניקיון

חסרונות:

1. כדי להשיג את היתרונות שבגזם נחוצה שכבה עבה כלומר כמות גזם גדולה.
   הרחבה: זה גם יתרון – מגדיל ביקוש.
2. מתכלה עם הזמן וצריך לחדש את השכבה כל כמה חודשים.
3. עלויות של רכישת מכונה לריסוק הגזם). לאחר שהמכונה כבר נרכשה יש עלויות של תחזוקתה ותפעולה (אנרגיה להפעלתה ושעות עבודה), אך הן בדרך כלל זולות יותר מאשר פינוי הגזם והובלתו לאתר אחר.

שיקולי עלות – תועלת

עלויות הכרוכות בשימוש בגזם: שימוש במכונת ריסוק (קנייה או השכרה של המכונה) – עלויות הכוללות דלק לשינוע ולפעילות, שעות הפעלה ועלות פועל. מנגד יש עלויות של פינוי הגזם אם הוא מתבצע באופן עצמאי או תשלום למבצע הפינוי.

לשימוש בגזם יש תועלות רבות המתבטאות בחיסכון במשאבי מים ובחומרים ובחיסכון העלויות של משאבים אלה. בנוסף יש תועלת רבה מהפחתת כמות הפסולת ואי הטמנתה.

הרחבה

הכדאיות הכלכלית של הגזם תלויה במידת הניקיון שלו. כל עוד הוא מפונה יחד עם פסולת גושית ומרוסק יחד, איכותו ירודה ולרוב לא ניתן להשתמש בו. הפסולת הנוספת פוגעת גם במיכון הריסוק ויוצרת נזק כלכלי נוסף, לכן כדאיות המיחזור של הגזם הייתה נמוכה כל עוד לא פינו אותו בנפרד. אבל הפרדת גזם מפסולת גושית מייקרת את עלות הטיפול. עם זאת, רשות המשתמשת ברסק גזם לצרכיה ולא מפנה אותו להטמנה וכך היא מוזילה עלויות.

כדי לשמור על הפרדת גזם מפסולת גושית יש צורך בימי פינוי נפרדים, בהסברה לציבור ובאכיפה.

מיחזור נייר וקרטון

תשובות לשאלות תחת גרף 8 בעמוד 54

1. ייצור נייר לאריזה וקרטון ששימושו העיקרי הוא אריזה מהווה כמחצית משימושי הנייר בעולם.
2. 90% מהנייר משמש למוצר חד-פעמי שפירושו צריכה רבה של חומר גלם ופסולת נייר רבה. יש כאן פוטנציאל גבוה למיחזור נייר שיכול להביא להפחתת פסולת להטמנה ולהפחתה בצריכת משאבים: חומר גלם (בעיקר עצים), מים ואנרגיה.

3. א. בשנת 1998 נייר משרדי ונייר אריזה מהווים יחד 76%, השימושים מתפלגים באופן אחיד בין נייר משרדי לנייר אריזה. גם נייר עיתון מקבל נתח משמעותי.

ב. בשנת 2009, נייר משרדי ונייר אריזה מהווים יחד 80%. כאשר רוב הייצור הוא של נייר אריזה (65% מתוך 80%). נייר עיתון מקבל נתח מזה של שימושים אחרים (סניטרי ואחר ביחד 11%).

יש עלייה גדולה בייצור נייר לאריזה, ירידה גדולה בייצור נייר משרדי ובייצור נייר עיתון.

4. ירידה בנייר משרדי בגלל עלייה בשימוש בתקשורת אלקטרונית ללא הדפסה. האפשרות לבצע חתימה אלקטרונית הפחיתה בהדפסת מסמכים. ירידה בנייר עיתון בגלל עלייה בצפייה במדיה לסוגיה הביאה לצמצום קניית עיתונים ומגזינים. עלייה בנייר אריזה בגלל אורח חיים מודרני המעודד מזון מוכן המגיע ארוז, רכישות מוצרים ושימוש באריזה למיתוג. עלייה באריזת נייר על חשבון אריזת פלסטיק.

<u>הערה להרחבה</u>:

אפשר להסב את תשומת הלב גם לעלייה בשימושים סניטריים בנייר – מגבוני נייר (לא בד), מגבות נייר.

תשובות לשאלות תחת גרף 9 בעמוד 55

1. כדאי לעמוד על היחס הישר בין העלייה בשימוש במחשבים לעלייה בכמות נייר לצורך כתיבה והדפסה ולקשר זאת לתרבות הצריכה – נגישות לנייר , השתמש וזרוק, חד-פעמי, תפוצה גדולה יותר של מכותבים, קלות שינוי גרסאות של מסמכים במחשב, וגם, העין האנושית אינה מורגלת בקריאת מסמכים ארוכים במחשב, (כיום עובדים על עימוד ופונט מתאים למשימה זו,) מה שמביא להדפסה של המסמך.

גידול אוכלוסייה מהיר באסיה מביא גם הוא לצריכה מוגברת של נייר לשימושים שונים.

2. עם הזמן ועם העלייה במודעות לפסולת נייר ולהשפעותיה על הסביבה מקפידים יותר על שימוש מושכל בנייר כולל נייר אריזה,ונייר סניטרי.

בנוסף התחזקה מגמת העברת ספרים למדיה אלקטרונית.

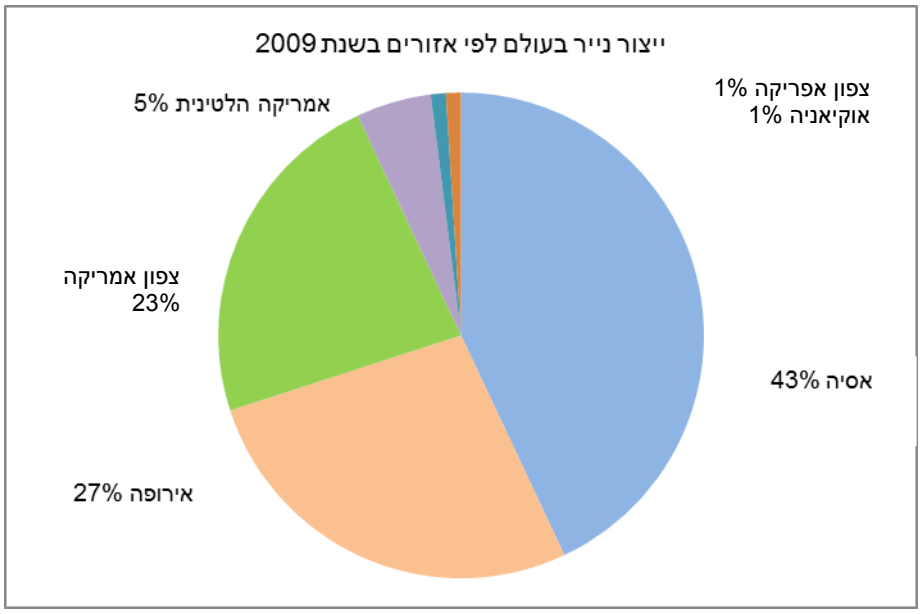
<u>הערה</u>: אפשר להזכיר את השימוש במייל לתקשורת שמעורר עוד יותר שאלות על נחיצות ההדפסה ולחדד את השאלה מה גורם לעלייה בצריכת נייר.

הערה

1. לאנשים, בעיקר למבוגרים, קשה לוותר על הרגלי קריאה של חומר מודפס. מדובר על טיפוגרפיה, עימוד הטקסט ועיצובו. כאשר מעבירים מידע כתוב כגון מאמר, בפורמט pdf, מציגים אותו כפי שהוא מוצג על דף מודפס והדפדוף הדיגיטלי הופך מסורבל בגלל חיתוכי שורות ומילים. מצד שני ריבוי גירויים שאפשר לשלב במדיה דיגיטלית (קישורים, קולות, תמונות וכו') יוצר עומס על הקורא. לכן הוא יעדיף להדפיס את הכתוב כדי לאפשר קריאה נקייה ורצופה.

עם הזמן יש עלייה בדיגיטציה של ספרים - ספרי לימוד וספרי קריאה.

2. בעשור הראשון של המאה ה-21 עבר מרכז הכובד של ייצור הנייר מצפון אמריקה לאסיה: בשנת 2009 היו יצרניות הנייר הגדולות בעולם מדינות אסיה (סין, הודו ויפן) - הן ייצרו 43% מהכמות הכוללת בעולם, אירופה - 27%, צפון אמריקה (ארה"ב וקנדה) - 23%. ייצור הנייר באפריקה ובאוקיאניה עמד על 1% בכל אזור. מגמת השינוי הזו נמשכת: בשנת 2011 ירד ייצור הנייר באירופה ואילו באוקיאניה הוא עלה והגיע ל-5.6% מכלל ייצור הנייר בעולם (FAO statistic division 2011).



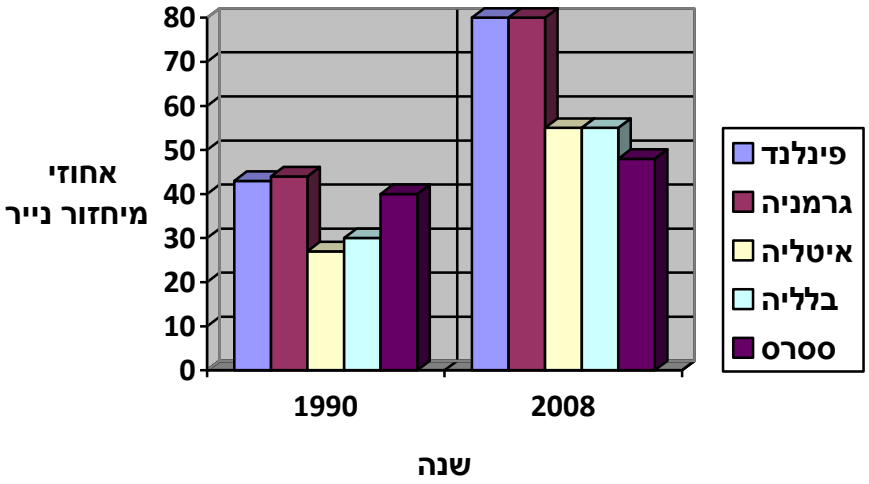
מקור הנתונים: FOREST SFAT, FAO

<u>מקרא לגרף</u>

אסיה היא יצרנית הנייר הגדולה בעולם, בעיקר שתי מדינות גדולות המצויות בה: הודו וסין. צפון אירופה וארה"ב יחד מחזיקות ב-50% מייצור הנייר בעולם.

תשובות לשאלות בעמוד 56

1. דוגמה לגרף תשובה המציג מקבץ על פי השנים. אפשר גם לבנות גרף עמודות לכל מדינה.



2. בכל הארצות יש מגמת עלייה במיחזור נייר וברוב המדינות הוכפל שיעור המיחזור. אבל בפינלנד ובגרמניה רמת המיחזור ב-2008 כבר הייתה גבוהה מאוד. בספר העלייה מתונה מאוד. באיטליה ובבלגיה הייתה עלייה יפה אבל היקף המיחזור עדיין נמוך בהשוואה לפינלמד ולגרמניה.
3. יש הבדלים בין ארצות שונות באירופה. כך למשל בגרמניה ובארצות צפופות אחרות מופנה חלק גדול מהנייר למיחזור בעוד שסוגי פסולת אחרים מופנים לשרפה. בפינלנד יש העדפה למיחזור. בארצות מזרח אירופה – מופנית עדיין פסולת רבה להטמנה.

הערה ליד התרשים בעמוד 56

בארץ לא מייצרים נייר עיתון. נייר העיתון הנאסף ממוחזר לצורך ייצורם של קרטוני ביצים. בחו"ל משתמשים בנייר עיתון ממוחזר לייצור נייר עיתון חדש בשיעור של עד 50% מהרכב הנייר.

תשובה לשאלה בעמוד 57

תהליך ייצור הנייר כולל התרת הסיבים וקשירתם/ חיבורם מחדש בצורת יריעה ארוכה או גיליון דק. חלקי עץ נגרסים לשבבים שמרתיחים בתערובת חומרים כימיים אשר מפרידה בין מרכיבי תאי העץ השונים והתאית. זהו תהליך הצורך אנרגיה.

נייר ממוחזר עשוי עיסת נייר המיוצרת בתהליך מכני או כימי. פירוק הסיבים נעשה על ידי גריסת הנייר וסינונו במים והאנרגיה הנחוצה לכך קטנה מזו הנחוצה לייצור נייר חדש. הסיבים הממוחזרים משמשים כמרכיב העיקרי של הנייר הממוחזר, כאשר על פי רוב מוסיפים לעיסה גם סיבי נייר לא ממוחזרים מטעמי איכות ומראה.

לאחר הפרדת התאית, מערבבים לתוכה חומרים כימיים במטרה לשפר את תכונות הנייר החיוניות להדפסה כגון עמידה בלחות וכושר ספיגת הצבע שלו. את התערובת הדלילה יוצקים על רשתות בצורת רצועות מתכת ארוכות ולאחר מכן מעבירים אותן לסרט נפרד העשוי לבד. עיבוד נוסף של הנייר בשילוב חומרים נוספים ייקבע אם הנייר יצא בציפוי מבריק, מט או מט למחצה.

מיחזור פלסטיק

תשובות לשאלות בעמוד 59

1. עלות הפינוי מחושבת על פי נפח הפסולת. בפח האשפה הביתי לא דוחסים בדרך כלל את מכלי הפלסטיק אלא משליכים אותם כמות שהם. המכלים ממלאים את הפח בגלל נפחם הגדול ומגדילים באופן ניכר את נפח הפסולת לפינוי. כתוצאה מכך גדל מספר מכלי הפסולת שיש לפנות ועולה מחיר הפינוי.
2. אפשר לחשב את נפח הבקבוק הדחוס באופן הבא:

מכניסים אותו למכל עם כמות ידועה של נוזל ובודקים בכמה גדל הנפח לאחר שמכניסים לתוכו את הבקבוק הדחוס (אפשר לחשב את השינוי בגובה המים במכל משום ששטח החתך נשאר ללא שינוי).

המסקנה היא שאפשר להגדיל במידה ניכרת את מספר הבקבוקים שמכניסים לארגז הקרטון אם מפחיתים את נפחם על ידי דחיסתם.

הניסוי ממחיש שהבקבוקים תופסים נפח גדול מאוד ואפשר להקטינו במידה ניכרת על ידי דחיסת הבקבוקים.

המשתנה התלוי – מספר הבקבוק שאפשר להכניס לארגז קרטון,

המשתנה הבלתי תלוי – מצב הבקבוקים (בלי דחיסה / לאחר דחיסה).

מהו פלסטיק?

תשובות לשאלות בעמוד 61

1. הפלסטיק מחליף מתכות שונות, זכוכית, עץ ובד.
2. היתרון: הפחתה במשקל המכונית, גמישות בעיצוב, הוזלה בעלויות ייצור, אינו מחליד.
3. משך חיים ארוך יוצר בעייה קשה של הצטברות פסולת. עמידותו בפני חיידקים אינה מאפשרת פירוק ביולוגי ועמידותו בפני קורוזיה מקשה על פירוק טבעי שלו בתום השימוש. מגוון רחב של סוגים הגדילו את מעגל השימוש בו ותרמו להרחבת תפוצת פסולת הפלסטיק.

הרחבה למורה

מיחזור פלסטיק יוצר קושי כיוון שנעשה שימוש במגוון גדול של סוגי פלסטיק. צריך להפריד ביניהם ולטפל בכל אחד מהם בנפרד. פעמים רבות מוסיפים חומר מסוג אחד לחומרים מסוגים אחרים ויוצרים חומרים מרוכבים שקשה להפרידם למיחזור. לדוגמה, סיבי פחמן - חומר מרוכב העשוי סיבי פחמן שמקורם בגרפיט והם מודבקים זה לזה בדבק אפוקסי שהוא סוג של פלסטיק. החומר המתקבל קל וחזק מאוד וגם קשה. סיבי פחמן משמשים לייצור אופני הרים וחלקי מטוסים.

סוגי פלסטיק סינתטי

מוכרים שלושה סוגים עיקריים של פלסטיק סינתטי:

פלסטיק תרמוסטי – קבוצת חומרים שאפשר לרככם בחום רק פעם אחת, לצורך עיצובם. אי אפשר להתיכם ולשנות את צורתם פעם נוספת כי הפלסטיק שומר על צורתו גם בחום. פלסטיק

תרמוסטי בנוי מפולימרים שהם בעלי מבנה מסועף. הוא משמש בייצור כלי רכב ובאלקטרוניקה. שייכים לקבוצה זו החומרים: סיליקון, ויניל, אפוקסי, פוליאוריתן ופוליסטירן (קלקר הוא פוליסטירן מוקצף). שייך לכאן גם בקליט המשמש כיום בעיקר בייצור ידיות של סירים. חומרים מקבוצה זו מהווים כ-20% מכלל הפלסטיק המשמש לייצור מוצרים שונים בעולם.

פלסטיק תרמופלסטי – קבוצת חומרים בעלי תכונות פלסטיות. פולימרים תרמופלסטיים בנויים משרשרות בעלות מבנה קווי. פלסטיק תרמופלסטי מתרכך בחימום ומתקשה בקירור ואפשר לעצב אותו מחדש פעמים רבות ולכן הוא מתאים למיחזור. עם קבוצה זו נמנים החומרים: פוליפרופירן, פי.וי.סי, ניילון, פרספקס וטפלון.

קבוצת החומרים התרמופלסטיים מהווה כ-80% מהחומרים בהם נעשים שימושי ייצור מגוונים.

פלסטיק אלסטומרי – קבוצת חומרים שהם גמישים מאוד ומתרככים רק מעט בחימום. הם נקראים גם בשם חומרים אלסטיים. גומי סיליקוני שייך לקבוצה זו.

יתרונות החומרים הפולימריים:

- מחיר זול (כל עוד מחירי הדלק סבירים).
- התאמה לייצור המוני.
- במוצרים רבים לא נדרש לבצע גימור לאחר ההזרקה.
- ניתן לעצב צורות מורכבות.
- מראה נאה של פני השטח.
- אפשרות להוספת חומרי צבע לחומר הגלם במהלך הייצור לקבלת מוצר צבעוני.
- אפשרות למזגם עם חומרים אחרים לקבלת חומרים מרוכבים.
- כושר בידוד חשמלי גבוה.
- כושר בידוד תרמי (בטמפרטורות נמוכות).
- משקל סגולי נמוך (ביחס למרבית המתכות) – החלקים ניתנים להרמה ביד ללא הזדקקות לאמצעי הרמה מכניים
- רכים ובטוחים יחסית לשימוש יותר מחומרים אחרים
- אפשרות להשתמש במגוון רחב של חומרים שפותחו עד כה בהתאם לדרישות הייצור
- עמידות כימית טובה
- אינם רעילים

חסרונות החומרים הפולימריים:

- חוזק נמוך יחסית למתכות (חוזק חומרים – התנהגות חומרים תחת השפעה של מאמץ חיצוני המופעל עליהם)
- מרבית החומרים הפולימריים דליקים או ניתכים בטמפרטורה נמוכה ועל כן אי אפשר להציבם סמוך למקורות חום
- בעירת חומרים פולימריים כמוה כבעירת דלק ועלולה בקלות לגרום לשרפה או להאיץ את התפשטותה
- שרפת חומרים פולימריים משחררת פיח וגזים רעילים לאוויר
- זחילה – התארכות פלסטית מתמדת תחת עומס.
- עמידות נמוכה בשחיקה ונשרטים בנקל
- עמידות מוגבלת בפני שינויי אקלים, קרינת השמש וחומרים כימיים ממיסים

מקור: www.aviv.org.il/materials/f1.htm/

להרחבה על הרקע המדעי
http://courses.aviv.org.il/material/ma-polymer.htm

הערה להערת שוליים על ערך הסק בעמוד 61

נוהגים למדוד את ערך ההסק בתנאים של 0^0C ובלחץ מרבי של אטמוספרה אחת.

הערה לתרשים בעמוד 62

חברת Closed Loop Recycling, ממחזרת בקבוקי פוליאתילן (PET) ובקבוקי חלב מפוליאתילן בצפיפות גבוהה (HDPE) . החברה מתמחה במיחזור מבקבוק לבקבוק, כלומר לחומר הממוחזר יש אישור לשימוש במזון.

תשובה לשאלה בעמוד 62

ההרכב הכימי של נפולת הפלסטיק דומה לזו של פס הייצור ונקייה מתוספות. לכן ניתן להחזיר אותה לתהליך הייצור ללא מיון וניקוי נוספים. עלויות נוספות נחסכות משום שפוחתת כמות חומרי הגלם שהמפעל צריך לקנות ונחסכות הוצאות הקשורות בשינוע החומר אל המפעל. כמות הפסולת של המפעל קטנה וכך נחסכות גם עלויות של טיפול בפסולת.

מיחזור פלסטיק בישראל

תשובות לשאלות בעמוד 64

1. הפלסטיק המתכלה יתחיל להתכלות עם חשיפתו לתנאים המתאימים ובכך תיפגע איכות הפלסטיק המיוצר כיוון שחלקים ממנו יתחילו להתכלות בעוד שאחרים יישארו כפי שהם.
2. חוסר חשיפה הולמת לאור היא אחת הבעיות העיקריות בשימוש בפלסטיק המתכלה באור. במטמנה מוסתר הפלסטיק בערימת הפסולת ואינו נחשף לקרינת שמש ישירה. מטרת הניסוי לבחון את התנאים הדרושים להשגת פירוק יעיל.

אפשר לקחת שקיות אוכל מפלסטיק המתכלה באור, לשים אותן על אדן החלון ובמקומות חשוכים בחדר ולראות אם הוא מתפרק לחלקים קטנים יותר.

כדי לקבל מדד כמותי – אפשר להיעזר במאזניים המתאימים בטווח שלהם למשקל הפלסטיק הנבדק.

אפשר גם לבצע ניסוי מבוקר: להשתמש בנורות בעוצמת אור חזקה (הלוגן למשל) ולמדוד במדויק עוצמות אור שונות אליהן חושפים את הפלסטיק (בעזרת מד אור או חיישני אור).

אפשר לערבב את הפלסטיק בחומרים אחרים כדי לדמות את המצב בערימת הפסולת, או לערום כמה שקיות זו על זו כדי לראות אם לא נפגעת איכות הפירוק בתנאים כאלה.

הערה

למידע בנושא פלסטיק מתכלה http://www.matar.ac.il/docs/m01806.pdf

http://www.sii.org.il/44-2693-he/SII.aspx?pos=2

*www.adamteva.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/**plastic**.pdf*

♥ בארץ נמכרות שקיות לאריזת מזון מפלסטיק מתכלה משני הסוגים: מביו-פלסטיק ומפלסטיק המתכלה בחשיפה לקרינת שמש. אפשר למצוא את הביו-פלסטיק בחנויות המוקדשות כולן לשמירה על אורח חיים ידידותי לסביבה. בחנות הרגילות נמכרת בדרך כלל אריזה העשוייה מפלסטיק שמתפרק באור בצירוף הכיתוב - ידידותי לסביבה. על מוצר

העשוי פלסטיק פריק ביולוגית (ראו פירוט בהמשך) יופיע לוגו של האיגוד האירופאי לביופלסטיק.

- ♥ פלסטיק מתכלה ממקור ביולוגי עונה בחלקו גם על הגדרה של הפחתה במקור על ידי יצרן. יש כאן שימוש בחומר ידידותי לסביבה ופיתוח מעגלים של שימוש חוזר. אך לא ידוע עד כמה הוא מוביל לצמצום בכמויות החומרים שמשתמשים בהם ועד כמה הוא יעיל מבחינה טכנולוגית. קיימת גם בעייה של ניצול משאבי קרקע, מים וביומסה להפקת הפולימר.

מכל מקום, זוהי נקודה מעניינית לדיון עם תלמידים ולחידוד ההבדל שבין הפחתה במקור לבין מיחזור.

יש גם שיטת ביניים, שבה מוסיפים לפולימרים סינתטיים עמילן, שהוא פולימר טבעי ומתפרק בטבע. פירוקו על ידי מיקרואורגניזמים מפרקים מוביל ליצירת חורים בפלסטיק ולהתפוררותו לחלקים קטנים. בשקיות קניות, למשל, מוסיפים עמילן בשיעור של 15% מכמות החומר הפלסטי, ובכך מבטיחים את התפוררותן של השקיות כשהן מושלכות לאשפה. בשיטה זו מפחיתים למעשה את נפח פסולת הפלסטיק אבל לא גורמים להתכלותו.

נעשים מאמצים להגדיל את תכולת העמילן בפלסטיק, כדי להגביר את יעילות פירוקו, וכבר הגיעו לפלסטיק המכיל 50% ואף 90% עמילן. באריזה המורכבת מאחוזים גבוהים של עמילן מפחיתים למעשה את חלקו של הפלסטיק באריזה. יש כאן בהחלט צמצום השימוש בפלסטיק שהוא חומר לא ידידותי לסביבה.

ניתן להשתמש בפלסטיק המכיל עמילן לאריזות של עיתונים הנשלחים למנויים בדואר, לאריזה של כבסים נקיים, בעיקר בבתי חולים, ולכיסוי שדות חקלאיים כהגנה מפני קיפאון (בטמפרטורות אלו האורגניזמים אינם פעילים ואינם מפרקים את העמילן).

פלסטיק מתכלה שהוא פריק ביולוגית

הערה על ביופלסטיק בעמוד 65

דוגמאות לייצור ביו-פלסטיק בשיטה של מיצוי יחידות בסיס:

מפיקים מאתנול את המונומר – **אתאן** ומכינים ממנו את הפולימר - **פוליאתאן** (PE). מחומצה פולי- לקטית, המכילה יחידות רבות של חומצת חלב, מכינים את המונומר – **חומצת חלב**, שממנו מייצרים פולימרים המשמשים לייצור פלסטיק.

תשובה לשאלה 3 בעמוד 65

- ♥ בגלל העלות הגבוהה של ביו-פלסטיק נמשך השימוש בפלסטיק "רגיל" והצריכה שלו גדלה עם הגידול באוכלוסייה והמעבר לתרבות צריכה במדינות מתפתחות. כדי לצמצם את כמות הפסולת צריך לקדם את מיחזור הפלסטיק.
- ♥ השימוש בביו-פלסטיק עלול להאט תהליכי שינוי בהרגלי הצריכה ובגישה – "הכול לקומפוסטר."
- ♥ יש הבדל בין פלסטיק מתפרק לבין פלסטיק מתכלה שלא תמיד ברור לצרכנים. יצרנים משתמשים בפלסטיק מתכלה כדי לקדם מכירות, ואילו הצרכנים רוכשים אותו כי הם סבורים שהוא מקדם את השמירה על הסביבה. אבל למעשה יוצר פלסטיק מתכלה קשיים בפירוק פסולת הפלסטיק.

♥ גידול צמחים לפלסטיק בא על חשבון גידולם למזון – מצב היוצר גם הוא בעיות חברתיות וערכיות עקב פגיעה אפשרית בייצור המזון בעולם.

תשובות לשאלות סיכום על מיחזור פלסטיק בעמוד 66

1. א. במטמנות מכסים ערמות פסולת בעפר ובערמות חדשות של פסולת. לכן אין אוורור טוב של הפסולת ונוצרים תנאים אנאירוביים. הלחות תלויה כמובן במרכיבי הפסולת – עד כמה היא מכילה חומרים אורגניים. במטמנה שבארצות הברית לא הייתה לחות מספקת לפירוק החומר האורגני (ביופלסטיק) כנדרש בתהליך של קומפוסטציה.

   ב. כיסוי מהיר של הפסולת על ידי פסולת חדשה מונעת יצירת תנאים מתאימים של אוורור ולחות הדרושים לפירוק ביו-פלסטיק. לגבי פלסטיק "מתכלה" שאינו ביולוגי, אין די חשיפה לקרינת אור או לחץ מכני שיאפשרו לתהליך הפירוק להתקיים.

   בתנאים האלה קצב הפירוק של הפלסטיק אטי מאוד ומגיע למאות שנים.

2. ביו-פלסטיק שאינו מועבר לקומפוסטציה עדיין מהווה מצבור של פסולת שאינה מטופלת כנדרש. בהיבט של צריכה הרי שהשימוש בביו-פלסטיק יכול לעודד צריכה ולבטל מאמצים של הפחתת כמות הפסולת במקור ושינוי בהרגלי צריכה. צמצום היקף המיחזור של פלסטיק שאינו מתכלה עקב הגדלת היקף השימוש בביו-פלסטיק יכול להביא לאי כדאיות כלכלית של המיחזור ויחזיר אותנו לנקודת התחלה של שימוש בלתי מושכל במשאבים ויצירת פסולת.

3. שטחי תירס לייצור פלסטיק באים על חשבון גידול חקלאי למזון. מתעוררת בעייה של סדרי עדיפויות, בדומה לוויכוחים על גידול תירס וסויה להפקת דלק ביולוגי.

4. ברמת הצרכן, אם הפלסטיק מתכלה, הרי שניתן להשתמש בו ללא חשש של הצטברות פסולת. אין תמריץ לשינוי תרבות הצריכה ולצמצם את השימוש בפלסטיק. אפשר להשוות זאת לשימוש במכונית היברדית ולעלייה במרחקי הנסיעה או להתפלת מים ושימוש לא חסכני במים.

   דוגמה: כלים חד-פעמיים נפוצים בשימוש מטעמי נוחות. שינוי הרגלי צריכה שואף לצמצם שימוש בכלים חד-פעמיים. אם ייצרו אותם מפלסטיק מתכלה יגבר השימוש בהם.

5. שימוש בפלסטיק שאינו מתכלה מאפשר לייצר מגוון גדול של מוצרים ובכמויות גדולות מה שמוזיל את עלותם ליצרן ולצרכן. אך פלסטיק לא מתכלה יוצר בעיות סביבתיות של הצטברות פסולת והתכלות משאבים. הפתרון המוצע הוא מיחזור. שימוש בפלסטיק מתכלה מציע פתרון ידידותי לסביבה ומייתר את המיחזור. אך מחירו היקר, הן בייצור והן חברתית (הסבת שטחים מגידול למזון לגידול לפלסטיק), יגרום לכך שיהיו מעט מוצרים מפלסטיק מתכלה ולא יקפידו על הפרדתם מפסולת פלסטיק רגילה ובכך יפגעו במיחזור פלסטיק.

מיחזור חומרים נוספים המצויים בפסולת

תשובות לשאלות על טבלה 8 בעמוד 66

1 א. ירידה מ-65% בשנת 1975 ל-30% בשנת 2015 (ערך צפוי).

ב. עליה מ-8% ב-1975 ל-19% ב-2015.

ג. עליה מ-17% ב-1075 ל-25% ב-2005 ולאחר מכן צפויה התייצבות ואף ירידה קלה.

ד. עלייה בכולם אם כי בזכוכית ובמתכות העלייה גדולה יותר מאשר בטקסטיל.

2. הסברים אפשריים:

א. ירידה בצריכה של פירות וירקות ועלייה בכמות אריזות – תופעה שמאפיינת את החברה המערבית. עלייה במיחזור פסולת אורגנית.

ב. אין ירידה בצריכת פירות וירקות, יש עלייה במזון מוכן וכן עלייה בכמות ובמשקל של יתר מרכיבי הפסולת ולכן יש ירידה בחלקו היחסי, מכלל הפסולת, של מרכיב הפסולת האורגנית.

העלייה בכמות היחסית של פלסטיק נובעת משינויים בהרגלי הצריכה ובשימוש מוגבר במוצרים ארוזים, גם מוצרי מזון.

העלייה בכמות היחסית של זכוכית ומתכות נובעת מאחוז מיחזור נמוך בארץ.

מיחזור זכוכית

הערה לעמודים 66-67

מתבקשת השוואה לברזל שממוחזר גם הוא על ידי התכה בטמפרטורה גבוהה ואפשר למחזר כל כמות שלו. ברזל ממוחזר הוא בעל איכות גבוהה אך הוא משמש על פי רוב כברזל לבנייה. התקנים של ברזל לבנייה מחמירים פחות מתקני איכות הברזל לשימושים אחרים ובהם: רכב, ספנות, מכשור תעשייתי. כדי לקבל ברזל העומד בתקנים מחמירים יותר יש להוסיף חומר גלם ראשוני.

מיחזור זכוכית בישראל

תשובה לשאלה בעמוד 68

חיסכון בחומרי גלם הנכרים מהסביבה לצורכי ייצור זכוכית.

חיסכון באנרגיה הנדרשת לייצור הזכוכית.

חיסכון בפסולת – מכלי זכוכית תופסים נפח גדול (בדומה למכלי אחסון מפלסטיק) ומיחזור זכוכית מסלק אותה מערמת הפסולת.

מיחזור מתכת

תשובות לשאלות בעמוד 69

2. שימושי ברזל: קורות לבנייה, כלי עבודה, מכונות וחלקי מכונות לתעשייה, מכלי אצירה לחומרים שונים בעיקר פסולת, כלי בישול.

שימושי נחושת: כבלי חשמל - בכל מכשיר חשמלי יש חוטי נחושת, אביזרי אינסטלציה, צנרת גז, מטבעות ומדליות, כלי נוי, תכשיטים, כלי בית ובישול.

2. מחסור בברזל ישפיע על כל הבנייה בעולם (גשרים ובתים), על ייצור מכונות לתעשייה ומכאן שגם על יכולת הייצור של התעשייה.

מחסור בנחושת ישפיע על מערכות ההולכה של חשמל בכל העולם.

המחסור במתכות האלו על רקע של דרישה גוברת אליהן, יכול לגרום עלייה ניכרת במחירי המתכות כפי שפועל השוק בתנאים של עודף ביקוש על היצע. המחסור יחד עם עליית המחירים יכול להוביל לחיפוש מקורות למתכת זו מכל הבא ליד, כולל פירוק גשרים

עתיקים, שנאי חשמל, כבלי תקשורת ומכסי ביוב, כפי שקרה בארץ ובעולם בעת בניית המתקנים האולימפיים בבייג'ין בשנת 2008.

הערה תחת התרשים של יתרונות של מיחזור מתכת בעמוד 70

כדאי לתת דוגמאות של הפרדת חומרים מגרוטאות מתכת: מכונת כביסה וכלי רכב למשל.
המתכת ברזל והמסג פלדה הם הנפוצים ביותר בתעשיית המתכות. הם משמשים למגוון רחב של מוצרים בתעשייה ובבנייה ולכן ניתן למצוא חברות רבות הסוחרות בפסולת ברזל. יש בעולם בורסות מתכת וחברות הדורשות שמוצריהן יכילו אחוז מסויים של מתכת ממוחזרת.
המקור לנתונים על מיחזור מתכות:
http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs/Metals_Recycling_Rates_110412-1.pdf

מיחזור מתכת מגרוטאות מכוניות בישראל

הרחבה על תכנית הגריטה לעמוד 71

החוק מאפשר לשר להגנת הסביבה להסמיך רשות לשלם לבעלי רכב על מנת שאלה יביאו את רכבם לאתר הגריטה. בהתאם לכך הסמיך השר להגנת הסביבה את משרד התחבורה לשלם לכל מי שמביא את רכבו לגריטה. על פי התכנית כל אדם שברשותו כל רכב שיוצר לפני עשרים שנה ומעלה, והרכב לא משועבד, לא מעוקל ועם רישוי בתוקף, יכול למסור את רכבו למיחזור. בתמורה יקבל בעל הרכב 3,000 שקלים, ויוחזר לו החלק היחסי של אגרת הרישוי אשר טרם נוצל (כך למשל אם נותרו עוד 6 חודשים עד לחידוש הרישיון, תוחזר לבעל הרכב מחצית מעלות האגרה ששילם). אפשר להחזיר למיחזור גם כלי רכב שהם לא במצב נסיעה כל עוד, כאמור, הרישיון עדיין בתוקף. בכך מצטרפת ישראל לארה"ב ולמדינות רבות באירופה.

תשובות לשאלות בעמוד 71

1. פלסטיק- פגושים, מכל דלק, מחיצות פנימיות, חלקים שונים של המנוע (פילטר אוויר, רדיאטור), תעלות מיזוג אוויר, רצפת הרכב). חומרים נוספים - פיברגלאס, זכוכית וטקסטיל.
2. פולימרים שונים: פוליפרופילאן (**PP**), פוליאתילן (**PE**), פוליקרבונד, פיברגלס, גומי, בד, זכוכית.
3. בעזרת אלקטרומגנטים.
4. הפחתת זיהום אוויר והפחתת פסולת גרוטאות בצדי דרכים כמו גם מיחזור חומרים שמשמעו לסביבה הפחתת כרייה והפקה של חומרי גלם.

פסולת לאנרגיה (פל"א) Recovery

הפקת אנרגיה באמצעות שרפת פסולת

הערה לעמוד 74

יש להבחין בין שני סוגים של משרפות:

1. משרפות השורפות פסולת כדי לסלק אותה אך ללא כוונה לנצל את אנרגיית החום המשתחררת בשרפה – הן מיועדות לסילוק סוגי פסולת שאי אפשר למחזר כמו שרפת פגרי בעלי חיים, צמחים נגועים, פסולת בניין ופסולת מסוכנת לסוגיה.
2. מתקנים המיועדים להפקת אנרגיה מפסולת. במדינות שונות בעולם שאימצו את גישת פל"א מחליף הפירוק התרמי של פלסטיק את מיחזור הפלסטיק משיקולים כלכליים משום שהשרפה זולה יותר מהמיחזור.

המתקנים משני הסוגים צריכים לעמוד בתקנים מחמירים של שמירה על איכות הסביבה.

ערך ההיסק של שרפת פסולת

תשובות לשאלות על גרף 10 בעמוד 74

1. קבוצה א, ערך היסק גבוה: פלסטיק, גומי (כיום רוב הגומי הוא סינתטי).
   קבוצה ב, ערך היסק בינוני: עור, טקסטיל, נייר, קרטון.
   קבוצה ג, ערך היסק נמוך: גזם, שיירי מזון (בגלל תכולת המים הגבוהה).
2. הצעה כדאית צריכה לכלול אחוז בינוני עד גבוה של פסולת מקבוצה 1, אחוז בינוני עד גבוה מקבוצה 2 ואחוז נמוך מקבוצה 3.

תשובות לשאלות על שרפת פסולת לאנרגיה בעמוד 75

1. שרפת פסולת היא למעשה דרך של השבה. הפסולת מהווה מקור דלק להפקת אנרגיה.
2. א. שרפת פסולת מצמצמת צריכת מקורות אנרגיה כמו נפט ופחם אך היא לא מקדמת הפחתה של שימוש בחומרי גלם אחרים לצורך ייצור מוצרים.
   ב. שרפת פסולת אינה מקדמת הפחתה במקור משום שהיא לא מעודדת צמצום צריכה: כמעט כל הפסולת, למעט מתכות וזכוכית, היא בעלת ערך היסק וניתנת לשרפה.
3. א. הנתונים בגרף 3 (עמוד 14) ובטבלה 5 (עמוד 51) מראים שחלה ירידה בכמות הפסולת האורגנית ועלייה בכמות פסולת הנייר. פסולת אורגנית היא בעלת ערך היסק נמוך, ואילו פסולת הנייר היא בעלת ערך היסק גבוהה. לכן חלה עלייה בערך ההיסק של הפסולת בארץ.
   ב. באירופה ובארה"ב האחוז של נייר וקרטון מכלל הפסולת גבוה יותר. גם אחוז הפלסטיק ממשקל הפסולת גבוה יותר. חומרים אלה מעלים את ערך ההיסק של הפסולת (ראו נתונים בגרף 2, ישראל נמצאת בו בתחום המדינות המתפתחות).

ערך ההיסק של הפסולת בישראל עלה כיוון שעלו אחוז הפלסטיק ואחוז הנייר והקרטון מכלל הפסולת, וירד אחוז הפסולת האורגנית מכלל הפסולת. דפוס זה מאפיין חברות צריכה כמו אלה הקיימות במדינות מערב מפותחות ובהן ארה"ב ומערב אירופה. ניתן להסיק אם כן

שחל שינוי בחברה שלנו שהפכה גם היא לחברת צריכה כמו זו הקיימת במדינות המפותחות במערב.

4. א. שימוש רב בפלסטיק מעלה את חלקו של הפלסטיק במשקל הפסולת המוצקה. בהיבט הסביבתי גורם הגידול למפגעים רבים משום ששקיות פלסטיק עפות עם כל רוח ומתיישבות על צמחים, על פתחי ניקוז ועוד.

ב. ערך היסק של פלסטיק הוא גבוה מאוד, הגבוה מכלל החומרים הנמצאים בפסולת. ולכן עליית חלקו של הפלסטיק במשקל הפסולת תעלה את ערך היסק שלה.

טכנולוגיות לשרפת פסולת (Incineration)

תשובה לשאלות בעמוד 76

1+2.

א. בשרפת הפסולת משתתפים החלקים הבאים במתקן: 1- קבלת חומר גלם (פסולת), 2 – בור אחסון לחומרי גלם, 3 - מנוף להעלאת חומרי הגלם מהבור לתוך המתקן, 4- הזנת חומרי גלם לתנור השרפה, 5 - תנור השרפה , 6- שבכה עליה מוסע חומר גלם ובה מתבצעים שרפה וייבוש. 11 – מפוח אוויר להזרמת אוויר לתהליך הבעירה.

ב. בהפקת החשמל משתתפים החלקים הבאים: 7 – דוד הקולט מים חמים והופך אותם לקיטור, 8 – טורבינה להפקת חשמל.

ג. במניעת זיהום משתתפים החלקים הבאים במתקן: 9 – קליטת חומרים מזהמים גזיים,10 – ספיגת המזהמים - חלקיקים מרחפים, 13 – איסוף האפר המרחף להטמנה, 14 – איסוף אפר מתחתית הכבשן לשימוש מחדש או להטמנה.

טכנולוגיות לפירוק פסולת בחימום

פירוליזה (PYROLYSIS) (כותרת 3)

תשובות לשאלות בעמוד 82

1. **יתרונות** – טיפול בפסולת מסוגים שונים, צמצום כמות הפסולת באופן ניכר - עד 90%, שטח המתקן על כל חלקיו קטן מהשטח של אתר הטמנה, ניתן למקם את המתקנים בסמוך למקום שבו נוצרת הפסולת, מספק אנרגיה, משך חיים ארוך.

חסרונות – סכנות של זיהום אוויר וזיהום מים אם לא מבצעים את השרפה במתקנים מתאימים, לא מעודד הפחתה במקור ומיחזור חומרים (בזבזני בצריכת משאבים שאינם לייצור אנרגיה), מעורר בעיה של **NIMBY**, זמן קבלת האישורים הנדרשים ארוך, עלות הקמה ועלות תפעול גבוהים.

2. יש להתקין מערכות למניעת זיהום האוויר – מתקנים בארובה, אחסון פסולת לפני שרפה באופן שימנע פירוק ויצירת מטרדי ריח.

היבטים סביבתיים בהקמה ובהפעלה של מתקנים לטיפול תרמי בפסולת

תשובה לשאלה בעמוד 82

עלות השקעה – בניית המתקנים יקרה , עלויות של התקנת אמצעים למניעת זיהום בשלבי אחסון הפסולת, סלוק האפר, מניעת פליטת גזים.

עלות נחסכת – חיסכון בעלות הובלת הפסולת למרחקים כיוון שהמתקן מוקם בסמוך למקום היווצרות הפסולת, עלות מיון פסולת לצורך מיחזור, עלות ייבוש פסולת אורגנית, עלות גריסת צמיגים.

תועלת סביבתית – הפחתת פסולת בכמות של 95% מהפסולת הנוצרת, פתרון יעיל לפסולת הצמיגים, הפחתת צריכה של חומרי דלק ממקור מתכלה, שימוש באנרגיה הנוצרת לצרכי היישוב

הערה לעמוד 82

על פי הדירקטיבה האירופאית, חומר המופנה להטמנה יכול להכיל עד 3% חומר אורגני. הגדרה זו של חומר המותר להטמנה מהווה תמריץ חקיקתי לטיפול קדם בפסולת או לטיפול שאינו הטמנה. המתקנים לשרפת פסולת עומדים כיום ברמות תקינה גבוהות בכל הקשור לשמירה על איכות האוויר. במקרים שבהם שורפים פסולת בלי להפיק אנרגיה – לא ניתן מענה למיחזור ולהשבה.

הערה לעמוד 83

חומר רקע על שרפת פסולת אפשר למצוא באתר:

http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/Articals/pla_1_1.pdf

שימוש במתקנים לטיפול תרמי בפסולת – המגמה בעולם (כותרת 3)

הערה לעמוד 83

בארה"ב אין בעייה של שטח קרקע יקר להטמנת פסולת ולכן קל יותר לקדם פתרון הטמנה על פני הפקת אנרגיה מפסולת.

פירוק ביולוגי - הפקת ביוגז

הערות לעמוד 84

1. מקורות הנתונים על היחס בין מתאן לפחמן דו-חמצני בביוגז:

   האתר של האוניברסיטה הפתוחה

   http://telem.openu.ac.il/courses/c20237/biogas-c.htm

   האתר של המשרד להגנת הסביבה

   old.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/Articals/083GP001_0.ppt
2. תמונות ותרשימים של מערכות ביוגז ביוגז לעסקים ולמוסדות אפשר לראות באתרים של חברות המפתחות ומיצרות מערכות ביוגז. מידע על המתקן המופעל בחירייה אפשר למצוא באתר:

   http://aux.shenkar.ac.il/2007/group12/hireia.html

טיפול משולב בפסולת

תשובות לעמוד 86

1. מועצה מקומית קטנה – רשות מקומית הקטנה מבין שלושתן בשטח ובמספר תושבים, הבתים קרובים זה לזה. כמות פסולת הקטנה מבין שלושתן, הפסולת העירונית היא ברובה ביתית ומסחרית. ימי האיסוף של פסולת ביתית - יומיים בשבוע מכל אזור בעיר, שתי משאיות במקביל בחלוקה לשני חלקי העיר, ופסולת גזם גינות פעם בשבוע מכל רובע.

מועצה אזורית כפרית – שטח שיפוט גדול ובו פזורים יישובים קטנים, מושבים וקיבוצים ושני יישובים עירוניים בעלי אופי כפרי. אוספים פסולת ביתית פעמיים בשבוע באמצעות שלושה קווי איסוף. יש חלוקת ימים בין היישובים מה שמאפשר הפעלת 1-2 משאיות בכל יום. אוספים פסולת גזם פעם בשבוע בכל יישוב – במקרה זה יש ביישובים שישה קווי איסוף.

עיר בינונית בגודלה– איסוף ופינוי פסולת מבתי מגורים, מרכזי מסחר ותעשייה מתבצע שלוש פעמים בשבוע בכל העיר. פינוי גזם מתבצע פעם בשבוע ביום פינוי מוגדר לכל אזור בעיר. חל איסור על השלכת פסולת בניין ברחבי העיר, ויש להרחיקה באופן עצמאי לאתר מורשה.

הערה

הנתונים בתשובות מתבססים על נתוני אמת של רשויות בשפלה: מועצה מקומית קריית עקרון, מועצה אזורית גזר והעיר רחובות . עם זאת הם מייצגים רשויות אחרות בעלות מאפיינים דומים במקומות רבים בארץ.

3. המרחק ממפעל המיחזור או מאתר ההטמנה משפיע על עלות הטיפול על פי הגישה שנבחרה. כדאיות כלכלית של איסוף חומרים למיחזור תלויה בכמות החומר, במרחק הנסיעה של המשאית אל היישוב ומהיישוב למפעל. ככל שהמרחק גדול יותר עלות ההובלה גבוהה יותר והעלות של המיחזור עולה.

אפשר לציין כי מה שיגדיל את הכדאיות הכלכלית של המיחזור היא עלות גבוהה של שיטות אחרות לטיפול בפסולת כגון הטמנה, וגם יכולת הפרדה טובה בין החומרים למיחזור, כך שיהיה כדאי למפעלים לקבל את הפסולת הממוינת.

4. טיפול משולב מנסה להפחית ככל האפשר את כמות הפסולת המוטמנת. כדי שהחזון יהיה בר השגה צריכים להתקיים כמה תנאים: נכונות תושבים לשנות הרגלי צריכה ולהתרגל להפרדת פסולת למרכיביה, פתרונות תשתית לטיפול בפסולת מטעם הרשויות. בגישת טיפול משולב - הטמנה היא פתרון אחרון אפשרי ויש למצוא את השילוב שיבטיח טיפול ברוב הפסולת שלא בגישת ההטמנה.

שימוש חוזר, מיחזור והתמרה בצמיגים משומשים

פתרונות קיימים לטיפול בפסולת צמיגים

הערה לעמוד 88

הערכות של כמות הצמיגים היוצאים משימוש מדי שנה נעשות בשתי דרכים:

1. הערכה על פי מספר כלי הרכב המצויים בשוק בשנה נתונה: על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס) לשנת 2009 היו בשוק 2,458,716 כלי רכב: 80% כלי רכב פרטיים, 15% משאיות והיתר כלי רכב גדולים או אופנועים. בהנחה שבכל כלי רכב מוחלף צמיג אחד בשנה (אך בלי לכלול כלי רכב גדולים ואופנועים) בשנת 2009 היה משקל הצמיגים שהופנו לפסולת כ-40,075 טונות.
2. הערכה על פי מספר כלי הרכב שנמכרה בשנה נתונה: הנחה זו כוללת גם צמיגי ענק של כלי רכב גדולים. לפי הערכה זו משקל הצמיגים שהופנו לפסולת בשנת 2009 היה 49,028 טונות.
3. הנתונים מבוססים על אתר המשרד להגנת הסביבה מעודכן ל11/2008 ולפי סקירה ענפית לשנת 2011 של התמ"ת www.moit.gov.il/.../51439C23-A410-4C5A-90B1

הערה לעמוד 89 - אספלט גומי

אספלט המיועד לסלילת כבישים מכיל חומר המאחד בטמפרטורה גבוהה (הומוגנית) את כל המרכיבים לתערובת אחידה. לחומר המאחד מוסיפים פירורי גומי בקוטר של 0.15 – 0.6 מ"מ. כמות פירורי הגומי נעה בין 18%-25% מכלל הכמות של החומר המאחד או 3% מכלל נפח התערובת.

מחקרים מראים שהוספת פירורי גומי משפרת את איכות הכביש (נוצרים בו פחות סדקים) והכביש שקט יותר. אבל סלילת הכביש יקרה יותר וגוברת סכנת הדליקות בכביש כיוון שהגומי הוא חומר דליק.

המשרד להגנת הסביבה החליט בשנת 2011 לקדם החלטת ממשלה שתחייב כל פרויקט תשתיות הממומן על ידי משרדי הממשלה להשתמש ב-20% חומר ממוחזר שמקורו בגומי צמיגים ולתת העדפה במכרזים לשימוש בחומרים שמקורם בגומי צמיגים על פני שימוש בחומרים אחרים.

תשובות לשאלות בעמוד 89

1. פסולת הצמיגים שאינה מטופלת יוצרת בעיות סביבתיות קשות:

<u>מצבורי פסולת בלתי מתכלה</u> – לצמיגים יש נפח גדול ואורך חיים של מאות ואף אלפי שנים.

<u>דליקות קשות לכיבוי</u> – לצמיגים ערך היסק גבוה (כ-5,000 קק"ל לק"ג). שרפת הצמיגים גורמת להיווצרותו של נוזל שמנוני רעיל המחלחל אל מי התהום. בתהליך השרפה גם נפלטים לאוויר חומרים מסרטנים ובהם בנזן ודיוקסינים.

<u>פגיעה בתפעול אספ"ים</u> – הצמיגים אינם ניתנים לדחיסה. הצמיגים השלמים נוטים לנוע כלפי מעלה עד שהם מגיעים אל שטח פני הקרקע (הצמיגים מכילים גז מתאן המפחית את צפיפותם ביחס למרכיבי פסולת אחרים ומשום כך הם קלים יותר). תנועה זו הורסת את הכיסוי של שכבות הפסולת באספ"ים ופוגעת בשיקומם.

<u>משמשים בית גידול לבעלי חיים שונים</u> – לנחשים, לחולדות, ליתושים ולזבובים. חללם משמש מקום נוח למחיה – מספק אוויר, נקווים בו מים והוא מהווה אתר מוגן מפני הסביבה.

2. שימוש מחדש בצמיג אינו בטיחותי, שימוש בצמיג שלם כבולם זעזועים או כחומר מילוי אינו נותן מענה לכמות פסולת הצמיגים ולמעשה אינו פותר את הבעייה.
3. מיחזור צמיגים מאפשר חיסכון בחומרי גלם טבעיים וחוסך גם בשטח הטמנה כיוון שצמיג תופס נפח גדול. בחלק מהשימושים לגומי של הצמיג יש ערך מוסף בבלימת רעשים.
4. לצמיג יש ערך היסק גבוה אבל בזמן שרפתו נפלטים מזהמים מסוכנים לאוויר כמו לדוגמה דיוקסינים. יש להבטיח שרפה בתנאים של טמפרטורה גבוהה מאוד כדי שלא יפלטו מזהמים לאוויר.
5. נתונים שיש לאסוף:
   א. אמדן של כמות הצמיגים לטיפול.
   מקומות ברשות בהם נמצאים הצמיגים.
   עלות הובלה של צמיגים לאתרי טיפול.
   ב. בעיות העולות מהנתונים:
   הצמיגים מפוזרים במקומות שונים בשטח הרשות: מוסכים, פנצ'ריות וצידי דרכים.
   פתרון – לאסוף אותם לשטח אחד.
   עלות הובלת צמיגים יקרה בגלל הנפח הרב שהם תופסים. השאלה היא מי אחראי להובלת הצמיגים אל אתר מרוכז? הרשות? בעל העסק?
   ג. סמכות הרשות לפעול: על הרשות לפעול על פי הדרישות של חוק שמירת הניקיון, התשמ"ד-1984, שבסעיף 7(א) שלו קובע:
   "...באחריות רשות מקומית להכריז על אתר לריכוז פסולת בניין, גזם, **צמיגים** וגרוטאות רכב " הרשות המקומית תקבע, בכפוף לכל דין, אתרים לסילוק או ריכוז וטיפול בפסולת בניין, גזם <u>צמיגים</u> או גרוטאות רכב"
   סעיף 7(ד) בחוק קובע כי באחריות בעל הפסולת לפנות לאתר הייעודי שנקבע, "לא יפנה אדם פסולת **מאחד הסוגים שנקבע בסעיף (א)קטן, אלא לאתר שנקבע לכך ."**
   ריכוז צמיגים באתר אחד יוצר בעיות סביבתיות של דליקות, מוקד למזיקים.
   אפשר לפתור קושי זה באמצעות קיצוץ הצמיגים והפנייתם לשימושים שונים.
   פתרון לבעיית הדליקות יושג רק במכירת צמיגים למתקנים להפקת אנרגיה אם יהיו כאלה בישראל.

תשובה לשאלה לדיון בכיתה בעמוד 89

נקודות לדיון

- ♥ טיפול משולב נועד לתת מענה לכל סוגי הפסולת הנוצרת תוך שימוש בגישות שונות.
  צמיגים הם רק סוג אחד של פסולת שניתן לטפל בו בכמה גישות.
- ♥ קשה לאזרח להפנים שניתן להפחית את הכמות של פסולת צמיגים על ידי שימוש בתחבורה ציבורית במקום בכלי רכב פרטיים.
- ♥ הגישות של שימוש חוזר ומיחזור נותנות רק מענה חלקי לטיפול בכל הכמות של פסולת צמיגים ולכן הן אינן פתרון אופטימלי לטיפול בפסולת זו. דרושה גם הפחתה במקור.
- ♥ שרפה לאנרגיה נותנת מענה טוב לפסולת צמיגים אבל צריך לבדוק את הלוגיסטיקה של שינוע הצמיגים, תפעול מתקן פל"א ואת ההתנגדות הציבורית למתקן פל"א.

הטמנה סניטרית

תשובות לשאלות בעמוד 90

1. פלסטיק, נייר וקרטון, גזם, שיירי מזון, אפר ומתכות.

במהירות הגדולה ביותר – פלסטיק. צפיפות הפלסטיק היא הקטנה ביותר ולכן הוא תופס נפח רב וממלא את המטמנה במהירות רבה יותר מזו של כל שאר המרכיבים.

במהירות הקטנה ביותר – אפר מתכות וחומרי בנייה. צפיפות חומר גבוהה פירושה שהחומר יתפוס נפח קטן מכולם ולכן יקח זמן רב עד שהמטמנה תתמלא.

2. פלסטיק עם נייר וקרטון מהווים 60% מנפח הפסולת, ולכן הם ימלאו מהר מאוד את המטמנה.

בקביעת המדיניות יש לקחת בחשבון את הצורך להקים אתרי הטמנה חדשים כל הזמן: לחפש שטח מתאים ובגודל מתאים. בארצנו ששטחה קטן והיא צפופת אוכלוסין קושי זה מחדד את הצורך בפתרונות אחרים לטיפול בפסולת במקום הטמנתה.

שלבים בהקמה ובתפעול של מטמנה סניטרית

הערה לתרשים בעמוד 91

התרשים ממחיש את תהליך הטמנת הפסולת במטמנה. כדאי לשרטט את התרשים יחד עם התלמידים ולהדגיש שגובה הפסולת הסופי אינו עולה על 10 מטרים.

גזים הנוצרים במטמנות

הערה לעמוד 93

בנוסף להיותו גז חממה וגז דליק, מתאן הוא בעל ערך קלורי גבוה ושרפתו מספקת אנרגיה המאפשרת להפעיל טורבינה להפקת חשמל. ניצולו היעיל יכול לחסוך שימוש במקורות אנרגיה אחרים, לצד מניעת המפגעים שהוא יוצר.

תהליך יצירת הגז זהה לתהליך היווצרותו בשיטת העיכול האנארובי. במטמנה הוא משתחרר לאוויר או נאסף באופן מסודר בצינורות.

מידע נוסף על מתאן אפשר למצוא באתר הבא:

telem.openu.ac.il/courses/c20237/methane-g.htm

מפגעים נוספים לסביבה שמקורם בפסולת מטמנות

תשובות לשאלות בעמוד 95

1. נבדוק פתרונות קיימים בהפעלת מטמנה סניטרית הנותנים מענה למפגעים שיוצרת מטמנה לא מוסדרת:

מפגעים לסביבה שיוצרות מטמנות	**פתרונות למפגעים הקיימים במטמנה סניטרית**
שימוש במשאב הקרקע שהוא משאב יקר	שימוש באתרים שכבר נפגעו מפעילות קודמת של האדם, ניצול שקעים טבעיים של קרקע באזורים מרוחקים בהם הדרישה לקרקע פחותה.
מפגע נופי	תוכנית שיקום לאתר בתום פעולתו.
חלחול תשטיפים לקרקע ולמי תהום	דיפון קרקעית המטמנה ושוליה בחומרים אטומים, שאיבת התשטיפים לברכה חיצונית, טיפול בתשטיפים.
חומציות בערמת הפסולת	כיסוי הערמות בקרקע בסיסית המנטרלת את החומציות, איסוף תשטיפים המונע הצטברותם בפסולת.
סכנת שרפה כתוצאה מפליטת מתאן	התקנת מערכת צינורות לאיסוף הגז ולמניעת פליטתו לאוויר, כיסוי יומי של הערמה לצמצום חשיפה לאוויר.
משיכת בעלי חיים	יצירת שכבות של פסולת וכיסויין בשכבת עפר עבה, השכבה מונעת מבעלי חיים להגיע לחומרי המזון שבפסולת.
פסולת מעופפת עם הרוח	כיסוי בעפר מונע פיזור הפסולת, גידור האתר.

2. כיוון שכבר תוכננה מטמנה, הרי שבתכנון של מטמנה סניטרית ניתן מענה לרוב הבעיות הסביבתיות שיוצרות מטמנות לא מוסדרות. יש מענה לבעיית זיהום מים, יש מענה לבעיית גז המתאן וסכנותיו, יש מענה לבעיית בעלי החיים ולבעיית הפסולת המתעופפת עם הרוח. יש מענה למראה הנוף לאחר שתתמלא המטמנה. עם זאת צריך לזכור שפסולת מתעופפת גם בדרך אל המטמנה ויכולות להתרחש תקלות במערכות האיסוף של התשטיפים ושל הגז. ועד לסיום הפעילות באתר יש בעיות של מפגע נופי ושל ריח.

הרחבה

חולף זמן רב עד שמצטבר באתר הפסולת גז בכמות שכדאי מבחינה כלכלית להשתמש בה. כמות הגז קשורה באופן ישיר לכמות הפסולת המוטמנת באתר. בתקופה הראשונה לפעילות המטמנה, כאשר כמות הגז קטנה, נהוג לעשות בו שימוש מקומי או להבעיר אותו בלפיד כיוון שיש סיכון רב באיחסון הגז למשך שנים.

בהמשך, יש התייחסות גם לעומס התחבורתי שנוצר בסביבת המטמנה, אפשר להעלות זאת כנקודה גם כאן.

3. קשיים שאין להם פתרון:

הפעלתה של מטמנה סניטרית, עד שהיא מתמלאת, יוצרת מפגעי נוף. גם אם ממזערים את הפגיעה בסביבה, עדיין היא קשה משום שלא פשוט להשיג יעילות של 100%. הבעיה הגדולה ביותר שנשארת ללא פתרון – בזבוז משאבים הטמונים בפסולת שמופנית להטמנה ובזבוז משאב הקרקע.

תשובות לשאלות על פינת העשרה – שחפים במזבלת חירייה בעמוד 95

1. המטמנה סיפקה מקור מזון לשחפים, הרבה מעבר לכמות הזמינה באזור באופן טבעי, ללא המטמנה. שפע המזון גרם להתרבות ניכרת של השחפים.
2. יש ציפורים האוכלות פגרים, וכאלה האוכלות תולעים וחרקים, חרקים אוכלי בשר, יונקים אוכלי בשר כגון חולדות, קיפודים, חתולים, כלבי רחוב, נחשים, תנים ושועלים ועמם סכנת כלבת.

סיום הפעילות של מטמנה ושיקומה

תשובה לשאלות בעמוד 96

1. עלויות: הקמה של מטמנה, תשתיות להובלת הפסולת אל המטמנה ועלות ההובלה.
2.

יתרונות	חסרונות
אין צורך לטפל בפסולת, יכולה לקלוט כל סוג של פסולת כי סוג הפסולת לא משפיע על תפעול המטמנה, הקפדה על הקמה ותפעול נכון מצמצמת את המפגעים והסיכונים היכולים להיווצר מהטמנת פסולת, אפשר לשקם בעזרתה מחצבות ואתרי כרייה שהפסיקו לפעול, עלות כלכלית נמוכה למשתמש, כל עוד היטל ההטמנה נמוך.	משתמשת במשאב קרקע יקר , תפעול לא נכון מביא למפגעים רבים: ריח, בעלי חיים, פסולת בצידי דרכים, סכנה של דליקות, סכנה של זיהום מי תהום על ידי תשטיפים כתוצאה מקרע או מחתך ביריעת האיטום. <u>הרחבה</u>: בארץ במיוחד יש בעיה של מיקום מטמנות ליד ריכוזי האוכלוסייה המייצרת אותם (באזורים הצפופים אין מקום למטמנות). אף אחד גם לא רוצה מטמנה לידו.

3. גישה זו אינה תורמת כלל להפחתת פסולת הנוצרת כיוון שהיא נותנת פתרון זול כלכלית לבעיית הפסולת.

גישה זו בזבזנית מאוד במשאבי הטבע ששימשו לייצור מוצרי הצריכה היוצרים את הפסולת.

יש כאן בזבוז של משאב נוסף – הקרקע.

מזהמים עלולים לחלחל לעומק ולשולי האתר.

שיקולים בבחירת אתר למטמנה

שיקולים סביבתיים

הערה לעמוד 97

כדי להמחיש את התרומה האפשרית של סוג הקרקע לזיהום מי תהום, אפשר לבצע ניסוי ולבדוק בו מהירות חלחול של מים בקרקעות שונות: חול, חרסית, חמרה, לס, טרה רוסה וכו'.

אפשר לחתוך את חלקו העליון של בקבוק שתייה מפלסטיק, להפוך אותו עם הפתח כלי מטה ולכסות את הפתח בנייר סינון או בצמר גפן. לשים על גבי נייר הסינון או צמר הגפן סוגים שונים של קרקע בכמות מסוימת (חשוב שתהיה כמות שווה של כל סוג של קרקע שנבדק בניסוי). להוסיף כמות מדודה של מים ולמדוד את קצב החלחול ואת הכמות המחלחלת על ידי איסוף המים לתוך משורה בנפח מתאים.

תשובות לשאלות בעמוד 97

1. **היתרון**: בור הטמנה קיים וההטמנה מתבצעת "מתחת לפני השטח" כך שגבעה הנוצרת בסוף ההטמנה תהיה נמוכה והנראות שלה תהיה פחות בולטת.

(הרחבה – הסכנה היא שימלאו את המקום עד לגובה פני השטח ויטמינו בנוסף לגובה של עשרה מטרים מעל לפני השטח שהוא גובה מקסימלי מותר וכך יאבד יתרון הנראות הנופי לטובת כמות פסולת – יתרון הגודל.**)**

כרייה וחציבה יוצרים נוף מופר שיש לשקם. שיקום מצריך מילוי מחדש עד לגובה פני שטח בדומה למצב שלפני הכרייה או לחילופין בהתאם לתכנית שיקום נופית. מילוי בפסולת מהווה דרך למילוי הבורות.

2. התנאי הוא מידת החלחול של הקרקע מצד אחד או מידת אטימות הקרקע לחלחול מצד השני. תנאי זה נבדק בכמה היבטים / מופעים שלו:

סוג הקרקע - משפיע על מהירות החלחול: קרקע חולית מחלחלת מהר בגלל גודל המרווחים שבין גרגרי החול. קרקע חרסיתית היא בעלת תכונות אטימות למים ומצמצמת חלחול גם במקרה של קרע ביריעת האיטום.

סידוק בקרקע – סדקים מהווים מעברי מים. קרקע חרסיתית עם סדקים לעומק אינה נחשבת אטימה למים.

3. משטר הרוחות מלמד את כיווני הרוחות השכיחים במשך היום ואת עוצמתן. הוא מאפשר לקבל הערכות על התפשטות אפשרית של ריחות לכיוון יישובים בסביבה וחשיפה לסכנות במקרי שרפה – לאן העשן והאש עלולים להגיע בשעות השונות של היממה.

4. <u>השפעה סביבתית של עומס תחבורה על הסביבה:</u>

רעש של כלי רכב, רעידות קלות של פני השטח כתוצאה ממעבר כלי רכב כבדים,
תנועה רבה שאינה מאפשרת לבעלי חיים לחצות את הכביש וניתוק בין אוכלוסיות החיות משני צדי הכביש.
אשפה שעפה מהמשאיות (למרות הכיסוי), בעיקר שקיות פלסטיק, ומכסה את פני השטח.
<u>השפעה על תושבים:</u>
רעש של כלי רכב לאורך רוב שעות היממה, נזק לכביש עצמו (בורות כתוצאה מנסיעה של כלי רכב כבדים), אטיות נסיעה, סכנת בטיחות עקב כלי רכב גדולים הנוסעים על הכביש.

שיקולים כלכליים, חברתיים ותכנוניים

תשובות לשאלות לסיכום נושא ההטמנה בעמוד 98

1. שיקול מרכזי הוא מחסור בשטחי קרקע בהם אפשר להקים אתרי הטמנה. בצפון הארץ ובמרכזה יש מחסור בשטחי קרקע פנויים, מחיריהם יקרים והם קרובים למקומות רגישים מבחינה הידרולוגית. יש יתרון לשימוש בשטחים מופרים שכבר נפגעו בגלל שימושים אחרים שעשו בהם, שמצויים בעיקר בדרום הארץ.
2. א. לשיטת ההטמנה שתי פנים: קלות השיטה אינה מעודדת מיחזור פסולת אבל אורך חיי האתר והרצון להפעילו זמן רב ככל שאפשר מעודדים מיחזור פסולת כדי שאורך חייו יגדל.

   ב. כדאי למחזר פסולת כאשר יש למיחזור יתרונות כלכליים ברורים לדוגמה, פסולת אורגנית רקבובית הניתנת למיחזור לקומפוסט. באופן זה מצמצמים את היקף ההטמנה וגם מקטינים את נפח הפסולת המופנית להטמנה. כך מנוצלת הפסולת כחומר גלם ולאתר ההטמנה יש משך חיים ארוך יותר. אתר הטמנה יכול להציע בתחומו מתקנים שונים להשבת פסולת.

   הרחבה

   לפסולת פלסטיק יש ערך קלורי גבוה ולכן נכון להיום, כלכלי יותר להשתמש בה להפקת אנרגיה מאשר למחזרה. שרפת פסולת פלסטיק לאנרגיה יכולה לפגוע בהפחתת פסולת במקור כיוון שלכאורה יש פתרון לפסולת והפחתת שימוש בנפט. צריך להדגיש את חשיבות הפחתת פסולת במקור ואת השימוש המושכל במשאבים.
3. הוצאת הזרם הרטוב והפנייתו לקומפוסטציה תפחית באופן ניכר את כמות הפסולת המופנית להטמנה ואת פליטות גזי החממה. גם הפניית חלק מהזרם היבש למיחזור תביא לצמצום כמות הפסולת המופנית להטמנה. מהלך כזה יאריך את משך חיי המטמנה. ההכנסות מהפעלת האתר יתפרסו על פני תקופה ארוכה יותר כך שבטווח הקצר הן ירדו.
4. הנימוקים: מפסולת אורגנית ניתן לייצר קומפוסט, קל למחזר אותה, מניעת הטמנתה מצמצמת באופן ניכר סכנות של פריצת דליקות בערמת הפסולת הודות לצמצום היווצרות גז מטמנות ותשטיפים, צמצום משיכה של בעלי חיים שניזונים מפסולת אורגנית.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: אתר פסולת מוצקה אפעה בנגב עמוד 99

1. באתר אפעה קיימים תנאים מתאימים להפעלתו כאס"פ ארצי מאחר ששטחו גדול ויש באזור גם עתודות שטח נוספות. נותן מענה למצוקת מקום להטמנה במרכז הארץ ובצפונה.

לאתר יש כמה יתרונות:

טופוגרפיה – שטח מופר, יש שקעים שניתן למלא ולא צריך לחפור בורות.

הידרולוגיה – מי התהום נמצאים בעומק רב.

נראות – מהווה פעולת שיקום למכרה לא פעיל.

כלכלית –קיים בשטח חומר כיסוי.

בריאות תושבים ואיכות חיים – רחוק מישובים.

אפשר לנצל את משאיות הפסולת להובלת חול לבנייה שנכרה בסמוך.

חסרונות האתר:

הצורך להוביל פסולת למרחק רב:

הפתרון הוא כנראה שילוב של רכבת ומשאיות אך השאלה היא מתי הוא יופעל. בשנת 2012 היה עומס בתנועת משאיות בכבישים המובילים לאתר.

נפח הטמנה גדול – מעודד שימוש בגישת הטמנה ולא בגישות אחרות. לרשות המפעילה יש עניין בהפעלת האתר , זהו ענף כלכלי.

2. בעלי עניין באתר "אפעה":

המדינה – מתן פתרון לבעיית סילוק הפסולת, במיוחד כאשר גישה פעילה היא גישת הטמנה.

צבא –לא התנגד להפעלת האתר (בשונה מאתר אורון שם הצבא לא אישר הקמת אס"פ.)

רשות מקומית שבשטחה מוקם האתר– האתר הוא מקור הכנסה לרשות.

ערד שהיא רשות מקומית שכנה – חשש למפגעים שיפגעו בענף התיירות ובאיכות החיים בעיר. ערד נסמכת על תיירות מדברית ותיירות מרפא (הודות לאוויר היבש באזור).

מטיילים – האתר נמצא בסמיכות למסלולי טיול בנגב. הרחבת האתר וקיום תוכניות המשך עלולים להשפיע על אתרי טיול דוגמת עין בוקק (נמצא בתחום מ.א. תמר)

רשות המים – חשש למי תהום מקומיים הנמצאים קרוב לפני השטח ומזינים את עין בוקק.

אין חשש למאגר עיקרי של מי תהום, מצוי בעומק רב.

מפעל נגב כימיקלים הסמוך – חשש לזיהום חומרי הגלם שלו באסבסט.

תושבי האזור – תחושה שמתייחסים לנגב כאל החצר האחורית של המדינה, תושבי המרכז צריכים לקחת אחריות על הפסולת שהם מייצרים. מספר המשאיות גדול ומסכן את תושבי האזור. פגיעה בתיירות באזור תפגע בפרנסתם.

הטמנה בישראל – תמונת מצב

הערה לעמוד 100

במפה יש להתייחס לצפיפות אתרי הפסולת הלא מוסדרים, דהיינו המזבלות, ולנסות לתאר יחד עם התלמידים מפה שבה יש 500 מזבלות. כיצד זה נראה?

לגבי אס"פ מתוכננים: התכנון הוא לפי תמ"א 16 עוד לפני תכנית אב לפסולת מוצקה שצמצמה את משקל ההטמנה כפתרון לפסולת מוצקה. בנוסף כמה אתרים ירדו מסדר היום עקב התנגדות ארגונים ירוקים ובניגוד לרצון המועצה המקומית, לדוגמה אתר כלנית שהיה אמור לקום ליד בית גוברין, באזור בעל רגישות נופית גבוהה.

הרחבה לעמוד 100: מטמנת אבו דיס

מטמנת אבו דיס נמצאת ממזרח לירושלים , בין ירושלים למעלה אדומים, בסמוך ליישוב אבו-דיס. הוקמה על ידי עיריית ירושלים ומשנת 1999 נמצאת באחריות עיריית מעלה אדומים. האתר קולט פסולת מירושלים ומיישובים בסביבה ובהם: מעלה אדומים, מבשרת ציון, מטה בנימין ויישובים המצויים ברשויות פלשתיניות. האתר פועל משנת 1981 וקולט מדי יום 1,300 טון של פסולת ביתית. באתר אין תשתיות הנדסיות לטיפול במפגעים סביבתיים ובטיחותיים. הקרקעית אינה אטומה, "הר הזבל" אינו יציב ואין מערכות לקליטת תשטיפים וגז הנפלט מהפסולת. עיריית ירושלים לא פעלה למצוא חלופה לאתר משיקולים כלכליים. כדי להביא לסגירת האתר החליט השר להגנת הסביבה באוקטובר 2010, על הפסקה הדרגתית של הטמנת פסולת באתר אבו דיס עד לסגירתו.

מקורות המידע: אתר המשרד להגנת הסביבה ואתר איגוד ערים דרום יהודה

תכנית מתאר ארצית לפסולת – תמ"א 16

תשובות לשאלות בעמוד 102

1. א. צפון הארץ: חגל, עברון, אבליים, תאנים

מרכז הארץ : אבו דיס, חרובית (גבול הנגב), טובלן (צפון הבקעה)

דרום הארץ: בני שמעון (דודאים מקומי), גני הדס (דודאים ארצי), נימרה, אפעה, זוהר ערד, דיה, טללים.

ב. הבעיה: באזור המרכז אין אס"פים. לאן מפנים את הפסולת ישובי השפלה וגוש דן?

2. ב. אתרים ארציים: אפעה – מקבל פסולת מאזור דרום המרכז והשפלה: ראשון לציון והסביבה. גני הדס – מקבל פסולת מגוש דן.

3. א. האתרים הם: נימרה, דיה, זוהר-ערד, טללים. כולם נמצאים בדרום הארץ.

ב. במקום נימרה יצטרכו לפתוח אתר אחר כיוון שהוא משרת את אזור אילת והערבה הדרומית. הערבה הצפונית ומ. א. תמר מפנות ישירות לאפעה. זוהר-ערד קולט פסולת מערד, ירוחם והסביבה. יכולים לפנות לאפעה. היתר יכולים לפנות לגני הדס (ארצי) או לדודאים (מקומי).

תחנת מעבר לטיפול בפסולת

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: חירייה – ממטמנה לא מוסדרת לפארק מיחזור בעמוד 103

1. בתחילת פעילות האתר הייתה רוב הפסולת אורגנית והופנתה לשדות מקווה ישראל במחשבה שתעשיר את הקרקע בדרך של "קומפוסטציה טבעית".
2. הגורמים: גידול אוכלוסייה בערים המפנות פסולת לחירייה.

גידול בצריכה, בעיקר של חומרי אריזה ומוצרים שאינם מזון, בשל גידול האוכלוסייה והעליה ברמת החיים.

3. מדיניות הטיפול בפסולת:

פסולת כדבר לא שמיש - טיפול בגישת הטמנה.

פסולת יוצרת מטרדי ריח – הרחקה מטווח הריח של התושבים.

יצירת פסולת היא דבר בלתי נמנע – צמיחתו של ההר לממדים גדולים שמסכנים את הסביבה.

פסולת כמשאב – הקמת אתרי מיון ומיחזור פסולת לשימוש כחומר גלם. תכנון מתקן להפקת אנרגיה מהפסולת.

4. תהליך השיקום:

ייצוב מדרונות עונה על מציאות של קריסת מדרונות.

שאיבת הגז עונה על מצב שבו נוצר גז מטמנות עם פוטנציאל נפיצות, מניעת דליקות באתר.

ניקוז תשטיפים – האתר הוא פיראטי ללא הגנה על הקרקע. ניקוז תשטיפים מיועד לצמצם זיהום הקרקע ומי התהום.

ניקוז נגר טבעי –מניעת היווצרות תשטיפים כתוצאה מירידת גשמים על המטמנה הפתוחה.

5. תכנון עתידי של טיפול בפסולת צריך לקחת בחשבון מגמות בהתפתחות כל אזור הקשורות בגידול באוכלוסייה ובשינויים ברמת החיים. נדרש תכנון בר קיימא כדי לתת מענה יעיל לצרכים מתפתחים.

פסולת בניין – מהטמנה למיחזור

תשובות לשאלות תחת טבלה 12 בעמוד 105

1. פלסטיק, אלומיניום, בטון, טיח וכו' – חומרים אינרטיים שאינם מגיבים עם הסביבה. הם נשארים בסביבה כמעט ללא שינוי ויוצרים מפגעים של ערימת פסולת.

   נייר, עץ, ברזל (מחליד ומתפרק), מגיבים עם חומרים בסביבה (חמצן) או שהם מתפרקים למרכיביהם בהשפעת מיקרואורגניזמים (עץ ונייר).

2. ניתן לגרוס בטון, טיח ובלוקים לאגרגטים ולהשתמש בהם כתשתית לכבישים. ברזל ניתן למיחזור. כך גם לגבי נייר וקרטון בתנאי שהיה ארוז בהם חומר שאינו מסוכן.

3. אפשר למחזר או לעשות שימוש חוזר בכ-70% מהפסולת. אין נתונים על הפקת אנרגיה מפסולת בניין. נייר, קרטון ופלסטיק הם בעלי ערך היסק גבוה אבל לרוב הם מעורבים עם חומרים אחרים המצויים בפסולת וערך ההיסק של התערובת נמוך יותר.

תשובות לשאלות תחת גרף 11 בעמוד 106

1. פסולת הבנין המושלכת בכל שטח פנוי מזהמת את הקרקע וגורמת מפגעי נוף.

2. המגמות: גידול ניכר בכמות פסולת בניין המופנית למיחזור, ירידה ניכרת בהשלכת פסולת ללא טיפול, עד 2007 – גידול בהפניית פסולת בניין להפחתה וירידה בשנים 2007-2009.

3. א . פעולות הסברה וחינוך: לפרסם את הנזק הגדול שגורמת השלכת פסולת הבניין במקום שאינו מוסדר, ואת התועלת הרבה ממיחזור פסולת זו.

   ב. להחמיר בעונשו של משליך פסולת ברשות הרבים, להגדיל את הקנסות המוטלים עליו ואפילו להחרים את המשאית ששימשה להשלכת הפסולת.

מגמות בטיפול בפסולת מוצקה בתחילת המאה ה-21

הערה תחת גרף 12 בעמוד 107

בישראל הוחל בגביית היטל הטמנה בסך 10 ₪ לטון פסולת רק בשנת 2007, לכן לא ניכרת השפעתו בגרף המציג נתונים משנת 2008.

תשובות לשאלות תחת גרף 12 בעמוד 107

1. השינוי הגדול ביותר חל בפולין 28% , הקטן ביותר – בישראל 4% .
2. אפשר לחלק את המדינות האירופאיות לשלוש קבוצות: גרמניה ואוסטריה, שבהם היו אחוזי הטמנה נמוכים מלכתחילה ובכל זאת הם פחתו במידה ניכרת והגיעו עד לרמה קרובה לאפס פסולת להטמנה. בבריטניה – אחוז הטמנה בינוני-גבוה והשינוי קטן. בפולין וביוון מוטמנת רוב הפסולת, חל שינוי ניכר אבל נקודת הפתיחה הייתה גרועה, לכן עדיין ההטמנה היא הגישה העיקרית המיושמת.

   גורמים אפשריים להבדלים:

   מודעות של הציבור משפיעה על מדינות ממשלתית . מודעות לנושא של צרכנות, להקטנת זמינות משאב הקרקע ונכונות לשלם על טיפול בפסולת.

   שטח המדינה – מדינות בעלות שטח קטן מקדמות פתרון שאינו הטמנה.

   חוזק הכלכלה – פתרון שאינו הטמנה הוא יקר יותרבמיוחד בשלבי הקמת התשתיות שלו.
3. במדינת ישראל הופנתה רוב הפסולת להטמנה. חל שינוי קטן מאוד. שיעור המיחזור בה נמצא בין בריטניה ליוון. גם מודעות הציבור לפתרונות אחרים שאינם הטמנה גברה רק לאחרונה בעקבות הסברה אינטנסיבית של הרשויות ושל המשרד להגנת הסביבה שליוותה את תהליך הפרדה במקור.

תשובות לשאלות תחת גרף 13 בעמוד 108

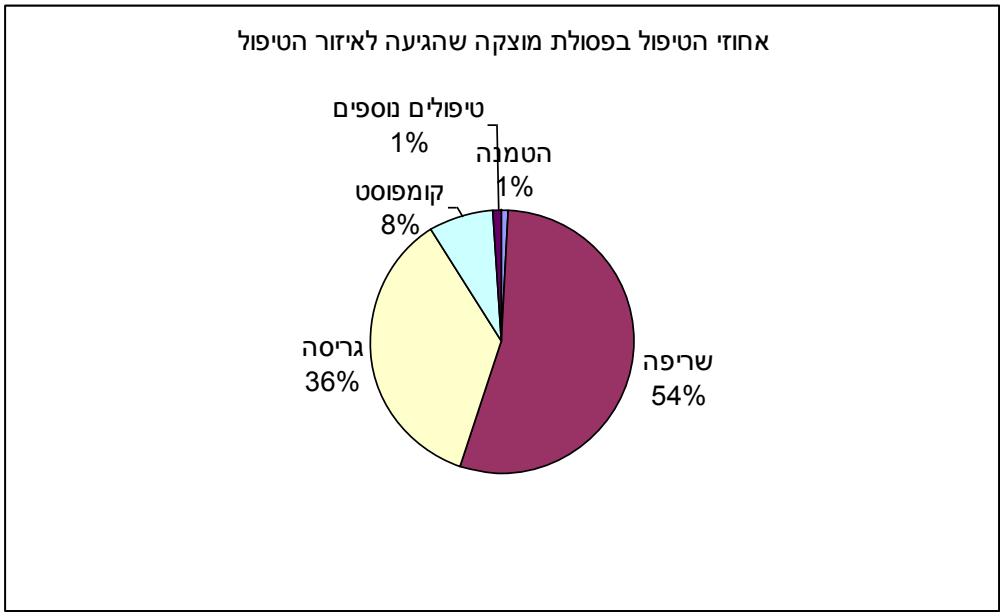
1. במדינות: יוון ופולין – גישת הטמנה
2. במדינות: אוסטריה, הולנד וגרמניה – מיחזור ולאחריו שרפה לאנרגיה. כמעט ואין הטמנה.
3. השבה- מיחזור ושרפה לאנרגיה: בריטניה – 45%, ספרד – 43%.
4. מדיניות מתקדמת: השבת פסולת ומדיניות של "אפס פסולת להטמנה": הולנד, גרמניה ואוסטריה. סיבות אפשריות: אופי החברה בכל מדינה, יכולת כלכלית של המדינה הגורמת לכך שבכמה מהמדינות לא מדרבנים לשינוי במודעות וליישום גישות חדשות.

הרחבה

גם לשנה שבה הצטרפה כל מדינה לשוק האירופאי המשותף יש משקל באופן הטיפול בפסולת. ההצטרפות מחייבת שמירה על הדירקטיבה האירופאית לטיפול בפסולת. הולנד היא בין המייסדות של השוק האירופי בשנת 1951. בנוסף היא ידועה במודעות גדולה לנושאי סביבה וברמה גבוהה של שמירה על חוקי מדינה. בריטניה הצטרפה בשנת 1973. יוון הצטרפה בשנת 1981, לפני ספרד ואוסטריה אבל אין בה מודעות סביבתית גבוהה. רומניה הצטרפה בין האחרונות, ב-2007 ובנוסף כלכלתה רעועה.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה – טיפול בפסולת בעיר ברלין, בעמוד 109

1. גרף עוגה



2. בולטת מאוד הגישה של פסולת כמשאב, ניצול מקסימלי של הפסולת לשימושים נוספים
3. גישת "אפס פסולת להטמנה" - בולט מאוד האחוז המזערי של פסולת המועברת להטמנה (60%X1/100 כלומר –0.6%).
4. כמות הפסולת המגיעה לאתר המרכזי היא 628,400 טון. כמות זו מהווה 60% מסך הפסולת ולכן כמות הפסולת הנוצרת בעיר היא – 1,047,333.3 טון .
5. שתי גישות להצגת הנתונים כולל מיחזור:

טיפול בפסולת בעיר ברלין

הטיפול	**משקל הפסולת המטופלת (טון)**	**אחוז הפסולת המטופלת מסך הפסולת בעיר**	
מיחזור	418,933	40%	
טיפול באתר המרכזי	628,400	60%	
		מתוך 60%	מתוך 100%
גריסה	36,000	36	21.6
קומפוסט	74,000	8	4.8
שרפה	505,400	54	32.4
טיפולים שונים	8,000	1	0.6
הטמנה	7,000	1	0.67

הערה תחת גרף 14 בעמוד 109

הפלסטיק מיוצר מנפט ואגורה בו אנרגיה רבה שכמותה דומה לזו האגורה בנפט או בגז טבעי. לכן שרפת פלסטיק לצורך הפקת אנרגיה היא פתרון יעיל לסילוק פסולת הפלסטיק.

תשובות למורה לשאלות תחת גרף 14 בעמוד 109

1. שיטת המיחזור נפוצה יותר מהפקת אנרגיה במדינות: צ'כיה ואנגליה. מיחזור היא שיטה בלעדית ביוון.

השיטה להפקת אנרגיה מפסולת נפוצה יותר משיטת המיחזור במדינות: שוויץ, בלגיה, צרפת. בכולן יש הבדל ניכר לטובת שיטת הפקת אנרגיה בהשוואה לשיטת המיחזור.

2. שוויץ ובלגיה – אחוז השבה גבוה (98%, 90%) ואחוז הפקת אנרגיה גבוה (70%, 60%).

צרפת – אחוז השבה בינוני – 55% ואחוז הפקת אנרגיה בינוני – 40%.

צ'כיה – אחוז השבה בינוני – 43% ואחוז הפקת אנרגיה נמוך -15%.

אנגליה – אחוז השבה נמוך 22% ואחוז הפקת אנרגיה נמוך מאוד 8%.

יוון – אחוז השבה נמוך מאוד – 13% ואחוז הפקת אנרגיה – 0%.

קשר אפשרי – ככל שאחוז השבה של פסולת פלסטיק גבוה יותר, אחוז הפסולת המופנית להפקת אנרגיה גבוה יותר.

3. א. חמרי גלם הולכים לאיבוד.

ב. נוצרים משקעים רעילים או שנוצר אפר מרחף הפוגע בנשימה.

טיפול בפסולת מוצקה בישראל

מדיניות "אפס פסולת להטמנה" ופיתוח תכנית אב לטיפול בפסולת מוצקה הרחבה

עקרונות המדיניות המוצגת בתכנית האב לפסולת – העשרה אפשרית לתלמידים

ניהול משאב קרקע

הקמת מתקנים לטיפול בפסולת תהיה על פי גישת הקיימות. פירוש הדבר הוא שקצב צריכת הקרקע לא יפגע בהזדמנויות לפיתוח ייעודי קרקע נוספים באזור.

עתודות קרקע להטמנה

עתודות הקרקע להטמנה אינן פזורות באופן שווה ברחבי הארץ: פוטנציאל ההטמנה בדרום הארץ גדול יותר מאשר במרכז הארץ, שם משאב הקרקע מצוי בחסר בגלל צפיפות האוכלוסייה ומשום שהאזור שוכן מעל האקוויפרים המרכזיים של ישראל: אקוויפר ההר ואקוויפר החוף. גם בצפון הארץ חסרה קרקע להטמנה.

שינוע של כל הפסולת לדרום הארץ או טיפול בפסולת באזורים שבהם היא נוצרת הם שני פתרונות אפשריים למחסור בקרקעות בצפון הארץ ובמרכזה. שינוע כל הפסולת לדרום מתעלם מההשלכות החברתית לטיפול בפסולת: יצירת תדמית לדרום כשל אזור המתאים לקלוט את הפסולת מחלקי ארץ אחרים תוך הרחקת הפסולת מהאזור שבו היא נוצרה, גישה המחלישה את תחושת האחריות של האזרח. מבחינה חברתית עדיף פתרון של טיפול בפסולת במרחב הגיאוגרפי שבו היא נוצרת והקמת מתקנים מקומיים לטיפול בפסולת.

ניהול משאב הפסולת

התפיסה הרואה בפסולת משאב מחייבת בחינה של מרכיבי הפסולת בראייה כלכלית. פירוש הדבר שצריך לבחון באילו מרכיבים מתוך הפסולת הטיפול בגישת ההשבה כדאי מבחינה כלכלית.

תפיסת הפסולת כמשאב היא חדשה לציבור. לכן יש להשקיע מאמצים בהעלאת מודעות הציבור לתפיסה זו ולעגן אותה בקרב הצרכנים השונים באמצעות תמריצים אך גם באמצעות אכיפה – הטלת קנסות בהתאם לעיקרון: "המזהם ישלם".

תכנית האב לפסולת מציעה לפעול ליישומה על פי קווי הפעולה הבאים:

א. ריכוז מאמצים להשבה של חומרים המהווים את עיקר הפסולת: סקרים של התפלגות הפסולת על פי נפח סוגי החומרים מראה שנייר וקרטון, פלסטיק ופסולת אורגנית מהווים 75% מנפח הפסולת וכ-70% ממשקלה מורכבים.

ב. מתן דגש לתמריצים כלכליים על פני חקיקה ואכיפה ובמקביל – פיתוח מנגנון הסברה לציבור.

ג. שימוש בעיקרון של "המזהם ישלם" באופן שיעודד הפחתה בכמות הפסולת הנוצרת והפרדה במקור של הפסולת.

הגנת הסביבה הפיזית

המתקנים לטיפול בפסולת יהיו כפופים למגבלות סביבתיות שימנעו פגיעה מכל סוג שהוא בסביבה.

תיקון נזקים שנגרמו בעבר בגלל טיפול בפסולת בלי להתחשב בסביבה ייעשה בתוך פרק זמן שייקבע על ידי הממשלה או על ידי השר הממונה ובהתאם להנחיות מקצועיות. במסגרת זו לא תותר הפעלת תכנית להקמת מתקן פסולת ללא תכנית שיקום בעתיד, לאחר שהאתר לסילוק הפסולת יפסיק לפעול. כמו כן הוכנו תכניות לשיקום אתרי פסולת ישנים שכבר נסגרו. התכניות כוללות טיפול בביוגז, טיפול בתשטיפים, ייצוב האתר ושיקום נופי שלו.

קביעת קווי פעילות בהתאם למדיניות ולעקרונות הטיפול בפסולת הקיימים בעולם המערבי כדי להיות שותפים פעילים להגנה על הסביבה.

תשובות לשאלות בעמוד 112

1. נקודות התאמה בין שתי התוכניות: בחירת אתרים מתאימים להטמנה תוך מיזעור נזק סביבתי, מתן התייחסות לגישות אחרות לטיפול בפסולת: גישות השבה.
2. נקודות אי התאמה: הנחת הבסיס שונה. בתמ"א 16 הנחת הבסיס היא שהטמנה סניטרית היא הפתרון הנכון ביותר. בתוכנית האב הנחת הבסיס היא של טיפול משולב כאשר הטמנה היא פתרון אחרון לפסולת שאין לה טיפול אחר. מכאן שהמשקל שיש לגישת הטמנה שונה בכל תוכנית.
3. תמ"א 16 עוסקת בהטמנה ועקרונותיה להפעלת גישת הטמנה נכונים אבל יש מקום לבדוק האם מספר האתרים להטמנה המאושרים על פי תוכנית זו תואם את המדיניות הנגזרת מתוכנית האב.

עלויות של טיפול בפסולת מוצקה

הערה לעמוד 112

העלויות המובאות כאן מתייחסות לכל השיטות לטיפול בפסולת, בעוד שבפרק זה, השיקולים לבחירת אתר למטמנה הם שיקולים כלכליים. ההתייחסות היא לבחירת מקום למטמנה והעלויות המוצגות הן עלויות פנימיות למעט ערך הקרקע .

הקרן לשמירת הניקיון

תשובות לשאלות בעמוד 115

1. היטל הטמנה הכולל גם עלויות חיצוניות של הטמנת פסולת ובכך נותן ביטוי למחיר האמתי של ההטמנה.
2. ההדרגתיות נועדה לתת לרשויות פרק זמן להתארגנות. על הרשות ליצור מרכזים לאיסוף חומר למיחזור, להסביר לציבור וליצור שינויי הרגלים, לחתום חוזים חדשים עם קבלני פינוי האשפה.
3. כאשר היטל ההטמנה יהיה ריאלי, לרשויות לא יהיה כדאי להטמין פסולת והן יעשו מאמץ להפחית את כמות הפסולת המועברת להטמנה. מיחזור הוא הפתרון המוצע בארץ להפחתת פסולת.
4. רשויות יעדיפו להפנות פסולת למיחזור ובכך להפיק רווח ממכירת הפסולת למיחזור וגם לחסוך בעלות ההטמנה בגלל הפחתת הכמות המועברת להטמנה. רווחים אלו יתקזזו עם עלויות הקמת התשתית הראשונית למיחזור (מרכזי מיחזור, יותר ימי איסוף פסולת שפירושו יותר הפעלה של משאיות זבל).
5. יתרונות של קרן הניקיון: ריכוז כספים הקשורים להטמנה תחת מנגנון אחד. השימוש בכספים נעשה על פי מדיניות של השבת פסולת עדיפה על הטמנה, ובכך מעודדת יזמות ומאפשרת תמיכה ברשויות להקמת התשתית להשבת פסולת.

כלים משפטיים לקידום הטיפול בפסולת

תשובות לשאלות בעמוד 117

1. נתוני המכירות מספקים מידע על מספר המכלים הנמצאים בשוק ויש לאסוף אותם לצורכי המיחזור. הם מאפשרים לעקוב אחר אחוזיה המיחזור מכלל כמות הפסולת הכוללת המצויה בשוק ודורשת טיפול.
2. המגמה המסתמנת היא של עלייה באחוזי המיחזור.

תשובה לשאלה בעמוד 118

החוקים הראשונים: חוק הניקיון, תקנות בריאות העם, חוק מניעת זיהום ים – מציגים את התפיסה של פסולת כמטרד וכגורם מזהם. גם הקמת קרן הניקיון מקורה בתשלומי קנסות שונים. החל משנות ה-90 באה לידי ביטוי התפיסה של פסולת כמשאב: חוק המיחזור, חוק הפיקדון, חוק הצמיגים, תיקון לחוק הניקיון לעניין היטל הטמנה. החוקים מגלמים גם את היבט הניקיון ברשות הכלל אבל עוסקים בהשבה של פסולת.

חוקים חדשים: חוק האריזות, חוק ציוד אלקטרוני מתייחסים גם למדיניות החדשה של הפחתה במקור תחילה, השבה ורק בסוף הטמנה של מה שנותר.

פרק 3
פסולת מסוכנת

מהי פסולת מסוכנת?

תשובות לשאלות בעמוד 122 מתחת להודעה מהעתונות

1. פסולת רפואית מכילה סוגים שונים של חומרים מסוכנים: חומרים רעילים, חומרים רדיואקטיביים וחומרים המכילים פתוגנים. תרסיסים מכילים חומרים דליקים ונפיצים. חומרים אלה מחייבים טיפול מיוחד כדי שלא יזיקו לסביבה. צרוף חומרים אלה לפסולת רגילה מגביר את הסכנות הטמונות בפסולת.
2. סמיכות של חומרים מסוכנים בעלי פוטנציאל דליק ונפיץ, למכלי דלק, למכלים של גזים דחוסים ולחומרים מסוכנים נוספים, מעלה את רמת הסיכון לפגיעה בכל האזור. נוצר מצב שבו כל אירוע קטן מחייב התייחסות של מפעלים רבים בסביבה עד להרחקה של אנשים מהשטח.

   אזורי תעשייה רבים, בפרט תעשייה קלה, מהווים גם מוקדי מסחר ולכן הם מקומות הומי אדם. חשוב להרחיק חומרים מסוכנים ממקומות הומי אדם כדי שלא לחשוף אנשים לסכנה מבלי שיהיו מודעים כלל לקיומה.
3. יש לבדוק האם המפעל שלח את הפסולת לפני נהלים נדרשים של סימון הפסולת בסימני אזהרה המעידים על תכולתה. סימון שכזה עוזר לאחרים לדעת מהי הפסולת שלפניהם וכיצד לטפל בה באופן שלא ייווצר סיכון. אם כן, האחריות מוטלת רק על מפעילי תחנת המעבר. אם המפעל לא פעל לפי כללים נדרשים הרי שהאחריות מוטלת עליו.

תשובות לשאלות בעמוד 122 תחת ההגדרה של פסולת מסוכנת

1. מידת הסיכון הבריאותי לאדם או לסביבה של הפסולת נובעת מחומרים מסוכנים שונים שהיא מכילה או משום שיש בה ריכוז גבוה של חומר מסוכן אחד. אין זה משנה אם הסיכון הבריאותי הוא חולף או מתמשך.
2. פגיעה חולפת – אירוע שמשכו קצר. ההשפעה שלו יכולה לחלוף עם מניעת החשיפה לחומר או כעבור כמה ימים. ההשפעה יכולה להיות קצרה ובלי נזק ארוך טווח אך היא גם יכולה לגרום נזק חמור ואף מוות. לדוגמה: חשיפה לחומרי הדברה ביתיים יכולה להתפוגג כעבור כמה שעות. חשיפה לציאניד מסוכנת גם בטווח של דקות ספורות. הימצאות קרוב לאירוע פיצוץ יכולה לגרום לתחושת צריבה חולפת אך היא יכולה לגרום למוות.

   פגיעה מתמשכת – חשיפה אטית לחומר מסוכן הגורמת להשפעה מצטברת של החומר. דוגמה: חשיפה לסיבי אסבסט, חשיפה לחומרי הדברה ולחומרי דשן.
3. אחסון לא נכון – אחסון חומרים המגיבים זה עם זה ללא הפרדה או מיגון מתאים. שינוע לא נכון – שינוע חומרים העוברים תהליכי איכול באריזות לא מתאימות. טיפול לא נכון – חשיפה לטמפרטורה, ללחץ או ללחות שיכולים לגרום לחומר להיות פעיל.

סיווג חומרים מסוכנים המצויים בפסולת מסוכנת וסימונם

תשובות לשאלות תחת טבלה 15 בעמוד 124

1. הסימול הגרפי כולל כמה מרכיבים: צורת מעויין המסמלת שלט אזהרה, צבע המעויין מסמל את קבוצת החומר (סוג הסיכון שקיים בחומר), איור גרפי המתאר את הסיכון, מלה המייצגת את סוג הסיכון ומספר המייצג את קבוצת הסיכון.
2. סימול בינלאומי מאפשר רישום אחיד וקצר של המידע המיידי הנדרש כדי לטפל בחומר. כך, אדם המוסמך לטפל בחומר לא נדרש ללמוד סימולים שונים הנהוגים במקומות שונים.

הערה על הטבלה בפינת העשרה בעמוד 124 – משמעות האותיות בשלטים המסמנים חומר מסוכן

אם עוברים על הטבלה עם התלמידים בכיתה או נותנים לתלמידים לקרוא את החומר בעצמם, אפשר להיעזר בשאלות הבאות:

1. כיצד מסייע הסימול הבינלאומי של כל חומר מסוכן לפשט את הטיפול בו, במיוחד באירוע של חומרים מסוכנים?
2. ליד ברכות השחייה יש מצבורי כלור ויש סימון תואם (כמו הדוגמה המופיעה למעלה). מה השימוש שעושים בכלור בברכות השחייה? מדוע יש צורך בהצבת שלט עם הסימון?
3. מה ההנחיות שיש לפעול על פיהן בעת אירוע של זיהום בכלור באזור בריכת השחייה או במפעל המשתמש בכלור?
4. בדקו וכתבו מהו הסימון המופיע על כל אחד מהחומרים הבאים המצויים בכל בית:
בקבוק אקונומיקה, סנובון לאסלה, סודה קאוסטית, תרסיס נגד חרקים.

הרחבה על סיווג חומרים מסוכנים

יש גם צורות סיווג אחרות לסוגים שונים של פסולת מסוכנת בכדי להתאימן לדרישות ייחודיות של תעשיות שונות או לסיווג מיוחד של חומרי לחימה (סיווג המוצע למשל על ידי פיקוד העורף בישראל).

הסיווג הייחודי בתעשייה נועד להסב את תשומת הלב של בעלי מקצוע שונים (עובדי מעבדה, רתכים, טייחים) לחומרים מסוכנים המצויים בסביבתם, כדי שינקטו בכל כללי הזהירות המתחייבים.

דוגמאות לסיווגים כאלה:

<u>פסולת מסוכנת המסומנת באות F</u> – כוללת חומרים מסוכנים שעל פי רוב לא שמים לב לנוכחותם. הם נוצרים בתהליכי ייצור בתעשייה.

לדוגמה: אדי מתכת ואבקת מתכת הנוצרים במהלך עיבוד מתכות, שאותם שואפים העובדים המטפלים בתהליך הייצור מבלי שייתנו את דעתם על כך.

<u>סוגי פסולת מסוכנת המסומנים באותיות P ו-U</u> – כוללים חומרי רעל למיניהם, שלא תמיד אנחנו מחשיבים אותם כרעילים לאדם ובהם: קוטלי חרקים, קוטלי עשבים ותרופות. חומרים אלה מיוצרים לשימוש יומיומי. הרשימות מדגישות לפני בעלי מקצוע המשתמשים בחומרים אלה את הסכנה הנשקפת מהם.

להרחבה ולאיתור דוגמאות של חומרים מסוכנים כדאי להיכנס לאתר של המוסד לבטיחות ולגהות www.osh.org.il

מקורות הפסולת המסוכנת

פסולת מסוכנת בסביבת הבית

הערה לעמוד 126

אפשר לחבר סקר על חומרים מסוכנים בבית ולברר מה יש ברוב הבתים (רצוי להכין רשימה של חומרים והכמויות שבהן משתמשים).

אפשר לבדוק עד כמה צרכנים מודעים לתוויות האזהרה המוצמדות לחומרים.

האם החומר מאוחסן כיאות?

מה עושים במכל הריק? מה עושים בשאריות החומרים או עם חומר שפג תוקפו?

האם מוכרים תחליפים ידידותיים לסביבה לחומרים מסוכנים ומוכרת הפגיעה של החומרים המסוכנים לסביבה?

באילו צעדים עלינו לנקוט כדי להפחית את כמות הפסולת המסוכנת בסביבת הבית?

הערה לעמוד 126

אפשר לשאול תלמידים מהו החומר הביתי שבו הם משתמשים לניקוי, וכן לבצע פעילות של ניקוי כתמים, בעזרת חומרים פשוטים וידידותיים לסביבה.

<u>הצעה לניסוי הדגמה</u>

לנקות כלי נחושת בעזרת חצי לימון או חצי עגבניה מול חומר כימי להברקת כלי נחושת ולהשוות מדדים שונים: מהירות ניקוי, ריח, ידיותי לסביבה, אמצעי זהירות שיש לנקוט בעת הניקוי, משך הזמן שמחזיק הניקוי (התדירות הנדרשת לחזרה על הפעולה כדי לשמור על ניקיון הכלים).

כדי להגביר את המודעות לצורך בסילוק זהיר של סוללות, אפשר להציע תחרות בין כיתות ביה"ס באיסוף סוללות משומשות. סוללות ניקל- קדמיום או סוללות ליתיום, תקבלנה ניקוד כפול בגלל המתכות הכבדות והרעילות שהן מכילות.

תשובות לשאלות בעמוד 127

1. נורות פלואורוסנט מכילות כספית שהיא מתכת רעילה. הכספית יכולה להתפזר כאשר נורה זו נשברת.
2. תרופות הן רעל למי שאינו זקוק להן. כך למשל אקמול שנוטלים במינון עודף עלול לגרום נזק לכבד.
3. תרופות שפג תוקפן, כמו כל מוצר קוסמטי או מוצר ניקוי שפג תוקפו, עלולות להיות מקולקלות ושימוש בהם יכול להחמיר את המצב הבריאותי במקום לשפר אותו.
4. שברי ריהוט יכולים לגרום לפציעה וכתוצאה מכך לדימום ולזיהום. זהו נזק הנגרם מחפצים חדים – כלים או מכשירים. הם אינם עונים על ההגדרה של פסולת מסוכנת. הרהיטים או

הכלים כשהם שלמים אין בהם סכנה. רובם אינם עשויים מחומרים שיכולים להזיק לבריאות האדם או הסביבה (אם כי רהיטים העשויים MDF מכילים חומרים המזיקים לנשימה, פורמלדהיד, שאדיו חשודים כמסרטנים, אינם מוגדרים פסולת מסוכנת, החומרים בהם משתמשים מוגדרים כרעילים.) ראו בספר האוויר על הנושא של חומרים בתוך מבנים המזהמים את האוויר.

בעיית הפסולת המסוכנת בעולם

תשובות לשאלות תחת טבלה 18 בעמוד 128

1. <u>קבוצה ראשונה</u>: מלזיה. כמות הפסולת המסוכנת בה גדלה מאוד בין השנים 2004 עד 2008 .

48-17 =21

21 : 17 = 1.23

<u>כלומר עליה ב</u><u>123%</u> בכמות הפסולת הרעילה.

<u>קבוצה שניה</u>: אקוודור ואוסטריה, עלייה של 25%-30% בכמות הפסולת הרעילה (ראו אופן החישוב בקבוצה הראשונה לעיל).

<u>קבוצה שלישית</u> : ישראל ובלגיה בהן עלתה כמות הפסולת לנפש בשנה ב-7%-8%.

ההשוואה בוצעה על פי שיעור הגידול בכמות הפסולת המיוצרת לנפש בשנה.

אפשר למיין את המדינות גם לשתי קבוצות: מדינות מפותחות ומדינות מתפתחות, ואז רואים שכמות הפסולת הרעילה בישראל ובבלגיה, שתייהן מדינות מפותחות, עלתה רק בשיעור זעום.

במלזיה, שהיא מדינה מתפתחת, כמות הפסולת המסוכנת עלתה בשיעור ניכר. עלייה זו יכולה לנבוע משתי סיבות: הראשונה – תהליכים של פיתוח מואץ במדינה, והשנייה – שהיא כנראה הקרובה יותר למציאות, מלזיה היא מדינה שמועברת אליה פסולת רעילה ממדינות אחרות בעולם (בעיקר ממדינות מפותחות, ראו בהמשך הפרק).

באוסטריה ובאקוודור הגידול בכמות הפסולת המסוכנת לנפש בשנה היא בינונית, ומקורה בצריכת חומרים מסוכנים בתהליכי ייצור בתעשייה.

2. מספר התושבים במדינה משפיע על כמות הפסולת המסוכנת המיוצרת בה ולכן קשה להשוות את הנתונים על בסיס הכמות הכוללת המיוצרת בשנה. השוואה על פי הכמות המיוצרת לנפש בשנה נותנת מדד טוב יותר להשוואה בין המדינות.

3. מלזיה - העלייה נובעת מיבוא פסולת מסוכנת ממדינות אחרות לקבורה תמורת תשלום – ענף כלכלי.

אוסטריה , בלגיה, ישראל, אקוודור– עלייה בשימוש בחומרים מסוכנים בגלל עלייה בשימוש תעשייתי בפלסטיק המכיל חומרים מסוכנים, (לדוגמה פי.סי.וי,) עלייה בשימוש במכשור אלקטרוני במוסדות. הגברת הצריכה הפרטית של מוצרי אלקטרוניקה ופלסטיק, חומרי הדברה ביתית, תרופות.

הטיפול בפסולת מסוכנת בעולם

תשובות לשאלות בעמוד 129

1. החברה הבריטית האחראית לסילוק הפסולת המסוכנת העדיפה לסלק אותה למדינה רחוקה, כדי להימנע מהצורך לטפל בה כראוי.
2. העברת כל פסולת רעילה צריכה להיות תחת פיקוח של המדינה. אנחנו מצפים ממדינה שתנהג לפי האמנות הבינלאומיות שמטרתן למנוע את תופעת ה-NIMBY.

טיפול משולב בפסולת מסוכנת

להרחבה ולהעשרה בעמוד 129 – שיטות מקובלות לסילוק פסולת מסוכנת

יש כמה שיטות מקובלות לסילוק פסולת מסוכנת:

שרפה מבוקרת: מקובלת בעיקר לטיפול בחומרים אורגניים דליקים. חלק גדול מחומרים אלה מספקים את האנרגיה הדרושה לשרפתם, באמצעות בעירה אקסוטרמית (משחררת חום). לשרפתם של חומרים אחרים מוסיפים חומרי דלק. השרפה מתבצעת בטמפ' של כ- 900^0C. בטמפרטורה זו נשברים רוב הקשרים הכימיים והחומרים מאבדים את רעילותם.

השרפה מבוצעת בתנורים שעל ארובתם מותקנים סולקנים הלוכדים את הגזים שנוצרו ומונעים את פליטתם לאוויר ללא טיפול.

שיטת השרפה של פסולת מסוכנת יעילה משום שהיא אינה משאירה אחריה אפר רב שיש להטמינו. אולם לעתים נשארת אחרי השרפה כמות גדולה של משקע כמו לדוגמה שרפת קרקע שספגה כמות קטנה של נוזלים מסוכנים.

אפשר להשתמש באנרגיה הנפלטת בתהליך השרפה לצרכים תעשייתיים במפעל המייצר את החומרים המסוכנים או בתנורים המשמשים לייצור מלט (בתנור שרפת מלט יש להתקין בתי שקים, לקליטת החלקיקים הנפלטים).

אידוי בברכות – מכניסים לברכה שאינה מחלחלת, נוזל המכיל בתוכו פסולת מסוכנת, וממתינים עד שהנוזל יתאדה. בתום האידוי של הנוזל נשאר משקע שצריך לאסוף אותו ולטפל בו באחת מדרכי הטיפול המקובלות.

אפשר גם לחמם את הנוזל כדי לאדות אותו.

ניטרול כימי: **חומצות** מנטרלים עם בסיס, בדרך כלל סיד $Ca(OH)$.

בסיסים מנטרלים עם חומצה גופריתנית או חומצת חומץ.

שיקוע של יוני מתכות באמצעות חומרים שה-pH שלהם בסיסי- החומרים יוצרים עם יוני המתכת חומר קשה תמס (חומר לא מסיס במים).

תהליכי חמצון –חיזור: משתמשים בעיקר בגז האוזון כחומר מחמצן. החומר המחמצן מגיב עם החומר המסוכן ומנטרל את רעילותו.

פירוק ביולוגי באמצעות חיידקים ופטריות- מתאים רק לחומרים מסוכנים שהם "מוכרים" ליצורים המפרקים (כלומר חומר טבעי או דמוי חומר טבעי). פירוק זה מוביל ליצירת חומרים שאינם מסוכנים כמו מים ו-CO_2.

<u>טיפול פיזיקלי</u>:

א. **קירור**: במקרים רבים נוהגים לקרר את החומר המסוכן ולהקפיאו כי כך קל יותר לטפל בו. הקפאת החומר המסוכן יכולה גם לעזור לרכז אותו ולהפריד בינו לבין חומרים אחרים. כך למשל אם מקפיאים תמיסה שמצוי בה חומר מסוכן, קופא רק החומר המסוכן בעוד שהממס נשאר נוזלי, או להיפך. בדרך זו קל להפריד בין הממס לחומר המסוכן, לאסוף את המוצק או הנוזל המסוכן ללא תוספת חומרים שאינם מזיקים.

ב. הוספת חומר משקע: אפשר להוסיף לפעמים חומר שייצור משקע עם החומר המסוכן. התהליך מאפשר איסוף של החומר המסוכן, כמו לדוגמה יצירת הפתתה שבה בעזרת חומר משקע הופכים חלקיקים מרחפים לפתיתים גדולים וכבדים השוקעים לתחתית.

ג. **זיקוק**: אפשר לזקק את החומר על ידי אידוי או על ידי זיקוק בעמודות.

ד. **הפרדה באמצעות קרומית (ממברנה)**: העברת החומר דרך קרום חדיר למחצה, לדוגמה: אוסמוזה הפוכה.

<u>הטמנה</u>: יש להטמין את השאריות של חומרים שנותרו בתום התהליכים לטיפול בפסולת המסוכנת וכן את החומרים שאי אפשר לטפל בהם בשיטות שהוצגו לעיל. ההטמנה נעשית בצורה מבוקרת, תוך הקפדה על מניעת האפשרות שחומרים אלה יתפזרו או יגיעו למי תהום.

הטיפול בפסולת מסוכנת בישראל

תשובות לשאלות בעמוד 131

1. חומרים רעילים שנשארו בשטח המפעל יכולים לעוף באוויר ולהינשא ברוח עם האבק, להגיע למערכות הנשימה של בעלי חיים ובני אדם המגיעים לאזור ולגרום להם נזק פנימי.
האבק יכול לפגוע בגוף היצורים שנמצאים באזור פגיעה חיצונית. לדוגמה יצירת גירוי בעור ואפילו סרטן העור.
החומרים הרעילים יכולים לחלחל למי התהום ולזהמם או להיספג בקרקע, להיספח על גבי הצמחים ולהגיע בשרשת המזון לאורגניזמים נוספים.
2. לפי החוק על מפעל שמסיים את פעילותו לנקות את הקרקע או את המבנה בו פעל מכל סוגי הפסולת שנותרו במקום.
3. בית המשפט יכול גם לקנוס את האחראים לזיהום קנסות אישיים.
4. העיקרון הוא: המזהם משלם.
5. קרקע המכילה חומרים מסוכנים היא למעשה פסולת שיש לטפל באופן דומה לגישה שבה מטפלים בפסולת מסוכנת: מנטרלים חומרים רעילים המצויים בה או מטמינים אותה כך שלא תהיה מפגע סביבתי

האתר לסילוק פסולת מסוכנת בנאות חובב

תשובות לשאלות תחת טבלה 19 בעמוד 132

1. כמות כוללת שטופלה (בטונות):

שנת 2005 - 99,922, שנת 2006 –118,459, שנת 2007 –130,843, שנת 2008 – 117,044, שנת 2009 – 110,730. יש עלייה בכמות הכוללת של הפסולת המסוכנת המטופלת. אפשר לראות

שיש קפיצה גדולה בכמות בין 2005 לשנת 2006, ייתכן שהיא נוצרה הודות להגברת האכיפה על שינוע חומרים מסוכנים לאתר פסולת רעילה. בשנים שלאחר מכן יש עליה נוספת ולאחריה ירידה.

הסבר אפשרי לירידה בכמות הפסולת המסוכנת - שינוי בחומרים המשמשים בתהליכי הייצור במפעלים והעדפת חומרים שאינם מסוכנים, טיפול בפסולת המסוכנת במתקנים שהוקמו בשטחי המפעלים או מציאת קונה שהפסולת המסוכנת היא חומר גלם בתהליכי הייצור במפעלו.

2. שיטות הטיפול המשמשות בנאות חובב לטיפול בפסולת מסוכנת הן הטמנה ושרפה.
3. בשנת 2007 הופסק השימוש בשיטת האיוד כי היא הפיצה ריחות רעים וחומרים נדיפים רעילים שגרמו מטרד ונזקים לסביבה ולייישובים באזור.

היקף השימוש בשיטת הטיפול הביולוגי פחת בשנת 2009 אחרי עליה שנמשכה בין השנים. גם 2005-2008 בשיטות ניטרול ודטוקסיפיקציה חלה ירידה.

יש עלייה בשיטת ההטמנה המבוקרת, ועלייה גדולה עוד יותר בשיטת השרפה – העברה לשרפה במתקן המיוחד של חברת אקוסול המצוי בסמיכות ומיועד לשרפת פסולת אורגנית מסוכנת.

4. סוג החומר ממנו מורכת הפסולת מכתיב את הטיפול. כאשר יש סכנה ששרפת הפסולת תגרום לפליטת גזים מסוכנים, עדיף להטמין פסולת זו.

טובעים בפסולת אלקטרונית

הערה תחת גרף 16 בעמוד 134

כדאי לחבר את אחוזי המתכות במכשיר: נחושת+קובלט וליתיום+מתכות נוספות = 28%. המתכות מהוות כרבע מכלל המרכיבים ויש כדאיות במיחזורן.

הטיפול בפסולת אלקטרונית בעולם

תשובה לשאלה בעמוד 135

על פי הכתוב, האיחוד האירופי אימץ את גישת **"מעריסה לעריסה"** (cradle to cradle).

המכשיר מפורק למרכיביו השונים וכל מרכיב יכול לשמש במעגל ייצור אחר.

תשובות לשאלות תחת גרף 17 בעמוד 136

1. מגמת עלייה באיסוף פסולת אלקטרונית.
2. גידול ניכר בכמות הפסולת האלקטרונית הנאספת בשוויץ, בשבדיה בנורבגיה בהולנד ובבלגיה.

בהולנד – התחלת האיסוף של הפסולת הייתה סמוך ל-2003.

בשוויץ המודעות גבוהה כבר מסביבות 1994.

3. בארה"ב הכמות הנאספת נמוכה ובמגמת עלייה אטית בהשוואה למדינות אירופה. הביטוי לכך בגרף הוא שנת התחלת האיסוף – לא לפני 2005, הכמות הנאספת נמוכה ושיעור הגידול במיין ובמרילנד נמוך מאוד. בקליפורניה ובאלברטה שיעור הגידול הוא 100% - מ-0.3 לערך עד 0.7, אבל עדיין מדובר בערכים נמוכים מאוד.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: טיפול בפסולת אלקטרונית בנורווגיה, בעמוד 137

1. מיחזור – 90%, התמרה – 4%, הטמנה – 6%.
2. מוצרים אלקטרוניים מכילים אחוז גבוה של חומרים המתאימים למיחזור ובהם: פלסטיק, מתכות – חלקן יקרות, זכוכית וקרמיקה. משום כך מופנה רוב הפסולת למיחזור.
3. במכשירים יש סוגי פלסטיק שונים.הפלסטיק הוא בעל ערך היסק גבוה ויכול להיות מופנה לטיפול בגישת פל"א, אבל סוגים מסויימים מכילים חומרים מעכבי בעירה כדי למנוע התלקחות של המכשיר בזמן השימוש בו ולכן לא כדאי לשלוח אותו להפקת אנרגיה אלא למיחזור.

   בהתאם לגישה של אפס פסולת להטמנה, מה שלא בר מיחזור וניתן לטיפול בגישת פל"א מטופל בהתאם ורק השארית מועברת להטמנה.

   אפשר להפנות לפל"א כל חלק פלסטיק במכשיר שאין בו סכנת חימום ולא מוסיפים לו חומר מעכב בעירה כמו למשל מקלדת ועכבר של מחשב.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: יצרנית מחשבים וטלפונים סלולריים מהגדולות בעולם ותקינה ירוקה בעמוד 138

1. יש עלייה ניכרת באחוז החומרים בני המיחזור שנעשה בהם שימוש במוצרי החברה: עיקר הגידול חל בין השנים 2005-2009, ואחר כם הוא מתמתן.
2. המוצרים האלקטרוניים מכילים רכיבי פלסטיק – שהוא חומר לא מתכלה, ומתכות כבדות – שהן חומרים מסוכנים. יש תחלופה רבה של מוצרים אלקטרוניים, בעיקר במדינות מפותחות, הגורמת לעלייה בכמות הפסולת שהיא קשה לטיפול.

   מדינות עולם שלישי קולטות אליהן פסולת מסוכנת למרות שאין להן כלים להתמודד אתה ובהיעדר פיקוח מתאים מטופלת פסולת הפלסטיק בשרפה לא מבוקרת (מדורה בשטח הפתוח), מה שגורם לפליטת חומרים רעילים לאוויר כדוגמת דיוקסינים.

   תקן ירוק אמור להפחית את בעיית הפסולת ואת בעיית החומרים המסוכנים במוצרים הנמצאים גם בידיהם של אנשים שאינם מודעים כלל לנושא הסביבתי.
3. המסר של חברת המחשבים הוא ששיקולים כלכליים הם בעלי חשיבות גדולה יותר מהשמירה על הסביבה. רווחים עכשיו חשובים יותר מהפסדים לסביבה מחר.

העברת פסולת אלקטרונית ממדינות מפותחות למדינות מתפתחות

הערה על אמנת באזל בעמוד 140

מידע על אמנת באזל אפשר למצוא באתר:

http://www.ban.org/about-the-basel-convention/

טיפול בפסולת אלקטרונית בישראל

תשובה לשאלה בעמוד 141

אפשר לייצר את מרבית הפסולת המסוכנת בגישת "מעריסה לעריסה": רצוי לייצר בגישה זו מכשירי אלקטרוניקה ביתיים המכילים חומרים מסוכנים. בתעשייה ובחקלאות ניתן להחליף

חומרים רבים בחומרים ידידותיים המתאימים לגישה (חומרי ניקוי, חומרי הדברה ודישון, צבעים ודבקים על בסיס מים). יש חומרים שאסורים כיום בשימוש בגלל רעילותם ומסוכנותם לסביבה (קוטלי חרקים על בסיס זרחן, אסבסט כחול, אסבסט חום). מכוני הבריאות והמעבדות הרפואיות והכימיות הן מקור שבו קשה להחליף חומרים קיימים בחומרים חדשים ויש בהם גם פסולת מסוכנת ממקור ביולוגי.

הערה

להרחבה על טיפול בפסולת אלקטרונית בארץ אפשר לקרוא באתר של תאגיד המיחזור לפסולת אלקטרונית:

www.ecokal.co.il/heb/category/פסולת-אלקטרונית

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
תל

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טענולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

המים

משאב מתחדש
ההופך למשאב במחסור

פתח דבר

המים מלווים את הפעילות האנושית מאז ומעולם. בכל תרבות על פני כדור הארץ ניתן למצוא התיחסות למים והשפעתם על חיי הקהילה. התייחסות זו באה לידי ביטוי בטקסים, בתפילות, בפתגמים, באורח החיים ובאופן השימוש במים.

המים הם משאב מתחדש. כמות המים בעולם קבועה והיא אינה מחולקת באופן אחיד על פני כדור הארץ. לחלק ניכר מהאוכלוסייה בעולם אין גישה למים שפירים. שימוש בשיטות מסורתיות של השקייה בעולם המודרני לצורך אספקת מזון לאוכלוסייה הולכת וגדלה החיים הביאה לשימוש בזבזני במים ויצרה מחסור במים במקומות רבים בעולם. עלייה ברמת החיים יחד עם גידול באוכלוסייה העמיקו את המחסור במים שפירים והדגישו את המחיר הסביבתי והחברתי של שימוש לא מושכל במים. במציאות זו היה הכרח ליצור שינוי גישה באשר למקורות המים ולשימוש במים והמים הפכו ממשאב מתחדש למשאב במחסור.

גישת הקיימות המובילה את החשיבה הסביבתית החל משנות ה-80 של המאה ה-20 השפיעה אף היא על אופן ההתייחסות לשימוש במשאב המים והעלתה את המודעות לבעיית המים במדינות המפותחות, בעלות היכולת הטכנולוגית לפתח רעיונות חדשים לשימוש מושכל במים.

בעשור האחרון שבין שתי המהדורות הועמקה החשיבה על שימוש במים על פי גישת הקיימות . הדרישה המוסרית לאספקת מים שפירים לכל אזרח בעולם חיזקה את הצורך בחשיבה מחודשת על אורח החיים שלנו בכל הקשור להרגלי שימוש במים גם ברמה היומיומית של הפרט וגם ברמה הציבורית של המדינה ושל ארגונים עולמיים. במקביל השתנתה הגישה לסביבה הימית וליכולתה להתמודד עם השפעות פעילות האדם.

שינויים אלה באו לידי ביטוי בספר הלימוד.

הספר פותח בהצגת חשיבות המים לאורגניזמים ולמערכות אקולוגיות. האדם הוא חלק ממערכת אקולוגית וכאורגניזם זקוק למים אבל צריכת המים שלו היא מעבר לכך והספר עובר להצגת שימושי המים של האדם השונים והשפעת שימושים אלה על איכות המים.

בפרק העוסק בהתמודדות עם בעיית המחסור במים מוצגות גישות שונות לבעיית המחסור ששוכללו מאוד החל משנות ה-80 של המאה ה-20. הפתרונות הטכנולוגים שמוצעים כמו למשל, הטיית מי נהרות, התפלת מים אינם חסרים השפעה שלילית על הסביבה ובספר נעשה ניסיון לחדד את ההשפעות הסביבתיות ולעמת את הפתרונות עם גישת הקיימות. קטעי העשרה והצעת חקר מקרה על מפעלי המים בסין המובאים בספר מאפשרים הבנה טובה יותר של הנושא.

שינוי חשיבה חשוב ומעניין מתרחש בתחום של טיהור שפכים. טיהור שפכים החל כפתרון למניעת זהיום סביבתי והפך להיות פתרון ל"יצירת" מקור מים. גישה זו הורחבה וכיום מדברים על השבת מים הכוללת שימוש נוסף במים שכבר השתמשו בהם וטיהור שפכים לשימוש מחדש. תחום זה מתפתח מאוד ומדגיש את האחריות שלנו כאנשים על משאב המים. בספר יש התייחסות למיחזור מים במגזרים שונים.

כל הפתרונות לא יועילו אם לא נשכיל למנוע מלכתחילה שימוש לא נבון במים עד כדי בזבוז. טביעת רגל מימית המוצגת בספר היא דרך מעניינית לחשוב על האופן בו אנו צורכים מים. תהליך נוסף המשפיע על אופן השימוש במים הוא עליית הצריכה במגזר העירוני. במדינות מפותחות צריכת מים של מגזר זה גבוה מצריכת המים של המגזר החקלאי. לכן, חשוב לקחת אחריות על השימוש במים ולשנות הרגלים יומיומיים כדי למנוע בזבוז.

בפרק העוסק בעקרונות בניהול משק מים אפשר לראות אגם כן את השפעת שינוי הגישה על ניהול משק המים מהקצאת מים ועד לתמחורם במחיר ריאלי.

ההבנה כי הסביבה הימית עומדת בפני משבר אקולוגי הובילה ליצירת מנגנונים של שמירה עליה: הקמת שמורות ימיות, יצירת דיג בר-קיימא, אמנות למניעת זיהום . בספר הקדשנו פרק מיוחד לסביבה הימית ובו התייחסות גם להיבטים של זיהום הומניעתו שימור המערכת הימית.

פרק 1
מים וחיים

הערה לעמוד 9 אחרי מים לכפרים בטנזניה

הארגון מפעיל את תכנית ההתערבות רק בכפרים היוצרים עמו קשר ביוזמתם. מרגע שכפר נבחר להשתתף בתכנית, מוטל על אנשיו לאסוף סכום כסף שמופקד בחשבון בנק מיוחד. הכסף שנאסף מממן את תחזוקת התכנית בשנים שלאחר מכן ויוצר מחוייבות כלפיה של כל אנשי הכפר. מפעילים את התכנית מתנדבים מרחבי העולם. הם מרכזים אותה בשלביה הראשונים, בונים את התשתיות יחד עם אנשי הכפר ומכשירים אותם לתחזק אותן. בכל כפר מקים הארגון ועדת מים שחבריה מקבלים הכשרה לתחזק את התשתיות מבחינה טכנית וכלכלית.

תשובה לשאלה בעמוד 10

בקיום סביר של כל אדם יש חשיבות רבה לנגישות למים משום שהיא:

- ♥ מאפשרת שימוש במים לצרכים שוטפים בכמות ראוייה ולא רק לצורך הישרדות.
- ♥ מקצרת את הזמן הנדרש כדי להשיג את המים וזמן זה מופנה לרכישת השכלה, לפרנסה - עיסוקים התורמים לשיפור רמת החיים.
- ♥ מעלה את רמת ההיגינה של האוכלוסייה ומפחיתה תמותת אוכלוסייה רגישה לזיהומים ולמחלות כמו ילדים וזקנים.

תשובות לשאלות בפינת ההעשרה - יום המים הבינלאומי, בעמוד 11

1 א. מטרות יום זה להציג את נקודות ההשקה הרבות של המים בחיינו – להראות עד כמה המים נמצאים בבסיס חיי האדם ומשפיעים על סדר היום שלו, על בריאותו, על אורח חייו.

ב. המים הם נושא שצריך להעסיק את כולם. גם אם האנשים חיים באזורים משופעים במים, עליהם לנהל משאב זה באופן מקיים. האו"ם מבקש להדגיש את חשיבות הניהול המקיים של משק המים בעולם ולהעלות את המודעות לבעיית המחסור במים ולחשיבות של השמירה על משאב המים ולכן בחר להקדיש לכך יום בינלאומי.

2. המים נחוצים לקיום החיים.

אספקת מזון – מים הם בסיס לגידולי צמחים שהם הבסיס לכל שרשרת המזון. מים כלשעצמם חיוניים לגוף החי.

תברואה ואיכות מים – מים הינם גורם התורם למניעת מחלות כאשר משתמשים בהם להיגיינה ולסניטציה ובהיעדר סניטציה הם יכולים להיות גורם מחולל מחלות.

מים לערים – שימושי מים בערים הם בעיקר לצורכי היגיינה וסניטציה.

מחסור במים מאיים על יכולת גידול מזון ועל יכולת שמירה על תנאים סניטריים בסיסיים.

מים ותרבות – למים יש הקשרים תרבותיים רבים בתהליכי טיהור, הקדשת אנשים לדת או לתפקיד. בתרבויות רבות יש תפילות וטקסים לגשם.

הרחבה

פרק 18 של אג'נדה 21 מפרט את העקרונות והצעדים האופרטיביים הנדרשים מהמדינות החתומות על המסמך לניהול בר קיימא של משק המים במאה ה-21, כולם רלבנטיים לניהול משק המים הישראלי במאה ה-21, ובהם:

א. ניהול משק מים בראיה אינטגרטיבית והוליסטית;

ב. יצירת בסיס נתונים מקיף ברמה הלאומית המעריך את היצע ואיכות מקורות המים ושל הפעילות האנושית המשפיעה על איכותם וכמותם, לצורך התמודדות ארוכת טווח עם תופעות של שטפונות, בצורות, מדבור וזיהום;

ג. הגנה על מקורות המים הטבעיים מפני זיהום;

ד. בחינת השלכות ההתחממות הגלובלית על זמינות המים והשמירה על איכותם. השינויים באקלים משפיעים כמובן גם על ישראל ועל מדינות אחרות באזור כמו למשל ירדן. כפי שנראה בהמשך, יש לישראל הסכמים בנושא של שימוש משותף במי הכנרת ובמי הירדן. כדאי להביא לכיתה מידע על מצוקת המים בירדן.

(מתוך נייר עמדה של אדם טבע ודין, 17 במרץ 2008)

רשימת נושאים על פי שנים:

2004 – מים ואסונות.

2003 – מים למען העתיד.

2002 – מים בשביל פיתוח.

2001 – מים ובריאות.

2000 – מים למאה ה-21.

1999 – כולם חיים במורד הנחל.

1998 – מקור המים הבלתי נראה.

1997 – האם יש מספיק מים בעולם?

1996 – מים לערים צמאות.

1995 – מים ונשים.

1994 – דאגה למקורות המים בעולם כנושא שצריך להעסיק את כולם.

מדי שנה נערכת באוניברסיטת תל אביב תחרות מים שהזוכים בה מייצגים את ישראל בתחרות הבינלאומית בשטוקהולם.

פרטים על תחרות המים של שטוקהולם ועל הישגים של ישראלים בשנת 2013 אפשר למצוא באתר:

http://mfa.gov.il/MFAHEB/AboutUs/DiplomaticUpdates/Pages/Israel_shines_at_World_Water_Week_in_Stockholm_2013.aspx

באתר משרד החינוך/ מדעי הסביבה / פרס המים:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaeHasvivva/Prasim/PrasAmayim/

חשיבות המים לקיום חיים

התכונות המיוחדות של המים

הערה מתחת לתמונה 2

כדי לרענן את הזיכרון של התלמידים אפשר להציג כאן שרטוט של מחזור המים.

הצעה לניסוי בנושא: התכונות המיוחדות של המים בעמוד 13

<u>השפעת קשרי מימן על נפח התמיסה</u>

מולקולות המים יוצרות קשרי מימן זו עם זו וגם עם מולקולות של חומרים אחרים כמו למשל כוהל אתילי (אתנול - CH_3CH_2OH), הודות לקבוצת ההידרוקסיל (OH) המצויה בקצה המולקולה.

מטרת הניסוי: לבדוק כיצד משפיעים קשרי המימן הנוצרים בין מולקולות המים למולקולות האתנול על נפח התמיסה.

כלים וחומרים: משורה בנפח של 50 מ״ל, מוט זכוכית, 20 מ״ל מי ברז, אתנול.

הוראות עבודה

1. מזגו למשורה 20 מ״ל מי ברז.
2. מזגו למשורה עם מי הברז – 20 מ״ל אתנול.
3. ערבבו היטב בעזרת מוט זכוכית.

תוצאות

1. רשמו את נפח התמיסה שהתקבלה.
2. הסבירו את התוצאות.

מסקנות

מה המסקנה שלכם מהניסוי?

תשובה לתוצאות הניסוי

בין האתנול למולקולות המים נוצרים קשרי מימן הודות לקבוצת ההידרוקסיל שבקצה מולקולת האתנול. ככל שהשרשרת הפחמימנית ההידרופובית של האלכוהול קצרה יותר הוא מתמוסס טוב יותר במים. הקצה ההדרוקסילי מגיב עם המים ואילו הקצה ההידרופובי אינו מגיב עם המים. כך למשל אתנול (שרשרת של שני פחמנים) מסיס במים טוב יותר מבוטאנול (שרשרת של 4 פחמנים).

הודות לקשרי המימן בין מולקולות האתנול למולקולות המים, נוצרת אריזה צפופה יותר והנפח של התמיסה פוחת.

הערה על העלייה נימית בעמוד 14

כדי להמחיש מהי עלייה נימית ניתן לבצע הדגמה בעזרת צינורות זכוכית נימיים (צינורות המשמשים ללקיחת דם לצורך בדיקה): משקעים את הצינורות בכוס מלאה במים ועוקבים אחר עליית המים בצינורות הנימיים.

תשובות לניסוי - השפעת כמות מלח הבישול בתמיסה על מוליכותה החשמלית בעמ' 15

1. הוספת מלח בישול לתמיסה מגדילה את נפחה. ככל שכמות המלח שמוסיפים גדולה יותר, גדל ביחס ישר גם נפח התמיסה.
2. המוליכות החשמלית של התמיסה גדלה ביחס ישר לכמות מלח הבישול שמוסיפים אליה כל עוד המלח מתמוסס במלואו (טווח הכמויות שהצענו להוסיף אינו מוביל ליצירת תמיסה רוויה).
3. מלחים המתמוססים היטב במים מגדילים את המוליכות החשמלית של התמיסה.

ככל שהמטען החשמלי של היונים גדול יותר המוליכות תהיה גדולה יותר (כך למשל יונים דו-ערכיים כמו Ca^{++} ו-Mg^{++} ותלת-ערכיים כמו Al^{+++} מגדילים את מוליכות התמיסה במידה רבה יותר מאשר יונים חד ערכיים כמו Na^{+} או Cl^{-}).

4. מאחר שיוני מלחים מגדילים את מוליכות התמיסה, אפשר לזהות על פי המוליכות אם התמיסה מכילה מלחים ובאיזה שיעור (אפשר להכין עקומת כיול שתבטא את השפעת ריכוז המלח על מוליכות התמיסה. צריך לזכור שמי ים מכילים כמויות גדולות של נתרן כלורי אך גם מלחים אחרים).
5. אפשר להיעזר במוליכות כדי לבדוק אם חדרו למי תהום מי ים מלוחים או שהגיעו אליהם תשטיפים מכילי מלחים ממפעלי תעשייה או ממקור אחר.

תשובות לניסוי - האנומליה של המים בעמודים 16-17

מטרת הניסויים היא להראות שרק לחומר מים יש תכונה ייחודית – ירידה בנפח המוצק ביחס לנוזל בגלל האריזה המיוחדת של הקרח במבנה טטראהדראלי.

שינוי מצב הצבירה לא ישפיע על משקל החומר אלא על נפחו בלבד:

נפחם של שוקולד ומרגרינה מוצקים יהיה גדול מזה של הנוזל.

נפחו של הקרח יהיה קטן מזה של הנוזל מים.

תפקידי המים בגופם של האורגניזמים

תשובה לשאלה בעמוד 18

איבוד אחוזים בודדים של מים ישבש את מאזן המים בגוף, יפגע בהובלת חומרים בגוף וביכולתו לשמור על טמפרטורת גוף תקינה. עלייה בטמפרטורה מעבר לגבול הרצוי עלולה לסכן את המשך הקיום התקין.

המים כבית גידול

תשובות לשאלות על גרף 1 בעמוד 19

הערה

יש להסב את תשומת לבם של התלמידים לכך שהגרף מוצג באופן שונה מהרגיל:

המשתנה הבלתי תלוי (ציר X) מוצג באופן אנכי, כדי להדגיש את שהשינוי החל עם העלייה בעומק עמודת המים.

1. הגרף נראה מפותל: בחלקו הראשון הוא כמעט אופקי, אחר כך יש פיתול ומעבר לשיפוע חד – כמעט אנכי, בהמשך השיפוע מתמתן בהדרגה ונעשה שוב אופקי.
חלה ירידה קטנה בטמפרטורה מפני השטח ועד לעומק של 100 מ' שבאה לידי ביטוי בגרף ששיפועו קטן מאוד. מעומק 100 מ' ועד לעומק 120 מ' השיפוע גדול מאוד וומתקבל גרף כמעט אנכי. מעומק 120מ' ועד לעומק של 300 מ' השיפוע מתון, ומעומק 300 מ' מתקבל גרף אופקי.
2. הטמפרטורות: בפני השטח- 25.6^0C, 100 מ' – 26.5^0C, 145 מ' – 22.7^0C, 300 מ' – 21^0C.
3. יש קשר ישיר: השכבה העליונה מקבלת את קרינת השמש ומתחממת. בעומק של 300 מ' האור אינו חודר לעמודת המים.
4. טמפרטורת האוויר שמעל המים משתנה במשך היום: היא נמוכה יותר בבוקר ועולה לשיא בשעות הצהריים. לכן יש לציין את שעת המדידה כי היא תשפיע על הטמפרטורות הנמדדות בשטח פני המים ועד לעומק של 100 מטרים. השפעתה תהיה שולית יותר בעומק רב יותר של המים.

הרחבה

מתוך הגרף ניתן ללמוד שיש במים שכבתיות בולטת: הטמפרטורה בשכבה העליונה גבוהה יותר מזו שבשכבות שמתחתיה. לעובדה זו יש השפעה על תהליכי דיפוזיה ועל מסיסות הגזים במים שנדון בה בהמשך.

תשובות לשאלות בעמוד 20

1. כאשר טמפרטורת האוויר יורדת אל מתחת ל-0^0C, שכבת המים העליונה, שבאה במגע עם האוויר, מתקררת מאוד והופכת לקרח. בגלל תופעת האנומליה של המים, הקרח קל מהמים ולכן הוא יוצר שכבת בידוד כך שמתחת לשכבת הקרח המים נשארים במצב צבירה נוזלי.
2. תופעה זו מונעת קפיאה של גופי מים רבים ומאפשרת המשך קיום סביבה מימית שהיא סביבת החיים של האורגניזמים. אם גוף המים היה קופא כולו האורגניזמים לא היו יכולים להמשיך להתקיים במים במשך החורף.
3. לו קרח היה כבד ממים, הקרח היה שוקע לקרקעית האגם וחושף שכבות מים נוספות לאוויר כך שגם הן היו קופאות. האורגניזמים החיים במים לא היו יכולים להתקיים בהם בעונת החורף.

תשובה לשאלה בעמוד 21

נוהגים לכנות את יערות העד בשם הריאה הירוקה של כדור הארץ משום שהם יצרני החומר האורגני הגדולים בעולם. מאחר שבתהליך הפוטוסינתזה נקלטות כמויות גדולות מאוד של פחמן דו-חמצני ונפלטות כמויות גדולות של חמצן כתוצר לוואי של התהליך, מעשירים יערות הגשם את כמות החמצן באוויר. גם באוקיינוסים מתרחש תהליך הפוטוסינתזה בעוצמה רבה, נצרכות כמויות גדולות של פחמן דו-חמצני, נוצרות כמויות גדולות מאוד של חומר אורגני - בעיקר על ידי הפיטופלנקטון, ונפלטות כמויות גדולות של חמצן לאוויר. לכן מתאים בהחלט לקרוא לאוקיינוסים בשם ריאה ירוקה.

זמינות המים המתוקים בעולם

תשובות לשאלות תחת טבלה 1 וגרף 2 בעמודים 21-22

1. דרוג מהקצר אל הארוך: אוויר ועננים, נהרות, אגמים וימות, לחות בקרקע, מי תהום, קרחונים ושלג עד, אוקיינוסים וימים, מי תהום (מלוחים).
2. ככל שנפח המים גדול יותר כך משך שהייתם במקור ארוך יותר. לחות הקרקע היא יוצאת דופן.
3. המים המחלחלים בקרקע יוצרים את לחות הקרקע. הלחות קיימת לעומק חתך הקרקע עד מפלס מי תהום. אי אפשר לעשות שימוש במים המוגדרים כלחות קרקע.
4. עשרה ימים, זהו פרק הזמן שבו יוחלפו המים הזורמים בנהר.
5. פרק הזמן המינימלי בו מוחלפים מי תהום הוא מאה שנים ולכן פרק הזמן לשיקום הוא ארוך.

העשרה - פוגארות, שיטה עתיקה לניצול מי תהום

פוגארות הן בארות שרשרת. זוהי טכנולוגיה פרסית קדומה להולכה תת-קרקעית של מים ממפלס מי תהום אל פני השטח, לצורכי חקלאות. בפרסית נקראת השיטה בשם קנת מהשורש קני שפירושו מוביל.

הפוגארה היא למעשה תעלה תת-קרקעית, ניקבה ארוכה, המנקזת מי תהום מתחת לפני הקרקע. בזמן חפירת המנהרה הוצא העפר כלפי מעלה דרך פירים אנכיים. מעל לפני השטח נראת שורת הפירים ותלוליות העפר שהוצא מהן המעידים על קיום המנהרה. לאחר הוצאת העפר דופנה התקרה של המנהרה. גובה המנהרה קטן מחצי מטר ואפשר ללכת בה בשפיפה. המנהרות נחפרו תוך כדי שמירה על שיפוע מתון כדי למנוע סחף יתר במנהרה. הובלה של מים בתת הקרקע באזורים מדבריים נותנת מענה לבעיית ההתאדות של המים מתעלה פתוחה ומאפשרת ניצול מים יעיל מאוד.

אופן בניית הפוגארות היה סוד מקצועי שעבר מאב לבן בקרב בני משפחה שזה היה מקצועם. ניתן לראות פוגארות במרוקו ובערבה בארץ, באזור שדות מושב עין-יהב. זוהי מערכת מהתקופה המוסלמית הקדומה הכוללת שני פירים חפורים (בעת החפירה הגיעו לעומק של 3.60 מטר) ומנהרה אנכית המקשרת ביניהם ההולכת לכיוון עין מרזב. למרבה הפלא, עם ניקוי הפירים נתגלו מים בפוגארה. מים אלה אשר לפני 1,200 שנה זרמו בפוגארה לכוון עין מרזב, יצרו פינה קטנה וירוקה בישימון. מערכת נוספת קיימת בבקעת עברונה.

שאלות לתלמידים

1. הציעו הסבר כיצד הגיעה טכנולוגיה שפותחה בפרס למרוקו ואלינו לערבה.
2. כיצד מאפשרת טכנולוגיה זו התיישבות אדם?

תשובות למורה

1. ייתכנו שני ערוצים עיקריים להפצת הטכנולוגיה: באמצעות מסחר בין אזורים שונים הגיע המידע גם לארצות רחוקות; באמצעות כיבוש – פרס שלטה בעבר באזור ארץ ישראל והמזרח התיכון, ומשם הופצה הטכנולוגיה לארצות צפון אפריקה.
2. טכנולוגיה זו מתמודדת עם בעיית התאדות של המים בתעלות פתוחות. בעייה שהיא משמעותית באזורים צחיחים מבחינת כמות המים המתאדה וכמות המים הזמינה לשימוש.

הטכנולוגיה מאפשרת ניצול מים מקסימלי והובלתם ממקור המים לאזור השימוש ללא חשיפה להתאדות. היא מאפשרת קיום חקלאות שהיא בסיס לכלכלת האדם.

השימוש במים לצרכים שונים על ידי האדם

צריכת המים בעולם

תשובות לשאלות תחת גרף 3 בעמוד 24

1. א. הגידול הבולט ביותר התרחש באסיה – כמות המים הנצרכת ביבשת זו גדולה הרבה יותר מאשר בכל אזור אחר בעולם וגם העלייה בצריכה הייתה גדולה הרבה יותר – עלייה לינארית תלולה החל בשנת 1950.

   ב. באוסטרליה ואוקיאנייה ובדרום אמריקה הגידול אטי – יש עלייה מתונה מאוד.

   ג. הדרוג מהשינוי הגדול ביותר לנמוך ביותר: אסיה, צפון אמריקה, אירופה, אפריקה, דרום אמריקה, אוסטרליה ואוקיאניה.

2. א. בשנת 2010 נערך מפקד אוכלוסין בסין והראה שמספר התושבים הוא 1.37 מיליארד. בכל אסיה היה מספר התושבים 1.4 בשנת 1950, ו-3.7 מיליארד בשנת 2000. גידול פי 2.6.

   ב. צריכה בשנת 1950 – כ-500 קמ"ק; בשנת 2000 – כ-1,900 קמ"ק, גידול כמעט פי 4.

3. הגידול באוכלוסייה תרם ללא ספק חלק ניכר מהעלייה בצריכת המים אך אי אפשר להסביר את כל העלייה בצריכה לגורם זה.

בסוף המאה ה-20 החל גידול ניכר בכלכלות של סין ושל הודו, התחילה להתפתח במדינות אלה תעשייה גדולה וגם חלה בהן עלייה ברמת החיים. שני גורמים אלה תרמו לגידול הרב בצריכת המים.

תשובות תחת גרף 4 בעמוד 25

1. תאור הנתונים בגרף 4ב:

קבוצת מדינות / המגזר	OECD	BRIC	מדינות מתפתחות	עולמי
חקלאות – השקית גידולים	ירידה	ירידה	ירידה קטנה	ירידה של כ-20%
מגורים (עירונית)	ללא שינוי	עליה גדולה פי 3	עליה כמעט פי 2	עליה של כ-350% פי 3.5
משק חי	___	עלייה	עלייה	עליה של כמעט פי 1
תעשייה	עלייה	עלייה פי 10	עליה כמעט פי 3	עלייה של פי 5
אנרגיה	ללא שינוי	עלייה פי 5	עלייה פי 5	עליה של פי 1.2 כ-120%
כוללת	ירידה של כ-10% בצריכת המים	עלייה של כ-68% בצריכת מים	עליה של כ- 50% בצריכת המים	עליה של כ-55% בצריכת מים

התמונה המתקבלת היא של ירידה בצריכת מים להשקייה. במדינות המתפתחות ומדינות ה-BRIC גדל המשקל גדל של ענף משק החי (דיג, רעייה) בחקלאות. צריכה למגורים גדלה בגלל עלייה ברמת החיים ובגודל האוכלוסייה העירונית. התפתחות כלכלית מלווה בעלייה בצריכת מים לאנרגיה ולתעשייה. גידול באוכלוסייה ועלייה ברמת החיים באות לידי ביטוי בעלייה בצריכת מים לאנרגיה.

במדינות ה-OECD צפויה ירידה בצריכת מים, הסבר אפשרי הוא היפוך מגמה בגידול האוכלוסייה – מגמה של ירידה, יחד עם עליה במודעות לשימוש מושכל במים וצמצום חקלאות באזורים אלה.

2. יש התייחסות נפרדת למשק חי בגלל חשיבות המרעה ודיג במדינות אלה כענפים כלכליים. בעיקר מרעה.

3. גרף 4א:

צריכת המים תעלה במעט באפריקה ובדרום אמריקה (בעיקר בגלל גידול באוכלוסייה). אפריקה ודרום אמריקה מופיעות בקבוצת המדינות המתפתחות. מקסיקו, צילה שייכות לקבוצת ה- OECD וברזיל שייכת לקבוצת ה-BRIC. רמת הפיתוח שלהן תורמת לעלייה בצריכת המים בדרום אמריקה.

צריכת מים תעלה באופן בינוני באירופה ובמדינות צפון אמריקה. שני אזורים אלה יחד עם אוסטרליה נכללים בגוש מדינות ה-OECD. (בגוש זה עתידה צריכת מים לרדת בין 2025 – 2050 לפי גרף 4ב)

4. הצמיחה הכלכלית מבוטאת בתחזית צריכת המים בשני הגרפים: גרף 4א – עליה גדולה בצריכת מים באסיה שם נמצאות סין והודו, עליה בינונית בצריכת מים באירופה – רוסיה ועליה בדרום אמריקה – ברזיל, ההשפעה של ברזיל על צריכת מים של כל היבשת היא קטנה.

בגרף 4ב בולטת מאוד העליה בצריכת מים בגוש זה. הוא מקבל עמודה נפרדת ורואים בה בברור את הצמיחה הכלכלית: עלייה בצריכת מים ללהפקת אנרגיה, לתעשייה ולמגורים (עליה ברמת חיים המלווה בצמיחה כלכלית)

5. חשוב לבצע תחזיות של צריכת מים כדי להיערך לאספקה מתאימה של כמות מים נדרשת. כדי לבדוק האם הכמות הנדרשת אכן מצויה באזור ולכוון את שימושי המים בהתאם.

תשובות לשאלות תחת גרף 5א ו-5ב וטבלה 2 בעמוד 27

1. צריכת מים לנפש בשנה בארה"ב גבוהה במידה ניכרת מהממוצע במדינות ה-OECD, ממדינות רבות אחרות ומהממוצע העולמי. היא הגיעה בשנת 2006 לכ-1,700 מ"ק לעומת 800 בממוצע במדינות ה-OECD ו-600 מ"ק בממוצע עולמי.

צריכת המים באוסטרליה נמוכה מזו של ארה"ב אך גבוהה מהממוצע במדינות ה- OECD ומהממוצע העולמי. צריכת מים לנפש באוסטרליה היא כ-900 מ"ק לשנה.

2. במדינות ה-OECD רמת חיים גבוהה והיא מלווה בצריכת מים רבה לשימושים ביתיים, מסחריים ותעשייתיים. בממוצע העולמי נכללות מדינות בעלות רמת חיים גבוהה ומדינות בעלות רמת חיים נמוכה בהן צריכת המים לנפש נמוכה. בעיית הנגישות למים קיימת בכל המדינות שיש בהן מחסור חריף במים.

3.

המדינה	תמ"ג לנפש לשנת 2011 דולר(הערכה)	דרוג תמ"ג לנפש	צריכת מים לנפש לשנה	היחס לשימוש במים במדינה (על פי מדרג התמ"ג וצריכת מים לנפש)
דנמרק	37,666	29	150	דנמרק היא מדינה מפותחת עם רמת חיים גבוהה. נתון נמוך של צריכה לנפש ליום מעיד על תרבות מפותחת מאוד של חיסכון במים
צ'כיה	26,746	50	190	תרבות של חיסכון בצריכת מים.
בריטניה (הממלכה המאוחדת)	35,688	32	210	
ישראל	30,972	42	230	
שוודיה	41,675	21	300	
נורבגיה	56,190	8	410	
צרפת	33,734	37	580	
קוריאה הדרומית	31,805	41	590	
טורקיה	13,204	93	600	מדינה חקלאית, תשתיות ישנות
הולנד	42,180	18	615	לא חוסכת במים,
יפן	34,459	35	630	לא חוסכת במים
פורטוגל	22,900	57	820	תשתיות וחקלאות לא חסכניות במים
ספרד	29,994	43	850	תשתיות וחקלאות לא חסכניות במים
אוסטרליה	41,684	20	900	בזבזנית במים,
ארצות הברית	47,921	13	1700	תמ"ג גבוה, רמת חיים גבוהה תרבות בזבזנית מאוד במים

דרוג תמ"ג: מתוך ספר העובדות העולמי של ה-CIA, פורסם 10/3/2012

הערה:

רוב המדינות בטבלה נמצאות בדרוג תמ"ג גבוה, בתוכן יש קבוצות שונות לפי תרבות צריכת המים. התלמידים צריכים לבחור במדינה אחת מכל קבוצה.

הדרוג העולמי כולל מעל 200 מדינות ריבוניות ועוד כ-40 מדינות חסות קטנות.

אפשר לדון בצריכת המים הגבוהה במדינות המפותחות ומהם הגורמים לכך: היעדר מודעות לבעיית המים כיוון שברובן אין בעיות של נגישות למים או של מחסור במים, צריכת מים גדולה בערים ובתעשייה בגלל רמת החיים.

חשוב לשאול האם משנת 2013 ואילך נתונים אלה של צריכת מים תקפים?

4. הצריכה לנפש בארצות הברית לכל הצרכים כולל תעשייה וחקלאות (גרף 5א) – כ-4.6 מ"ק, הצריכה הביתית בלבד – 0.6 מ"ק. הפרש גדול מאוד המלמד על כמות המים הנצרכת בתעשייה ובחקלאות בהשוואה לצריכה הביתית (כ-13%). בהמשך הפרק אכן נראה שזה

שיעור הצריכה הביתית וכי הוא אינו עולה על כ-12% מהצריכה הכוללת של מים בכל מדינה בממוצע עולמי.

5. מדינות אלה נמצאות באפריקה (מוזמביק, אוגנדה, רואנדה, אתיופיה, אנגולה, ניז'ר, בורקינה פסו, ניגריה, גאנה, קניה) ובמזרח אסיה (קמבודיה, בנגלה דש, סין, הודו) ובאוקיינוס השקט (האיטי)

6. לפי נתוני גרף 5א צריכת המים בישראל היא כ- 280 מ"ק לנפש לשנה (הנתון שנמצא באתר של רשות המים הוא 230 מ"ק לנפש לשנה, אבל בגרף קשה לראות זאת)

אי אפשר למקם את ישראל בגרף על פי הנתון כפי שהוא משתי סיבות:

גרף 5א מציג נתוני צריכה לנפש הכוללים חקלאות ותעשייה ואילו גרף 5ב מציג נתוני צריכה ביתית בלבד.

גרף 5א מציג נתוני צריכה לנפש לשנה וגרף 5ב מציג נתוני צריכה לנפש ליום.

כדי להשוות בין הנתונים צריך למצוא את הנתון המתאים לצריכה ביתית /עירונית בלבד ולחלק אותו במספר הימים בשנה. רק אז יתקבל נתון בר השוואה.

הרחבה

כדי לקבל מושג היכן נמצאת ישראל על גבי גרף 5ב צריך להתייחס רק לנתון הרלוונטי שהוא 101 מ"ק לנפש לשנה (36% מסך הצריכה בשנה זו היה צריכה עירונית ראו גרף 9 נתונים עבור שנת 2006– המציגים את כלל הצריכה ומציגים את חלקה היחסי של הצריכה הביתית). יש לחלק את הצריכה השנתית ב-365 כדי לקבל צריכה יומית. מתקבל הערך 0.28 מ"ק לנפש ליום וזה מציב את ישראל בין אסטוניה (0.28) לצרפת (0.3)

7. אין קשר ישיר בין כמות המשקעים לרמת צריכת המים. חלקן נמצאות באקלים טרופי ובכל זאת צריכת המים נמוכה. הצריכה הנמוכה נובעת מהיעדר תשתיות, מהיעדר נגישות למים ובגלל אוכלוסייה גדולה הנזקקת לכמויות גדולות מאוד של מים כמו המצב בהודו ובסין.

תשובות לשאלות בפינת ההעשרה – טביעת רגל מימית בעמוד 28

1. גודל האוכלוסייה משפיע כפי שאפשר לראות בנתונים של סין והודו. ואולם לתרבות השימוש במים יש השפעה גדולה יותר. הדבר בולט מאוד בנתונים על ארה"ב: צריכה המים שלה גבוהה והיא קרובה בערכיה לאלו של הודו וסין, בעוד שגודל האוכלסייה שלה הוא כרבע מגודל אוכלוסיותיהן. גודל אוכלוסיית ברזיל קטן בכשליש מגודלה של אוכלוסיית ארה"ב בעוד שטביעת הרגל המימית היא רק מחצית מזו של ארצות הברית.

2. שינוי במודעות כרוך בהבנה שהצריכה של כל אחד מאתנו אינה נובעת רק מצריכה ישירה בבית ובעבודה לשימושים של ניקיון, בישול ושתייה, אלא גם מצריכה עקיפה בייצור מוצרי צריכה לסוגיהם. מעגל הצריכה הרחב נותן תמונה מדויקת יותר של צריכת מים ויכול להעמיק את ההבנה לצורך לשנות את הרגלי צריכת המים של האדם, כיוון שלצריכת מוצרים יש השפעה גדולה גם על צריכת המים ולא רק על צריכת חומרי גלם ואנרגיה ועל ייצור פסולת.

מגמות בצריכת המים בישראל

תשובות לשאלות תחת גרף 6 בעמוד 29

1. צריכת המים באשכול 10 גבוהה מאוד לאורך כל השנים. היא עולה מ-300 ליטר לנפש ליממה בשנת 2000 לשיא של 350 ליטר לנפש ליממה בשנת 2004. בשנת 2007 ירדה צריכת המים לנפש ליממה ברשויות באשכול חברתי-כלכלי 10 מ-320 בשנת 2006 ל-268.5.

ב. צריכת המים לנפש באשכול 1 יציבה לאורך השנים ועומדת על 50-55 ליטר לנפש ביממה בלבד. צריכת המים לנפש באשכול 10 הייתה גבוהה כמעט פי 6 מצריכת המים לנפש באשכול 1 (320 בהשוואה ל-55.8 ליטר). בשנת 2007 חלה ירידה באשכול 10 אך עדיין צריכת המים לנפש גבוהה בו פי 5 מזו שבאשכול 1.

<u>הסברים אפשריים</u>:

<u>אשכול 10</u>: הפעלת מכשירים (מכונות כביסה, מדיחי כלים) באופן בזבזני במים, שימוש רב במים להשקיית גינות פרטיות ששטחן גדול והן נטועות בצמחים שאינם חסכניים במים, החזקת ברכות שחייה פרטיות. אין חיסכון במים כי אין בעייה כלכלית.

<u>אשכול 1</u>: אין מכשירים מבוססי צריכת מים. חיסכון בשימוש במים הנובע מקושי לשלם עבורם (מחיר המים בישראל גבוה למדי).

2. הפער בצריכת מים בין רשויות יהודיות לרשויות לא-יהודיות נשמר, כאשר בשנת 2007 צריכת מים לנפש הייתה 103.9 ליטר ברשויות היהודיות ו-63.9 ליטר ברשויות לא-יהודיות.

הסבר אפשרי: מרבית הרשויות הערביות נמצאות באשכולת 1-3. רשויות יהודיות כוללות גם נתונים של אשכולות 8-10.

3. אפשר לקבץ גם את מדינות העולם לאשכולות על פי צריכת המים שלהן בהקבלה לרמת החיים שלהן. כך למשל אם מתייחסים לשני האשכולות הקיצוניים: אשכול 10 – מתאים לתיאור מדינות מפותחות כמו ארצות הברית ואוסטרליה. אשכול 1 – מתאים לתיאור מדינות מתפתחות עניות כמו קניה וקמבודיה. אך יש לזכור שמדינות כמו דנמרק הן חסכניות במים גם אם רמת החיים שלהן גבוהה. לכן מיון לאשכולות רק על פי המדד החברתי-כלכלי עלול להטעות.

התפלגות צריכת המים בעולם על פי שימושים

תשובות לשאלות תחת גרף 7 וגרף 8 בעמוד 31

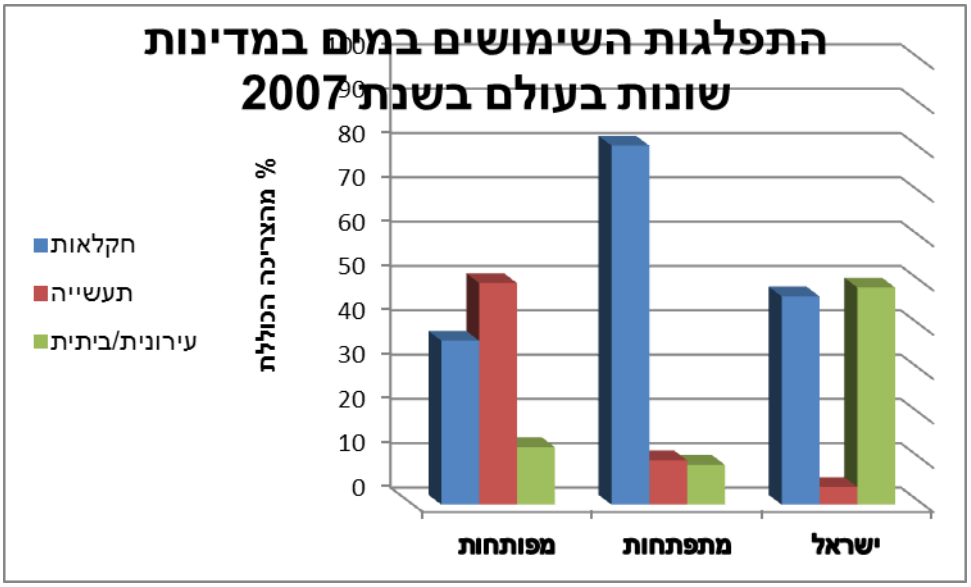
1. במדינות מפותחות מופנים כ-50% מהמים לתעשייה ויש בהן גם צריכה עירונית גבוהה.

הצריכה החקלאית נמוכה.

במדינות מתפתחות צריכת המים הגבוהה ביותר היא בחקלאות - כשלושה רבעים מכמות המים. הצריכה בתעשייה נמוכה וגם הצריכה עירונית נמוכה - לרוב פחות מ-10%.

3. על פי הגרף - צריכת מים לחקלאות בישראל גבוהה ומהווה מעל 50% מכלל צריכת המים.

בתמונה העולמית- מדינות מפותחות אחראיות ל-22% צריכת מים בתעשייה. אין הבדלים גדולים בצריכה העירונית והביתית.

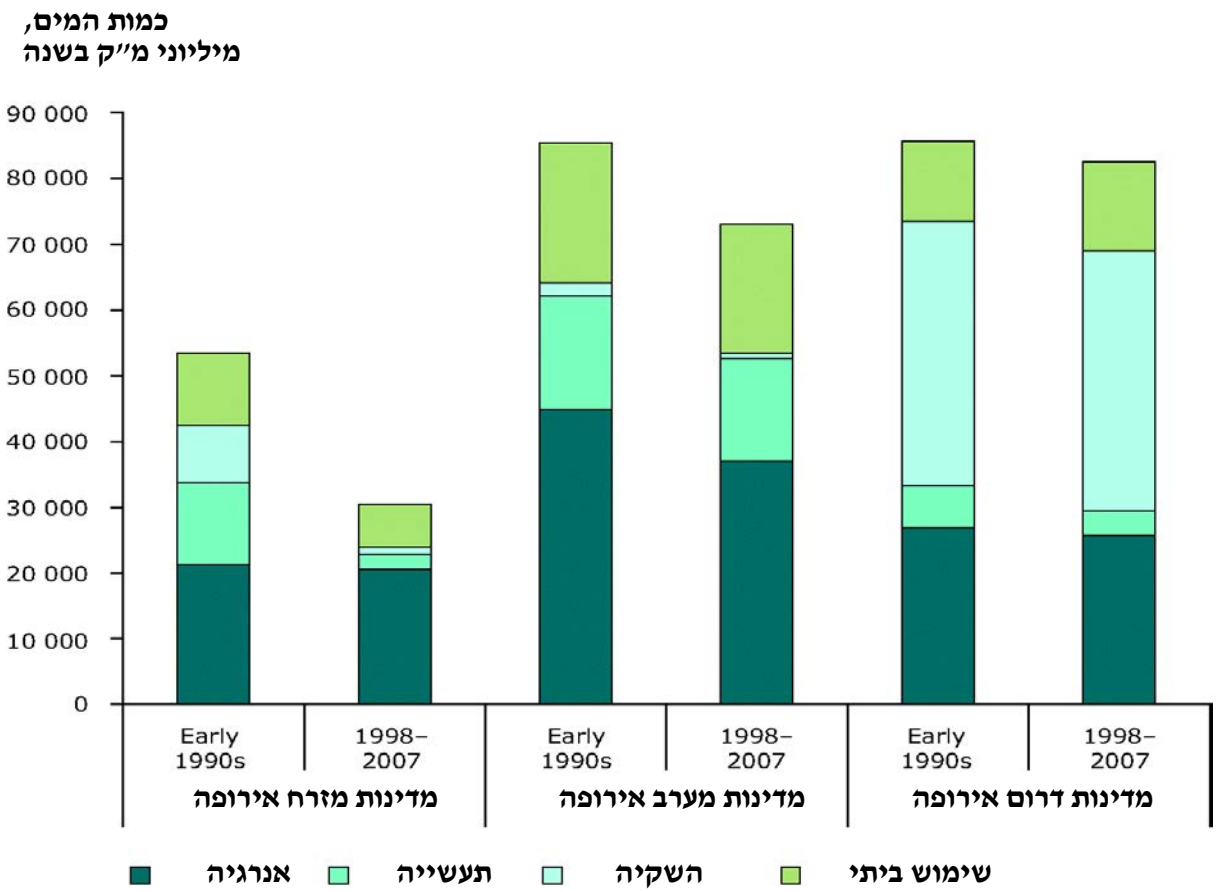


4. התעשייה צורכת בישראל כעשירית מצריכת המים של החקלאות ולכן ישראל היא מדינה חקלאית.
5. הנתון המיוחד של ישראל הוא צריכת מים עירונית גבוהה מאוד גם בהשוואה למדינות מתפתחות. ההסבר הוא – מרבית האוכלוסייה בישראל גרה בערים, הנגישות למים בערים גבוהה ורמת החיים הגבוהה מייחסת חשיבות להיגיינה ולסניטציה. כל אלה באים לידי ביטוי ברמת צריכת המים. בנוסף התעשייה הראתה התייעלות בצריכת מים.
6. במרכז אמריקה ובדרומה צרכן המים הראשי הוא החקלאות - 70% מסך כמות המים. הנתון המפתיע הוא הצריכה העירונית שהיא 19% לעומת 7%-8.5% ביבשות בהן יש מדינות מתפתחות רבות אחרות. הדבר מעיד על גודל האוכלוסייה העירונית ועל רמת החיים שלה (למרות אזורי משכנות העוני בערי הבירה) הקרוב יותר למדינה מפותחת. נתון זה גבוה מאסיה עם עריה הגדולות.

הרחבה - התפלגות שימושי מים מתוקים באירופה

אם רוצים לתת תמונה מקיפה יותר על הבדלים בין מדינות ולתרגל קריאת גרפים, אפשר להציג בכיתה גם את גרף א ולבקש מהתלמידים לנתח את הנתונים המוצגים בו.

גרף א התפלגות שנתית של צריכת מים על פי מקור המים ועל פי מגזר, 31/8/2010



מקור הנתונים: EEA-ETC/WTR מתוך טבלת נתונים של Eurostat 31/8/2010

<u>מקרא לגרף</u>:

כפי שאפשר לראות בגרף, באירופה נעשה שימוש רב במים שאינם מי ים לקירור מערכות להפקת אנרגיה, בעיקר במדינות מערב אירופה, אם כי בולטת המגמה של ירידה בכמות המים המשמשת לצורך זה.

הערכים בציר Y– אפשר למחוק את האפסים המסמנים אלפים ולשנות את הציר למיליארדי מ"ק בשנה.

מדינות מזרח אירופה: בולגריה, רפובליקה צ'כית, הונגריה, פולין, רומניה, סלובקיה, סלובניה, אסטוניה, לטביה.

מדינות מערב אירופה: אוסטריה, בלגיה, דנמרק, פינלנד, גרמניה, איסלנד, אירלנד, הולנד, נורבגיה, שבדיה, שוויץ, בריטניה,

מדינות דרום אירופה: צרפת, מקדוניה, ספרד, יוון, פורטוגל, טורקיה.

צריכת המים בישראל

תשובות לשאלות תחת גרף 9 בעמוד 32

1. בשנים 1989-1991 חלה ירידה חדה בצריכת המים לנפש – משיא של 115 מ״ק ל-89 מ״ק. הצריכה עלתה בהדרגה בשנים לאחר מכן וחזרה לרמה של 105 מ״ק.
אחרי שנת 2007 ירדה צריכת המים לנפש מכמה של 105 מ״ק עד לרמה של 85 מ״ק, ירידה של כ-20%.
2. הממצאים מראים שהיה שימוש בזבזני במים ושאפשר לחסוך במידה ניכרת בצריכת המים לנפש בלי לפגוע משמעותית ברמת החיים.

הערה

צריכת המים כוללת שימוש במים מושבים.

תשובות לשאלות תחת גרף 10 בעמוד 32

1. הכמות הכוללת של מים ששימשו בחקלאות – שפירים ומושבים, מוצגים בטבלה הבאה (במיליוני מ״ק):

2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993
1021	1022	1127	1264	1265	1264	1284	1273	1143	1125
	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
	1037	1100	1025	1121	1183	1116	1127	1130	1046

2. כפי שאפשר לראות בטבלה, הצריכה עלתה מעט במהלך שנות ה-90 של המאה ה-20 ואחר כך ירדה. מתחילת המאה ה-20 נשמרת רמה יציבה עם תנודות קלות.
3. הסברים לירידה בצריכה: שיטות השקיה חסכניות שהתרחבו לענפים נוספים, החלפת גידולים עתירי מים בגידולים חסכניים במים, מיחזור מים בתוך המשק החקלאי.
חל גם קיצוץ במכסות המים לחקלאים.
4. במגזר הביתי – הייתה עלייה מתונה בצריכת המים עד שנת 2008 ולאחר מכן חלה ירידה מתונה.
במגזר התעשייתי – נשמרת צריכה יציבה לכל אורך התקופה המוצגת בגרף 10.
5. בנתוני הצריכה רואים עלייה בצריכה העירונית עד שנת 2009, התייצבות ואף ירידה לאחר מכן. מרבית האוכלוסייה בארץ חיה בישובים עירוניים וגידול האוכלוסייה בא לביטוי בגידול בצריכת המים העירונית. הגברת המודעות לצורך לחסוך במים והעלייה הניכרת במחיר המים מובילה לחיסכון המתבטא בירידה בצריכה.

שימושי המים במגזר החקלאי

תשובות לשאלות תחת טבלה 4 בעמוד 33

1. מרבית ענפי החקלאות צורכים מים רבים. גם אם משתמשים בשיטות השקיה חסכניות עדיין יש צורך בכמות מים גדולה בחקלאות. מי שפכים מטוהרים יכולים בהחלט לספק את הדרישה עם מגבלות של רגישות גידולים ורגישות של הקרקע לחומרים שעדיין מצויים

במים: מתכות ומלחים. ניתן לטהר את השפכים עד לרמת מי שתייה ואז אין כל מניעה להשתמש בהם בחקלאות.

2. תבחינים: כמות מים הנדרשת לייצור, כמות המים הקיימת באזור וזמינה לשימוש בחקלאות, סוג המים (האם יש צורך בהתפלה או לא), ייחודיות המוצר, עלויות ייצור כולל עבודת ידיים או טכנולוגיה, איחסון והובלה של המוצר, מחיר השוק.

הצעה לפעילות נוספת:

לחשב את כמות המים הנצרכת לייצור ארוחת בוקר / ערב לעומת ארוחת צהריים.

לחשב את כמות המים הנצרכת לייצור ארוחה צמחונית לעומת ארוחה הכוללת בשר.

להשוות את הנתונים בטבלה לנתונים על טביעת רגל מימית ולראות את הקשר בין המזון שאנו אוכלים לטביעת רגל מימית.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: השפעת שיטת ההשקיה על צריכת מים בחקלאות בעמוד 35

1. גידולים עתירי מים: דגניים - אורז חיטה ותירס הם דגנים, הסויה שייכת למשפחת הקטניות. בטבלה 4 רואים שמבין גידולי הצמחים - הדגניים צורכים את כמות המים הגדולה ביותר. צמחים ממשפחת הקטניות צורכים מים פחות מדגניים אבל הסויה עדיין צורכת מים רבים, בתנאים של מחסור במים אי אפשר לגדלה.
2. החיטה דורשת כמות קטנה של מים בהשוואה לדגניים אחרים ויכולה לגדול בהשקיה (שלחין) באזורי ספר ים-תיכוניים.

הרחבה: בנגב מגדלים גם תירס באותם אזורים שבהם מגדלים חיטה.

3. שיטות השקיה מודרניות הן חסכניות במים בעוד ששיטות השקיה מסורתיות של השקיה בהצפה בזבזניות במים ולכן אינן יעילות כדי ואי אפשר לייצר כיום את כמות המזון הנחוצה לכל העולם .
4. מדינות הדומות לארצות הברית: אוסטרליה, סין – יש בהן חקלאות מתקדמת.

מדינות הדומות להודו: רוסיה, מקסיקו – יש בהן חקלאות מסורתית.

תשובות לשאלות בעמוד 35 (בתחתית העמוד)

1. הגורמים הם:

גידול בשטחי החקלאות המושקית.

השקיית שטחים אלה בשיטות השקיה לא יעילות בהם אובדים כ-60% מהמים.

עיבוד שדות באזורים בעלי אקלים יבש (צחיח) בהם נדרשת השקיה ואי אפשר להסתמך על גשם.

לא תמיד יש התאמה בין הגידול לתנאי הסביבה בעיקר לכמויות המים הזמינות.

שיטות גידול אינטנסיביות: השקיה מרובה כדי להשיג גידול בזמן קצר. 2-4 מחזורי גידול בשדה.

תרבות מזון (בעיקר המערבית) המבוססת על מוצרים הצורכים מים רבים בגידולם ובייצורם.

2. יתרונות של השקיה יעילה: מונעת התאדות (בהשקיה בצינור יש התאדות רבה, בהשקיה בטפטוף המים מגיעים ישירות לאזור השורשים וניתן להשקות בכמות מים מדויקת. השקיה בשעות הבוקר המוקדמות או לפנות ערב מקטינה התאדות), מספקת לצמח מים בכמות הדרושה (בקרת כמות). השקיה יעילה צורכת כמות מים קטנה יותר ליחידת שטח וכמות מים הנחסכת יכולה לשמש את הסביבה או את האדם למילוי צרכים אחרים.

הרחבה

בשנת 2005 יצא הספר:

Hungry Planet: What the World Eats, Photographs from the book by Peter Menzel and Faith D'Aluisio

Read more:

http://www.time.com/time/photogallery/0,29307,1645016,00.html#ixzz28vFa8hPj

למרות שמו, "העולם הרעב", הספר עשיר בתצלומים צבעוניים ועשירים ובמידע מרתק והוא מעלה נקודות רבות למחשבה. המחברים תיעדו 600 ארוחות של 30 משפחות ב-24 ארצות ברחבי העולם. כל משפחה הצטלמה בפורטרט משפחתי לצד מצרכי המזון שהיא צורכת בשבוע. לצד התמונות יש נתונים על עלות המזון ועל מקומו של האוכל בחיי היומיום ובתרבות המשפחה.

מטרת התכנית הייתה לראות איך הגלובליזציה, ההגירה והעלייה ברמת החיים משנות את הרכב המזון של קהילות שונות סביב העולם.

אפשר להציע לתלמידים לבדוק את צריכת המים הנדרשת לייצור המזון ואריזותיו עבור משפחות נבחרות.

אתר בו ניתן לראות את התמונות:

http://www.time.com/time/photogallery/0,29307,1645016_1408126,00.html

שימושי מים במגזר העירוני (כולל המגזר הביתי)

תשובות לשאלות תחת גרף 11 בעמוד 36

1. לרוב תושבי העיר יש נגישות גבוהה למים הודות למערכת האספקה הנוחה. הנגישות הגבוהה מובילה לצריכה גבוהה של המים בגלל קלות השימוש וחוסר מעקב רציף על ידי התושבים עצמם אחר כמות המים הנצרכת.

הערה

יש לסייג את המסקנה על נגישות טובה ולהדגיש שאין מדובר על שכונות עוני דוגמת הפאבלות במקסיקו סיטי שאין בהן כלל שירותים עירוניים. כמו כן יש מקומות בעולם כמו בעמאן בהם יש הפסקות מים יזומות בגלל מחסור במים. מועד ההפסקה ידוע מראש ותושבים יכולים לאגור מים לקראתה.

2. דוגמאות לתעשייה קלה:

א. מוסכים ומכונים לשטיפת מכוניות – חיסכון במים יתקבל בשימוש במערכות ממחזרות מים.

מפעלי מזון קטנים (סלטים, מחלבות, מאפיות) – משתמשים במים כחומר גלם ולניקיון כלי הייצור.

מפעלים לייצור צבעים – משתמשים במים כחומר גלם ולשטיפה.

מכבסות – מים כחומר גלם לייצור קיטור ולכביסה.

ב. מוסכים – שמנים, שאריות דלק, חומרי סיכה.

מכבסות, תעשיית צבעים – חומרים כימיים מסוכנים

מפעלי מזון – חומרים אורגניים שמקורם בשאריות חומרי גלם ושאריות מזון.

ג. דרכים לחיסכון במים: צמצום בכמויות המים בהם משתמשים –במרבית המקומות לא עוקבים אחר כמות המים הנצרכת ביחס לכמות המים שנחוצה באמת ולכן משתמשים בכמויות גדולות של מים ללא צורך אמתי.

אפשר לחסוך במים באמצעות מערכות למיחזור מים במיוחד במכבסות ובשטיפת מכוניות. החלפת חלק מהתהליכים בתהליכים שאינם צורכים מים כמו ניקוי עם אוויר, טיאטוא לפני שטיפה.

3. בתי ספר הם מוסדות ציבור. המים משמשים בהם לשתייה, לניקיון ולגינון.

מסעדה היא עסק מסחרי. המים משמשים בה לייצור מזון, לשטיפת חומרי גלם ולשטיפת כלים, לניקיון.

דרכים לחיסכון במים: השריית כלים מלוכלכים באמבט מים לפני שטיפה, שטיפת פירות וירקות לא בזרם חזק.

מרפאה היא מוסד ציבורי. המים משמשים בה לניקיון. אפשר להשיג חיסכון על ידי שימוש באביזרים חוסכי מים כמו חסכמים.

צריכת מים בדירת מגורים

תשובות לשאלות תחת גרף 11 בעמוד 36

1. דרוג מצריכה גבוהה לצריכה נמוכה: אוסטרליה, ארצות הברית, איטליה, סין, ישראל, סינגפור, צרפת סוריה, ירדן, קפריסין.
2. הדרוג לקבוצות על פי רמת הצריכה:

קבוצה 1: צריכה גבוהה מאוד: אוסטרליה, ארצות הברית, איטליה, סין

קבוצה 2: צריכה גבוהה: ישראל, סינגפור, צרפת

קבוצה 3: צריכה נמוכה: סוריה, ירדן, קפריסין

הסבר: מים מגיעים אל הבתים ולכל האוכלוסייה. רמת מודעות גבוהה להיגיינה ולסניטציה (שטיפת ידיים, הורדת מים בשרותים, שטיפת כלים, כביסה רבה) המביאה לשימוש רב במים. רמת חיים גבוהה מובילה לשימושים נוספים במים - לשטיפת מכונית, לאחזקת גינות שלא בהכרח מותאמות לאקלים, לברכות שחייה ולמתקני מים לשעשוע.

הרחבה

באוסטרליה נעשה שימוש בדזרט קולר (desert cooler) לקירור בקיץ על ידי יצירת לחות ואידוייה.

הסבר אפשרי: איטליה – אין תרבות של חיסכון במים ובהיותה מדינה ים-תיכונית יש בה צריכת מים רבה. סין היא מדינה הנמצאת בקצב פיתוח מהיר מאוד והתרבות העירונית שלה התפתחה מאוד בדומה למערב.

הצעה – אפשר להציע לתלמידים להציג את נתוני הטבלה בגרף.

לבקש מהם לציין: מהו ציר ה-X? מהו ציר ה-Y?

מהו סדר ההצגה הכדאי של הנתונים? לפי סדר הופעתם ברשימה או סדר אחר?

תשובות לשאלות תחת טבלה 6 בעמוד 37

1. שימושים עיקריים של המים בדירת מגורים הם להיגיינה (רחצה וכביסה) ולסניטציה (שרותים).
2. ניאגרה מכילה 9 ליטרים מים. גם שימוש במחצית הכמות עדיין צורך כמות מים גדולה. האדם המערבי נוהג להתפנק ולהתרחץ באמבטיות ג'קוזי הצורכות מים רבים, במיוחד כאשר מטעמי היגיינה מחליפים את המים לאחר כל רחצה. המצאת מכונת הכביסה הקלה על פעולת הכביסה והביאה לכך שכמות הכביסה עלתה. (מייבש הכביסה תורם לכך גם הוא וכך גם הצורך התרבותי להחליף בגדים מספר פעמים ביום)

   הצעה לפעילות: אפשר לתרגם את כמות המים בליטרים שמכילה ניאגרה למספר כוסות של 200 סמ"ק או למספר בקבוקים של חצי ליטר.
3. שימושים חיצוניים: השקיית גינה, שטיפת מכונית, שטיפת שבילים ופחי זבל העומדים בחוץ.
4. בנוסף לנאמר בשאלה 1:
   א. עצם השימוש במים להיגיינה הוא תולדה של רמת חיים.
   ב. קלות הגישה למים בברז גורמת לשימוש במים רבים.
   ג. נוצר מרכיב חדש של שימוש חיצוני הכולל רחצת מכונית והשקיית גינה שהם מסממני רמת החיים הגבוהה יותר.
5. בכל תחום בבית, על ידי פיתוח טכנולוגיה ויצירת מודעות לחיסכון במים שתביא לשינוי הרגלי שימוש במים.

   טכנולוגיה – ניאגרה קטנה יותר בעלת שני מצבי הפעלה, צמצום כמות המים במכונת הכביסה, חסכמים בברזים, השקיה בטפטפות.

   מודעות והרגלים – מקלחת קצרה, הפעלת מכונת כביסה רק כשהיא מלאה, מיחזור מים בבית מהמקלחת לגינה, שטיפת מכונית בדלי ולא בצינור ועוד.
6. מרימים את מכסה הניאגרה ומסמנים את גובה המים כאשר המכל מלא. לאחר זמן מה בודקים את הסימון, האם המים עדיין בגובה זה או נמוך ממנו. אם ירדו המים סימן שיש דליפה. אפשר לבדוק גם אם יש סימן זרימה בנקודת היציאה של המים מהמכל לאסלה.

   תקלה שכיחה היא בלאי של גומייה המורכבת על נקודת היציאה של המים מהמכל לאסלה, ותפקידה לאטום את המקום כדי למנוע דליפה. קל להחליף אותה.
7. חלקם של המים לבישול יהיה גדול יותר, חלקם של המים לכביסה השבועית יגדל גם הוא ואילו חלקם של המים לשירותים ולרחצה ולניקיון יפחת מאוד עד כדי רבע בלבד (לשניהם יחד).
8. השוני מפתיע כיוון ששתייהן מדינות בעלות טכנולוגיה המאפשרת חיסכון במים. הסבר אפשרי:

א. הניאגרה בקנדה קטנה יותר בנפח המים שבה – 6 ליטר במקום 9 ליטר כמו בארץ.

ב. מודעות סביבתית גבוה יותר בקנדה שמקדמת שימוש בשירותים ללא מים.

להרחבה

שרשרת שימוש במים בירושלים בזמן המצור – פינת העשרה בעמוד 38

פרסם את הכרוז בעיתונות מפקד המצור, דב יוסף.

<u>נקודות להדגשה</u>:

כמות מים לנפש ליום – 10 ל' בהשוואה ל-2 ל' שהיא כמות מים מינימלית לנפש ליום הנדרשת כדי לשרוד על פי האו"ם.

הטיפול במים אפילו בימי המצור: בדיקה בקטריולוגית, חיטוי.

<u>הוראות השימוש במים</u>:

מי בישול – אלו הוראות תקפות גם בימינו ואילו – כבר לא מתאימות?

כביסה – האם ההוראות תקפות גם בימינו? מה הגישה כיום לשימוש במים לצורכי כביסה?

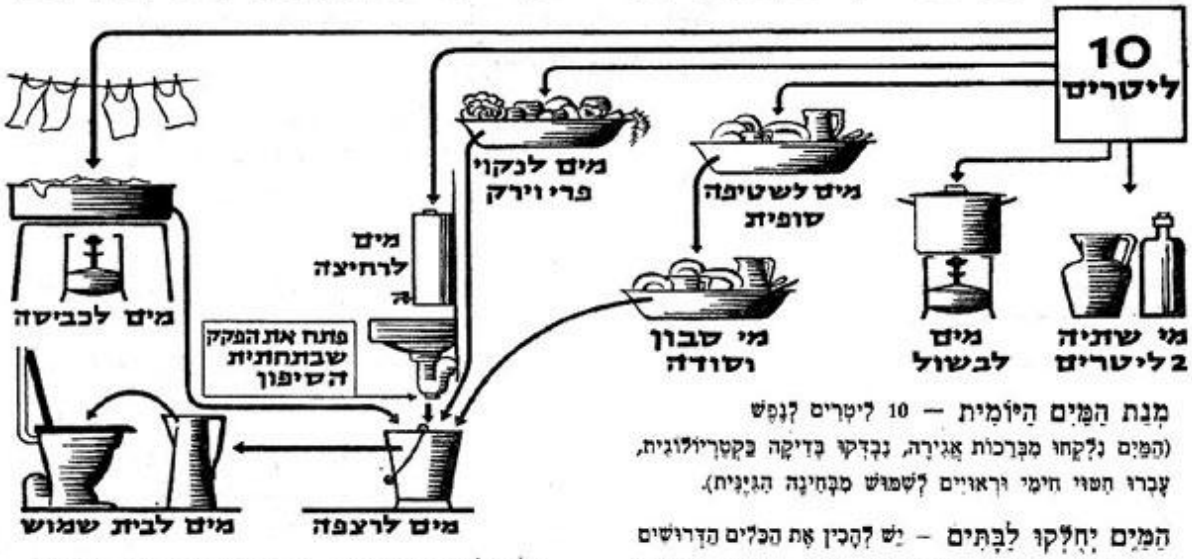
רחיצה – מדוע ההמלצה היא להתרחץ תחת מים זורמים ולא במים העומדים בגיגית?

האם שימוש בזרם אטי תקף גם לימינו?

בהוראות יש שימוש במים אפורים – כדאי להשוות את ההוראות לעמדת אלה הדוגלים בשימוש במים אפורים ולעמדת משרד הבריאות בנושא.

חיטוי מי אסלה – תמיסת בורית הנתרן – חומר חיטוי טבעי המומלץ בימינו כחומר ידידותי לסביבה. כדאי להרחיב את הדיון בו ולהשוותו לאקונומיקה שהיא חומר חיטוי הנמצא בשימוש נרחב בימינו, במוסדות ציבור (במיוחד חינוך) ובבתים פרטיים.

הוראות לשמוש יעיל במנות מים



מִנַת הַמַּיִם הַיּוֹמִית — 10 ליטרים לְנֶפֶשׁ (הַמַּיִם נִלְקְחוּ מִבְּרֵכוֹת אֲגִירָה, נִבְדְּקוּ בְּדִיקָה בַּקְטֶרִיוֹלוֹגִית, עָבְרוּ חִטּוּי חִימִי וּרְאוּיִים לְשִׁמּוּשׁ מִבְּחִינָה הִגְיֵנִית).

הַמַּיִם יְחֻלְּקוּ לַבָּתִּים — יֵשׁ לְהָכִין אֶת הַכֵּלִים הַדְּרוּשִׁים (הַמְּפוֹרָטִים לְהַלָּן) כְּדֵי שֶׁחֲלוּקַת הַמַּיִם תֵּעָשֶׂה בִּמְהִירוּת וּבְצוּרָה הַיְעִילָה-בְּיוֹתֵר.

מִנַת הַמַּיִם הַמּוּצַעַת תַּסְפִּיק לְצָרְכֵי הַיּוֹם יוֹמַיִם. הִיא הוֹלֶמֶת אֶת דְּרִישׁוֹת הַהִגְיֵנָה וּמְאַפְשֶׁרֶת לְקַיֵּם רֶמֶת בְּרִיאוּת נְאוֹתָה. לְשֵׁם כָּךְ יֵשׁ לְמַלֵּא אֶת הַהוֹרָאוֹת הַבָּאוֹת בְּדִיּוּק נִיּוּת:

מֵי שְׁתִיָּה—הַפְרֵשׁ מֵהַמְּנָה הַיּוֹמִית 2 לִיטְרִים לְנֶפֶשׁ לְתוֹךְ כְּלִי נָקִי לְצָרְכֵי שְׁתִיָּה. כַּסֵּה אֶת הַכְּלִי וְהַחֲזֵק אוֹתוֹ בְּמָקוֹם קָרִיר.

מֵי שִׁמּוּשׁ

א) **בִּשּׁוּל** — נַקֵּה אֶת הַפְּרִי וְהַיָּרָק לִפְנֵי הַבִּשּׁוּל נִקּוּי יָבֵשׁ (בְּעֶזְרַת מִבְרֶשֶׁת, קַשִּׁית אוֹ גְּיִר). הַמְּנַע מִנִּזּוּז מַיִם בְּעֵת הַבִּשּׁוּל. הִשְׁתַּמֵּשׁ בְּשִׁיטַת אֵיחוּד הַיְרָקוֹת כְּדֵי לְמַעֵט בְּכַמּוּת הַמַּיִם הַדְּרוּשִׁים לְבִשּׁוּל (רְאֵה הוֹרָאוֹת בִּשּׁוּל מִטַּעַם הַמַּחְלָקָה לְתִזּוּנָה שֶׁל בֵּית הַבְּרִיאוּת).

אֶת מֵי הַבִּשּׁוּל וְהַשְּׁטִיפָה **אֵין לִשְׁפֹּךְ** — יֵשׁ לִשְׁמֹר לְשִׁמּוּשׁ נוֹסָף.

ב) **שְׁטִיפַת כֵּלִים** — צַמְצֵם אֶת מִסְפַּר הַכֵּלִים הַנִּמְצָאִים בְּשִׁמּוּשׁ. לִפְנֵי הַשְּׁטִיפָה נַקֵּה אֶת הַסִּירִים וְהַצַּלָּחוֹת מִשְּׁיָרֵי הָאֹכֶל בְּגְיִר. הָכֵן שְׁתֵּי קְעָרוֹת: בְּאַחַת — תְּמִיסָה הַרְכָּזִת שֶׁל מֵי סַבּוֹן וְסוֹדָה. בַּשְּׁנִיָּה — מַיִם נְקִיִּים לִשְׁטִיפָה סוֹפִית. שְׁטֹף אֶת הַכֵּלִים אַחַת לְיוֹם. (מוּטָב לְאַחַר הָאֲרוּחָה הָעִיקָּרִית). בְּמֵי הַשְּׁטִיפָה הַסּוֹפִית הִשְׁתַּמֵּשׁ לְמָחֳרַת הַיּוֹם (לְאַחַר סִנּוּן) לְהַכָּנַת תְּמִיסָה חֲדָשָׁה שֶׁל סַבּוֹן וְסוֹדָה. בְּמֵי הַתְּמִיסָה הַמְּשֻׁמָּשִׁים הִשְׁתַּמֵּשׁ לְהַדָּחַת בֵּית־הַכִּסֵּא.

ג) **כְּבִיסָה** — צְבֹר יוֹם יוֹם כַּמּוּת מַיִם קְטַנָּה לְצָרְכֵי כְּבִיסָה. הָכֵן 2 כְּלֵי קִבּוּל: בְּאֶחָד — תְּמִיסָה לְכְבִיסָה. בַּשֵּׁנִי — מֵי שְׁטִיפָה. הִשְׁתַּמֵּשׁ פְּעָמִים אֲחֻדּוֹת בְּאוֹתָם הַמַּיִם לְכְבִיסָה. חִטּוּי הַלְּבָנִים יוּשַׂג עַ"י הַרְתָּחָתָם.

הִשְׁתַּמֵּשׁ בְּמֵי הַכְּבִיסָה הַמְּלוּכְלָכִים לִשְׁטִיפַת הָרִצְפּוֹת וּלְהַדָּחַת בֵּית־הַכִּסֵּא.

ד) **רְחִיצָה** — הִשְׁתַּמֵּשׁ לְרְחִיצָה בְּמַיִם זוֹרְמִים (לֹא בְּקַעֲרָה)

1. מִצֵּל לְקַעֲרָה (בְּחֶדֶר הָאַמְבַּטְיָה אוֹ בַּמִּטְבָּח) הַתְּקֵן כִּיּוֹר עִם בְּרָז. מַלֵּא אוֹתוֹ לְמֶחֱצָה (כְּדֵי שֶׁגֶּרֶם הַמַּיִם לֹא יוּגְבַּר יֶתֶר עַל הַמִּדָּה).
2. הִתְרַחֵץ מֵעַל הַקַּעֲרָה בְּזֶרֶם מַיִם אִטִּי. הוֹצֵא אֶת הַפְּקַק שֶׁבְּתַחְתִּית הַסִּיפּוֹן אֲשֶׁר מִתַּחַת לְקַעֲרָה וּקְלֹט אֶת מֵי הָרְחִיצָה הַמְּשֻׁמָּשִׁים לְתוֹךְ דְּלִי.
3. הָכֵן קַעֲרָה עִם תְּמִיסָה דְּלִילָה שֶׁל סַבּוֹן וְלִיזוֹל. טֹל בָּהּ יָדֶיךָ לְאַחַר עֲשִׂיַּת הַצְּרָכִים.

הַדָּחַת בֵּית־הַכִּסֵּא — נַצֵּל אֶת כָּל הַמַּיִם הַמְּלוּכְלָכִים שֶׁאֵין לְסַנְּנָם עוֹד לְהַדָּחַת בֵּית־הַכִּסֵּא. אַל תַּשְׁלִיךְ גְּיִר. צְמֹר גֶּפֶן, עֲלֵי תֵה וּשְׁיָרֵי אֹכֶל לְתוֹךְ בֵּית־הַכִּסֵּא, הַתְּקֵן לְךָ פַּח עִם מִכְסֶה בְּשְׁבִיל הַגְּיִר הַמְשֻׁמָּשׁ וּשְׂרוֹף אֶת הַגְּיִר יוֹם יוֹם. בְּמִקְרֶה שֶׁכַּמּוּת הַמַּיִם אֵינָהּ מַסְפִּיקָה לְצָרְכֵי הַדָּחַת בֵּית־הַכִּסֵּא, הִשְׁתַּמֵּשׁ לְפְעוּלָה זוֹ בְּתְמִיסַת בְּרִית הַנַּתְרָן (NaOH 2%). הוֹרָאוֹת לְשִׁמּוּשׁ בְּחֹמֶר חִטּוּי זֶה יֵשׁ לְקַבֵּל בְּכָל בֵּית מִרְקַחַת.

הוֹרָאוֹת נוֹסָפוֹת

1. **סִנּוּן מַיִם מְשֻׁמָּשִׁים** — א. הַפְרֵד אֶת הַשְּׁיָרִים הַנְּסִים מֵהַנּוֹזֵל עַל יְדֵי הַעֲבָרַת הַנּוֹזֵל דֶּרֶךְ מִסְנֶנֶת.

ב. הַעֲבֵר אֶת הַנּוֹזֵל דֶּרֶךְ חֲתִיכַת צֶמֶר גֶּפֶן הַמּוּנַחַת בְּקַרְקַעִיתוֹ שֶׁל מִשְׁפּוֹךְ. (אֶת צֶמֶר הַגֶּפֶן יֵשׁ לְהַדִּיק הֵיטֵב לְדַפְנוֹת הַמִּשְׁפּוֹךְ). סִנּוּן זֶה יָעִיל וּבָא בִּמְקוֹם סִנּוּן בְּמִסְנֶנֶת דַּקָּה.

2. **הַכֵּלִים הַנְּחוּצִים**: דְּלִי לַמַּיִם; פַּחִים אוֹ כַּדִּים לְמֵי שְׁתִיָּה; שְׁתֵּי קְעָרוֹת לִשְׁטִיפַת כְּלֵי מִטְבָּח; שְׁתֵּי גְּנִיּוֹת לְכְבִיסָה; מִסְנֶנֶת גְּדוֹלָה; מִשְׁפּוֹךְ גָּדוֹל וְכִיּוֹר קָטָן.

תְּלֵה אֶת הַהוֹרָאוֹת הָאֵלֶּה בַּמִּטְבָּח אוֹ בְּמָקוֹם מַתְאִים אַחֵר

צריכת המים העירונית בישראל

תשובות לשאלות תחת גרף 14 בעמוד 39

1. השוואה של שימושי מים עירוניים בין עיר בישראל לממוצע של ערים מערביות בעולם:

שימושי מים בעיר	אחוז מצריכת המים העירונית השנתית בערים בישראל	אחוז מצריכת המים המים העירונית השנתית בערים אחרות בעולם
מגורים	72.4	65
מוסדות ציבור ושטחי מסחר כולל גינון ציבורי	12.0	22
תעשייה קלה	9.0	9
אחר כולל פחת	6.5	4

השימוש למגורים גדול יותר בישראל ואילו השימוש לצורכי ציבור קטן יותר. השאלה היא איזה שימוש ציבורי מצמצם את הפער בין ישראל למערב. סביר להניח שזהו תחום הגינון הציבורי כיוון ששטחי הגינון הציבורי קטנים יותר וכיוון שההקצבה למוסד ציבורי הינה מוגבלת.

2. בהשוואה כדאי להתייחס לנתונים הבאים: האם יש תעשייה בעיר או באזור? מהו גודל שטחי הגינון ומהו אחוז הפחת (תקינות הצנרת המקומית).

תשובות לשאלות בפינת העשרה – צריכת מים בתיירות בעיר אילת בעמוד 40

1. עיקר שימושי המים הוא במגע ישיר עם גוף האדם, וכל שימוש הכולל מגע ישיר מצריך שימוש במים באיכות של מי שתייה.
2. בית מלון הוא מוסד מסחרי. צריכת המים בו היא להיגיינה, סניטצייה, הכנת מזון, ניקיון, בריכת שחייה (אם יש), גינון (אם יש).
3. דרכים לחיסכון: התקנת חסכמים בברזים ומכלי הדחה דו-כמותיים בשרותים, שימוש בברזים אוטומטיים, קוצב מים לגינה, שימוש בצמחייה חסכניים במים, דף מידע לאורחים המתייחס גם להחלפת מצעים ומגבות שלא מדי יום כדי להפחית את כמות הכביסה.

שימושי מים בתעשייה

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: הפחתת צריכת מים בייצור שבבים למעבדים בעמוד 41

1. תעשיית השבבים משתמשת במתכום כבדות שחלקן רעילות. בתהליכי שטיפה בקו הייצור היא משתמשת בכמויות גדולות של מים לסילוק חומרים ולשמירה על סביבת ייצור נקייה. תעשייה זו דורשת מים באיכות גבוהה.
2. הקהילה הרוויחה תוספת נכבדה של מים שפירים לשימוש התושבים.
3. המטרה של הפחתת כמות המים הנכנסת למפעל מחייבת מציאת פתרונות לשימושי מים שונים בתוך המפעל תוך שימוש בכמות מים נתונה, נמוכה מזו שהייתה נהוגה עד כה.

זהו ערך מדיד וניתן גם לבדוק את ערכו הכספי בקלות – אלו המים המתקבלים מהרשות המקומית ועליהם משלמים לרשות.

4. התהליכים בהם נקטה החברה:

הפחתה במקור של צריכת מים כמטרה ראשית.

מיחזור מים בתוך המפעל תוך שימוש בטכנולוגיות לניקוי המים – כך משתשמים בכמות המים שנכנסה למפעל מספר פעמים גדול.

הקטנת צריכת מים בתהליכים שונים במפעל על ידי שינוי הטכנולוגיה בה השתמשו – קירור מערכות תוך שימוש באוויר במקום במים.

בדיקה של כמות מים נדרשת - קביעת ערכים של כמות מים נדרשת בתהליכי ייצור. כך השימוש במים זהיר ורק הכמות הנדרשת ואין שימוש רחב במים פשוט כי המים זמינים.

מקורות המים הטבעיים והשמירה על איכותם

מי תהום

תשובה לשאלה בעמוד 44

מפלס מי התהום נקבע לפי גובה עמודת המים באקוויפר והוא מושפע מכמות המים הנכנסת – כמות המילוי החוזר, ומכמות המים היוצאת מהאקוויפר. בתקופות גשומות חודרת לאקוויפר כמות גדולה של מים והם ממלאים סדקים ונקבוביות באזור הבלתי רווי כך שהוא הופך לאזור רווי. גובה עמודת המים עולה ומפלס מי התהום עולה. בתקופות יבשות - בעונה היבשה או בעונות דלות במשקעים, נמשכת זרימת מי התהום לעבר הים או לשכבות סלע אחרות ,אך אין כניסה של כמות מים מספקת לאקוויפר ולכן המפלס שלו יורד.

העשרה: מגדיר סלעים הבונים אקוויפרים

דולומיט – סלע משקע הנוצר בסביבה מימית ובנוי מהמינרל, דולומיט $CaMg(CO_3)_2$. צבעו אפור או צהבהב. בנוסף לשקיעה ישירה של דולומיט משערים שסלע הדולומיט נוצר גם מסלעי גיר לאחר שהסידן התחלף בהם במגנזיום. אפשר למצוא בטבע רצף של אחוזים משתנים בין קלציט לדולומיט החל בגיר המכיל קלציט ללא דולומיט, דרך גיר דולומיט המכיל יותר מ-50% קלציט וגם ודולומיט, דולומיט גירי ועד דולומיט נקי. דרגת הקושי של סלע דולומיט גדולה מזו של סלע גיר.

דולומיט הוא למעשה סלע משקע של סביבה מימית כימי וביוכימי.

סלע משקע כימי של סביבה ימית– סלע שנוצר בעקבות שקיעת מינרלים ממי הים כתוצאה מרוויה של מי הים במינרלים אלה או בעקבות תהליך שבו מוחלף מינרל במינרל לדוגמה המינרל קלציט המוחלף במינרל דולומיט ויוצר סלע דולומיט.

סלע משקע ביוכימי של סביבה מימית – שקיעה של שלדי בעלי חיים שלא התמוססו במים.

תלכיד (קונגולמרט) – סלע משקע הבנוי מחלוקי נחל או מחלוקי חוף שנצמדו זה לזה על ידי תמיסות של קלציט מומס.

חוואר – סלע משקע של סביבה מימית. דק גרגר ורך. מורכב מיחסים משתנים של קירטון וחרסית הנעים בין 25% ל-75% מהרכבו. סופח מים ויוצר שכבה בלתי חדירה למים.

סוגי האקוויפרים

תשובות לשאלות בעמוד 45

1. באקוויפר חופשי משמש כל השטח שמעל לאקוויפר כאזור מילוי חוזר כיוון שאין שכבה החוצצת בינו לבין פני השטח. באקוויפר כלוא משמשים כאזור המילוי החוזר רק מקומות שבהם מצויה מעל האקוויפר שכבה חדירה למים.
2. באקוויפר חופשי אין שכבה מבדדת שיכולה למנוע חדירת חומרים מזהמים לאקוויפר ולכן קשה מאד להגן עליו. אקוויפר כלוא חשוף לסביבה החיצונית רק במקומות מסוימים. אם שטחם של מקומות אלה גדול עלול גם הוא להיות חשוף לחדירת מזהמים. במקרים שבהם שטחים אלה קטנים פוחתים הסיכויים שחומרים מזהמים יחדרו אליו.
3. כדי למנוע זיהום אקוויפרים בחומרים מזהמים אפשר לנקוט בכמה אמצעים:
   - א. להרחיק מקורות זיהום אפשריים מאקוויפרים.
   - ב. לכסות שטחי קרקע שמונחים עליהם חומרים מזהמים ביריעות לא חדירות לנוזלים כפי שנוהגים במטמנות סניטריות.
   - ג. לאסוף מזהמים הזורמים על פני הקרקע כמו באזורים של תחנות דלק.
   - ד. להפנות מי נגר מלאכותי מחקלאות ומתעשייה לברכות לטיפול במים מזוהמים.
   - ה. להשתמש במאצרות ולאסוף לתוכן מזהמים כמו דלקים.
   - ו. ניטור רציף אחר איכות המים באקוויפר יכול לסייע לטפל בזיהום מיד עם הופעתו ולמנוע את התפשטותו בכל נפח המים שבאקוויפר.

התכונות הטבעיות של מי התהום

תשובה לשאלה בעמוד 46

כל מעיין נמצא בסדרה שונה של סלעים הבונה את האקוויפר ולכן ריכוזי המלחים המומסים בו ייחודי לו ויוצר טעם אופייני למעיין.

שימוש במי תהום על ידי האדם

חפירת בארות

תשובות לשאלות תחת גרף 17 בעמוד 48

1א: המדינות הן נורווגיה, ספרד, בריטניה, הונגריה, שבדיה ופינלנד. מקורות מים נוספים במדינות אלה הם נהרות ואגמים.

1ב: המדינות הן: צרפת, בלגיה, הולנד, גרמניה, שוויץ, איטליה, איסלנד, אוסטריה ודנמרק.

2. הסברים אפשריים: זיהום מי נהרות כתוצאה מפעילות אדם, קלות שאיבה של מי תהום, מאגרי מי תהום גדולים, אין נגישות למי נהרות, קל יותר לספק מים לערים מקידוחי שאיבה מאשר להוביל מים מנהר למרחקים גדולים.

הרחבה: כמות המים שאפשר לשאוב מאקוויפר

כדי שיהיה אפשר לקבוע את פוטנציאל האקוויפר, דרוש מידע על הגורמים המשפיעים על כמות המים האגורים בו:

- א. טיב שכבות המסלע הבונות אותו (מהי מידת הנקבוביות והחדירות שלהן למים).

ב. טופוגרפיה ורציפות של השכבות מוליכות המים מתחת לקרקע.

ג. משטר המשקעים (סוג,כמויות ותדירות) באזורי המילוי החוזר של האקוויפר.

ד. קיומם של קשרים עם אקוויפרים אחרים או עם גופי מים בעלי מליחות שונה כמו לדוגמה קרבה למי ים.

מידע זה מאפשר להעריך את כמויות המים שניתן לשאוב מאקוויפר מסוים בלי לגרום לו נזק בלתי הפיך.

הערה לפינת ההעשרה: כיצד בנויה באר מודרנית?

מפלס מי התהום יורד באופן מקומי בסמוך לנקודת השאיבה ונוצר מבנה של חרוט. קודקוד החרוט הוא אזור השאיבה. כאשר נשאבת כמות המים גדולה, יכול מפלס המים לרדת אל מתחת לגובה המשאבה. לכן יש להתקין את המשאבה עמוק כדי למנוע מצב זה. יש לווסת את קצב שאיבת המים כדי לא לגרום לירידת המפלס אל מתחת למשאבה. הדבר חשוב במיוחד כאשר יש מספר בארות פעילות השואבות מאותו אקוויפר.

תשובות לשאלות בפינת ההעשרה

1. כאשר קונוס השאיבה יורד אל מתחת לגובה המשאבה לא ניתן לשאוב מים מבאר.
2. באר מתייבשת כאשר שואבים ממנה מים בכמות הגדולה מהכמות המתחדשת באקוויפר.

כדי לחדש שאיבה מבאר שיבשה, צריך לתת למפלסי מי התהום לעלות מחדש ואולי גם להפסיק לשאוב מבארות נוספות הנשענות על אותו אקוויפר. יש לחדש את השאיבה בספיקה נמוכה יותר המתאימה למילוי החוזר. התהליך יכול לקחת כמה שנים (תלוי בכמות המילוי החוזר של האקוויפר). אפשרות נוספת להעלאת מפלסים היא החדרת מים לאקוויפר ממקורות נוספים פרט למילוי החוזר הטבעי.

השמירה על איכות מי התהום

הערה תחת איור 6 בעמוד 50

הרחבה בנושא הפן הביני ניתן לקרוא בספר "משאבי המים בישראל" / חיים גבירצמן, הוצאת יד בן צבי, 2002.

תשובה לשאלות בעמוד 50

מי הים הם מלוחים ואינם ראויים לשתייה. שאיבת מים לא זהירה מאקוויפר המצוי במגע עם מי ים, עלולה לגרום ירידה במפלס מי התהום, חדירה של הפן ביני אל תוך היבשה והמלחה של מי התהום

באזור. שני תהליכים מעורבים בהמלחת מי התהום:

תהליך אחד – המלחה כתוצאה מירידת מפלס מי התהום והאטה בשטיפת מלחים אל הים.

תהליך שני – המלחה כתוצאה מחדירת מי ים ועליית מפלס הפן הביני קרוב יותר לפני השטח.

העשרה: אקוויפר אוגללה

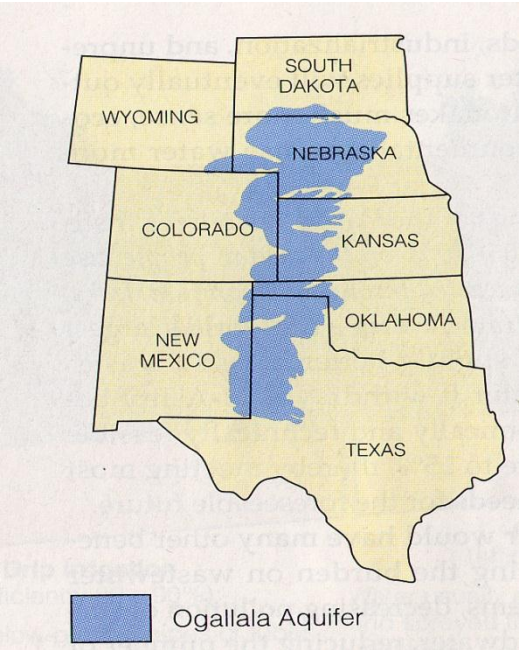
אוגללה Ogallala הוא האקוויפר הפוסילי הגדול ביותר המוכר בעולם , והוא משתרע מצפון לדרום במרכז ארה"ב (איור 6).

אילו היו מימיו של אקוויפר זה מעל פני הקרקע, הם היו מכסים את כל ארה"ב עד לגובה של 1/2 מטר! זהו מאגר מים פוסיליים שקצב התחדשותו אטי מאוד ולמעשה, כמעט אפסי.

הערת שוליים

מים פוסיליים – מים המתוארכים לתקופה גיאולוגית קדומה ונמצאים באקוויפר המנותק מאזור המילוי החוזר. הניתוק יכול לקרות בגלל שינוי גיאולוגי – האקוויפר כוסה באקוויקלוד, או שינוי אקלים –כמות המשקעים באזור המזין את האקוויפר פחתה באופן ניכר.

איור 6 אקוויפר אוגללה



שאיבת מי האקוויפר איפשרה להפוך אזורים יבשים ולא ברוכים בגשם, לאסם התבואה של ארה"ב. מגדלים באזורים אלה תירס, חיטה וסויה.

המים נשאבים מאקוויפר אוגללה בקצב הגדול פי 8 מקצב התחדשותו ומפלס האקוויפר יורד בקצב של 1.5 מטר בשנה. מומחי מים מעריכים שבקצב הנוכחי, רבע מכמות המים תיעלם עד לשנת 2020 ואולי עוד לפני כן, במיוחד באזורים שבהם הוא רדוד.

התפתחות הטכנולוגיה החישה את שאיבת המים מהאקוויפר. במקביל, העלות הגבוהה של שאיבת המים מעומק רב יותר, מאלצת את החקלאים לעבור לגידולים שצורכים פחות מים, למשל חמניות, ולהשתמש בשיטות ההשקיה חסכניות. חלק מהחקלאים ייאלצו למצוא מקורות פרנסה אחרים.

שאלות לתלמידים

1. אוגללה הוא מאגר מים פוסיליים שקצב התחדשותו אטי מאוד ולמעשה כמעט אפסי. מהי הדרך בה יכולים להגיע מים חדשים למאגר אוגללה?
2. המים במאגר אוגללה שימשו גידול חיטה למזון, תירס וסויה למזון לבעלי חיים או תירס לייצור ביודיזל. האם נכון היה לדעתכם לפתח חקלאות המבוססת על מאגר מים זה? נמקו תשובתכם. השתמשו במידע על כמות המים נדרשת לכל ק"ג עבור כל גידול חקלאי.

הערה לפינת ההעשרה: אקוויפר אוגללה בעמוד 51

אפשר להפוך את שאלה 2 לבסיס לדיון בדילמה.

תשובות לשאלות בפינת ההעשרה

1. מקורות המים האפשריים: זליגת מים בתת-הקרקע מאקוויפרים אחרים. אזור מילוי קטן מאוד על פני השטח הן בשטח הסלע החשוף והן בכמות המשקעים היורדת בו.
2. פיתוח החקלאות נעשה במחשבה של הצורך לספק מזון ופרנסה לאנשים (רוב גידולי התירס והסויה אינם מופנים למאכל אדם אלא משמשים מזון לבהמות וכיום גם להכנת ביודיזל). אין ספק שלא נעשתה בחינה מעמיקה של יכולת הנשיאה של השטח בהתחשב בכמות המים הקיימת ובצרכים עתידיים. אלה הם גידולים הנחשבים כבעלי דרישת מים לא גבוהה בהשוואה לגידולי שדה אחרים כדוגמת ירקות. למרות זאת היה מקום לבדוק את היקף הגידול מול כושר הנשיאה של השטח. חלק

מבעיית אספקת המים נובע מהיות החקלאות באזור מסחרית, כלומר גידול לצורך מכירה בשוק החופשי מחוץ לגבולות האזור.

העשרה: פיתוח מקורות מי תהום

פיתוח מקורות מי תהום הוא תהליך מורכב הכולל שלושה שלבים עיקריים:

שלב החקירה – איתור אקוויפרים בעזרת נתונים גיאולוגיים העוסקים בכמה היבטים:

תצורות סלעים, ארגון השכבות ומבני סלע בעומק, מבנה הקרקעות באזור, סוגי קרקעות - כדי ללמוד על מידת החלחול של המים.

שימושי קרקע ואגני הניקוז - כדי ללמוד על כמות הנגר העילי ועל זרימת מי תהום באיזור.

מיפוי תת-קרקעי וקידוחי מבחן מאפשרים להכיר את התנאים הקיימים בעומק הקרקע ואת גובה המפלס של מי התהום. מדגימות המים הנאספות בקידוח המבחן אפשר ללמוד על ההרכב הכימי של המים (המלחים והמינרלים המומסים במים וריכוז יחסי של כל אחד מהם) וגם על איכות מי התהום (רמת המליחות ואם יש בהם זיהום).

שלב ההערכה – ביצוע מדידות כדי לחשב את תפוקת המים מהאקוויפר ולתכנן את מיקום הבארות את מספרן ואת התפרוסת שלהן ביחס לאקוויפר.

זהו השלב שבו נשאלות שאלות על תפוקת הבארות, מהי כמות המים הכוללת שאפשר להפיק, מה תהיה השפעת קצב שאיבה שונים על מרכיבים אחרים במחזור המים באזור למשל , מעיינות ונהרות? האם לעצם השאיבה מהאקוויפר יכולות להיות השפעות לוואי על הסביבה, למשל: שקיעת קרקעות, חדירת מי ים, איום על בתי גידול לחים הניזונים ממי האקוויפר.

שלב הניהול – תכנון אופן ההפעלה המיטבי של האקוויפר במטרה למנוע פגיעה במעגלי הזרימה המקומיים ובתפוקת המים.

<u>שאלות לתלמידים</u>

1. כיצד אפשר ללמוד על הסיכוי למצוא מאגרים של מי תהום מנתונים הנאספים על:
   תצורות סלעים, ארגון השכבות של הסלעים, מבני סלע בעומק, סוג הקרקע.
2. מדוע חשוב לדעת מהם שימושי הקרקע באזור?

<u>תשובות לשאלות</u>

1. נתוני מסלע מספקים מידע על הימצאות שכבות אקוויפר ושכבות אקוויקלוד. ארגון הסלעים מספק מידע על מקומה של כל שכבה. במיוחד שכבת האקוויקלוד - האם היא נמצאת כגג לשכבת אקוויפר. מבנה הסלע יחד עם נתונים על רום מפלס מי תהום מספקים מידע על העומק שבו נמצא האקוויפר. סוג הקרקע מספק מידע על יכולת החלחול של המים לעומק. קרקע קרטונית או חרסיתית לא תאפשר חלחול. קרקע חולית תאפשר חלחול מהיר.
2. שימושי הקרקע מספקים מידע על: ריכוזי אוכלוסייה, צורות היישוב, אופי הכלכלי של האזור ומהם ניתן להעריך היכן המקומות המתאימים לקידוחי שאיבה, מרחק ההולכה של המים ומקורות זיהום אפשרי.

מי התהום בישראל

אקוויפר החוף

שאיבת מים מן האקוויפר

תשובות לשאלות תחת גרף 18 בעמוד 54

1. אקוויפר החוף רגיש מאוד לזיהומים: זהו אקוויפר פריאטי המצוי קרוב לפני השטח, רדוד בחלקים רבים וגובל עם מאגרי מים מלוחים: מי ים במערב, אקוויפרים מלוחים מקומיים (באר טוביה ועמק חפר) וסלע חרסיתי כשכבת אקוויקלוד התורם מלחים גם כן.
בנוסף, השטח שמעליו מושקה שנים רבות במי קולחים (השטח מעובד שנים רבות ועודפי דישון חלחלו למים עוד לפני ההשקיה בקולחים).
באקוויפר יש בארות רבות עוד מראשית ההתיישבות (יישובים במישור החוף התבססו על בארות מאקוויפר החוף) באזור שגרמו לשאיבה מוגברת.
נתוני המליחות מאמצע שנות ה-90 של המאה ה-20 מראים שחל זיהום באקוויפר.
2. אקוויפר (אקוות) החוף הוא אחד משלושת מאגרי המים המתוקים של ישראל. משמעות הדבר היא שלא ניתן להשתמש במים כמי שתייה אלא אם יתפילו אותם וזה מייקר את המים. התפלה לרמת השקיה עולה פחות, לכן כדאי להתפיל עד לרמת שימוש חקלאית,להפנות מי אקוויפר זה לחקלאות ולספק מים לאוכלוסיית מישור החוף ממקורות אחרים. כיום מתפילים את מי האקוויפר בחלקו המזרחי כדי לאפשר את השימוש במימיו.
על פי גרף 17 ירד מפלס מים באקוויפר מה שמהווה גורם בעל משקל בקביעת כמות המים שניתן לשאוב ממנו.
3. מתקני התפלה ישאבו מים מחלקי האקוויפר שהומלחו ויתפילו אותם. הרכז יוחזר לים. בכך יסולקו מלחים מן האקוויפר ויוחזרו לים באופן מלאכותי (לפני שאיבת יתר של המים, תהליך סילוק המלחים לים נעשה כחלק מזרימה טבעית של מי האקוויפר לים). מים אלה פחות מלוחים ממי קולחים להשקיה ולכן שימוש במים אלה להשקיה יקטין את המליחות המתווסת לאקוויפר כתוצאה מההשקיה. בסכום הכללי המליחות תקטן אבל לא תחזור לרמתה שלפני ההמלחה.

מקור הנתונים: רשות המים.

מפה של אזורי המלחה באקוות החוף

מקור: מצגת המשרד להגנת הסביבה, על פי אבנר וונגוש 1993:
old.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries

<u>מקרא למפה</u>: בדרום האגן יש ריכוז גבוה של מלחים, ואילו במערבו יש תאים רחבים בעלי מליחות גבוהה. במערב האגן בולטת חדירה של הפן הביני היוצרת מליחות גבוהה.

מדידת ריכוזי כלורידים בשנת 2009 הראתה תמונה דומה של פיזור תאי מליחות אבל בחלקם יש עליה במליחות, לדוגמה באזור חולון. תמונת נתונים מעודכנת לשנים מאוחרות יותר ניתן למצוא באתר רשות המים-מקורות המים – אגן החוף – נתונים רב שנתיים.

הערה

המפה המעודכנת לשנת 2009 מפורטת מעבר לרמה הנדרשת מהתלמידים ולכן לא מוצגת בספר לתלמיד.

אקוויפר ההר

תשובות לשאלות בעמוד 55

1. התהליך הוא שאיבת יתר שיוצר גירעון הולך וגדל בכמות המים המתוקים באקוויפר.
2. תוצאות אפשריות של התהליך:

א. סכנת המלחת מי תהום כיוון שמים מלוחים הנמצאים בסביבה יתפסו את מקומם של המים המתוקים בדומה למה שקורה בפן הביני.

ב. מפלס מי התהום ירד ויפחית את שפיעת המעיינות הניזונים מהאקוויפר ועלולים להיפגע בתי הגידול הקיימים בהם ובנחלים הניזונים מהם.

תשובות לשאלות בעמוד 57

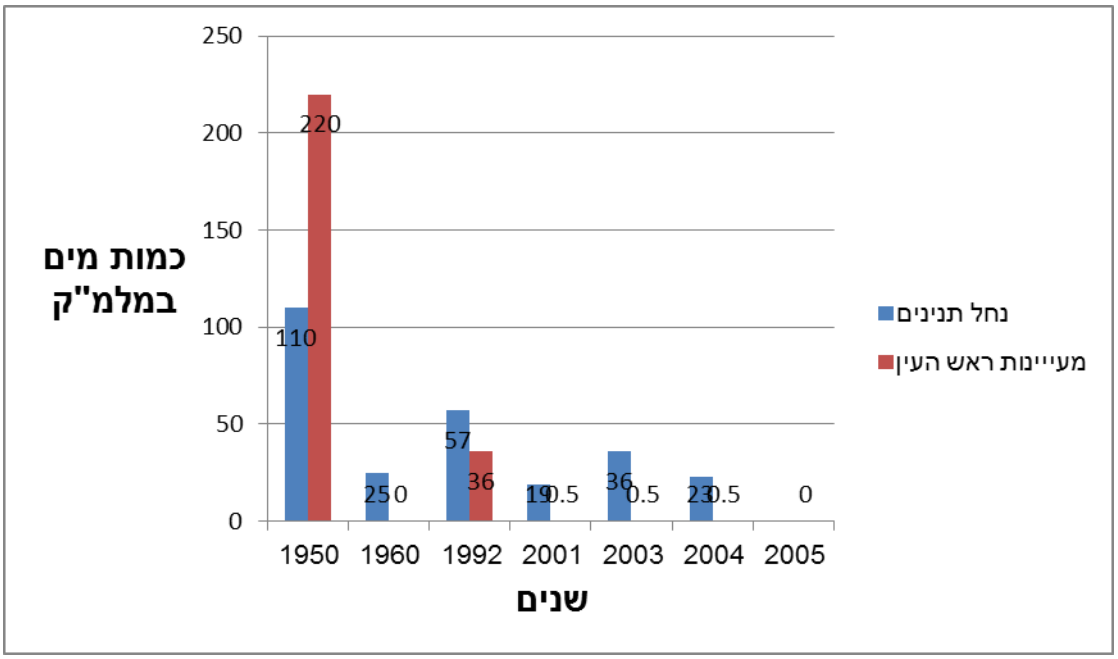
1. זהו אקוויפר חופשי בשדרת ההר ואקוויפר כלוא באזור שלרגלי ההר (חלקית) ובמישור החוף.
2. האקוויפר חשוף לזיהומים באזור שדרת ההר ובאזורים שלרגלי ההר שבהם הוא נמצא במגע ישיר עם אקוויפר החוף. האקוויפר חשוף להמלחה בכל שטחו כיוון שתחתיו מצוי גוף מים מלוחים.
3. כמות המים הנשאבת מהאקוויפר גדולה מכמות המילוי החוזר. הגירעון גדל בכל שנה כיוון שהוא מצטבר. בתחילת כל עונה יש באקוויפר פחות מים מאשר בתחילת העונה הקודמת. כדי לצמצם את הגירעון מחדירים מים לאקוויפר בעונות גשומות. אפשרות נוספת היא צמצום השאיבה מהאקוויפר ומציאת מקורות מים אחרים.
4. תבחינים להשוואה:

תבחינים (קריטריונים)	**אגן מזרחי**	**אגן מערבי – ירקון תנינים**
גודל האקוויפר (אוגר מים)	נפח לא ידוע	____
כמות מים מופקת בממוצע שנתי, מלמ"ק	140	410
כמות מילוי חוזר מלמ"ק לשנה	___	360
מליחות מים במגכ"ל	משתנה ממליחות נמוכה ועד למים מליחים 500-2000	נמוכה 86% מהמים <300
ריכוז חנקות במגכ"ל	40	5-25
סכנת המלחה	גבוהה בגלל תמלחת המצויה בעומק האקוויפר	גבוהה בגלל גוף מים מלוח הנמצא מתחתיו
סכנת זיהום	גבוהה בגלל אופי הסלע והזרמת שפכים לא מטופלים	גבוהה בגלל המסלע שהוא סדוק וחדיר
מבנה האגן	מערכת של חמישה אגנים קטנים שוני רב במליחות בחלקיו השונים	יחידה אחת מחולקת לשלוש יחדות אורך הידרולוגיות

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: משק המים באקוויפר ירקון–תנינים בעמוד 57

<u>הערה</u>:

כדאי לדון עם התלמידים בסוג הגרף המתאים להצגת הנתונים. בתשובה מוצגת האפשרות שנבחרה על ידינו.



מסקנה: שפיעת המעיינות פוחתת עם השנים. שפיעת מעיינות ראש העין עומדת על ערך קבוע מאז נתפסו המים בשנות ה-60 של המאה ה-20.

2. שנים גשומות: 1992 (חורף 1991/2), 2001, 2003 (חורף 2001/2002 חורף 2002/2003).
   שנים שחונות: 2004 (חורף 2003/4), 2008/9
3. אם מסתכלים על נתוני המשקעים המוזכרים בקטע המידע, נחל תנינים נתון יותר להשפעה של תנודתיות המשקעים. סיבה אפשרית – שאיבה מופחתת לעומת מעיינות ראש העין.
4. מעיינות ראש העין מושפעים מהשאיבה מהאקוויפר המזין אותם. החל משנת 2004 אין השפעה לשנים גשומות כיוון שהשפעת השאיבה גדולה יותר.
5. נתוני השאיבה מראים שנשאבו מים רבים לשימוש האדם על חשבון הטבע, והחשיבה מאחורי גישת ניהול זו היא לא גישת קיימות.

אקוויפרים מקומיים בישראל

הרחבה בנושא אקוויפרים מקומיים בישראל

אקוויפר החרמון

האקוויפר משתרע מתחת להרי החרמון. הוא בנוי מסלעי גיר ודולומיט נקבוביים. אזור החרמון עשיר במשקעים. כמחצית מכמות המשקעים היורדת בחרמון מחלחלת דרך ומחילות שנוצרו בסלעים בעקבות המסה, סדקים ונקבוביות סלע. המים מגיעים למי התהום ומנוצלים רק דרך המעיינות ולא באמצעות קידוחים. מעיינות אקוויפר החרמון מהווים את מקורות הירדן: הדן, הבניאס (החרמון) והחצבני(שניר) (המתחיל בלבנון) ומעיינות עמק החולה. אקוויפר החרמון הוא

אחד המקורות החשובים של הכנרת בהיותו מקור המים של הנחלים הזורמים אליה. אקוויפר החרמון מזין גם את הנהרות אמנה ופרפר שהם מקורות המים של בירת סוריה, דמשק.

אקוויפר רמת הגולן

האקוויפר מורכב מאבני הבזלת הנקבוביים של רמת הגולן. הבזלת מונחת על גבי שכבות עבות של קירטון ומשקעים אגמיים המשמשים אקוויקלוד.

זהו אקוויפר חופשי. המוצא הטבעי של המים הם מעיינות הנובעים בשולי הרמה בקו המגע שבין הבזלת לקירטון לכיוון עמק החולה. המעיינות נובעים בקירות הנחלים הזורמים מרמת הגולן אל הכנרת. יש גם זרימה תת קרקעית לבקעת הבטיחה שבצפון הכנרת. הפוטנציאל של מי התהום מוערך בכ-250 מלמ״ק בשנה. כ-70 מלמ״ק בשנה הם שפיעת המעיינות. מתוך כמות זו כ-45 מלמ״ק נתפסים ומוזרמים בצינורות לשימוש ביישובי רמת הגולן. בנוסף מזרימים לשימוש תושבי הרמה מים מהכנרת ומי שיטפונות הנתפסים במאגרי מים. ההפקה מכל הקידוחים מגיעה לכמות של כ-10 מלמ״ק.

איכות המים טובה מאוד. המליחות אינה עולה על 20 מגכ״ל. החשיפה לזיהום אינה גדולה ולכן מי התהום נתפסים מיד עם פריצתם במעיין לשיווק בבקבוקים כמים מינרליים.

אקוויפר הגלילי המערבי

אקוויפר הגליל המערבי נחלק לשלוש יחידות:

יחידת החוף – לאורך חוף הגליל, מראש הנקרה עד למפרץ חיפה. בנויה מסלעי חול וכורכר.

יחידת ההר – ממרכז הגליל עד לשפרעם. בנויה מסלעי גיר ודולומיט. יחידה זו מגיעה לאזור החוף ונמצאת מתחת ליחידת החוף.

יחידת העמק – משפרעם עד לעמק יזרעאל המערבי.

מפת אגן הגליל המערבי

מקור: מדינת ישראל, רשות המים

יחידת העמק הוא אקוויתרד הבנוי לחילופין משכבות גיר קירטוני וקירטון. עוביו נע בין עשרות מטרים למאות מטרים.

בחלקו המזרחי מי התהום מתנקזים לעמק יזרעל לכיוון עמק החולה והכנרת. בחלקו המערבי של האקוויפר מתנקזים מי התהום אל מעיינות כברי ונעמן, ובנוסף יש זרימה תת קרקעית אל הים. בשנת 2002 התחילו לשאוב מים מהאקוויפר. עד לשנת 2002 הייתה שפיעת המעיינות כברי ונעמן יחד - 85 מלמ״ק לשנה. בעשר השנים שבין 2002-2012 נשאבו מהאקוויפר כ-85 מלמ״ק לשנה. כתוצאה מכך שפיעת המעיינות ירדה לכ-35 מלמ״ק בשנה ונעה בין 15–55 מלמ״ק בשנה. פחתה גם כמות המים הזורמים אל הים.

אומדן המילוי החוזר של אקוויפר הגליל המערבי לשנים 1970-2009 הוא כ-140 מלמ"ק לשנה. התפוקה הממוצעת מהאגן לשנים 1987/88 – 2008/9 היא כ-126 מלמ"ק לשנה: 41 מלמ"ק מי מעיינות והיתר שאיבה. ריכוז הכלורידים בכ-75% מהמים הנשאבים נמוך מ-200 מג"ל.
איכות המים טובה באופן כללי. באזור החוף קיימת מגמה של עלייה בריכוזי הכלורידים והחנקות כתוצאה מזיהום המים שמקורו בחקלאות וכתוצאה משאיבת יתר. בחלק המערבי של יחידת ההר באזור מעיינות נעמן, כברי ושלומי הקידוחים סמוכים לגופי מים מלוחים.
מעיינות האקוויפר רגישים לזיהומים בפני השטח כיוון שהמערכת סדוקה ורדודה ומאפשרת הסעה מהירה של מזהמים אל המעיינות.

אגן הכרמל

אורכו של אגן הכרמל - 30 ק"מ, מדרום למפרץ חיפה ועד למעגן מיכאל. רוחבו נע בין 5 ק"מ בצפונו ל-17 ק"מ במרכזו ובדרומו. פרשת מים בתת-הקרקע מחלקת אותו לשתי יחידות: מערבית ומזרחית.
בחלקו המערבי ביותר, אזור חוף הכרמל, איכות המים באגן נמוכה. ריכוזי כלורידים בשנת 2012 הגיעו לרמה של 900 מגכ"ל. כתוצאה מכך הוקמו מתקני התפלת מים במעגן מיכאל, בעתלית ובמעיין צבי. באזור ההר איכות המים טובה ללא צורך בהתפלה. כיום גם אגנים אלה מראים על סימני המלחה.

אגני הנגב והערבה

אספקת המים באזור הנגב המזרחי והמערבי מנותקת מהמערכת הארצית ומבוססת על קידוחים מקומיים. רק חלקו הצפון-מערבי של הנגב קשור למערכת אספקת המים הארצית.
שלושה אקוויפרים עיקריים משתרעים מבקעת באר שבע-ערד ועד סיני הכולל גם את הערבה:
אגן צפון הנגב – בנוי מסלעי קירטון שמשולבים בהם שכבות גיר ומעט שכבות צור דקות. זהו אקוויתרד אשר בגלל היותו סדוק מעבר המים בו מהיר .
שטח האקוויפר גדול מאוד אבל כמות המים בו מועטה ואומדן המילוי החוזר עומד על 10-15 מלמ"ק בשנה בלבד מכמה סיבות:
כמות המשקעים באזור קטנה, סלעי הקירטון מקשים על חלחול המים שלא דרך הסדקים, ולכן כמות הנגר העילי לאחר הגשם גדולה ואידוי המים מהקרקע גבוה.
האטימה למים. בעת ההקמה לא הייתה ידועה עוצמת הסידוק וצפיפות השברים בשכבת הסלע. זיהום מי התהום כתוצאה מפעילות תעשייתית כימית ברמת חובב היה חריף מאוד. רק בעשור הראשון של המאה ה-21 הצליחו לתקן את הנזק.

אקוויפר אבן החול הנובית

סלעי האקוויפר נחשפים על פני השטח באזורים נרחבים בנגב ובסיני. למרות זאת פוטנציאל המילוי החוזר קטן מאוד בגלל מיעוט גשמים באזור (50-150 מ"מ בשנה). מעט מים מגיעים לאקוויפר בעיקר בזמן שזורמים שיטפונות בערוצי הנחלים באזורים אלה והם אינם משפיעים על התחדשות המים באקוויפר. רוב המים באקוויפר זה הם מים פוסיליים שגילם כ-30,000 שנה. הם הצטברו באקוויפר בתקופות קדומות ובתנאי אקלים לחים יותר. במים אלה יש כמות גבוהה של

כלורידים: 600 מגכ"ל בנגב מזרחי ובדרומו ו- 2000 מגכ"ל בצפון ובמערב הנגב. אוגר המים מוערך במאות מיליארדים מ"ק שיספיקו למאות שנים, אבל טמפרטורת המים הגבוהה, העומק הרב בו הם מצויים ומליחותם מצריכים טיפול מיוחד ויקר כדי להשתמש בהם. שנים האחרונות שואבים ממנו 18-23 מלמ"ק בשנה. כתוצאה מכך ירדו מפלסי מי התהום באקוויפר.

אקוויפר הערבה

משתרע לאורך הערבה ובנוי מסלעי קונגלומרט, חול וחלוקים. זרימת המים באקוויפר מתחלקת לשניים: צפונה לים המלח ודרומה למפרץ אילת. ריכוז הכלורידים במים נע בין 150–15,000 מגכ"ל. השקיה של שטחי שלחין בערבה גרמה לעלייה חדה בריכוזי הכלורידים והחנקות. קידוחים באקוויפר זה מספקים את צריכת המים של יישובי הערבה ושל מפעלי ים המלח.
הסכם השלום עם ירדן מאפשר לישראל להמשיך לשאוב מים מהאקוויפר ובתמורה ישראל מספקת לירדן כ- 50 מלמ"ק בשנה ממי הכנרת.

תשובות לשאלות בפינת הדילמה: עד כמה מוצדקת שאיבת מים פוסילים הקיימים בסהרה בדרום מדינת לוב לטובת תושבי המדינה החיים בצפון המדינה לחוף הים התיכון? בעמוד 59

<u>ערכים</u>: שמירה על הסביבה ועל משאביה מול אספקת מים לצרכי האדם.
<u>פיתוח בר קיימא</u>: במקומות שונים בעולם, נמתחה ביקורת מנקודת מבט של קיימות, הן על שאיבת מים פוסיליים והן על מערכות של הובלת מים למרחקים גדולים. המיזם העצום של הנהר המלאכותי הוא שילוב של שני האלמנטים גם יחד: הוא גורם לאובדן משאב מתכלה ולהעתקת משאב ממקום אחד לאחר, ללא פיצוי סביבתי הולם. ההחלטה להקים את המיזם התבססה על תחשיבי הכדאיות הכלכלית שלו בהשוואה להתפלת מי ים, וללא התייחסות להיבטים הסביבתיים. ראוי לדעת שהוויכוח הפנימי בלוב, גם כאשר הוא מזכיר את מושג הקיימות, מתמקד רק בעלויות שיש להוסיף לתחשיבים הכלכליים של כל חלופה (כמה עולה להתפיל מ"ק של מים בהשוואה לעלות של שאיבה והעברה של מ"ק ממי האקוויפר). תגובת המדינה מתייחסת לנזקים סביבתיים רק אם הם מתרחשים סמוך לריכוז בני אדם (זיהום אוויר ותמלחות באזורי התפלה) בעוד שנזקים לסביבה מדברית שוממה אינם חשובים בעיניה. היא אינה נותנת דעתה לכך, שהאקוויפרים הפוסיליים במדבר סהרה הזינו במשך אלפי שנים נאות מדבר ובארות, וכי דלדולם יוביל להכחדה מוחלטת של החיים באזורים אלו.

מקורות המים העיליים: מי נהרות ומי אגמים

הרחבה מוצעת

נהרות גדולים נוספים בעולם

הנהר היבשת בה נמצא	שטח אגן הניקוז קמ"ר	ספיקה ממוצעת מ"ק לשנייה	הים אליו הוא נשפך	אקלים באגן ההיקוות (ממקורותיו אל השפך)
קונגו אפריקה	3,680,000	41,800	אוקיאנוס אטלנטי	טרופי
מקונג אסיה	810,000	16,000	ים סין הדרומי	ממוזג - טרופי
פרנה דרום אמריקה	3,100,000	25,700	אוקיאנוס אטלנטי	טרופי

שאלות לתלמידים

1. סדרו את הנהרות בסדר יורד לפי הספיקה שלהם.
2. ציינו באיזו מידה יש קשר בין הספיקה של הנהר לכל אחד מהגורמים הבאים:
   א. אורך הנהר
   ב. שטח אגן הניקוז
   ג. אזורי האקלים בהם עובר הנהר

   נמקו את תשובתכם.

תשובות לשאלות

1. אמזונס, יאנג צ'ה, יניסי-אנגרה, מיסיספי- מזורי, וולגה, נילוס, מארי דרלינג.

2 א. אין קשר. הנהר הארוך בעולם הוא הנילוס ולפי הספיקה הוא שישי ברשימה אחרי הוולגה הנמצא בסוף הרשימה.

ב. אין קשר מובהק בין שטח אגן ניקוז לספיקה: שטח אגן הניקוז של יניסי הוא 77% משטח אגן הניקוז של הנילוס וספיקתו גדולה פי 3.8 מהנילוס. שטח אגן הניקוז של נהר היאנג צ'ה הוא 60% משטח אגן הניקוז של מיסיסיפי ו-70% מיניסי ב- וספיקתו גדולה כמעט פי 2 ממיסיסיפי ופי 1.63 מנהר יניסי. גורמים נוספים באגן הניקוז משפיעים על הספיקה בנוסף לגודל השטח כגון: מידת החלחול של המסלע, אקלים האזור.

ג. קשר ישיר בין אקלימים שופעי משקעים לספיקה. ככל שהאקלים מאופיין במשקעים רבים יותר כך הספיקה גבוהה יותר.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: השפעת שינויים אקלימיים על כמות המים הזורמת בנהרות בעמוד 62

1. אזורים בעולם בהם תתרחשנה התופעות המתוארות בתרשים:

הפחתת כמות המשקעים והפחתת מים בנהרות- סאהל, אגן הים התיכון, מדינות באפריקה מדרום לקו המשווה, צפון אפריקה וחלקים מדרום אסיה: מדבריות ערב.

חורף קצר והפשרת שלגים מהירה – אזורים ממוזגים קרים: צפון אירופה, מרכז אירופה, צפון מרכז אסיה . רוסיה, מזרח אירופה, הגוש הבלטי, מערב אירופה, צפון אמריקה ובאזורים הרריים של העולם.

עלייה בכמות המשקעים ובפיזורם לאורך השנה: מדינות קו המשווה ואלה הסמוכות לו - ברזיל, מרכז אמריקה, מרכז אפריקה, הודו, מדינות אוקיאניה.

ירידה בכמות המשקעים וירידה בכמות המים בנהר תתרחש ברוב שטחה של אפריקה, ברוב שטחה של אוסטרליה, ב-60% משטחה של אסיה (חצי האי ערב, מרכז אסיה וצפונה), דרום מערב צפון אמריקה, ב-30% משטח דרום אמריקה וב-30% משטח אירופה.

2. הנילוס הלבן מתחיל באזור משווני שצפויים בו שינויים בפיזור המשקעים ועלייה בכמותם. הנילוס הכחול מתחיל באתיופיה, שם צפויה ירידה בכמות המשקעים. הנילוס הכחול תורם כ-90% ממי הנהר. לאורך התוואי נוספים יובלים התורמים מים ובהמשך הוא עובר באזורים צחיחים. לאור הנתונים צפויה ירידה בכמותת המים בנילוס.

הערה למורה: יש מודלים הצופים עליה של כ-20% בכמות המים בנהר.

השפעת האדם על מקורות המים העיליים

תהליך האוטרופיקציה (Eutrophication)

הצעה לניסוי בעמ' 64

בדיקת השפעת ריכוז נתון של מזהמים על גדילת אצות

א. הכינו שש כוסות כימיות ומזגו לכל אחת 100 מ"ל מי ברז.

ב. הוסיפו לכל כוס 1 מ"ל מי אצות. רצוי שריכוז התאים ההתחלתי יהיה כ-1,000 תאים למ"ל.

ג. הוסיפו לכל כוס חומר מזהם אחר: 100 מג"ל של חנקות, 150 מג"ל זרחות, 1 מג"ל מתכת כבדה, 5 מג"ל חומר ניקוי (סבון כביסה). לכוס אחת אל תוסיף דבר היא תשמש כביקורת.

ד. שימו את הכוסות במקום מואר היטב.

ה. עקבו אחר השינויים בכל כוס במשך שבועיים: שינויים בצבע המים בכוס והופעת שכבה ירוקה של אצות בסמוך לפני המים.

ו. השוו את מידת ההשפעה של כל חומר (מעכב או מעודד גידול אצות ובאיזה שיעור).

ז. רשמו את מסקנותיכם והסבירו את הממצאים.

<u>בדיקת השפעתם של חומרים אורגניים על גידול חיידקים ואצות:</u>

אפשר להוסיף למים חומרים אורגניים כמו גלוקוז ולבדוק את השפעתם על גידולם של מיקרואורגניזמים מסוימים.

הוספת גלוקוז תגרום לעלייה ניכרת בריכוז החיידקים. אפשר לבדוק את העלייה על פי עכירות המים, על פי הריח וכן על ידי זריעה של דגימה מהמים על צלחות פטרי.

<u>בדיקה על צלחת פטרי:</u> שטחו 0.5 מ"ל של דגימת מים על צלחת פטרי עם אגאר מזין.

יש לשמור את הצלחת בטמפרטורת החדר או באינקובטור בטמפרטורה של 25^0C למשך 24 שעות.

ספרו את המושבות שהתפתחו בכל צלחת.

תהליכי טיהור טבעי בנחלים, בנהרות ובאגמים

תשובות לשאלות בעמוד 67

1. השפעת כל גורם על ריכוז החמצן במי הנהר:

מים רדודים – בהיעדר זרימה במים נצרך החמצן בכל עמודת המים וריכוזו יורד במהירות.

זרימה אטית- כל עוד הזרימה רצופה תהיה העשרה של המים בחמצן ותישמר רמת חמצן בינונית.

ערבול חזק של המים – מעשיר את המים בחמצן. רמת החמצן גבוהה.

2 אזור הפגיעה הוא האזור המזוהם ביותר יתפתחו בו תחילה חיידקים אירוביים אך אם עוצמת

הזיהום גבוהה יתפתחו בהמשך חיידקים אנאירוביים. באזור ההתאוששות ריכוז החמצן חוזר להיות גבוה ויתפתחו בו חיידקים אירוביים

מקורות מים עיליים בישראל

הכנרת

מפלס המים בכנרת

תשובות לשאלות מתחת לגרף 19 בעמוד 69

1. במהלך השנה מתחיל המפלס בנקודה נמוכה, הנמדדת בסוף הקיץ, בחודשים אוקטובר-נובמבר. המפלס מגיע לשיא (בסוף החורף תחילת האביב) ויורד שוב לערך נמוך, לפעמים נמוך יותר מערכו התחילי ולפעמים גבוה יותר.
2. פער של 2 מ' נמדד בין השנים: 2004-2005, 2005-2006, 2012-2013

פער של 2.2 מ' נמדד בין השנים 2010-2011

פער של כ-2.4 מ' נמדד בין השנים 2008-2009.

3. מהלך כללי של הגרף: הוא מתחיל בקו האדום העליון בחורף 2004. במשך ארבע השנים שלאחר מכן חלה ירידה מתמשכת בשיפוע גדול (בשיעור של כמעט 4.50 מ') אבל המפלס עדיין נותר מעל לקו האדום התחתון, בשנת 2008 נחצה הקו האדום התחתון עקב ירידה חדה במפלס - הערך התקרב לקו השחור. חלה עלייה מתונה בין השנים 2009-2012 אבל המפלס עדין נשאר מתחת לקו האדום התחתון.

הסבר: שנים מרובות משקעים משאירות את מפלס הכנרת מעל לקו האדום התחתון גם בסוף הקיץ. שנה שחונה מתחילה מראש במפלס נמוך. בנוסף שאיבה מוגברת מורידה את המפלס עוד יותר עד לקו השחור.

4. נפח המים היה הגדול ביותר בתקופה שבין 2004- 2006 נפח המים לשאיבה כלל את כל עמודת המים מגובה המפלס ועד לקו האדום התחתון ואפילו עד לקו השחור התחתון.

מאזן המים של הכנרת

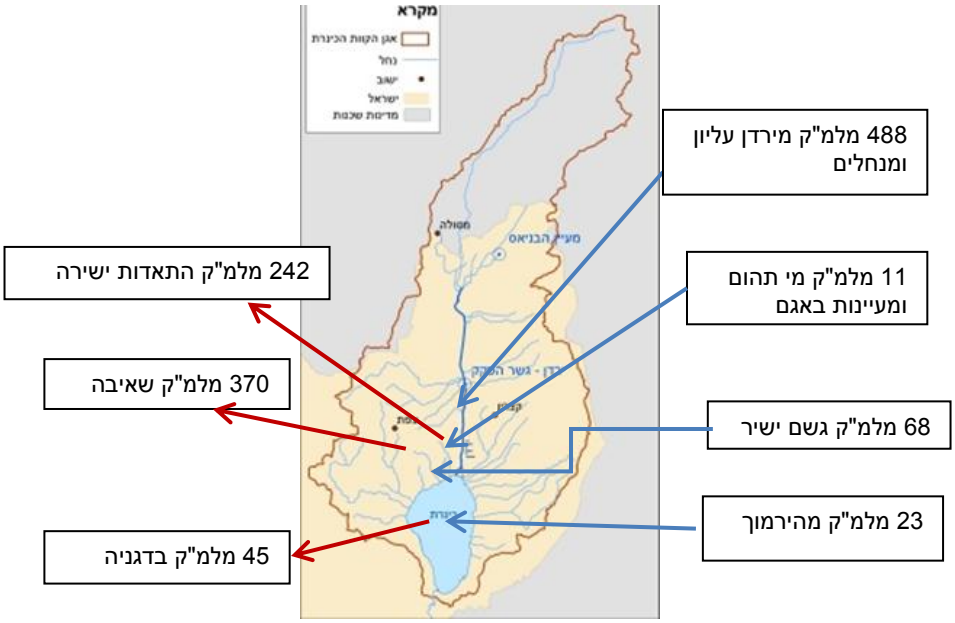
תשובות לשאלות בעמוד 69

1. מאזן המים של הכנרת:

כמות נכנסת – 23+71+68+488=650 מלמ"ק

2. כמות יוצאת – 370+45+242=657 מלמ"ק.

3. התמונה המצטיירת היא של גירעון. כמות המים היוצאת בשנה ממוצעת גדולה מכמות המים הנכנסת. אך יש לזכור שבשנים גשומות התמונה מתאזנת אחרת הכנרת הייתה מצטמקת באופן ניכר.



מליחות המים בכנרת

הערה

המוביל המלוח מטה בשנה כ-55,000 טון כלוריד ומפחית את כניסת הכלוריד (המייצג את המליחות) מ-160,000 ל-105,000 טון לשנה.

שפכי העיר טבריה זרמו שנים רבות למוביל המלוח, מופנים למוביל נפרד וייכנסו למפעל טיהור קולחים בביתניה (ליד סכר דגניה בדרום הכנרת). מי המוביל המלוח מיועדים להיכנס למפעל התפלת מליחים באותו מקום. זהו מפעל מים גדול מאוד. מידע נוסף בעניין זה אפשר לקבל באגודת המים של עמק הירדן.

פרטים מעודכנים על ההידרולוגיה של הכנרת ניתן למצוא בפרק "ההידרולוגיה של הכנרת", בספר "הוד הים" שניתן להוריד באתר "העמותה הישראלית למדעי הימים".

http://www.israelaquatic.org.il/files/Sea.pdf

ריבוד תרמי באגם כנרת

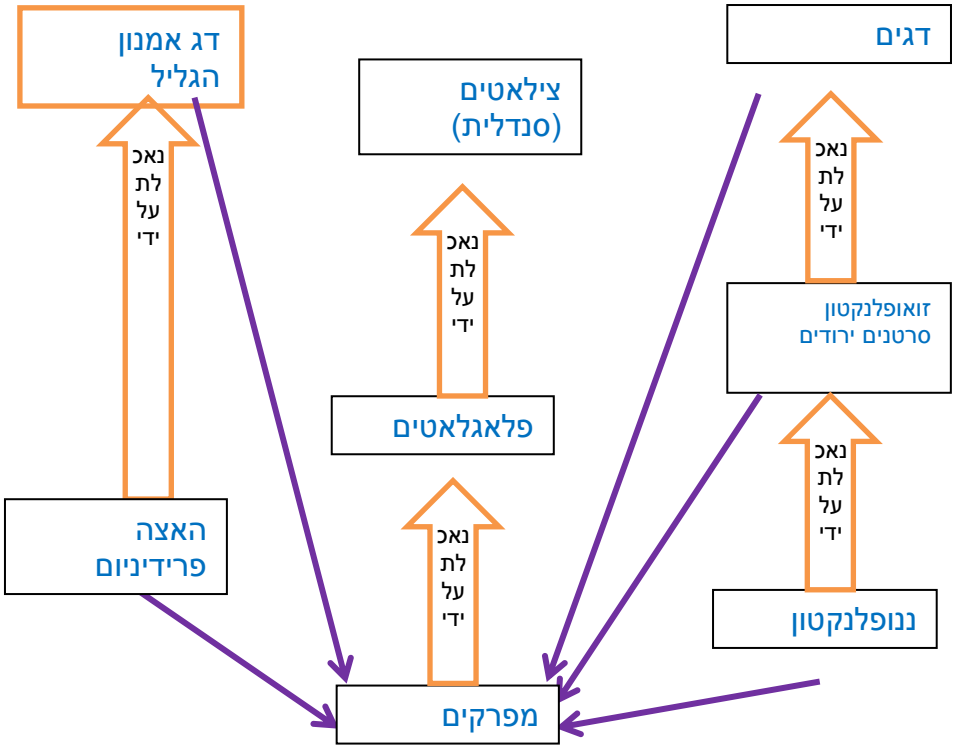
תשובות לשאלות תחת גרף 20 בעמוד 71

1. טווח הטמפרטורות בהיפולימניון נע בין $17^{0}C$ בגובה של 5 מ' מקרקעית האגם ל-$20^{0}C$ בגג השכבה בגובה של כ-24 מ' מהקרקעית.
2. התרמוקלינה נמצאת בגובה 23-27 מ' מעל לקרקעית.
3. טווח הטמפרטורת באפילימניון נע בין $26^{0}C$ בתחתיתה (מגע עם התרמוקלינה), בגובה 27מ' מהקרקעית ל-$28^{0}C$ בגובה 38 מ' מהקרקעית.
   (מפלס הכנרת נמצא בגובה שמעל 42 מ' מהקרקעית).
4. רוח מסיעה מים עם כיוון הנשיבה. היא גורמת ל"חוסר " במים בצד אחד ולהיערמות מים בצד השני (בצורת גלים). באזור החסר עולים מים משכבה עמוקה יותר אל פני השטח.
   רוח חלשה – הגל יהיה נמוך והשכבה ממנה עולים המים תהיה קרובה לפני השטח, כלומר שכבה שטמפרטורת המים שלה חמה והיא תתחמם עוד יותר וכך יגדל עובייה.
   רוח חזקה – הגל יהיה גבוה והשכבה ממנה עולים המים תהיה עמוקה ותביא עמה מים בטמפרטורה נמוכה יותר ותגרום לערבול הטמפרטורה ולהקטנת הפער בין השכבות.
   בנוסף, עם המים מהשכבה העמוקה עולים גם חומרים הנמצאים בה כמו אמוניום, סולפידים וזרחן.

תהליכים ביולוגיים באגם הכנרת

תשובה לשאלות בעמוד 73

שרשרת הנוופלנקטון השרשרת המיקרוביאלית שרשרת הפרידיניום



חודשי פעילות מוגברת של כל שרשרת:

מרכיבי הפלנקטון בכנרת

תשובות לשאלות בעמוד 74

1. האצה פרידיניום ניזונה ממינרלים המומסים במים. כאשר המים עשירים במינרלים גדלה אוכלוסיית הפרידיניום, מה שמוביל לעלייה בכמותם במים. האצה משמשת מקור מזון לדגים – אכילתה גורמת ירידה בכמותה במים. האצה המתה שוקעת לקרקעית ומהווה מזון למיקרואורגניזמים בשרשרת המיקרוביאלית.
2. דג האמנון הניזון מהפרידיניום מווסת את גודל האוכלוסייה של האצה. בהיעדרו לא יהיה מי שיאכל את האצה והיא תתרבה ותכסה את פני האגם.
3. יכולים להיות גורמים טבעיים כמו ירידה במזון או טריפה, אבל האדם הוא הגורם המרכזי – הוא יפגע באוכלוסייה אם ידוג דיג יתר של האמנון מעבר ליכולת של המערכת לחדש את האוכלוסייה.

תשובות לשאלת בפינת חקר מקרה: פריחת אצות כחוליות בכנרת בקיץ 1994 בעמוד 75

1. לאצות הכחוליות אין טורפים וכתוצאה מכך הן יכולות להתרבות בתנאים מתאימים וליצור אוכלוסייה עצומת מימדים.

   אוכלוסייה זו מפרישה כמות גדולה של רעלנים למים.

   כל האצות הכחוליות משלימות את מחזור החיים, מתות ושוקעות לקרקעית. הן יוצרות מאגר מזון גדול המשמש מצע גדילה לאצות אחרות. מאגר מזון גדול= גודל אוכלוסייה גדול של אצות מסוגים אחרים.
2. מהלך העניינים: - פריחת פרידיניום ---- ירידה בכמות החנקן במים במהלך הקיץ – מוות אוכלוסייה גדולה במיוחד של פרידיניום-----העשרת המים בזרחן כתוצאה מפירוק הפרידיניום---- התרבות אצות כחוליות.
3. היתרון האקולוגי הוא יכולת קיבוע חנקן אטמוספרי. כאשר ריכוז החנקן במים יורד. רק האצות הכחוליות מקבעות חנקן מהאטמוספרה ומתרבות.

   התנאי המשלים: כדי לקבע חנקן מהאטמוספרה עליהן לצוף על פני המים ולהיחשף לאוויר. חשיפה זו אפשרית במשטר רוחות מתון שיוצר ערבול חלש של עמודת המים.
4. משטר רוחות מתון החליש את הערבול של עמודת המים. הכחוליות לא עלו וירדו בעמודת המים אלא צפו על פני המים ויכלו לקשור חנקן אטמוספרי ולהתרבות.
5. לאחר אירוע פריחת הכחוליות יש שינוי בהרכב אוכלוסיית האצות באגם. יש ירידה חדה בכמות הפרידניום, עלייה בכמות של אצות אחרות והופעה של הכחוליות שלא היו באגם

קודם לכן. בתנאים מתאימים, ייתכנו אירועים נוספים של פריחת כחוליות כאשר. לא ברור כיצד שינוי בהרכב האצות ישפיע על כל מארג המזון בכנרת.

תהליכים באגן הכנרת והשפעתם על האגם

תשובות לשאלות בעמוד 77

1. באגן הכנרת יש פעילות חקלאית של משק חי המייצרת שפכים עתירי חנקות וזרחות. אם השפכים האלה יגיעו לכנרת הם יעשירו אותה בנוטריינטים עד מעבר ליכולת הקיבול של המערכת ויכול להתחיל תהליך של אוטרופיקציה.

יש סכנה גם מחומרי הדברה - שפכים המכילים חומרים אורגניים המסכנים את בריאות האדם ומשפיעים לרעה על איכות המים בכנרת.

קיימת אגירת קולחים להשקיה. קולחים אלה אינם באיכות מי שתייה ומהווים גורם זיהום וסיכון. במקרה של תקלות במאגרים הם עלולים להגיע אל הכנרת ולזהם אותה.

2. נגר עילי שיטפוני מזרים אל הכנרת חומרים מרחפים רבים שקלט מפני השטח. הם משפיעים לרעה על צלילות המים וכתוצאה מכך נפגעת היכולת של האצות לבצע פוטוסינתזה, תהליך העומד בבסיס המערכת האקולוגית באגם.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: צמחיית החופים בכנרת עמוד 77

1. אזורי הגידול של צמחים שונים מהווים בתי גידול למינים שונים באגם המתרבים באזורים אלה. הם משמשים להם מסתור מטורפים להם ולצאצאיהם ומקור מזון למינים רבים.
2. הפתרון מציע לשמר את המערכת במקומות בהם לא קיימת גישה לנופשים ולטפל בדרגות שונות במקומות בהם יש שימוש לנופשים. באופן זה הוא גם מסדיר את השימוש בנופש בחופי הכנרת השונים ושומר על אזורים ללא קהל לטובת המערכת האקולוגית.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: ייבוש החולה והשפעתו על הכנרת בעמוד 78

1. החולה היא ביצה וזרימת המים בה היא אטית מאוד. כתוצאה מכך שוקעים על הקרקעית חומרים שונים ובהם נוטריינטים רבים. הודות לשקיעתם לקרקעית הם לא מגיען אל הכנרת. כך שמרה החולה על מאזן הסחף ועל מאזן הנוטריינטים של הכנרת.

חלק מהמים בחולה התאדה ולא הגיע לכנרת, מה שוויסת גם הוא את כמות המים וגובה המפלס בכנרת.

2. לאחר ייבוש החולה:

כמות המים הזורמת לכנרת לא גדלה כיוון שהמים נלקחו לחקלאות.

הופר מאזן החנקן בכנרת כיוון שחומר אורגני עשיר בחנקן מאדמת הכבול נשטף בחורף אל הכנרת ושימש מזון לאצות.

3. א. לאחר הייבוש זרמו מהחולה לכנרת מים עשירים בנוטריינטים ובעיקר בחנקן. בשטחים החקלאיים גם השתמשו בדשנים ובחומרי הדברה שזרמו אל הכנרת.

ההצפה מחדש יצרה אזור שאליו מתנקזים המים העשירים בחנקן והם אינם מגיעים עוד אל הכנרת.

ב. הייבוש גרם לקושי בוויסות מי תהום באזורים שבהם שקעה אדמת הכבול. ההצפה מחדש מנעה שקיעה נוספת של שטחי כבול. היא גם יצרה מקורות פרנסה חדשים הודות לפיתוח תיירות אקולוגית, לאחר שחלק מאדמות הכבול כבר לא היו ראויות לעיבוד חקלאי.

הנחלים בישראל

להציל את נחל בצת

נחל בצת הוא מהנחלים הגדולים בגליל המערבי. ראשית הנחל בלבנון, ליד הכפר עיתה א-שעב הנמצא כ-3 ק״מ מזרחית למושב זרעית. הוא זורם מערבה ונשפך לים התיכון מדרום לקיבוץ ראש הנקרה.

מצבו של נחל בצת מאפיין נחלים רבים בארץ. הגדלת כושר השאיבה של מי תהום וכושר האיגום של מי נגר עילי, הביאו להתייבשות מעיינות ובתי גידול לחים. התוצאה מתבטאת בהתייבשותם של נחלי הארץ.

בשנים שלפני קום המדינה היה נחל בצת נחל איתן בחלק מאפיקו. זרימת המעיינות בנחל יצרה ברכות רדודות ואיפשרה לעצי דולב רבים לגדול לאורכו - עץ הדולב הגדול ביותר בארץ גדל ליד אפיק הנחל: קוטר הנוף שלו היה 30 מ׳ והוא כיסה את שתי גדות הנחל. צמחו בערוץ הנחל שיחים של הרדוף הנחלים הפורחים בקיץ בוורוד עז, שיחי פטל קדוש, עצי ערבה מחודדת ועצי דולב גדולים. בחורף הוא זרם לכל אורכו באפיק שרוחבו 3 מ׳.
כבר משנת 1942 שאב קיבוץ אילון מים מהנחל לצרכיו, במורד הנחל לאחר שהנחל עבר את חלקה העליון והעיקרי של השמורה והותיר כמות מים נכבדה שאפשרה את קיום הזרימה בנחל ושמרה על המערכת האקולוגית שלו.

מפת נחל בצת

מקור האיור: ויקיפדיה

בשנות ה-60 של המאה ה-20 התחילו לקדוח בארות ולשאוב מים ממי התהום באזור. שפיעת המעיינות המזינים את הנחל פחתה מאוד ובשנה השחונה של 2000-2001 המעיינות יבשו לגמרי ועמם יבש גם הנחל. התופעה חזרה על עצמה גם בתקופה היבשה שהייתה בשנים 2008-2011 : התייבשו הברכות הרדודות ונפגעו עצי דולב רבים.

מקור המים של הנחל כיום הוא צינור של רשות הטבע והגנים המספק כמות של 0.14 מלמ"ק בשנה, כ-12% מהכמות שזרמה בנחל בעבר (1.1.מלמ"ק) לפני שהחלה שאיבת מי התהום באזור.

בשנת 2009 היה במדינה משבר מים החמור ביותר מזה שמונים שנה. נחל בצת שנמצא על סף גסיסה היה קרוב לייבוש מוחלט. גורלו צפוי היה להיות כמו זה של שני נחלים הסמוכים לו : נחל געתון שמימיו נתפסו והוא חרב, ונחל כזיב שהתייבש כמעט לגמרי.

<u>שאלות לתלמידים</u>

ידיעה שפורסמה בעיתונות: די לשאיבת נחלי הגליל המערבי (7.7.10)

"עד 2014 אוגר המים ישוקם וניתן יהיה להשיב מים לנחלים", כך אמר אתמול הממונה על התכנון האסטרטגי ברשות המים, מיקי זיידה. לדבריו, לאחר שיקום האוגר, ניתן יהיה להשיב לנחלים כמעט כל כמות המים שתידרש. דברים אלה נאמרו במהלך יום העיון "געגועים לנחל, מחזירים את המים לנחלי הגליל המערבי".

1. כיצד, להבנתכם, ניתן להשיב מים לנחלים?
2. האם ניתן יהיה לשקם את המערכת האקולוגית בנחל בצת ובנחלים אחרים בגליל? נמקו את תשובתכם.

<u>תשובות לשאלות</u>

1. כדי להשיב מים לנחלים צריך להעלות את מפלס מי התהום המזינים אותם לרמות שהיו בהן לפני שהתחילו לשאוב מהם מים. כדי שזה יקרה יש למצוא פתרונות לאספקת מים לתושבי הסביבה שלא מסתמכים על שאיבת מים ממי התהום המזינים את הנחלים. כך ניתן יהיה להפנות כמות גדולה יותר של מים למעיינות ולזרימה בנחלים.

   פתרון נוסף הוא הזרמת מים לנחלים ממקורות נוספים כמו קולחים מטוהרים ברמה גבוהה.
2. קשה לשקם את המערכת האקולוגית בנחל בצת או בכל נחל אחר. יש מינים שנעלמו מהמערכת וקיים ספק אם יצליחו להחזירם. עצי דולב גדולים שהתייבשו לא יתאוששו וגם אם ינטעו עצי דולב אחרים במקומם, יידרשו שנים רבות עד שהם יגיעו לממדיהם של העצים שמתו.

   סביר יותר שתתפתח בנחל מערכת אקולוגית שונה אם כי יהיו בה גם מינים דומים לאלה שחיו בה בעבר.

העשרה: תמ"א/ 34/ ב/ 3: תכנית מתאר ארצית לנושא ניקוז ונחלים

תאריך אישור התכנית : 16/11/2006

תכנית המתאר מנחה את מערכת התכנון והבנייה בישראל כיצד לטפל בנחלים ובמערכות ניקוז. היא מנסה ליצור תאום בין תכנון שנבע מכוח חוק המים וחוק הניקוז (בהסדרת ניקוז ומפעלי ניקוז) לבין תכנון שנבע מכוח חוק התכנון והבנייה.

מטרות התכנית: להבטיח את המשך קיומם ותפקודם של הנחלים וסביבתם, לצורך שיקום, שימור ופיתוח ערכי נוף, אקולוגיה ותרבות וכן כמוקדים לפעילות נופש ופנאי, בד בבד עם הבטחת תפקודם כעורקי ניקוז וכשטחי הצפה להולכת מים ולצמצום נזקי סחף והצפות הנגרמים מנגר עילי.

התכנית מתבססת על הוראות לשימושי קרקע בתחום עורק הניקוז, בשטחים הסמוכים לו ובשטחי ההצפה. הוראות הדורשות ממתכננים שטח לשימוש להכין נספח ניקוז לתכנית בקנה מידה גדול, נספח שיבחן על ידי רשות הניקוז. ומאידך, קיימת דרישה מרשות הניקוז להגיש תכניות ניקוז של אגני הנחלים שבאחריותה. כמו כן קובעת, התכנית לאילו נחלים יוכנו תכניות לנחל וסביבתו.

התכנית מדגישה את התפקיד האקולוגי של הנחלים- תפקיד שיש להתייחס אליו בתכנון הכולל בשטחו נחלים ובתכניות לפיתוח גדותיהם. רשות הטבע והגנים נדרשת לבקר את ההשלכות על הסביבה של הטיפול בנחלים. התמ"א מסייעת לתכנון הארצי להתייחס לנחלים כאל גורם הדורש תכנון כמכלול ולא תכנון המתייחס לקטע נחל בלבד.

תשובות לשאלות בעמוד 80

1. רשות המים אחראית על ניהול משק המים על כל היבטיו. יש לה עמדה קובעת במדיניות של שיקום נחלים.

   אגף הניקוז במשרד החקלאות – אחראי על מערכות הניקוז ותכניות הניקוז של הנחלים בארץ.

   משרד התיירות - החברה הממשלתית לתיירות, אחראי על מדיניות של תיירות פנים ושל תיירות חוץ. נחלים רבים הם מוקדי תיירות.

   משרד הפנים - המִנהל לתכנון, אחראי על כל תכנוני הבנייה ושימושי קרקע דרך מנגנון התמ"א לסוגיהן, אחריא על הרשויות המקומיות עירוניות ומועצות אזוריות בכל הקשור לתאגידי מים וביוב, תכנון הבנייה.

   המשרד להגנת הסביבה - רשות הטבע והגנים הלאומיים,

   רשויות מקומיות הסמוכות לנחלים המיועדים לשיקום – אחריאיות על תחזוקה של נחלים בשטחן.

2. <u>יתרונות</u>:

   המִנהלת פועלת כגוף לאיגום סמכויות, תקציבים, ידע מקצועי ויכולות ביצוע.

   כל בעלי העניין יושבים יחד וכך מתאפשרת תמונה של כל הנחל כולו על כל ההיבטים ולא חלקים ממנו או היבטים מסויימים.

   <u>חסרונות</u>

   תהליך קבלת החלטות מסורבל.

   חילוקי דעות בין גופים שונים יכולים לעכב את שיקום הנחלים.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: שיקום נחלי ישראל בדו"ח מבקר המדינה בעמוד 81

1. **סיבות**: ריבוי נחלים שנכללו בתכנית השיקום, מינהלת היא גוף רב משתתפים שקשה להביא את משתתפיו לידי הסכמה על תכנית בזמן קצר, היעדר מדיניות מוצהרת של מים לנחלים גרמה לכך שבשנות בצורת נלקחו מים מהנחלים על ידי שאיבת מי תהום ולא הוחזרו אחרים

במקומם, היעדר פתרונות להזרמת שפכים במיוחד כזו הנובעת מתקלות שהובילו להזרמה מחדש של שפכים לנחלים שהיו בתהליך שיקום ולנסיגה בתהליכי השיקום.

2. רשות הניקוז היא גוף שפועל על פי כללים וחשיבה הנדסית. מטרתו היא לנקז את המים כדי שלא יפריעו לפעילות האדם. היותו חלק ממשרד החקלאות מוסיפה חשיבה חקלאית שלא תמיד רואה את מכלול היבטי הסביבה.

הרחבה:

לאחר דו"ח המבקר שונתה תפיסת הנחל ברשות הניקוז: במקום קו ניקוז למים לאגן ניקוז המכיל מרכיבים סביבתיים. כתוצאה מכך אוחדו רשויות ניקוז של נחלים על פי אגני הניקוז שלהם.

המשרד להגנת הסביבה אמור לראות את הנחל בראייה הוליסטית: מערכת אקולוגית, ניקוז, בריאות, חקלאות, שטח פתוח. הוא מקדם מדיניות של שיקום נחלים.

3. במציאות אותה בדק המבקר, מאה שנים לא יספיקו.

שיקום נחל הקישון

תשובות לשאלות תחת גרף 21 בעמוד 83

1. בגרף רואים ירידה גדולה מאוד בערכים של חומרים מזהמים בכל הפרמטרים שמוצגים החל משנת 2000. אז החלו בטיפול בשפכי המפעלים.
2. הנתון של היעדר חמצן במי הנחל רומז כי הוזרמו חומרים מזהמים שגרמו להאצת פעילותם של מיקרואורגניזמים מפרקים הצורכים כמויות גדולות של חמצן ומובילים להיווצרות אוטרופיקציה. האירוע הראה כי לא מתקיים תהליך טיהור טבעי בנחל וכי המערכת בנחל אינה יציבה כלל. ייתכן שקיימים גורמים מזהמים במערכת: חלקם יכולים להיות חומרים שהצטברו בקרקעית הנחל , חלקם יכולים להימצא במים עצמם שעדיין אינם באיכות מספקת לאפשר קיום של מגוון יצורים חיים במערכת.

כאשר המערכת יציבה היא מסוגלת להתמודד עם אירוע זיהום חד פעמי באם הוא לא מכיל חומרים רעילים.

נחל הירקון

הערה

כדי להמחיש את חומרת הזיהום בירקון מוצע להתייחס לאירוע קריסת גשר המכבייה מעל לירקון בתאריך 14/7/1997 ולתוצאותיו.

תשובות לשאלות בעמוד 85

1. הירקון כחצר אחורית הוא קו ניקוז לשפכי האזור. לא זורמים בו מים מהנביעות הטבעיות כיוון שכל המים נתפשו לשימושי אדם. זורמים בו שפכי תעשייה, עודפי ניקוז חקלאיים ונגר עילי מזוהם ממשטחים עירוניים. קרקעית הנחל מכילה מזהמים ששקעו בנחל. המערכת האקולוגית לא מתקיימת וגדות הנחל לא מטופלים. ייתכן ותשתיות מגיעים קרוב לגדות הנחל ואין מקום לשטחי נופש לציבור.

2. הירקון כחצר קדמית מהווה קודם כל ריאה ירוקה ומסדרון אקולוגי. בהתאם לכך גדות הנחל הם שטחים פתוחים לציבור ומהווים אזורי נופש. יש אזורים בנחל הסגורים לציבור לטובת המערכת האקולוגית. מוזרמים בו מים בכמות מספקת ובאיכות טובה המאפשרת קיום מערכת טבעית וקיום פעילות אדם כמו דיג ושיט. יש פתרונות לשפכים מסוגים שונים שאינם הזרמה לנחל ויש מענה לתקלות שימנו הזרמת שפכים לנחל.
3. אקטיביזם ציבורי הוא התהליכהמוביל לשמירה על הנחל.

הרחבה

מקורות זיהום נקודתיים בירקון, מעודכן לפברואר 2012 (המקור: רשות נחל ירקון):

מט"ש כפר סבא/ הוד השרון: המכון מייצר קולחים באיכות שניונית אשר אינם מתאימים להזרמה לירקון ולא יאפשרו את שיקומו. המשרד להגנת הסביבה דורש להוסיף טיפול שלישוני, אולם אין לוח זמנים לביצוע.

מט"ש רמת השרון: המכון מייצר קולחים באיכות הקרובה לשלישונית והיא מאפשרת שיקום חלקי של הנחל, זאת על פי בדיקות הראשוניות שמצביעות על שיפור במורד לנקודת ההזרמה.

מט"ש ניר אליהו: במט"ש מטופלים שפכים מקלקיליה, מאלפי מנשה ומקיבוץ ניר אליהו. בעתיד יטופלו בו גם השפכים של יישובי נחל קנה. הגלישות התכופות מהמט"ש גורמות לזיהום הנחל בגלל איכותם הגרועה. לעתים יש תקלות או חבלות במערכת איסוף השפכים הגורמות זיהום חמור יותר.

נחל איילון: המים הזורמים בנחל הם למעשה שפכים של אור יהודה, בית דגן וכפר חב"ד וכן עודפי קולחים ממאגר נשר, שקולט את קולחי רמלה/לוד. לכן נחל איילון מזהם את הירקון בכל פעם שהספיקה בנחל גבוהה מכושר השאיבה של מתקני הביוב של איגוד ערים דן. כדי למנוע את הזיהום, מקים האיגוד סכר עפר על הנחל באזור שכונת עזרא בדרום תל אביב. מאחוריו נאגרים מים הזורמים בנחל ונשאבים לצורך טיהורם.

הצעה לפעילות כתתית

בחרו אחד מהנחלים בישראל שכדאי לשקמו. הכינו כרטיס זיהוי לנחל הכולל את הפרטים הבאים: שטח אגן הניקוז, מאפיינים של אגן הניקוז, ספיקת מים ופוטנציאל הזיהום של הנחל.

הכינו תכנית לשיקום הנחל, כל קבוצת תלמידים תהיה אחראית על תחום אחר של שיקום הנחל: ניקוי האפיק, הסדרת גדות, הסדרת זרימת מים, טיפול נופי בשטחים שצמודים לגדות, הסדרת גישה לציבור, יצירת מוקדי תיירות ופנאי לאורך הנחל.

אם קיים נחל בתחומי היישוב שבית הספר מצוי בו, רצוי להתייחס אליו.

חומרי למידה בנושא נחלים:

נחלים - סדנה סביבתית, יחידת לימוד באישור משרד החינוך, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון. מידע באתר

www.yesod.co.il/article_page.asp?id=714&scid=32

ובאתר מפמ"ר לימודי סביבה – בחינות הבגרות –חומרי עזר לסדנא סביבתית

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaeHasvivva/BehinotBagrut/Sadna/HomriEzer.htm

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: שיקום נחל אלכסנדר בעמוד 86

1. הקשיים: ריבוי רשויות לאורך הנחל מקשה על החלת פתרון לכולם ובאותו זמן מוקדי הזיהום נמצאים תחת סמכות של רשויות שונות וכל אחת נוהגת אחרת בטיפול במוקדים.
הזרמת שפכים מטוהרים לנחל לא תמיד נותנת פתרון בגלל אופי השפכים ויכולת הטיהור של המט"ש אותו מפעילה הרשות. לדוגמה, בעיית המליחות של שפכי משחטות גם לאחר טיהור השפכים.
נחל חוצה גבולות טריטוריאליים (הרשות הפלשתינית וישראל) ואם אין ביניהן הסכמה מדינית או שאינן רואות עין בעין את מרחב הנחל הרי שהשיקום לא יעיל.
2. הנחל נותר מזוהם כיוון שבמעלה הנחל יש מוקדי זיהום לא מטופלים (שפכי הערים ברשות הפלשתינית), במורד - הטיפול בשפכים אינו יוצר שפכים באיכות טובה לנחל ובקרקעית הנחל נותרו משקעים של זיהום המקשים על המערכת להשתקם.
3. השפכים הזורמים בנחל אינם ברמה טובה. מיהולם במים באיכות טובה שמקורם בשיטפונות חורף יקטין את ריכוז המזהמים בקולחים ויתרום לשיפור איכות המים בנחל.
4. הקצאת מים שפירים לנחל, הזרמת מים מטוהרים ברמה גבוהה – תקנות של המדינה.
טיפול בשפכי הרשות – אחריות המדינה.
טיהור השפכים בפועל ומניעת תקלות שיביאו לגלישה – רשות מקומית.
פיתוח גדות הנחל כפארק לציבור - רשות מקומית.

תשובות לשאלות לסיכום הנושא של שיקום נחלים בעמוד 87

2. תפיסת מי הנחלים ומקורות מים שהזינו אותם, שימוש במי תהום באגן ההיקוות שהביא לירידת מפלסים ולייבוש נביעות, זיהום המים על ידי החקלאות, הזרמת שפכים ופסולת לנחל, הזנחה ואי מודעות של הציבור לנחל, פיצול סמכויות בין גופים ובין רשויות שלאורך תוואי הנחל.
גורמת להתנהגות זו גישה הרואה בנחל משאב מים בלבד ובטבע - גורם משני לאדם. על פי הגישה הנחל מספק שני משאבים: מים לשימוש ואפיק הנחל הוא צינור הובלה זמין ומוכן לפסולת ולשפכים.
3. סיבות אפשריות לשינוי בגישה:
אקולוגית וסביבתית –. אפשרות לריאה ירוקה מקומית. שימור ערכי טבע של מערכות אקולוגיות מימיות ושימור המגוון ההביולוגי.
בריאותית – אפיק הנחל המזוהם גרם לריחות רעים ולמפגעים. חלחול מי נחל מזוהמים באפיק הנחל הביא לזיהום מי התהום
חברתית - יצירת אזורי פנאי לתושבים ואזורי חיץ בין ישוב לישוב לצורך בידול ופיתוח **זהות מקום**.

4. המטרות של שיקום הנחלים משתנות מנחל לנחל בהתאם למצבו ולעלויות הנדרשות לשיקומו:

שיקום המבוסס על סילוק מפגעים וטיפול במוקדי הזיהום,

שיקום חלקי – לשמירה על מערכת אקולוגית בריאה ומינימלית,

שיקום מלא – החזרה של מערכת שהייתה קיימת או יצירה של מערכת אקולוגית חדשה.

הפגיעה באיכות המים

מהו זיהום מים?

תשובות לשאלות בעמוד 88

1. דוגמאות נוספות:

ברכות דגים – גם לדגים שונים דרושים מים באיכויות שונות. קרפיון רגיש פחות מכל הדגים האחרים.

גידול הדרים – בנגב משקים פרדסים במים מטוהרים מהשפד"ן שאינם טובים לשתייה. גידולים של פירות בעלי קליפה שלא נאכלת ניתן להשקות במים שאינם עומדים בתקן של מי שתייה.

מים לשימוש תעשייתי שאינו דורש איכות מים גבוהה כמו תעשיית המזון ותעשיית ההיטק יכולים להיות באיכות פחותה ממי שתייה.

2. פסילת מים לשימוש למטרה מסויית תלוייה בעוצמת הזיהום. לפעמים די בגורם אחד בריכוז גבוה היוצר זיהום חמור עד כדי סכנת בריאות ולפעמים זהו מכלול של גורמים שיוצרים יחד זיהום שפוסל את המים לשימוש.

גורמים הפוגעים באיכות המים והדרכים לבדיקת ריכוזיהם במים

גורמים כימיים הפוגעים באיכות המים

זיהום מים בחומרים אורגניים מן החי

תשובות לשאלות בעמוד 91

1. שקיעת חומר אורגני לקרקעית מעלה את ריכוז החומר האורגני בשכבה התחתונה של המים. במים העשירים בחומר אורגני עולה צריכת החמצן וריכוזו במים פוחת.
2. ריכוז אמוניה גבוה מעיד על ריכוז גבוה של חומרים אורגניים במים. בדרך כלל זו תוצאה של כניסת שפכים לגוף המים.
3. ריכוז חומרים אורגניים במים מעיד על חדירת שפכים למים. הצטברות חומרים אורגניים גורמת לעלייה בפעילות המיקרואורגניזמים המפרקים ולירידה בריכוז החמצן. ירידה זו עלולה לפגוע ביצורים אחרים במערכת הזקוקים לחמצן, ולהביא להרס המערכת.
4. בדיקת צח"כ מאפשרת לגלות חדירת חומרים אורגניים סינתטיים שבדיקת צח"ב אינה מגלה ונותנת אינדיקציה טובה יותר למידת הטיהור של שפכים. בדיקה כזו חשובה במיוחד כאשר רוצים להפנות שפכים ברמות טיהור שונות לים או למאגרי מים אחרים.

דרגת הגבה pH

תשובות לשאלות בעמוד 91

1. מי ביוב עשירים בחומר אורגני, הזרמת מי ביוב למאגר המים או לנחל תגרום לעלייה בריכוז החומר האורגני במים. תהליכי הפירוק שלו יגרמו לעליה בחומציות של המים, כלומר לירידה בדרגת ה- **pH**.
2. הצטברות של חומרים אורגניים מביאה לירידה בדרגת ה- **pH**. שינוי זה יביא להרס מהיר יותר של המערכת המימית כיוון שמיקרואורגניזמים רבים ימותו.
3. השקיה במים חומציים עלולה לפגוע בחלק מהאורגניזמים המתקיימים בקרקע ואינם יכולים לחיות בתנאים חומציים. היא יכולה לעודד התפתחותם של אורגניזמים אוהבי חומציות ולשנות את מבנה המערכת האקולוגית בקרקע. העלאת חומציות הקרקע עלולה גם לפגוע בשורשי צמחים במצויים בקרקע.

הערה

שפכי מפעלים המכילים חומרים בסיסיים או חומציים עלולים גם הם לגרום שינוי בדרגת ההגבה של מקור מים עיליים ולפגוע באורגניזמים החיים בהם. מקור למים חומציים – שפכי מפעלים המייצרים שימורים, יקבים, גשם חומצי.

גורמים כימיים שמקורם בתעשייה

תשובות לשאלות בעמוד 92

1. תחנות דלק, בתי זיקוק, משאיות מובילות דלק.
2. חלק מהתרכובות האורגניות הנדיפות הן תוצרי שימוש בדלק ופליטת עשן מכלי רכב. שני גורמים אלה נמצאים בכל מקום ולאו דווקא בתעשייה. בנוסף, אם החומרים מגיעים למי תהום יש סכנה שאוכלוסייה תיחשף למים המזוהמים ודרכם תיחשף לחומרים

הערה

בקבוצת חומרים אורגניים מסוכנים נכללית גם קבוצת החומרים הנקראת טריהלומתאנים **(Trihalomethanes)**

תרכובות אורגניות נדיפות (Volatile Organic Compounds-VOCs)

בקבוצה זו נכללים תוצרי דלק וממסים אורגניים. תרכובות אורגניות נדיפות משמשות בהיקף רחב בייצור צבעים, דבקים, דלק, פלסטיק ובמוצרים יום יומיים נוספים. כמו כן הן משמשות כחומרי ניקוי בתעשיית האלקטרוניקה, אופטיקה והחלל (ראו טבלה להלן).

סוגים של חומרים אורגנים נדיפים

החומר	מקורות זיהום	סכנות לאדם ולסביבה
בנזן ונגזרותיו (אתיל בנזן, דיכלורובנזן)	דלק למכוניות ובשימוש התעשייה כימית.	חשיפה לריכוזים גבוהים יכולה לפגוע במערכת העצבים המרכזית ולגרום ללוקמיה (סוג של סרטן הדם)
בנזן ונגזרותיו: **טולואן (מתיל בנזן), קסילן (די מתיל בנזן), סטירן** Xylene,Toluene, Styrene	ממסים ומדללים בתעשיות שונות, בייצור חומרי הדברה, בייצור פלסטיק ובצבעים	במגע עם העור גורמים ליובש , לגירויי עור וחודרים לגוף. גורמים לבעיות בראייה ובמערכת הנשימה. חשיפה ממושכת גורמת לכאבי ראש ,לבעיות זיכרון ופגיעה במערכת הרביה וההתפתחות.
בנזו-א-פירן Benzo(a)pyrene $C_{20}H_{12}$	שרפה לא שלמה של חומרים אורגניים כתוצאה משריפות או מפליטת עשן מכוניות וכתוצר של תעשיית המתכת.	ריכוזים נמוכים (ppb) לאורך זמן יכולים לגרום הרעלה, סרטן ופגיעה במערכת הרבייה וההתפתחות.
נגזרות כלורידיות של אתילן (די, טרי, טטרהכלורואתילן, Trichloroethylene Tetrachloroethylene)	משמשים כממסים בתעשייה והן במכבסות ניקוי יבש	יכולים לגרום פגיעה בתפקודי כבד ובמערכת העצבים. בחשיפה ממושכת עלול לגרום למחלת עור,איבוד הזיכרון וסרטן
פורמאלדהיד (Formaldehyde)	ייצור דבקים, חומרי הדברה, קוסמטיקה וטקסטיל	חומר רעיל בשאיפה ובבליעה. גורם לכוויות במגע עם העור. חשוד כמסרטן. עובר פירוק ביולוגי במים, ידוע כרעיל ליצורים החיים במים.

הערה לפינת העשרה: פגיעתם של מזהמים מקבוצת ה-CFC בעמוד 93

הכלורופורם התגלה בשנת 1981 על ידי מדען אמריקני, סמואל גוטרי, ובהפרש של כמה חודשים על ידי מדען צרפתי, יוג'ין סובריאן ומדען גרמני, ג'סטוס וון ליביג. זהו חומר תעשייתי הנוצר כשמחממים יחד כלור ומתאן בטמפרטורות של $400-500^0C$.

כלורופורם שימש תחילה כחומר מרדים. אך בגלל רעילותו נפסק שימוש זה. הוא משמש היום בעיקר לייצור גזים ממשפחת הפריאונים, כממס בתעשיית התרופות, הצבעים וההדברה. משמש גם בייצור חומר הפלסטיק פרספקס.

העשרה: זיהום מי תהום בדלקים בישראל

"בישראל קיימת מערכת מסועפת של מתקני דלק. מערכת זו כוללת קווי הולכה כלל-ארציים באורך של כ-1400 ק"מ, 19 חוות למכלי דלק בנפח של עשרות אלפי מ"ק כל אחד, שני בתי זיקוק גדולים באשדוד ובחיפה, תחנות כוח, כ-1000 תחנות דלק ציבוריות מהם כ-280 תחנות הממוקמות מעל אקוויפר החוף, כ- 190 תחנות דלק פנימיות ועוד מספר לא ידוע של תחנות דלק פיראטיות. כן מצויים מכלי דלק על-קרקעיים ותת-קרקעיים בתעשייה, בחקלאות, במחנות צבא ובבתי מגורים.

נפח הדלק העצום הזורם בקווי הדלק והמאוחסן ומונפק במכלי הדלק מהווה מקור פוטנציאלי עצום לזיהום מי תהום.

כיום, רשות המים עוקבת אחרי כ-140 אתרי אחסון ושינוע דלק באמצעות דיגום מי תהום בכ-450 קידוחי ניטור ייעודיים לניטור זיהום מדלק. מתוכם נמצא זיהום מי תהום ב-75% מהאתרים, כאשר בכ-30% מהאתרים נמצאה עדשה של דלק חופשי מעל מי תהום (הדלק כזכור קל מהמים וצף על פניהם. אם יש כמות גדולה של דלק במים הם מצטברים ויוצרים עדשה מעל המים). באתרים בהם רשות המים מעריכה שיש סכנה להתפשטות הזיהום, מתקיימות פעולות להפחתת הזיהום במי התהום על ידי מערכות לטיפול בחומרי דלק המומסים במים ובאמצעות טכנולוגיות מגוונות לשאיבת דלק ממי תהום."

רשות המים לישראל 2011

www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/.../fuel.aspx?P...

הרחבה על הפלרה מתוך אתר משרד הבריאות, ספטמבר 2013

הפלרת מי השתייה היא השיטה היעילה והבטוחה ביותר למניעת מחלת עששת השיניים ברמה הקהילתית, מאחר שאנשי המקצוע יודעים בדיוק מה מוסיפים למים ומפקחים על כך בקפידה.

העששת היא מחלה שכיחה מאוד וסובלים ממנה כ-95% מהאוכלוסייה. היא גורמת נזק בלתי הפיך, סבל והוצאה כספית ניכרת לפרט ולחברה. הפלואוריד הוא החומר המוכר היחידי שמקנה לשן עמידות למחלת העששת.

ארגוני בריאות עולמיים ובכלל זה ארגון הבריאות העולמי ומכוני המחקר החשובים בעולם, בארה"ב, אוסטרליה ואנגליה, תומכים בהפלרה קבועה של מי השתייה.

יש באופן טבעי פלואוריד במים בכל העולם. ריכוז של אחד למיליון הוא מיטבי לבריאות האדם.

להפלרה משתמשים בחומר שנבדק ועומד בתקן הישראלי ובתקנים בינלאומיים מחמירים ולכן הוא בטוח לשימוש. הטיפול במים נעשה בטכנולוגיה מודרנית, בטיחותית והריכוז נמצא בניטור רציף.

משרד הבריאות הישראלי עוקב כל השנים אחר שכיחות העששת ומתאים את ההנחיות המקצועיות כדי להבטיח מקסימום הגנה מפני עששת ומינימום פלואורוזיס של השיניים.

מחקרים רבים בדקו את הסיכונים הבריאותיים האפשריים של הוספת הפלואוריד ולא הוכח כל קשר לתחלואה בסרטן או מחלות אחרות. חשיפה לפלואוריד בריכוזים גבוהים בגיל הסתיידות השיניים יכולה לגרום לתופעה של פלואורוזיס השיניים שהיא בעיה אסתטית בעיקרה ולא קשורה בהכרח למים המופלרים.

מזה 65 שנה הפלרת מי השתייה מוכיחה את עצמה, תוך שהיא נחקרת כל העת. עד כה לא הוכחו סיכונים בריאותיים כלשהם. ההפלרה, שכבר יושמה עבור 200 מיליון תושבי ארה"ב ועבור 400 מיליון בעולם, מונעת מאנשים כאב וסבל ותורמת לבריאותם ולבריאות שיניהם.

גורמים כימיים שמקורם בחקלאות

חומרי הדברה

הרחבה - חומרי הדברה המזיקים לבריאות

החומר	מקורות הזיהום	השפעה על האדם והסביבה
אתילן די ברומיד (ETDB)	קוטל חרקים וחומר חיטוי (לחיטוי המתבצע באידוי).	עמיד במים לאורך זמן רב. מוכר כחומר מסרטן.
לינדן (Lindane)	הדברה בחקלאות, להדברת כינים וקרציות בבעלי חיים ולחיטוי מאגרי מים מיתושים.	אינו מסיס במים ואינו נדיף ולכן הוא מצטבר בגופי המים בריכוזים העלולים לגרום נזקים בכבד ובכליות. מוכר כמסרטן.
כלורדן (Chlordane)	חומר הדברה רב שימושים	עמיד בקרקע, יכול לגרום נזק לכליות ולמערכת העצבים. מוכר כמסרטן.
DDT	חומר הדברה נגד חרקים בעל טווח פעולה רחב. נמצא בשימוש בחקלאות ובמבנים.	החומר מתפרק בטבע באטיות. תוצרי הפירוק הן תרכובות רעילות המצטברות בסביבה ובגוף החי. פוגע במערכת הרבייה, במערכת העצבים. מוכר כמסרטן.

תשובות לשאלות בעמוד 96

1. חומרי ההדברה מצטברים בסביבה ומגיעים דרך מארג המזון לגופם של אורגניזמים נוספים. מאחר שאינם מתפרקים אלא מצטברים בגוף החי, השימוש בהם פוגע גם במינים שלא היו מטרת ההדברה ולכן הוגבל בחוק השימוש בחומרי הדברה רבים.
2. התכונות הנדרשות הן:
אינן רעילות לאורגניזמים שאינם מטרת ההדברה, אינן מצטברות לפרק זמן ארוך.
3. שיטות נוספות: שימוש באורגניזמים טורפים האוכלים את המזיקים, חיטוי סולארי של קרקע, עיקור זבובים כדי שלא יפרו את הנקבות, שיבוש התקשורת על ידי פרומונים.

הרחבה על טריהלומתאנים

קבוצה של חומרים אורגניים המכילים אטומים מקבוצת ההלוגנים (פלואור, כלור, ברום). עם הקבוצה הזו נמנים החומרים: ברומופורם, כלורופורם, כלורו-די-ברומו- מתאן.

הם מתקבלים כתוצרי לוואי של תהליכי חיטוי של מים (כלורומינציה, ברומינציה). בתהליכים אלה מתרחשת תגובה כימית בין אטומי הכלור והברום לחומרים האורגניים שבמים הגורמת להריסת החומרים האורגניים. חיטוי בתהליכים אלה נעשה בעיקר במאגרי מים עיליים של מי שתייה ונפוץ מאוד בשימוש בברכות שחייה.

חומרים מזהמים טבעיים - יוני סידן (Ca^{+2}) ויוני מגנזיום (Mg^{+2})

הערה

מערכות לריכוך מים מותקנות בצינורות הראשיים המובילים מים ליישובים בארץ. בנוסף מציעות חברות פרטיות מערכות להתקנה על צינור הכניסה לבית. המערכות יכולות להכיל מרכך מים בלבד או עם מסנן מים, מטהר מים וכו'. במכשירים הצורכים כמויות מים גדולות למשל מדיח כלים ומכונת כביסה, יש תא למרכך מובנה בתוך המכשיר, אליו מוסיפים חומר ריכוך בכל פעולה של המכשיר.

ניתן להשתמש גם במסנן אבנית שהוא פשוט ולא צורך חשמל. מסנן אבנית פועל בדרך כלל באמצעות אבנים קטנות המכונות "אבני סיליפוס" (הסיליפוס מבוסס על זרחן ותפקידו למנוע מהאבנית לשקוע ולהצטבר) המונעות את מעבר האבנית לצנרת.

בעבר השתמשו לניקוי האבנית מהקומקום במלח לימון.

תשובות לשאלות בעמוד 98

1. ריכוז יוני המגנזיום והסידן במי התהום נמוך מהריכוז הנדרש לפעילות תקינה של גוף האדם. אבל ריכוז זה גורם ליצירת אבנית על גופי חימום ובצנרת. האבנית סותמת את הצינורות ופוגעת ביעילות התהליכים הפועלים על מים חמים. מצריכה אנרגיה רבה יותר לחימום ומקצרת את משך חיי המכשיר. מכאן שהסיבה להגדרתם כזיהום היא כלכלית יותר מאשר בריאותית.
2. אין תקן לריכוז מרבי של יוני סידן ומגנזיום.

הרחבה: בדו"ח ועדת עדין נכתב כי שהנושא שייך לניהול משק המים ולא לתקנות בריאות ולכן לא נידון בהרחבה בוועדה. בתקנות מי שתייה אין ערך לריכוז מרבי של יוני סידן ומגנזיום במים.

3. ניתן לברר את קשיות המים בכמה דרכים:

להפנות שאלה לתאגיד המים / רשות מקומית, לבצע ניסוי הבודק את קשיות המים.

4. למגדלי דגים באקווריום חשוב לדעת את קשיות המים כדי להתאים את הקשיות לזו הקיימת בארץ המקור של הדגים. יש לכך השפעה על עצם יכולת הקיום של הדגים או על צבעיהם. למידע כדאי לפנות לאתרים העוסקים בגידול דגי נוי.

הרחבה

סידן ומגנזיום הם מינרלים חשובים לשמירה על הבריאות:

סידן – אחד המרכיבים הבונים את עצמות השלד ומשתתף בתהליכים חיוניים אחרים כמו למשל קרישת דם.

מגנזיום – תורם לשמירה על שיניים, מעכב היווצרות זיהומים, מסייע למערכת העצבים, מסייע בהפיכת סוכר לאנרגיה ובהפחתת רמת הכולסטרול בדם.

ארגון הבריאות העולמי קבע בעקבות מחקרים כי אין ראיות משכנעות לכך ששתיית מים קשים פוגעת בבריאות האדם.

בעבר סברו שצריכה מוגברת של סידן מעלה את הסיכון ליצירת אבנים בכליות, מכיוון שהסוג הנפוץ ביותר של אבני כליות מכיל סידן ואוקסלט. בהמשך הוכח כי דיאטות עם תכולת סידן נמוכה דווקא הגבירו את הסיכון להופעת אבנים בכליות.

הערה

הצעות לפעילות מעבדה העוסקות באיכות המים ובודקות ריכוזי סידן, חנקות וכלור אפשר למצוא באתרים הבאים:

- ♥ משרד החינוך, אתר לימודי הסביבה, פעילות מעבדה בלימודי הסביבה, מצעי ספיחה - "מה יש במים שלנו" -/מפגש%202 doc.0 danciger-school.com/Portals/
- ♥ פעילות נוספת למודולה: "מה עדיף לשתות - מים מבקבוק או מי ברז?" - stwww.weizmann.ac.il/g-chem/.../additonal_activity_chemistry.doc

חומרים כימיים המשפיעים על טעם המים ועל צבעם

תשובות לשאלות בעמוד 98

1. טעם וריח שאינם נעימים לצרכנים יכולים לגרום לאי אמון במערכת המים הציבורית, לגרום לציבור להימנע משתיית מים ומשימוש בהם ובכך לגרום נזק בריאותי עקיף.
2. עכירות המים אינה פוגמת באיכות מי השתייה. עכירות נגרמת כתוצאה מהימצאות חלקיקים קטנים במים ולכן היא יכולה לשמש כמדד עקיף לאיכות המים.

במערכת האספקה - חלקיקים קטנים הנמצאים במים יכולים לשמש כמצע עליו מתיישבים חיידקים ונגיפים והוא מגן עליהם מפעולת החיטוי של המים. עכירות יכולה להצביע על כניסת חומרים למים מהצנרת עצמה או ממשקעים שעל הצנרת.

עכירות הנמדדת ביציאה ממתקן סינון מים יכולה לשמש מדד ליעילות הסינון.

עכירות הנמדדת במקור מי השתייה יכולה להצביע על כניסה של חלקיקים אורגניים למקור המים ועל סיכון לזיהום מי המקור וכתוצאה מכך יש לבצע טיפול מונע.

גורמים פיזיקליים הפוגעים באיכות המים

טמפרטורה וזיהום תרמי

תשובות לשאלות בעמוד 99

1. תחנת הכוח משתמשת במים לקירור המתקנים. שואבים את המים מגוף מים סמוך ומחזירים אליו מים בטמפרטורה גבוהה יותר מזו של גוף המים. התהליך גורם לשינוי במסיסות חומרים במים ולשינוי סביבת החיים (יש גם שינוי בטמפרטורה וגם שינוי בריכוזי חומרים מומסים במים). אורגניזמים שלא מותאמים לתנאים החדשים אינם מצליחים להעמיד צאצאים ולכן נעלמים. מגיעים מינים המותאמים יותר לתנאים אלה.
2. העלאת הטמפרטורה מורידה את ריכוז החמצן במים ויוצרת תנאים של מחסור בחמצן.
3. זיהום תרמי, כיוון שהשינוי בטמפרטורה הוא מעל ליכולת המערכת להתמודד עם העלייה בטמפרטורה והתנאים בה משתנים.

עכירות המים

תשובה לשאלה בעמוד 99

עוצמת השינוי בתנאי המערכת המימית - התחממות המים כתוצאה מעכירות גבוהה אינה מביאה לשינוי קיצוני בטמפרטורה של המערכת המימית.

משך התופעה - עכירות המים היא לרוב תופעה בת חלוף אם באופן טבעי ואם בטיפול מתאים.

זיהום תרמי היא תופעה הנמשכת על פני פרק זמן המספיק כדי לגרום לשינוי המערכת האקולוגית.

טווח ההשפעה של התופעה – הזיהום התרמי גורם לשינוי המערכת האקולוגית בסביבתו ולשינוי במגוון המינים החיים בה. כאשר ייפסק הזיהום, יידרש למערכת זמן כדי לחזור לקדמותה. משך הזמן תלוי בעוצמת הזיהום ובמשך הזמן בו היה זיהום.

גורמים ביולוגיים הפוגעים באיכות המים

הרחבה

מחלות מידבקות המועברות באמצעות מים המזוהמים בגורמים ביולוגיים

סוג האורגניזם	המחלה הנגרמת על ידו	תסמיני המחלה
חיידקי סלמונלה Salmonella	טיפוס הבטן	שלשולים, הקאות קשות, טחול מורחב, דלקת מעיים. ללא טיפול יש סכנת מוות.
Vibrio cholera	כולרה	שלשולים, הקאות קשות, התייבשות. ללא טיפול יש סכנת מוות.
שיגלה Shigella	דיזנטריה חיידקית	שלשולים. מסוכנת בעיקר לתינוקות שאינם מקבלים טיפול מתאים.
Entecrobacter	דלקת מעיים Entritis	כאבי בטן קשים, הקאה, עילפון. גורמת מוות רק לעתים רחוקות.
נגיפי הפטיטיס Hepatitis	צהבת נגיפית	חום גבוה, כאבי ראש קשים, כאבי בטן. ללא טיפול - נזק לכבד וסכוונת מוות.
פרוטוזואה טפילים	דיזנטריה אמבית	שלשול חריף, כאבי ראש, חום, כאבי בטן. ללא טיפול – נזק לכבד וסכנת מוות.
Giardia Lamblia	Giardiasis	שלשולים, התכווצויות מעיים, עייפות וחולשה.
תולעים טפיליות	Schistosomiasis	כאבי בטן, פריחה בעור, חוסר דם, עייפות כרונית ופגיעה כרונית בבריאות.

מקור הנתונים: The World Watch Institute 2001

חיידקים

תשובות לשאלות בעמוד 100

1. מקור הזיהום של הבדיקה הראשונה היה שפכים ממערכת עירונית המכילה הפרשות של בני אדם. הקביעה הזו מבוססת על נוכחות קוליפורמים צואתיים.
2. מקור הזיהום של הבדיקה השנייה היה שפכים ממשקים חקלאיים של רפתות ודירים. קביעה זו מבוססת על נוכחות ריכוז גבוה של סטרפטוקוקוס , חיידק הנמצא בצואת בעלי חיים בריכוז גבוה מריכוזו בצואת אדם.

שיפור מי הבאר: מניעת מגע עם מערכת שפכים מכל סוג שהוא על ידי הסטת מערכת השפכים וטיפול בשפכים. להשגת שיפור מיידי - צריך לחטא את מי הבאר בחומרים שימנעו התפתחות אוכלוסיית החיידקים ולבצע סינון של חלקיקיקם וחומרים אורגניים שיקטין את כמות המצע עליו מתפתחים החיידקים.

תשובה לשאלות בעמוד 102

נפח דגימה נחוץ: צריך לזכור כי השפכים נמהלים במים ולכן נפח הדגימה צריך להיות גדול מספיק כדי לזהות זיהום. בהתייחס לנתונים בהערת שוליים, נפח הדגימה צריך להיות בסביבות 100-500 מ"ל של מים.

אמצעי בטיחות לדוגם: בדיקה מכל מקור - ברז או מקור פתוח. על הדוגם לעבוד עם כפפות כדי שלא להעביר זיהום ממנו למים ולהיפך, אסור לשאוב מים בצינורית או קשית בעזרת הפה, יש לרחוץ ידיים לאחר ביצוע הדגימה ובמיוחד לפני אכילה או שתייה.

אמצעי להבטחת אמינות הבדיקה: אם הדגימה נלקחת מברזים במבנים, צריך לחטא את הברז ולהזרים מים במשך כ-2 דקות כדי להבטיח שהבדיקה מודדת את המים המגיעים ברשת ולא זיהום בברז עצמו.

מקורות מים לדגימה:

מקורות מים – מאגר מים, צינור המוביל הארצי.

רשת הובלת מים לצרכנים – בכניסה לצנרת העירונית, ברזים בבתי מלון, בתי חולים, בתי אבות, שדות תעופה, מרכזים מסחריים.

ריכוז החמצן במים כמדד לאיכות המים

תשובות לשאלות בעמוד 102

1 א. ריכוז החמצן גבוה יותר בשעות היום כיוון שבתהליך פוטוסינתזה, המתבצע רק בשעות היום, יש שימוש בפחמן דו-חמצני ומשתחרר חמצן לתוך המים מעבר לכמות החמצן הנצרכת בנשימה של האורגניזמים. בשעות הלילה יש צריכת חמצן בנשימה ואין שחרור חמצן למים.

ב. בקיץ היום ארוך יותר ושעות האור רבות יותר מאשר בחורף, שעות בהן מתבצעהליך הפוטוסינתזה ולכן ריכוז החמצן במים גבוה יותר מאשר בחורף.

2. כמות אור משפיעה על עוצמת הפוטסינתזה. כל שהיא קטנה יותר כך הפוטוסינתזה תהיה חלשה יותר וריכוז החמצן יהיה נמוך יותר.

3. במים עכורים פוחתת חדירות האור ולכן פוחתת עוצמת הפוטוסינתזה ויורד ריכוז החמצן המומס במים.

גורמים כימיים – פיזיקליים המשפיעים על ריכוז החמצן במים (מודגש)

תשובות לשאלות בעמוד 104

1. זיהום תרמי פירושו עלייה בטמפרטורת המים, המפחיתה את כמות החמצן המסיס במים.
2. הפחתת ריכוז החמצן במים מקטינה את פעילות האורגניזמים במים.
3. מערכות אוויר הנמצאות במקומות גבוהים, רגישות יותר. הלחצים המתאימים להן - 0.82, 0.89 אטמוספרות. ולכן ככל שעולה טמפרטורת המים מתקרבים לערך שבו ריכוז החמצן מהווה גבול ליכולת תפקוד של המערכת - 4 מ"ג לליטר.

תקני איכות מים

תשובות לשאלות בעמוד 107

1. הגורמים: ערך בריאותי – מידת הסיכון לבריאות הגוף, מקור כניסת החומר למים ועד כמה הוא ניתן לשליטה ולוויסות כדי שמי השתייה יהיו בתקן הנדרש, רמת התקינה העולמית עבור החומר. דוגמאות: כלוריד, ברזל,
2. בגופי תקינה בעולם הצטבר ידע רב על השפעת מזהמים שונים על הסביבה ועל בריאות האדם. חלק מידע זה כלל אינו קיים בארץ. לכן יש מקום לשימוש בידע ולבדיקת התאמתו לארץ בהתייחס למציאות ולעלות מול תועלת.

הערה: קביעת ערכי חנקות בארץ גבוה מהערך הנהוג באירופה ובארצות הברית, כיוון שהמים בארץ, בעיקר באקוויפר החוף, מכילים ריכוזי חנקות גבוהים מאלה שבאירופה או במקומות אחרים. מניחים שגם בריכוז כזה לא יגרם נזק לצרכן.

התקינה בעולם מספקת את המידע הבא:

א. טווח הערכים בו יכול לנוע התקן- מציגה סף תחתון שאין צורך לרדת ממנו וסף עליון שאסור לחרוג ממנו.

ב. מידת ההחמרה הקיימת במקומות שונים בעולם ביחס למזהם – יש הבדלים במדינות שונות במידת ההחמרה שלהן ביחס לתקנים. מידת ההחמרה נובעת גם מתנאי הסביבה במדינה (מהו הריכוז ההתחלתי של החומר במים) ומהיכולת הכלכלית של המדינה לעמוד ברמת התקן הנקבעת.

יכולת כלכלית היא מדד חשוב, אין טעם לקבוע תקן שאי אפשר לעמוד בו.

3. הסיבה לשינויים: ידע מדעי ורפואי חדש או מפורט יותר המצריך התייחסות זהירה יותר לחומרים מזהמים. צורך בהתייחסות לחומרים חדשים שהתגלו במים, תקנים מקלים שגרמו לנזקים ולמחלות, טכנולוגיה חדשה שנכנסה לשוק ומאפשרת יישום תקנים מחמירים יותר לטובת בריאות הסביבה והאדם.

הצעה לפעילות

ערכו הדמייה של ישיבת ועדה לקביעת ערכי תקן לחומר כלשהו העלול לזהם את המים, לדוגמה הוספת פלואור למים. החליטו מיהם חברי הוועדה ומי המוזמנים לוועדה כאורחים מומחים. בחרו חומר מהטבלה (או חומר אחר שאינו מופיע בטבלה), אספו מידע על סיכונים בריאותיים של החומר בריכוזים שונים, מקור החומר במים, תקינה מהעולם. נהלו דיון כולל כתיבת פרוטוקול והצעה לתקן.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: ריכוז חנקות מרבי במי שתייה בעמוד 107

2. הסברים אפשריים להסתייגות ארגוני הסביבה:

א. ערך התקן נותר גבוה ורחוק מהתקן האירופאי.

ב. הסיבה להשארת הערך על 70 מג״ל היא כלכלית. ריכוזי החנקות בארץ גבוהים וכדי להוריד אותם לערך של 50 מג״ל נדרשת השקעה כספית גבוהה. לדעת ארגוני הסביבה העובדה כי שיקול כלכלי גבר על שיקול אחר יוצרת פתח לשימוש לרעה גם במקרים אחרים בהם יהיה קשה להצדיק כלכלית את השיקול הסביבתי.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: חיטוי מי שתייה בארץ בעמוד 108

1. החיטוי בכלור נועד לנקות את המים מאורגניזמים הנמצאים בהם. אורגניזמים הנמצאים במקור המים בכמות מותרת עלולים להתרבות עד כדי יצירת סיכון בהמשך הזרמת המים במערכת. בצנרת המים מתפתחת לרוב, אוכלוסייה של מיקרואורגניזמים שעלולה ליצור גורם סיכון ולכן יש צורך בחומר חיטוי במים שימנע תופעה זו.

   חומר חיטוי נועד למניעת סיכון כתוצאה מתקלות כמו זרימה מעטה של שפכים גולמיים למאגר או לצנרת המים.
2. הכלור אמנם הורג אורגניזמים אבל מגיב עם חומרים אחרים במים ויוצר תרכובות לוואי שעלולות להיות מסוכנות.
3. יש שימוש בשיטות אחרות, אבל לכל שיטה החסרונות שלה: ברום הוא ממשפחת ההלוגנים בדומה לכלור ופעולת החיטוי שלו היא בעלת עוצמה, אבל התגובתיות הכימית שלו גבוהה יותר. לשיטות אחרות אין אפקט של חיטוי שאריתי.
4. הצעות שונות של שילוב מספר שיטות: אוזון או קרינת UV במקור המים ותוספת כלור שאריתי לצנרת מפחיתים את השימוש בכלור.

פרק 2
התמודדות עם בעיית המחסור במים

מאגר ניר עם, ד"ר אבישי טייכר ויקיפדיה

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: סכר שלושת הערוצים בסין בעמוד 119

1 א. נימוקים לכל קבוצה:

תושבים – פינוי מהיישובים שרבים מהם קיימים מזה דורות רבים, ניתוק ממקור פרנסה ועתיד לא ברור. הפיצוי שמציעים לא מספיק ולא מובטח. כיסוי אתרים היסטוריים ודתיים פגוע בתרבות ובמסורת.

ארגונים חברתיים – לאוכלוסייה לא הייתה אפשרות להתנגד ולהציע חלופות.

גיאולוגים ואנשי קרקע – כמות המים במאגר יוצרת עומס גדול על הקרקע. יש סכנה של תזוזות שיגרמו לסדקים בסכר ואז עלול להתרחש אסון.

מומחים שונים – סכנות גדולות כאשר יקרה נזק לסכר. לתושבים אין הגנה מפני פריצת הסכר ויכולות להיות הצפות הרסניות כפי שארע בניו אורלינס בשנת 2005 – סופת ההוריקן קתרינה גרמה להרס סכרים וסוללות העפר והביאה להצפת העיר מהחמורות בתולדותיה. בספטמבר 2013 עדיין מורגשת השפעתה של הסופה על העיר ועל המרקם האנושי שלה.

אין ודאות מוחלטת לגבי יכולת יצירת החשמל שלו שאכן תתממש.

אקולוגים – שינויים סביבתיים גדולים: אצירת מים ויצירת מאגר גדול של מים עומדים במקום שלא היה קודם לכן, מביאים ליצירת מרכיב נוף חדש ומשמעותי בגודלו, שינוי במשטר הזרימה במורד הנהר המשפיע על בתי הגידול בגדות ובשפך הנהר. היעדר טין טבעי יביא לשינוי בעוצמת הזרימה של המים ולכרסום הגדות. רוחב האפיק גדל (סירות גדולות יכולות לעבור) הצפת שטחים מביאה לשינוי נופי ולשינוי בבתי גידול.

ב. אפשרות אחרת: סכרים קטנים מקומיים שתפקידם העיקרי הוא וויסות הזרימה בתקופת הגאות (לא אגירה רבתי), שיספקו חשמל בהיקפים קטנים יותר.

ג. ממשלת סין – 1. ראייה על אזורית של פיתוח ודרישה עתידית לחשמל. 2. זוהי הפגנת משילות, הפגנת כוחו של השלטון ויכולתו להוציא לפועל פרוייקטים של תשתית עצומי מימדים.

ד. הבנק העולמי – הסכר לא עומד בקריטריונים של תכנון בר-קיימא: בהקמת הסכר נלקחו בחשבון שיקולים כלכליים של הפקת חשמל. לא הופעלו שיקולים חברתיים וסביבתיים.

ממדי הסכר יוצרים השפעה סביבתית חריפה שרובה עדיין לא ידוע. היה עדיף ליצור סדרת סכרים קטנים. גם פינוי כמות אוכלוסייה גדולה כל כך אינו עונה על כללי פיתוח בר קיימא.

2. סכר ג'יראו – דיון פתוח, תלמידים יכולים להסתמך על הטקסט הכללי שבספר או לחפש נתונים על האזור ועל הפרוייקט.

3. סכר ג'יב: שחרור המים באופן שידמה שיטפונות מחקה את המהלך הטבעי של המערכת. זוהי דרך לשמור על המערכת הטבעית. הבעיה היא כמות המים שתשוחרר והאם פתרון זה ייושם לאורך זמן באזור הזקוק למים.

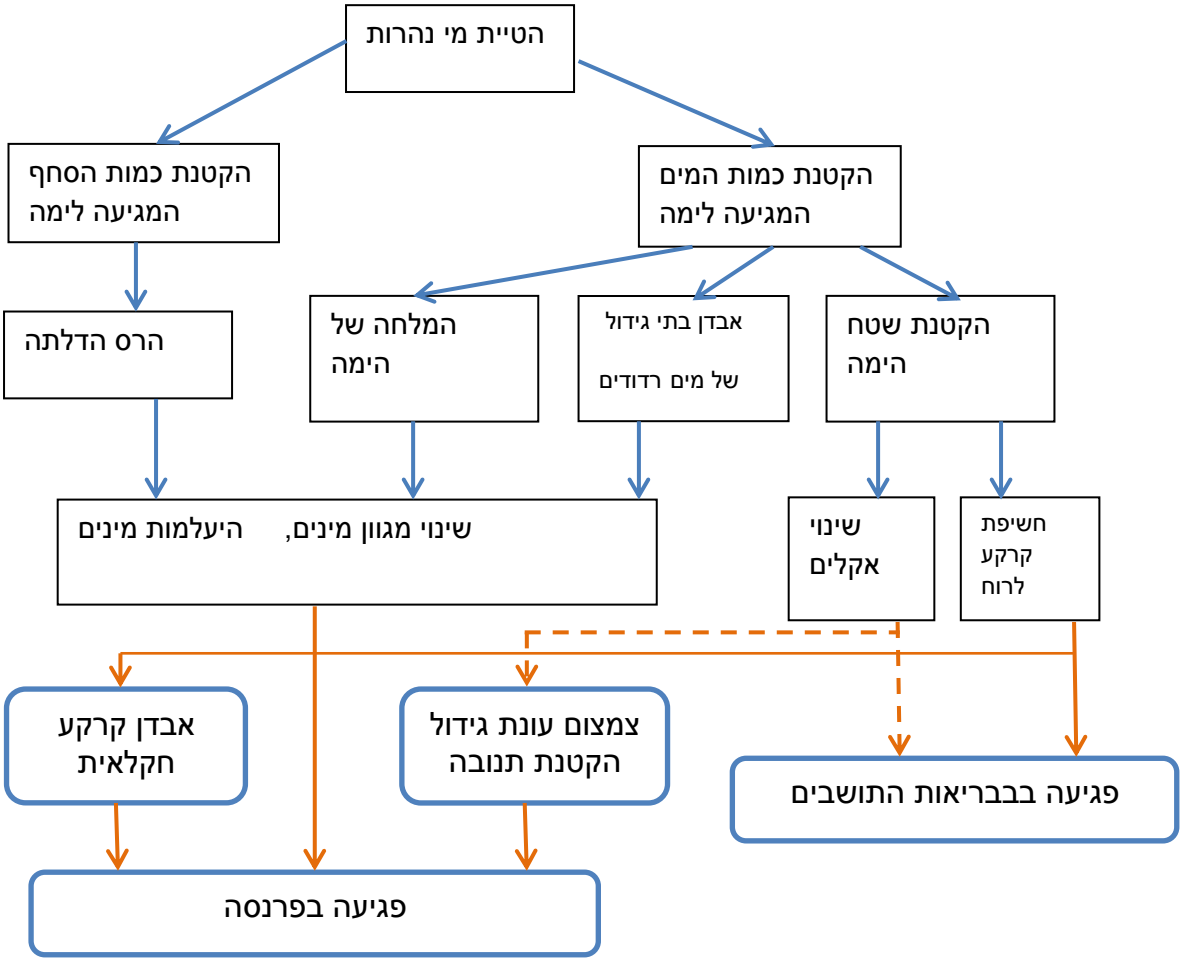
הטיית מי נהרות כפתרון למחסור במים

תשובה לשאלה בעמוד 119

הטיית מי נהרות מעבירה מים ממקום למקום. היא מגדילה את כמות המים הזמינים ברמה מקומית או אזורית. במקרה של ישראל - גם ברמה ארצית. הטיית מי נהרות לא משפיעה על כמות המים המתוקים העולמית הזמינים לשימוש האדם (גרף 2 וטבלה 1.)

תשובות לשאלות בפינת העשרה: סיפורה של ימת אראל בעמוד 121

1. כותנה אינה גידול מתאים לאזור כיוון שהיא צורכת כמויות מים גדולות שהובאו מהנהרות וגרמו להרס הימה. הסיבה לגידול היא חשיבה כלכלית בלבד – כותנה הייתה בשנות ה-20 עד שנות ה-80 של המאה ה-20 גידול רווחי וברית המועצות רצתה להשיג שליטה בשוק הכותנה. הגידול רווחי אם לא לוקחים בחשבון את המחיר הסביבתי.
למחיר הסביבתי יש מחיר כלכלי של אובדן מקורות פרנסה אחרים ומחיר חברתי כבד.
2. נזק ישיר מהטית מי הנהרות:



3. נזק עקיף: אובדן ענפי פרנסה- צמצום הדיג, אובדן קרקע חקלאית, צמצום עונת הגידול, הקטנת תנובה חקלאית. זיהום מים וזיהום אוויר בחומרי הדברה הביאה לנזקים בריאותיים.
תרשים זרימה של נזקים עקיפים של הטיית הנהרות קווים כתומים ומשבצות מעוגלות בתרשים לעיל.

4. החלטת הרשויות היא שהובילה להיעלמותה של ימת ארל. לרשויות תפקיד חשוב בקביעת מדיניות של שימוש במים, בהחלטה על הקמת מפעלים להטיית מים מתוך ראייה כוללת של הסביבה בהווה ובעתיד.

הרחבה

חפירת מערכת תעלות ההשקיה החלה בשנות ה-30 של המאה ה-20. הן נחפרו במהירות ובלי אמצעים מתאימים להגנה מפני חלחול והתאדות.

בתעלת קרה קום, הגדולה ביותר במרכז אסיה,אבדו לפי הערכות בין 30% ל-70% מהמים שזרמו בתעלה. גם כיום רק 12% מתעלות המים של אוזבקיסטן מוגנות מפני איבוד מים.

לאחר שנות ה-80 של המאה ה-20 היו באזור כמה שנות בצורת רצופות שגרמו שינויים מפליגים בימה: רמת המליחות בימה עלתה פי 3, שטח הימה הצטמצם ב- 54% ונפח המים בה ירד ב-69%. כתוצאה מכך ירד מפלס מי התהום. עם הגברת הטיית המים הנהרות עצמם הפכו לזרזיפים.

העלייה הגבוהה בריכוז המלח במי הימה פגעה בדגים שחיו בימה. נפגע גם ענף הדיג באזור שסיפק תעסוקה ל-60,000 איש. שתי ערי דיג מרכזיות מוקפות עתה מדבר שמפוזרות בו סירות דיג נטושות וספינות גדולות מחלידות במרחק של יותר מ-70 ק״מ מקו המים.

זיהום האוויר וזיהום המים ממלח ומקוטלי חרקים, השפיעו על בריאות התושבים באזור. נרשמה עלייה במספר המקרים של מחלות עיניים מחלות בדרכי הנשימה, אנמיה בקרב תינוקות. תושבי אזור קרקלפקיה (Karakalpakia) בדרום הימה בסמוך לשפך נהר אמו, סבלו במיוחד. כמעט כל האזור הומלח וסובל ממחסור במים והמים שיש מזוהמים במתכות כבדות, מלח וחומרים רעילים אחרים כמו DDT. במהלך שנות ה-80 של המאה ה-20 גדל מאוד אחוז התמותה בקרב הילדים והיולדות ונרשמה עלייה בתחלואת מעיים. בין השנים 1980 ל-1993 הייתה עלייה של פי 30-40 בתחלואה במחלות כליות וכבד, עלייה פי 60 במחלות כלי דם ועלייה פי 30 במחלות כרוניות של דרכי הנשימה.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: המפעל להטיית שלושה הנהרות בסין בעמוד 122

.1

קריטריון	**הטיית שלושת הנהרות**	**סכר על נהר היאנג צ׳ה**
מטרת המיזם	אספקת מים לצפון ובמיוחד לעיר הבירה בייג׳ינג	ריסון מי הנהר בשעת גאות, אספקת חשמל
ממדים	גדולים	גדולים מאוד
השפעות על אוכלוסייה הפסד (נזק) **תועלת**	פינוי מאות אלפי תושבים, שיבוש בתנועת ספינות בנהר בעיות פוליטיות (התנגשות עם טיבטים), אספקת מים לתושבי בייג׳ינג	פינוי 1.5 מיליון תושבים כיסוי אתרים היסטוריים (דתיים?) אספקת חשמל לאזורים כפריים יצירת אפיק שיט לספינות גדולות
השפעות על הסביבה	שינוי הנוף – יצירת תעלות חדשות, ייבוש אפיק קיים	שינוי נוף: יצירת אגם מים עומס המים במאגר על הקרקע יוצר

	ירידת מפלס מי תהום, חשש לפגיעה בדגה	רעידות אדמה מקומיות
מימד אי ודאות	כמות המים הזורמת בנהרות - המיזם נשען על כמות מים בשנות שיא. שנות בצורת הביאו להפחתה גדולה בכמות המים.	עוצמת ההשפעות הסביבתיות, כמות החשמל שאפשר להפיק - האם יוכל לייצר את הכמות המתוכננת?
השגת המטרה	חלקית, ממד אי הוודאות משפיע לרעה.	חלקית, הסכר לא פועל במלוא היכולת.

2. הדמיון בין המיזמים: גודלם השאפתני, פינוי תושבים, השפעה על הנוף ועל המערכת האקולוגית.

השונה בין המיזמים: מטרות המיזמים, במיזם הטיית מים מתעוררות בעיות פוליטיות, ממד אי הוודאות מעמיד בסימן שאלה את הצלחת המיזם. במיזם הסכר נוצרו בעיות של מים עומדים במאגר, רעידות אדמה.

3. כדי לממש מיזם בסדר גודל זה נדרשת החלטה ממשלתית והכפפת מנגנונים ממשלתיים לביצועה (יש שיגידו חזון, ראייה עתידית או מגלומניה של השליטים), מציאת מימון והתגברות על התנגדויות. בעת הביצוע נדרש תכנון קפדני של סדר הפעולות ושל הכמויות החומרים, איכות גבוהה של ביצוע, דיוק רב בביצוע בשטח, עמידה בלוח זמנים, בדיקת חוזק הבנייה במהלך כל הבנייה.

כדי לתפעל מיזם כזה יש צורך בתחזוקה מתמדת של המבנים (איתור פגמים וסדקים, ניקוי מסננים וכו'), ניטור סביבתי, קבלת מידע שוטף על כמויות מים הזורמות ובנהר וצפויות לזרום בו (סכנת שטפונות) ושיביא תועלת לתושבים.

הצעה לפעילות נוספת:

קראו שנית את המידע על מיזם הנהר העצום בלוב בעמ' 59, ועל ייבוש החולה בארץ בעמ' 78. וענו על שאלות 1-3 על כל אחד מהם.

המפעל להטיית מים בישראל – המוביל הארצי

הערה לעמוד 122

בהקמת המוביל הארצי צריך היה להתמודד גם עם בעיות ביטחוניות, עקב החשש לפיגועים חבלניים במערכות המוביל. לכן נבנו תחנות השאיבה בבטן האדמה והוקמו סיפונים כפתרון לחציית הנחלים, ולא צינור על גשר.

תשובות לשאלות בעמוד 123

1. בעיה מספר 1 – צורך באספקת מים לאזורים הסובלים מחסור, בדרום מישור החוף ובדרום הארץ. המוביל הארצי מעביר מים מאזורים עשירים במים לאזורים עניים במים.

בעיה מספר 2 – ויסות כמות המים בין שנים גשומות לשנים שחונות. המוביל הארצי מאפשר להעביר מים מהכנרת או מאקוויפר עשיר במים לאקוויפרים (בעיקר אקוויפר החוף) היכולים לשמש כמאגרים לשנים שחונות.

2. היבט של אספקת מים – מערכת ארצית יעילה יותר בוויסות כמות המים בין מקורות מים לריכוזים גדולים של צרכנים. מאפשרת גמישות באספקת מים ומענה במקרה של תקלות באזורים שהיו בהם מערכות מקומיות. יעילה בשמירה על איכות המים לכל המשתמשים.
היבט של צריכת מים – משנה את מאזן המים המקומי ומעוותת את צריכת המים כיוון שמציעה יותר מים לצרכן מהכמות העומדת לרשותו במקור.
היבטים סביבתיים – מאפשרת שימוש במים במקומות בהם יש מחסור ויוצרת אי התאמה בין מצאי המים הטבעי לפיתוח כלכלי, בעיקר פיתוח חקלאי.
3. פתרונות לאספקת מים כמו טיהור שפכים והתפלה נותנים מענה לדרישה למים באזורים בהם ריכוזי אוכלוסייה גדולים כמו באזור מישור החוף. כיום מים אלו משולבים במערכת הארצית, אבל סביר להניח כי אם היו ישימים בתקופה בה הקימו את המוביל הארצי, לא היה צורך בהקמתו.

הצעה לסיור – מרכזי המבקרים של מקורות

מרכזי המבקרים פזורים ברחבי הארץ ופתוחים לקבוצות מאורגנות בתאום מראש וללא תשלום.
הביקורים כוללים הרצאה, הדרכה, סרט וסיור.
מרכזי המבקרים: אתר ספיר בכנרת, אתר אשכול בבקעת נטופה, מעיינות הירקון בראש העין, דיזל חולדה-ירושלים (בין חולדה למזכרת בתיה), תחנת שמחה בנגב המערבי.
למידע ותיאום סיורים באתר מקורות, מידע- מרכזי מבקרים

http://www.mekorot.co.il/Heb/InfoCenter/visitorscenter/Pages/default.aspx

איגום מי שיטפונות

איגום מי שיטפונות בארץ

תשובות לשאלות בדילמה: מאגרי שיטפונות בערבה או מים לכיכר סדום בעמוד 125

האגירה מוסיפה עד 7 מלמ"ק בשנה גשומה. בשנה שכמות המשקעים בה ממוצעת, הכמות קטנה יותר. ממד אי הוודאות בכמות המים הנאגרת גדול מאוד וקשה להסתמך על מים אלה בתכנון חקלאי (איזה גידולים כדאי לגדל).
ללא המאגרים היו המים מחלחלים למי התהום ומעשירים אותם. חלקם היה נשאב בקידוחים לשימוש תושבי האזור וחלקם היה זורם בתת הקרקע לכיוון ים המלח. כיוון שכמעט כל כמות המים נתפסת ולא מחלחלת הרי שכל כמות מעבר לזו שהייתה נשאבת, מהווה תוספת מים לאזור.
המליחה היא נוף ייחודי מקומי ועולמי כיוון שיש בה מינים אנדמיים ומינים בסכנת הכחדה כמו התחמס הנובי (עוף קטן פעיל לילה).
השאלה היא האם זכות החקלאות למים גוברת על זכות הטבע. האם נכון לבסס יישובים על חקלאות בככר סדום?
בשיטפון (ללא תפיסת המים למאגר) חלק מהמים מחלחל בדרך ולא מגיע למליחה. הממוצע הרב שנתי של מים בסדום היה בתחילת שנות ה-90' כ-50 מ"מ ומאז הוא יורד אל מתחת ל-40 מ"מ עד היום. המגמה מראה יציבות בכמות הגשם עד ראשית שנות ה-90, ולאחריהן יש מגמת ירידה של יותר מ-20% בכמות השנתית. הירידה משפיעה על כמות הנגר העילי באזור.

תשובה לשאלה בפינת העשרה: מפעל נחל הבשור בעמוד 125

הבעיות הן: פער גדול במספר השיטפונות בין שנה לשנה היוצר ממד אי ודאות גדול לגבי כמות המים שתגיע למאגר ותעמוד לרשות החקלאים. עובדה זו מקשה להסתמך על מי השיטפונות כמקור מים אמין. מאגרים עומדים ריקים ממי נגר עילי בעונות היובש (הפתרון הוא מילוי המאגרים במי קולחים מהשפד"ן). מילוי המאגרים בקולחים עלול לסכן את המערכת האקולוגית בנחל במקרה של תקלה (גלישת קולחים לנחל).

המערכת הטבעית של הנחל מותאמת ל"חיים" עם השיטפונות ויש להם תפקיד בניקוי הערוץ ובהעשרת מי התהום באזור. הפניית מי שיטפונות מתוך הנחל לשימושים מחוץ לאפיק מקטינה את אספקת מים למערכת ומשפיעה על החיים בה.

ניצול מי נגר עירוניים

טיוב בארות

תשובה לשאלה בפינת העשרה: טיוב בארות בעמוד 127

הבעיה: כדי לטייב באר בודקים אילו חומרים מזהמים מצויים בה ואפשר להרחיקם באמצעות קרומים. אם מופיע חומר שאין קרום מתאים שיכול לסנן אותו, תהליך הטיוב לא יעיל. הבאר נשארת לא ראויה לשימוש. בעיה זו מפחיתה את יעילות הפתרון ואת מידת הכדאיות להשתמש בו.

הרחבה

בשטחי תע"ש ברמת השרון החלו לטייב בארות על פי החומרים המזהמים שנמצאו במקום. במהלך הטיוב הופיע החומר, "פרכלורט," שלא אותר קודם לכן. צריך היה לבצע מחדש את תהליך הטיוב באמצעות קרום מתאים או למצוא פתרון אחר כדי לסלק את החומר מהמים כדי שהטיוב לא ירד לטימיון.

הגדלת כמות המשקעים על ידי זריעת עננים

תשובה לשאלה בעמוד 128

זריעת עננים גורמת להתלכדות טיפות מים זעירות והפיכתן לטיפות גשם. כך הן לא מתאדות במסען אלא יורדות כגשם במקום בו הענן עדיין עשיר בטיפות מים.

התפלת מים

הרחבה

יש שתי טכנולוגיות נוספות לזיקוק המים: זיקוק רב שלבי (Multi Effect Distillation - MED) וזיקוק דחיסת אדים (Vapor Compression – VC). השימוש בזיקוק רב שלבי נפוץ במידה דומה לשימוש בפריצה רב הדרגתית.

זיקוק באמצעות אדים

תשובות לשאלות בעמוד 130

1. כמות האנרגיה שיש להשקיע כדי לאדות את המים אינה מושפעת מכמות המלחים בתמיסה אלא מכמות המים. כמו כן משתנה טמפרטורת הרתיחה מתא לתא בגלל הבדלים בלחץ אוויר השורר בהם.
2. התהליך צורך אנרגיה רבה ומאפשרת לקבל ליטר אחד לערך של מים מותפלים מכל 4 ליטר של מים מליחים. כמות גדולה של חום אובדת בתהליך והוא אינו יעיל מבחינה אנרגטית.

הפרדה בעזרת קרומים מלאכותיים – הטכנולוגייה של אוסמוזה הפוכה

תשובות לשאלות בעמוד 131

1. פריצה באידוי צורכת אנרגיה רבה כדי לשנות את מצב הצבירה של המים, אינה רגישה למזהמים ולריכוזים גבוהים של מלחים, תפוקה רבה יחסית. אוסמוזה הפוכה צורכת אנרגיה מועטה, רגישה למזהמים ולריכוזים גבוהים של מלחים, דורשת טיפול קדם במים.
2. א. כדי להתפיל מים **מליחים** בקרבת חוף ים או אגם ניתן להשתמש באוסמוזה הפוכה או בפריצה רב הדרגתית.

   ב. כדי להתפיל מים **מליחים** באזור יבשתי עדיף להשתמש בשיטת אוסמוזה הפוכה כיוון שריכוזי המלחים אינם מצריכים השקעת אנרגיה באופן שיגרום להתפלה להיות לא כדאית.

התפלת מים – יתרונות וחסרונות

הרחבה

הפתרון למחסור ביונים במים המותפלים הוא העשרתם במינרלים החסרים. כדי ליצור איזון נכון בין כמויות המינרלים, מעבירים את מי הים דרך עמודה המכילה חומר הקושר יוני מגנזיום. מים מותפלים מעבירים תחילה דרך חצץ המכיל קלציט. מקצת הקלציט מתמוסס ומעשיר את המים ביוני סידן. מעבירים את המים האלה דרך העמודה שמכילה יוני מגנזיום. חלק מיוני הסידן נקשרים לעמודה במקום יוני המגנזיום המשתחררים למים המותפלים. מתקבלים מים המכילים יוני סידן ויוני מגנזיום.

תשובות לשאלות בעמוד 134

1. עלויות ישירות: עלות האנרגיה להפעלתו, עלות הטיפול המקדים, עלות סילוק הפסולת מטיפול מקדים, עלות חומרים לניקוי הקרומים, עלות סילוק תמלחת (צנרת נדרשת או הובלה במשאית), עלות משכורות העובדים.
2. עלויות סביבתיות: עלות השטח הפתוח הנתפס לצורך הקמת המתקן ונגרע מהציבור, עלות טיפול בהשפעות התמלחת על הסביבה הימית, עלות מניעת זיהום אוויר כתוצאה משימוש באנרגיה על בסיס דלק פוסילי, עלות הוספת מינרלים למים כדוגמת סידן ומגנזיום.

3. לא, צריך להמשיך לחסוך במים. נימוק אפשרי. חיסכון במים הוא תוצאה של צריכה נבונה של משאבי טבע. של גישת הקיימות. אם נמשיך לחיות באופן בו התנהלנו עד כה, מתקני ההתפלה לא יצליחו לספק את הביקוש למים ובעיית המחסור תיווצר מחדש.

התפלת מים בעולם

תשובה לשאלה בעמוד 135

לצד היתרון יש גם חיסרון: היתרון הוא הגדלת כמות המים ופתרון לבעיית המחסור במים. החסרון הוא: עלויות התפלה גבוהות בגלל השקעת אנרגיה, תוצרי ההתפלה (תמלחות) והיעדר חינוך לחיסכון במים. כדי למנוע צריכה לא אחראית, צריך לבצע הסברה ולנקוט בצעדי אכיפה.

הרחבה

ריכוזי הכלוריד הנמוכים נובעים גם מהדרישת המחמירות של רשות המים לגבי ריכוזי בורון במים המותפלים – 0.3 מג"ל, כדי למנוע עלייה בריכוז הבורון בקולחים העירוניים לרמה מעל ל-0.7 מג"ל, שאינה מאפשרת שימוש בקולחים לגידולים חקלאיים רבים. הצורך להתאים את מתקני האוסמוזה ההפוכה להשיג את רמת הבורון הנדרשת גורמת לסלוק רוב יוני הכלוריד יחד עם יוני הבורון.

תשובות לשאלות בעמוד 136

1. הסבר: אקוויפר החוף סובל מעלייה במליחות. מים במליחות של תקני שתייה יוצרים שפכים במליחות גבוהה שגם לאחר טיהור נשארים במליחות גבוהה. שימוש בהם להשקייה כמקובל, באקוויפר החוף יוסיף מלחים למי האקוויפר ויגרום לעליה לא רצויה במליחות האקוויפר.
2. יתרון: המיהול יוצר מים באיכות טובה יותר בכל הפרמטרים ובכל המערכת הארצית.
מליחות – ראו תשובה 1.
קשיות – ריכוז נמוך של סידן מקטין את היווצרות אבנית בצנרת ההובלה ועל מתקנים לחימום מים ומאריך את חיי המתקנים והצינורות.
3. בהחלט כן. הצרכנים העירוניים מייצרים כמויות שפכים גדולות ומשתמשים במתקנים לחימום מים. אספקת מים באיכות מי התפלה ללא מיהול הייתה תורמת להם לשמירה על מכשירי חימום המים, מפחיתה שימוש במרככי מים למיניהם ויוצרת שפכים במליחות נמוכה מאוד.
4. לשימוש במים מותפלים בחקלאות יש שני חסרונות:
   א. עלותם גבוהה יחסית.
   ב. במים מותפלים חסרים מינרלים הדרושים לצמחים והוספתם מייקרת את מחיר המים.
   למרות חסרונות אלה נעשה שימוש בחקלאות במים מליחים שהותפלו. עלות ההתפלה של מי ים גבוהה יותר.

השבת מים – מיחזור מים וטיהור שפכים

מיחזור מים בשימושים ביתיים

שיטות שונות למיחזור מים אפורים

סינון מים

זהו טיהור בסיסי. מרכזים את המים במכל אגירה, מבצעים סינון גס ואחר כך סינון עדין יותר דרך מצע של חול וחצץ. המצע מכיל חיידקים המצבעים פירוק ביולוגי. אפשר להשתמש במים אפורים ישירות להדחת אסלות. במקרה זה מותר לאגור אותם ל-24 שעות בלבד.

טיהור ביולוגי – שיטת אגנים ירוקים

מעבירים את המים לברכות קטנות או למכלי אגירה עם מצע חול וחצץ. המים עוברים טיהור בתהליכים של פירוק על ידי חיידקים וספיחה על ידי שורשי הצמחים. המערכת פועלת בדומה לתהליכים המתרחשים בטבע בביצות ובגדות נהר. (להרחבה ראו טיהור שפכים בשיטת אגנים ירוקים) מים אלה יכולים לשמש להשקיית גינות.

הרחבה

במחקר חדש, שנמשך כמעט שנתיים, עקבו החוקרים אחר 20 בתים בהם הותקן מתקן הנקרא "אגן ירוק מסוחרר אנכית" לטיפול במים אפורים בבתים. המים האפורים מגיעים למתקן מכיורי רחצה, מאמבטיות וממכונות כביסה, לאחר טיהור הם משמשים להשקיית גינות פרטיות. המתקן מורכב משני מכלי פלסטיק שאחד מהם משמש לטיהור המים והאחר לאגירתם. המתקנים עשויים כך שבכל מקרה של תקלה, המים בתוכם גולשים לביוב המרכזי ולא לקרקע ולסביבה. ניתן לעשות שימוש באמצעי חיטוי שונים במתקנים אלו.

ממצאי המחקר מורים שברוב המכריע של הבדיקות, איכות המים שנאגרו ושימשו להשקיה לאחר הטיפול הייתה גבוהה מאוד. נבדקו בין השאר מדדים כמו עכירות, כמות חומרים מוצקים וריכוז חיידקים, שירד עקב השימוש באמצעי חיטוי, ובהם טבליות כלור וקרינה על-סגולה. כפי שצפו המומחים, מתקן הטיפול סיפק 100-120 ליטרים מים ביום לגינות.

המחקר נעשה על ידי פרופ' עמית גרוס ממכון צוקרברג לחקר המים באוניברסיטת בן גוריון, שהיה שותף לפיתוח המתקן לטיהור מים אפורים, ופרופ' ערן פרידלר מהפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית בטכניון.

טיהור שפכים

תשובות לשאלות בעמוד 139

1. שפכים ביתיים מכילים שאריות של דטרגנטים חלשים, שמנים מן המטבח, חיידקים פתוגניים, חנקות וזרחות. שפכים תעשייתיים מכילים חומרים אורגניים, חומרים מסוכנים מסוגים שונים (מתכות, חומרי הדברה, חומרים פרמקולוגיים), חומרים קורוזיביים, שפכים של תעשיית המזון מכילים חומר אורגני רב. השפכים נבדלים זה מזה בהרכבם, בעומס האורגני שיש בהם. וגם בטיפול הנדרש לפני הגעתם למערכת הביוב העירונית. מפעלים נדרשים בדרך כלל לבצע טיפול קדם בשפכיהם בהתאם להרכב השפכים. אם יוזרמו ישירות למערכת הביוב העירונית הם יגרמו לעומסי חומרים שהמערכת לא תוכל להתמודד איתם.

(לדוגמה, מפעל לייצור שמרים ששפכיו עמוסים בחומר אורגני מביא לקריסת המערכת העירונית).

2. ניתוח האיור:

מתקנים בהם מתבצע טיפול קדם – בכניסה למערכת ישנם מגובים לסינון וברכה לשיקוע חול. הפרדה בין בוצה למים מתבצעת באגני השיקוע הראשוני (בוצה ראשונית) והשני (בוצה שניונית). אגן האוורור הוא המקום בו מתבצע עיקר התהליך של פירוק החומר האורגני על ידי החיידקים. החומר האורגני הוא מרכיב עיקרי בשפכים.

תוצרי הטיפול בבוצה: מים – מועברים בחזרה למערכת הטיפול במים, גז – מועבר בתוך המערכת ומשמש לחימום בתהליכי הטיהור של הבוצה, להפקת חשמל לצריכה במפעל הטיהור עצמו ולעתים גם במתקנים אחרים. לעתים מופנה הגז לשרפה בלפיד כדי למנוע הצטברות גז. בוצה – חלקה מועבר לאגני שיקוע כדי להעשיר את מושבת החיידקים, רובה עובר סחיטה, יוצא מהמערכת ומשמש לייצור קומפוסט או שהוא מופנה להטמנה.

תשובות לשאלות בעמוד 140

1. היתרון הוא הפחתת כמות הפסולת על ידי שימוש חוזר. העשרת הקרקע בחומר אורגני בדומה לקומפוסט.
2. סיבות אפשריות: הבוצה עשירה בחומרים מסוכנים לקרקע ולמים שמקורם בחומרי ניקוי ביתיים ובבתי מלאכה כגון דטרגנטים חריפים, מתכות, תרכובת שעדיין לא פורקו וחיידקים פתוגניים.
3. א. הרחקת הבוצה לים גורמת לזיהום הסביבה הימית. הזיהום עלול לחזור לחוף וכדי למנוע אפשרות זו מרחיקים את הבוצה למרחק של לפחות 5 ק"מ מהחוף. שופכים את הבוצה באזור בו עומק המים גדול יותר מעומקם באזור החוף ויש בו זרמי ים שיכולים לערבל ולפזר במהירות את המזהמים המצויים בבוצה. עם זאת ייתכן זיהום השפך במקום בו שופכים את הבוצה לים– לכך אין מענה. הפתרון הזה אינו בטוח מבחינה סביבתית, הוא מתבצע רק בהיתרים זמניים עד שתסתיים הקמתו של מתקן לטיפול בבוצה.

   ב. מניעת המפגע היא על ידי הפיכת הבוצה לחומר גלם לחקלאות ממנו ייצרו קומפוסט או חומר בעירה לשרפה במתקנים ליצירת אנרגיה העומדים בתנאים סביבתיים הנדרשים מהם.

טיפול שניוני

תשובה לשאלות בעמוד 141

1. האוורור דרוש כדי להבטיח אספקת חמצן למערכת. החיידקים המפרקים צורכים חמצן לקיומם.
2. בהיעדר חמצן ייווצרו תנאים אנאירוביים והמערכת לא תוכל לתפקד. השפכים לא יטוהרו וייווצרו מטרדי ריח קשים.
3. שיטת האוורור בכל טכנולוגיה:

אגני חמצון – אגנים לא מקורים, החשיפה לאוויר ולשמש גורמת להתרבות אצות המבצעות פוטוסינתזה - תהליך שבמהלכו משתחרר חמצן למים.

מרבגים ביולוגיים– התזה של המים על אבני חצץ מונעת היווצרות עומס אורגני כיוון שהיא מפזרת את החומר האורגני על פני שטח פנים גדול. כך נוצר מגע טוב בין האוויר המכיל חמצן לחומר האורגני.

בוצה משופעלת – מתבצעת במכל סגור והזרמת החמצן נעשת באופן מכני על ידי מאווררים, מערבלים או מבעבעים.

טיפול בבוצה

תשובה לשאלה בעמוד 141

הטמנת בוצה אינה פתרון נכון בהיבט של ניהול משאבי סביבה:

א. בזבוז של חומר גלם שאינו מנוצל ויכול לשמש כחומר דשן יעיל ולמנוע את הצורך להשתמש בדשן כימי שמגדיל את העלויות.

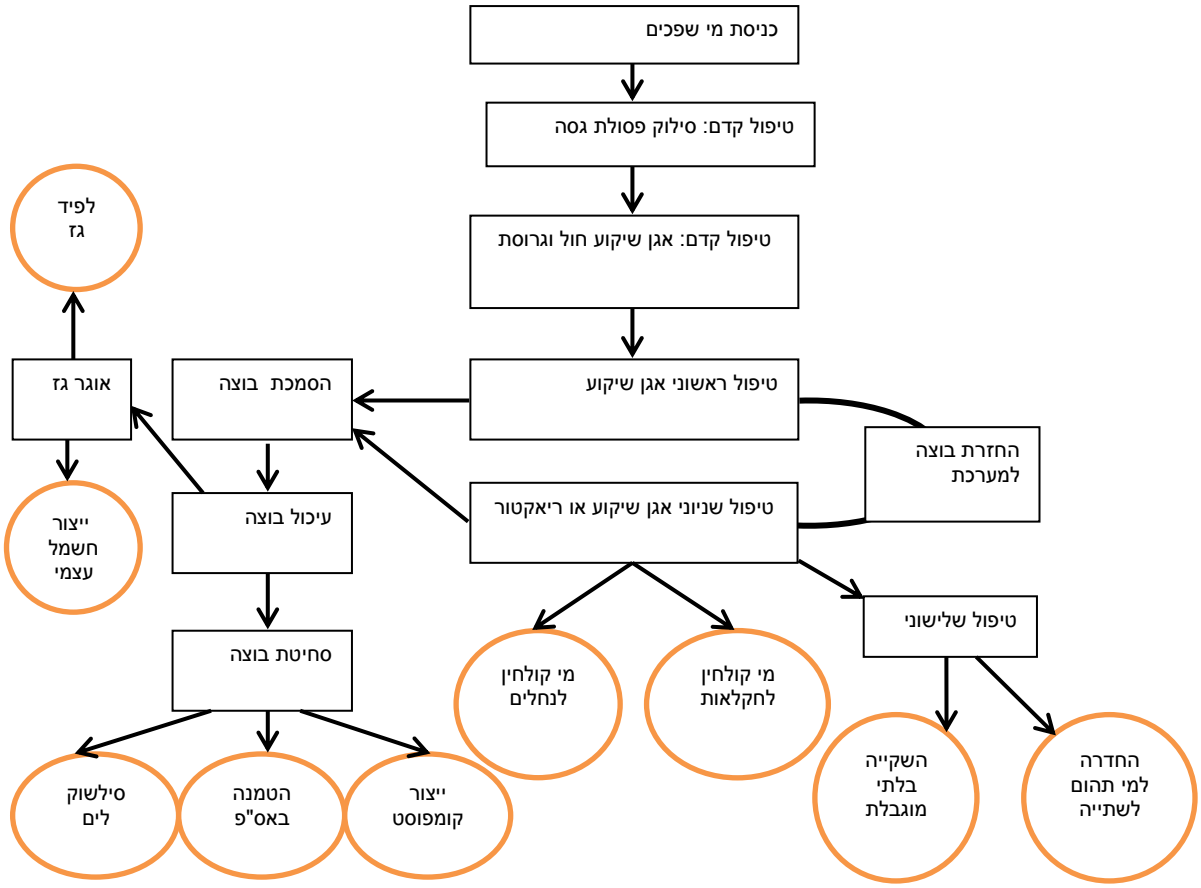
ב. הטמנה באס"פ היא שיטה לא רצויה מבחינה סביבתית לטיפול בפסולת גם בגלל צריכה בזבזנית של משאב הקרקע.

ג. בוצה שמועברת להטמנה צריכה לעבור ייצוב ומיצוק, כך שמושקעת בה אנרגיה רבה שיורדת לטמיון. (בנוסף צורכת הובלת הבוצה לאס"פ שנמצא במקרים רבים ביישוב מרוחק, אנרגיה ותשתיות. ואילו שמפעל קומפוסט הוא לרוב מקומי).

טיפול שלישוני

תשובות לשאלות בעמוד 143

1. במכון לטיהור שפכים מתקבלים 3 תוצרים: מים נקיים המתאימים לשימושים שונים, בוצה המשמשת כדשן, גז מתאן המשמש להפקת חשמל.
2. תרשים טיפול בשפכים (עיגולים כתומים מציינים את אופן השימוש בתוצרי התהליך):



3. טיפול שלישוני מתבצע לאחר טיפול שניוני ואז במקום הזרמה לחקלאות ולנחלים אפשר להעביר את המים לאספקת מים לשתייה.
4. איכות המים המבוקשת וטווח הזמן הנדרש לאספקת המים תקבע את אופן הטיפול השלישוני. כשהדרישה היא לאיכות מים גבוהה יותר ובזמן קצר יותר כך ישתמשו ביותר משיטה אחת.

יש משקל גם לשיקול הכלכלי – עלויות הטיפול. אם העלות יקרה מאוד, המים יטוהרו לאיכות נמוכה יותר ויופנו לשימשו הדורש מים נחותים.

דוגמאות לרצפים אפשריים:

השקעה- ספיחה-טיפול כימי- החדרה לקרקע

השקעה – ספיחה – החדרה לקרקע

טיפול כימי – ספיחה

טיפול כימי- החדרה לקרקע

הערה: במי השפד"ן המטוהרים על ידי החדרה לקרקע משתמשים להשקייה בלתי מוגבלת, מה שמעיד על איכותם הטובה.

הצעה לסיור

במכוני טיהור שפכים רבים ניתן לקיים סיור מודרך עם התלמידים. כדאי לבדוק אפשרות זו עם מכון לטיהור שפכים הקרוב.

למכוני טיהור רבים יש אתרים באינטרנט שניתן להיעזר בהם ולראות את התהליך באופן וירטואלי. למשל: שפד"ן – מרכז מבקרים באזור ראשון לציון, http://igudan.org.il/

אגני טיהור ירוקים Constructed Wetlands

תשובות לשאלות בעמוד 145

1. תהליכים פיזיקליים: שיקוע מוצקים, סינון על ידי חול וחצץ.

תהליכים ביולוגיים: פירוק חומרים על ידי מיקרואורגניזמים, היווצרות מארג מזון.

תהליכים כימיים: יצירת תרכובות ושקיעתן לקרקעית.

2. מגבלות השיטה הם:

שטח הקרקע שהיא דורשת- בטיפול בשפכי עיר שלמה יידרש שטח גדול.

לא מתאימה לטיהור שפכים המכילים חומרים מהתעשייה ומצריכה מתקנים לטיפול קדם כדי לסלק את השפכים התעשייתיים.

מגבלות אלה מאפשרות יישום השיטה בעיר בשכונות מגורים בהם השפכים הם ביתיים או בערים קטנות.

טיהור שפכים בישראל

טיפול בבוצה בישראל

תשובה לשאלות תחת גרף 23 בעמוד 146

השוואה בין השיטות לטיהור שפכים

השיטה **נקודת השוואה**	**אגני חמצון**	**בוצה משופעלת**	**אגני טיהור ירוקים**
שטח נדרש	גדול	קטן	קטן – בינוני קטן
זמן שהייה (בימים)	שבועות	יום	36-10 ימים
איכות קולחים	נמוכה	גבוהה	גבוהה
אחזקה	פשוטה	גבוהה	פשוטה ועלות נמוכה

הרחבה – טבלת השוואה בין שיטות לטיפול בשפכים בישראל

פרמטר/שיטה	אגני חימצון	בוצה משופעלת	אגנים ירוקים
שטח (מ"ר/מק"י)	100	1	100
זמן שהייה (ימים)	150-90	1	4-10
עומס אורגני (kg BOD/day)	8-4	500-300	50-100
איכות הקולחים	נמוכה	גבוהה	גבוהה
עלות הטיפול (א"ג למ"ק שפכים)	5-3	75-50	אפסית
בקרה ושליטה- אחזקה ותפעול התהליך	נמוכה ביותר	גבוהה (מקצועית)	נמוכה ביותר

חיסכון במים וייעול השימוש בהם

ייעול השימוש במים

שימוש יעיל וחיסכון במים בחקלאות

תשובות לשאלות בעמוד 147

1. גידולים אלה צורכים מים רבים ויש הטוענים שמבתצע כאן למעשה ייצוא מים. לפיכך גידולים אלה יהיו אך ורק לשימוש מקומי ואזורי אך לא ליצוא למדינות רחוקות.
2. "צלחת האוכל" במדינות מפותחות היא תוצר של צרכנות לא נכונה סביבתית ושל תרבות שפע. אנחנו אוכלים יותר מדי מזון שלא בעונתו שצריכת האנרגיה שלו גבוהה (גידולי חממה או יבוא מארץ אחרת), מזון מיובא שצרך אנרגיה רבה כדי לשנע אותו ממקום גידולו לצלחת שלנו. גם "טביעת מים" של צלחת אוכל מערבית גבוהה כיוון שהיא מכילה הרבה בשר ומוצרים מן החי. מבחינה סביבתית צלחת האוכל המערבית אינה צלחת מקיימת ולכן אין מקום לשיטות השקיה חסכניות כדי לייצר אותה. יש מקום לשיטות השקיה חסכניות כדי לייצר מזון לעולם ועלינו לשנות את הצלחת שלנו ולעבור לצרוך מזון מקומי ככל שניתן.

שימוש יעיל במים במשקי הבית ובבתי עסק

תשובות לשאלות בעמוד 148

1. קיצור זמן המקלחת, שימוש במקלחת ולא באמבטיה, סגירת ברז בזמן ניקוי ראשוני מלכלוך ובזמן סיבון של כלים כשרוחצים אותה בכיור המטבח, שימוש במדיח כלים כשהוא מלא, הפעלת מכונת כביסה כשהיא מלאה, שטיפת מכונית ביתית ורחבות מרוצפות בבתים בדלי וסמרטוט ולא בצינור, טאטוא לפני שטיפה ובמקום שטיפה.
2. התעשייה התייעלה מאוד בשימוש במים: על ידי בדיקה היכן וכמה ניתן להפחית, על ידי פיתוח מעגלי מיחזור של המים המפחיתים את צריכת המים הראשונית הנכנסת למפעל.

בחירת סוג מים והתאמת איכות המים לשימוש הנדרש, כך נשמרים מים באיכות שתייה לשימושים החייבים איכות זו.

3. מיחזור מים: שטיפת רכב במערכת סגורה, שימוש חוזר בשימוש אחר: הזנת אסלה במי מזגנים.

חיסכון בצריכה: השקייה בטפטפות, ברז עם סגירה אוטומטית.

חינוך והסברה

תשובות לשאלות בעמוד 148

מדשאה היא צרכן מים גדול כיוון שדשא הוא סוג של דגן.

פתרונות לניהול מים ברוח הקיימות עבור גינות ציבוריות וגינות פרטיות:

- ♥ שתילת צמחים מקומיים העמידים לתנאי היובש של הקיץ ואינם זקוקים למנות מים גדולות. יצירת שטחים ירוקים על ידי שיחים וצמצום השימושים במדשאות לאזורי פעילות בלבד. במקום מדשאה אפשר לשתול צמחיה משתרעת.
- ♥ יצירת צבע על ידי שימוש בשיחים בעלי עלים בגננים ובצבעים שונים ולצמצם את שטחי הפרחים העונתיים - פרחים עונתיים דורשים מים רבים בדומה לירקות.
- ♥ השקיה במים אפורים. בגינון ציבורי יש לשים שלטי אזהרה לציבור שהמים אינם לשתייה.
- ♥ ניהול נכון של שעות ההשקיה: לא משקים בשעות החמות כיוון שאז ההתאדות גבוהה.
- ♥ שימוש בשיטות השקיה חסכוניות.
- ♥ יצירת גושי צמחיה בעלי דרישות מים דומות , זה עוזר להשקות נכון את הצמחים ולתת כמות מים גדולה יותר רק לקבוצה שצריכה ולא באופן גורף לכל הגינה.
- ♥ חיפוי הקרקע בחומר אורגני כדי לצמצם את התאדות המים מהקרקע.

נתוני הצריכה מראים על ירידה גדולה בצריכת מים בשנת 2011 לערכים שהיו רק בשנת 1991 שגם אז היה מסע הסברה לחיסכון בגלל בצורת קשה. נכון לכתיבת הספר נתוני צריכה לשנת 2012 הם חודשיים ואין נתון שנתי המאפשר השוואה.

המגזר הביתי הוא צרכן גדול של מים וגודל מגזר זה הולך וגדל. לכן חשוב להשקיע בחיסכון במגזר זה.

עקרונות בניהול משק מים

ניהול משק המים בישראל

הרחבה

רשות המים הוקמה בינואר 2007, כדי לשמש גוף מקצועי בעל ראייה כוללת של צורכי משק המים. לרשות הוענקו סמכויות וכלים ויכולת לנהל בצורה הנכונה והיעילה ביותר את משק המים בישראל ולפקח על ניהולו. בראש רשות המים עומדים מנהל ומועצה. המנהל קיבל לידיו את הסמכויות שהחזיק בהן נציב המים (תפקיד שהיה קיים במנגנון הקודם) עד להקמת הרשות, וסמכויות נוספות. מנהל רשות המים אחראי על ניהול משק המים בהתאם למדיניות הממשלה ובהתאם לכללים שקבעה מועצת הרשות.

במועצת הרשות חברים נציגים של משרדי ממשלה בכירים ונציגי ציבור. מועצת הרשות מוסמכת לקבוע כללים שונים ליישום המדיניות בנושאי מים וביוב, להסדרת משק המים, לביצוע מדיניות הממשלה, לקביעת כללים, תעריפים ותקנים.

המשרד להגנת הסביבה וקרן קיימת לישראל הקימו בשנת 1993 את המנהלה לשיקום נחלי ישראל. במנהלה שותפים גם רשות המים, משרד החקלאות, משרד התיירות - החברה הממשלתית לתיירות, משרד הפנים - המינהל לתכנון, רשות הטבע והגנים ורשויות מקומיות הסמוכות לנחלים המיועדים לשיקום.

תשובות לשאלות בעמוד 151

1. <u>הפקת מים</u>: רשות המים, מקורות, רשויות מקומיות, משרד החקלאות, משרד האוצר

   <u>הובלת מים</u>: מקורות, רשויות מקומיות (כולל תאגידי המים).

   <u>הקצאת מים</u>: רשות המים, משרד האנרגיה והמים, משרד החקלאות, משרד החוץ, רשויות מקומיות.

   <u>איכות מים</u>: משרד הבריאות, משרד להגנת הסביבה, מקורות.

   <u>תמחור ורגולציה</u>: מועצת המים, רשות המים, משרד הפנים, משרד האוצר, ועדת הכספים של הכנסת, משרד החקלאות, משרב האנרגיה והמים.

   ריבוי הגופים המטפלים במים הוא תולדת ההיסטורה של הטיפול במים. בכל פעם הוקם גוף אחר ומשרד אחר וניתנו לו סמכויות. הוא אינו תולדה של תכנון מראש. הדבר הופך את קביעת מדיניות משק המים למסורבלת –צריך לתאם בין גופים רבים ובין אינטרסים שונים שכל גוף מעוניין לשמור. הדבר מקשה על ראייה מערכתית של משק המים. זו הסיבה לדו"ח החמור של מבקר המדינה על כשל בטיפול במים שהביא למחסור חריף בשנת הבצורת ב-2008 ולאישור של מתקני התפלה רבים שלדעת גופים סביבתיים לא התייחסו מספיק להשפעתם על הסביבה.

   נושאים הנמצאים בתחומים שבין הגופים גורמים למצב של "נפילה בין הכסאות". לדוגמה אפשר לבדוק מה חלקו של כל גוף המטפל בשפכים הזורמים בנחל: משרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות והיכן יכולים להיות הכשלים.

2. דיון בהקמת מתקן להתפלת מים:

משרד המים והאנרגיה – אחראי על התפלת מים ועל ניהול משק המים. בידיו נתונים על כמויות מים נדרשות, היקף התפלה נדרש והידרולוגיה של השטח עליו יוקם המתקן.
המשרד להגנת הסביבה – מתקן התפלה הוא מפעל שחלים עליו תנאים סביבתיים בהקמתו ובפעולתו.
משרד הבריאות – קביעת איכות המים הנדרשים מהמתקן.
משרד האוצר – אישור תקציבי של הפרוייקט, אחראי לאישור המכרזים להקמתו ולתפעולו.
משרד החקלאות – אם המים מיועדים גם לשימוש חקלאי או המתקן נמצא בשטח חקלאי.

<u>הרחבה: רשות הניקוז ורשות הנחלים</u>

אחראיות על הסדרת הניקוז של הנחלים בארץ. הטיפול במי נגר (ומי השיטפונות) נמצא בידי רשויות ניקוז. החברים ברשות הניקוז הם נציגי הרשויות המקומיות הנכללות בתחום אחריותה ונציגי ממשלה. יש בארץ 11 רשויות ניקוז עצמאיות ובעלות סמכויות על פי חוק (סטטוטוריות).
כל רשות אחראית על מרחב אגן טבעי שלם, מקו פרשת המים התוחם את האגן - פנימה אל אפיק הנחל המרכזי של האגן. באופן זה מטופל כל המרחב התורם נגר עילי וסחף (ומזהמים) לנחל והנתרם ממנו.
רשויות הניקוז בארץ: ערבה, ים המלח , שקמה-בשור, שורק-לכיש, ירקון, שרון, כרמל, ירדן דרומי, קישון, גליל מערבי וכנרת.

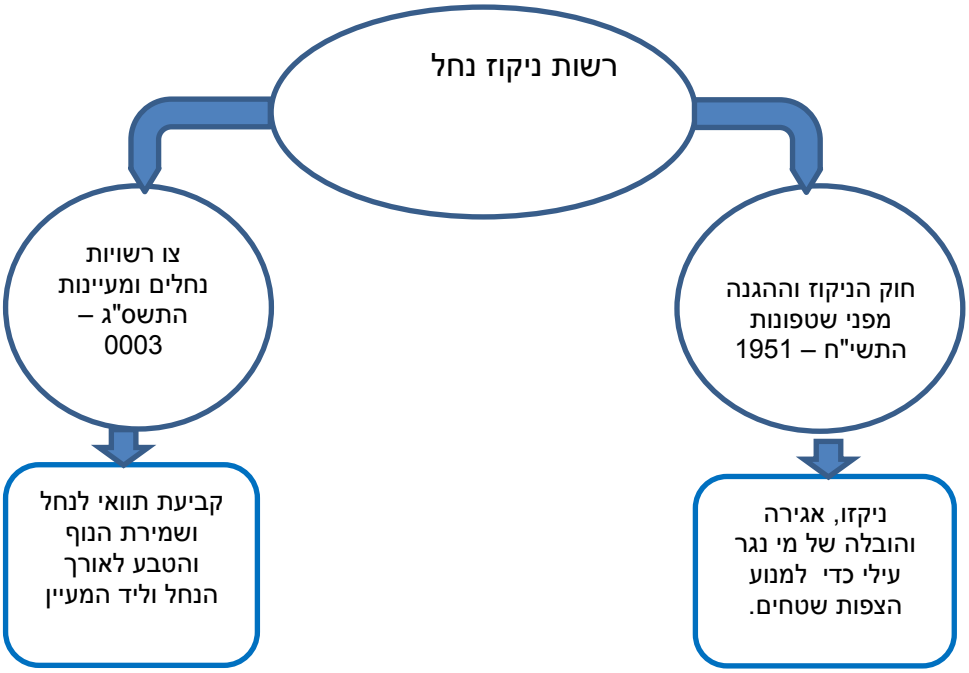
<u>שאלה לתלמידים</u>

מדוע חשוב להתייחס לאגן הניקוז של הנחל כיחידה לטיפול ולא רק לנחל עצמו?

<u>תשובה לשאלה</u>

התייחסות לנחל בלבד היא התייחסות נקודתית (התייחסות קווית – האפיק של הנחל). מטפלת בבעיות ניקוז הנובעות מזרימה באפיקו בלבד. אם היו בעיות בשטח התורם מים לנחל הן לא טופלו. לא תמיד יובלי הנחל טופלו.
התייחסות לאגן כולו היא התייחסות מרחבית המאפשרת ניתוח בעיות ניקוז על כל הגורמים להם באגן ומתן פתרון שמתייחס לאגני משנה הקיימים באגן הנחל וליובליו. לפעמים פתרונות קטנים באגן עדיפים על פתרון גדול באפיק שהוא בדרך כלל סכר, הטיית מים או הכנסת הנחל לתעלת בטון. לפתרון שכזה יש השפעות סביבתיות.
התייחסות מרחבית מאפשרת פיתוח האגן כולו באופן שאינו יוצר התנגשויות בין תכניות שונות ובינן לבין שמירה על המערכת הטבעית באגן.
רשות הניקוז פועלת על פי חוק הניקוז וההגנה מפני שטפונות התשי"ח – 1957 שמופקד עליו משרד החקלאות, ומתוקף **צו רשויות נחלים ומעיינות התשס"ג-2003** שמופקד עליו המשרד להגנת הסביבה (תרשים 2).
גוף סְטָטוּטוֹרִי הוא ישות עצמאית בעלת תוקף משפטי אשר פועלת מתוקף חוק. ישות זו היא בעלת סמכויות חקיקתיות, ביצועיות ושיפוטיות. לעתים מוקם גוף סטטוטורי ביוזמת חקיקה ממשלתית בכנסת, ולעתים זהו גוף פרטי שמקבל סמכויות בחוק.

תרשים 2: מקור הסמכויות והתפקידים של רשות ניקוז נחל



צו רשויות נחלים ומעיינות (הטלת תפקידי רשות נחל על רשויות הניקוז), התשס"ג-2003: הפך לחוק בשנת 2008, המחייב כל רשות מקומית לקבוע את נתיב הנחל, ולשמור על נופו ועל ערכי הטבע לאורכו ועל שתי גדותיו. מתוקף צו זה על הרשות ליזום, לתכנן ולבצע פרוייקטים בתחום שיקום ופיתוח נחלים ובסביבתם לצורכי תיירות ונופש.

חקיקה המסדירה את ניהול משק המים בישראל

תשובה לשאלה בעמוד 152

<u>משמעות סעיפי המבוא</u>

1. קניין ציבורי – המים הם רכוש הציבור ואין לאף פרט בעלות על המים. הם מיועדים לשימוש כל אזרחי המדינה.
2. בחוק נכללים כל מקורות המים - טבעיים או כאלה שהאדם הכין כמו התפלה וביוב.
3. הזכות למים היא של כל אחד ואחד.
4. אדם שבשטח שבבעלותו עובר נחל או נובע מעיין אינו הופך לבעלים על המים. המים נשארים של הציבור כולו והוא זכאי לחלקו כמו כל אזרח.
5. אדם לא יכול לקבל מים אם הדבר גורם להתייבשות מקור המים או לירידה באיכות המים בתהליך המלחה.
6. הקצאת מים לפי שימושים: הזכות למים ניתנת כנגד השימוש במים. אם השימוש בטל, בטלה הזכות. מפעל שהפסיק לעבוד או ששינה קו ייצור, משתנה הקצאת המים שלו או מתבטלת. בסעיף זה נכללת גם הקצאת מים לנחלים הנמצאים בתחומי רשויות או בשטחים גליליים ומנוהלים על ידי רשות הטבע והגנים או שטחי בר.

7. החוק חל על כל זכות למים שנוצרה מכוח החוק הנ"ל או הסכם חוזי בין שני גופים. החוק חל גם על הסכמי מים שקדמו לחוק ועל אלו שנוצרו לאחר חקיקתו.

תקנות בריאות העם

תשובות לשאלות בעמוד 152

1. משרד הבריאות אחראי על איכות מי השתייה. עליו להבטיח שלא תהיה אפשרות שאדם ישתה מי קולחין, ושלא ייגרם ערבוב של מי קולחין במי שתייה בתחומי הרשות המקומית. מים שמובילים בצינורות סגולים אינם מי שתייה.
2. מי קולחים מכילים חיידקים פתוגניים. לטענת משרד הבריאות גם מים אפורים עלולים להכיל פתוגנים. השקיית דשא במים אלה גורמת להימצאות חיידקים פתוגניים בדשא. בפארקים ובמוסדות חינוך אנשים יושבים על הדשא, נוגעים בו בידיים ואח"כ בפה וכך נחשפים לסכנה של הידבקות במחלות. הדבר מסוכן במיוחד לילדים קטנים ולתינוקות.

גישות להקצאת מים בישראל ולתמחורם

תשובות לשאלות בעמוד 153

1. פגיעה ישירה היא צמצום השטח החקלאי הפעיל: עקירת מטעים כיוון שלא היו להם מכסות מים מספיקות. אי נטיעה של מטעים חדשים שאמורים להחליף את המטעים המזדקנים. השבתה של חממות ושטחים של גידולי שדה כיוון שלא היו מכסות מים להשקיה.

   פגיעה עקיפה: צמצום תוצרת חקלאית המגיעה לשוק המקומי. צמצום זה יכול להביא לעליית מחירים לצרכן. צמצום תוצרת חקלאית לייצוא היכולה להביא לאיבוד שווקים. השווקים יתפסו על ידי מתחרים. אי יכולת להחזיר את ההשקעה הכספית שהושקעה בבניית חממות, ברכישת ציוד לגידול עיבוד ומיון גידולי שדה, בגידול מטעים שעכשיו נעקרו.

   הסבר טענת חקלאים – בשנים בהן כמות המשקעים נמוכה ונוצר מחסור במים, בהתאם לרמת הצריכה הקיימת, מקצצים קיצוץ גדול לחקלאים ולא למגזר העירוני. מפנים למגזר העירוני את המים שמקצצים מהחקלאות. הקיצוצים הם בעיקר במים השפירים והיו השלמות מכסות ממי הקולחין, אבל בשנים האחרונות קוצצה גם מכסת מי הקולחין והופנתה לשימושים בעיר ובתעשייה.
2. עד לשנת 1986 קיבלה החקלאות מים ללא התחשבות במצב משק המים. דבר זה הביא לגידול גידולים רווחיים לחקלאי על פי דרישות השוק ולא על פי מלאי המים במשק. גם ההשקיה הייתה נדיבה. קיצוץ במכסות מביא לחשיבה מחדש על הגידולים שצריך לגדל בארץ ולייעול השימוש במים. אבל יש לקחת בחשבון שהשינוי הוא תהליך שאורך זמן ויש ענפים כמו מטעים שחולפות כמה שנים עד שהעצים מניבים פרי.
3. המדינה צריכה להחליט עד כמה חשוב לה ששטחים חקלאיים ייהיו מעובדים ורווחיים לחקלאי ולא יזנחו או יהפכו לשטחי מסחר ומלאכה ולספק מים בהתאם. גם לחקלאים מגיע לחיות בכבוד.

הרחבה

במדינות כמו שוויץ ואוסטריה ניתן סבסוד לחקלאים כדי שימשיכו לעבד את הקרקע ולקיים מרעה. כך מבטיחה המדינה שהם ישמרו על השטחים כשטחים פתוחים וישמרו על התרבות החקלאית של המדינה.

תשובות לשאלות בעמוד 155

1. התעריף שונה כיוון שאופן השימוש במים ואיכות המים הנדרשת שונה.

בחקלאות המים הם גורם ייצור שאין לו תחליף. לא נוצרים שפכים כתוצאה מהשקיה ולכן אין צורך בהיטל ביוב שממן את עלות הטיפול בביוב. חקלאות גם משתמשת בסוגי מים שונים וכדי לעודד את החקלאים לצרוך קולחים נקבע להם תעריף אטרקטיבי – אחרת מחיר התוצרת היה גבוה יותר מהקיים.

בתעשייה יש שימוש רב במים. אם התעריף יהיה נמוך לא תהיה להם סיבה לייעל את צריכת המים שלהם. הביוב של מפעלי תעשייה כבדים דורש טיפול מורכב שעלותו גבוהה ולכן רכיב הביוב שלהם יקר (בנוסף לטיפול קדם בביוב בתחומי המפעל).

במגזר העירוני נקבע תעריף נמוך יותר לדירות מגורים כיוון ששימוש במים הכרחי לשמירה על בריאות התושבים ולא ייתכן שעלות המים תביא לאי שימוש בהם.

2. מחיר מים לצרכן יכול להיות מכשיר חיסכון. נגישות טובה למים גורמת לשימוש רב במים:

אין הקפדה על סגירת ברז, נעשה שימוש בצינור לשטיפה, נעשה שימוש במים זורמים לניקוי ראשוני של כלים משאריות מזון, הקטנת מדשאות פרטיות – אלו דוגמאות לשימושים שניתן לחסוך בהם במים ומחיר ריאלי יגרום לאנשים להתייעל. אנשים ישתדלו לחסוך במים כדי לא לשלם מחירי עתק.

להרחבה -מדיניות סביבתית לניהול משק המים / ג. רוזנטל

www.teva.org.il/_Uploads/.../MismachMediniutmaim.pdf

תשובות לשאלות בפינת העשרה: ניהול אגם הכנרת ואגן ההיקוות שלו בעמוד 155

1. השפעות אפשריות של הנמכת מפלס הכנרת:

הפרת שיווי המשקל האקולוגי באגם שתגרום לשינוי בהרכב הפיטופלנקטון ובכמותו (כיוון שינוי זה לא ידוע).

שינוי בנפח שכבות האגם - נפח השכבה התחתונה יצטמצם. כתוצאה מכך פוחת נפח החמצן בהיפולמיניון ויתפתחו מוקדם יותר מהרגיל תנאים של מחסור בחמצן מהרגיל והם יהיו קיצוניים יותר. (החוקרים חלוקים על מידת הסכנה שבכך).

הרחבה: ניהול אגם הכנרת ואגן ההיקוות שלו - ניהול השאיבה

מדידות מפלס מדויקות ורצופות בכנרת החלו בשנת 1926. בשנה זו הוקם בנהריים מפעל להפקת חשמל הידרואלקטרי על ידי פנחס רוטנברג (המפעל היה פעיל בין השנים 1932-1949). כחלק מהמפעל הוקם סכר דגניה, ואפיק הירדן הועמק ביציאתו מהכנרת ליד דגניה עד לגובה של 214- מ'.

צו המים התשכ"ח 1968 – חוק המופעל על ידי נציב המים ומסדיר את ויסות מפלס הכנרת. כיום, עומד הקו האדום העליון על 208.8-, והקו האדום התחתון על 213.00-

הרום המרבי נקבע בגובה שימנע הצפת מבנים בחוף על ידי המים העולים. הרום הנמוך נקבע על-פי שיקולים אקולוגיים (לימנולוגיים)- מניעת ערבול מוגבר של חומרי דשן מהקרקעית ומניעת הגברה בשפיעת מים מלוחים במקרה שהמפלס יהיה נמוך מ- 213- לתקופות ארוכות.

משנת 1972, אז החל שימוש אינטנסיבי במי הכנרת, ועד ימינו , מפלס הכנרת החל לרדת בהדרגה. המפלסים נעו בין 214.87- (נובמבר 2001) עד 208.88- (מאי 1988)- טווח של כשישה מטרים!

ניצול יתר של מקורות המים על פני רצף שנים מחריף עוד יותר את בעיית הירידה במפלס הכנרת. עובדה זו מחזקת את הצורך בקביעת מדיניות ארוכת טווח של מפלסי המים והתאמת כמות המים המותרת לשאיבה בכל שנה, כך שהמפלס לא ירד אל מתחת לקו המינימום. סמכות זו נתונה בידי מנהל רשות המים. בשנים גשומות, כאשר המפלס עולה עד קרוב למפלס המרבי הקבוע בחוק, משחריים מים לירדן דרך סכר דגניה.

ניתן לעסוק כאן בדילמה: האם נכון לשאוב מים מהכנרת כדי לספק את הצרכים של תושבי המדינה ולפגוע במשאבי טבע כמו ים המלח ובמערכת האקולוגית של הכנרת?

בשנת 1968/69, כשירדה כמות יוצאת דופן של משקעים, שוחררו דרך סכר דגניה כ מליון מ"ק מים בחודשים דצמבר 1968 עד אפריל 1969. למרות זאת עלה מפלס האגם עד לרום חריג (מעל למותר בחוק) של 208.33- מ'. תופעה זו לא חזרה יותר עקב הגברת הניצול של מי הכנרת.

כל שינוי בתקנה הקובעת את גובה מפלס המים בכנרת מחייב התאמת המתקנים בחופים למפלסים החדשים. הורדת מפלס המינימום של פני הכנרת מחייבת את העמקת הנמלים למעגני הסירות, הארכת קווי השאיבה של הצרכנים המקומיים, התאמת חופי הרחצה ועוד.

אפשר להוריד את מפלס הכנרת על ידי הגברת כושר השאיבה של המוביל הארצי באמצעות יחידת השאיבה הרביעית שהוקמה במשך 90-1989. במקרים של רצף שנים שחונות יהיה צורך לצמצם את השאיבה, כפי שכבר קרה בעבר.

בשנים שבהן היו מפלסים נמוכים בכנרת, הצטמצמה בקיץ שכבת המים התחתונה (היפולימניון). עלה ריכוז הפחמן הדו חמצני (CO_2) בהיפולימניון של המים, שהביאה לגידול בלתי רצוי בהתמוססות זרחן שמקורו בקרקעית הכנרת.

ניטור מי הכנרת

באגן ההיקוות של הכנרת מתקיימת פעילות אנושית וחקלאית ענפה שעלולה להשפיע על איכות המים באגם. לכן הוקם מערך ניטור באגם ובאגן ההיקוות שבשטח ישראל.

מערך הניטור עוסק בביצוע בדיקות בתדירות קבועה לקביעת איכות המים ובדיווח על מצב המים באגם ובאגן. המידע שנאסף משמש בסיס לקבלת החלטות תפעוליות באשר לכמות המים שניתן לשאוב ולמקורות זיהום באגן ובמערכות אספקת מים הניזונות ממנו.

באגם עצמו קיימות חמש תחנות דיגום קבועות הנדגמות אחת לשבוע על ידי המעבדה לחקר הכנרת. ניטור המים באגן נעשה על ידי חברת מקורות.

בנוסף מנוטרים המעיינות המלוחים במרחב הכנרת להערכת שפיעת המלח מהם ושמירה על רמת מליחות הקיימת במי הכנרת.

קונפליקט ושיתופי פעולה בניהול משאב המים

האקוויפר החולי של דרום ירדן: אזור דיזי ואדי רם

תשובה לשאלה בעמוד 158

תסריטים אפשריים:

- ♥ סעודיה לא תגיב מתוך הבנה למצוקת המים של ירדן ותחפש פתרונות אחרים למים – תגדיל את ההתפלה ותבנה מובילי מים שיעבירו מים מותפלים מאזורי החוף אל תוך המדינה.
- ♥ ירידת מפלסים בצד הסעודי תזרז את הצורך בהדברות ויצירת הסכמה בין המדינות.
- ♥ סעודיה תבנה מוביל מים משלה או תגדיל את מספר הבארות כדי לנצל את האקוויפר. הדבר יביא לירידת מפלסים גדולה מאוד שתעמיד בסימן שאלה את המפעלים בשני הצדדים.
- ♥ מתח בין המדינות יביא לאיומים בנקיטת כוח כדי להבטיח את מקורות המים.

ניהול מים משותף לארצות הברית ולקנדה: האגמים הגדולים

תשובות לשאלות בעמוד 159

1. הצורך בניהול משותף נובע מכמה גורמים:
   - ♥ לאגמים אגן ניקוז משותף ופעילות בחלק אחד שלו משפיעה על כל המערכת.
   - ♥ בעיית זיהום המים בשפכים עירוניים שאי אפשר היה לקבוע האם מקורם בארה"ב או בקנדה.
   - ♥ שימוש באגם גם לצורך הובלת סחורה מחייב שמירה על מפלס המים.
2. כל מדינה פעלה אחרת וניתן לקרוא בין השורות שהיו ויכוחים אבל "קנדה בסוף ויתרה" – המטרה הסופית השפיעה לחיוב על שיתוף הפעולה.
3. מאזן האימה – הפחתת כמות המים על ידי הטיית מים לשימושים אחרים, באופן שישפיע על המפלס עד שלא ניתן יהיה לנצל את מי האגמים להפקת חשמל.

הרחבה: ניהול מים משותף לארצות הברית ולקנדה - נהר קולומביה

בתחילת המאה ה-20 לא היו סכרים על נהר קולומביה. הנהר ושלוחותיו עלו לעתים קרובות על גדותיהם ולא פעם היו לכך תוצאות הרסניות. עם גילוי הפוטנציאל האדיר שיש לנהר כמקור להפקת אנרגיה הידרואלקטרית, עלה הצורך בשיתוף פעולה בין ארה"ב וקנדה (ראו במפת צפון אמריקה). ויסות זרימת הנהר בחלקו העליון, שנמצא בקנדה, יכלה להביא שתי תועלות עיקריות לארה"ב: מניעת הצפות והפקה יעילה של חשמל הידרואלקטרי. מסיבה זאת החליטו שתי המדינות בשנת 1944 להעריך מבחינה כלכלית את הפוטנציאל הגלום בשיתוף פעולה ביניהן בפיתוח אגן נהר קולומביה.

המשימה הוטלה על הוועדה הבינלאומית המשותפת – International Joint Commission IJC, גוף שכלל נציגים משתי המדינות במטרה לפתור בעיות מעין אלו. למעשה תפקיד הוועדה היה לקבוע מהם התועלות היכולות לנבוע מניהול משותף של הנהר וקביעת קריטריונים לחלוקת הרווח הנובע מכך. בשנת 1959 החליטה הוועדה על הקמת ארבעה סכרים שנועדו לאגור את

המים. שלושה מהם היו בשטח קנדה (בפרובינציית קולומביה הבריטית) והרביעי היה בשטח ארה"ב (במדינת מונטנה). כאמור, הסכרים נועדו למנוע הצפות ולאפשר הפקת חשמל.

איור 33 מפת צפון אמריקה ונהר קולומביה

מקרא לאיור: מקורותיו של נהר הקולומביה מצויים בקנדה ואילו שפך הנהר – בארצות הברית. מצב זה מחייב שיתוף פעולה בין שתי המדינות לצורך ניצול יעיל של המים, להקמת סכרים לויסות הזרימה בנהר ולהקמת תחנות כוח הידרואלקטריות.

אמנת נהר קולומביה נחתמה בשנת 1961 ואושררה בשנת 1964. על פי האמנה ארה"ב התחייבה לשלם לקנדה באופן מיידי תמורת מניעת הצפות על ידי נהר קולומביה, סכום השווה למחצית עלות הנזקים שנגרמו על ידי ההצפות במשך 60 שנים. הרווחים מהפקת החשמל בתחומי ארה"ב, בעקבות הקמת הסכרים בחלק הקנדי של הנהר, יתחלקו באופן שווה בין ארה"ב לקנדה.

מאחר שלא היו אז קווי מתח שיאפשרו להחזיר לקנדה את החשמל שהופק בארה"ב, ולממשלה הקנדית לא היה התקציב בדרוש לבניית שלושת הסכרים, מכרה קנדה לארה"ב את חלקה ברווחים העתידיים מהפקת חשמל למשך 35 שנים. בשנת 2003 הסתיים הסכם מכירה זה. ארה"ב מעבירה חלק מהחשמל המופק לקנדה.

אמנת נהר קולומביה הביאה תועלת לשתי המדינות אך גם יצרה בעיות אחדות. אחת המפורסמות שבהן נוגעת לשימור דגי הסלמון. כדי לעזור לדגי סלמון במסעם לכיוון האוקיינוס השקט, צריך היה לשחרר חלק מהמים ממערכת האגירה באמצעות הסכרים. לרוע המזל שימור דגי הסלמון לא הוכר כצד המחייב שמירה בכל הנוגע לאמנה. החוק לשימור מינים בסכנת הכחדה שחוקק בשלב מאוחר יותר בארה"ב, גרם לבעיה מסוג חדש של שימור סביבתי העומד בניגוד לאמנות בינלאומיות.

מבחינה כלכלית, השאלה שעלתה היא שאלת השוויוניות בחלוקת הכנסות. מי ישלם עבור שימור הסביבה? כיום מחיר החשמל המופק לוקח בחשבון גם את העלות הנוספת לשימור הדגים, אולם זה מעלה את שאלת הכדאיות של הפקת חשמל ממקור זה לעומת מקורות חלופיים. ליצרנים תעשייתיים גדולים הייתה אפשרות לרכוש/ חשמל ממקורות חלופיים זולים יותר, ובסופו של דבר שילמו את מחיר החשמל הגבוה יותר משקי הבית הקטנים שאין להם אפשרות לעבור לרכישת אנרגיה חלופית.

פרק 3
איכות הסביבה הימית

הים התיכון, נאס"א

מבוא

תשובות לשאלות בעמוד 165

1. איומים מפעילות ביבשה:

♥ הזרמת שפכים עירוניים המכילים חנקות וזרחות – יכולים ליצור עודף חנקות באזור השפך, ריבוי אצות ואפילו אוטרופיקציה (ראו בפרקים על שפכים ועל הכנרת).

♥ הזרמת שפכים תעשייתיים המכילים תרכובות אורגניות סינתטיות ורעלים הגורמים לתמותה של יצורים או להצטברות רעלים במארג המזון (הגדלה ביולוגית).

♥ פסולת מוצקה – מצטברת בקרקעית וגורמת לכיסוי שטח מקומי שאינו מאפשר את קיומה של המערכת האקולוגית הקיימת (אולי נוצרת מערכת חדשה הקשורה לפסולת אבל היא לרוב דלה יותר בעושר המינים שבה).

♥ פסולת מוצקה צפה בים, בעיקר פלסטיק, ומהווה "תחליף מזון" ליצורים וגורמת בכך למוות כתוצאה מרעב.

2. איומים על הדגה: דיג יתר שגורם לצמצום הדגה ולהידרדרותה של המערכת האקולוגית (פגיעה ברבייה תוביל לצמצום בגודל האוכלוסיות של מיני דגים שונים שחלקם משמשים כטורפים במארג המזון. כתוצאה מכך יחול גידול באוכלוסיות הנמצאות במקום נמוך יותר במארג המזון ולשיבוש המאזן).

איומים על ענף הדיג – תחרות לא הוגנת בין חברות גדולות לחברות מקומיות עלול להביא להרס בתי גידול בגלל מאבק על הפרנסה מצד הדייגים.

3. איומים כתוצאה ממסחר – מסחר במוצרים מן הים כמו אלמוגים או ניבים ועורות של פילים ואריות ים יכולה להביא להרס המארג עד הכחדת מינים כפי שקרה עם יצורים שונים על פני היבשה. מסחר בדגים חיים – הם עלולים לפגוע במערכת האקולוגית המקומית אם משחררים אותם במקום שבו הם אינם חלק מהמערכת והם מצליחים לשרוד. הם יכולים להפוך למין פולש.

תנועת ספינות – פגיעה מכנית בשוניות אלמוגים, בחופים, בקרקעית ים, יצירת מעבר לספינות (תעלת סואץ) היכולה להביא למעבר של מינים מים לים (כמו למשל המדוזות שפלשו לים התיכון והתרבו במידה גדולה). זיהום שמן (נפט) ופסולת מהספינות עצמן. אם הספינות נושאות חומרים מסוכנים אזי יש סכנות במקרה של תקלה / טביעת הספינה.

תיירות ימית (ביקור בשוניות אלמוגים, גלישת גלים) – התנהגות לא אחראית של המבקרים: השלכת פסולת, עקירת אלמוגים, הצבת מתקנים בלי להתחשב במערכת האקולוגית.

חשיבות האוקיינוסים למערכת הטבעית של כדור הארץ

תשובה לשאלה בעמוד 167

הפיטופלנקטון החי במימי האוקינוסים הוא אחד המקורות העיקריים לחמצן באטמוספרה. מי האוקיינוסים אוגרים מלאי פחמן דו-חמצני שלולא האוקיינוסים היה משתחרר לאטמוספרה.

האוקיינוסים קולטים קרינת שמש רבה בלי שהטמפרטורה שלהם תעלה במידה ניכרת הודות לקיבול החום הגבוה של המים. זרמי מים מעבירים את אנרגיית החום ממקום למקום ומאזנים את הטמפרטורה ואת טווח שינויי הטמפרטורה במקומות שונים בעולם.

האוקיינוסים מהווים מאגר מים עיקרי במחזור המים בטבע הכולל את האטמוספרה, את הליתוספרה ואת הביוספרה.

השפעת קיבול החום של המים באוקיינוסים על האקלים

הערה

החום הכמוס הוא מדד המבטא את כמות האנרגיה הנחוצה לשינוי מצב הצבירה של חומרים.

הוא מוגדר ככמות האנרגיה הנחוצה למעבר של גרם אחד של חומר ממצב צבירה אחד למצב צבירה שני (ממוצק לנוזל, מנוזל למוצק).

החום הכמוס של מים טהורים - 335 ג'ול לגרם, הוא גבוה בהשוואה לחום הכמוס של חומרים רבים אחרים בטבע.

4.184 ק' ג'אול = 1 קילוקלוריה(קק"ל)

תשובה לשאלה בעמוד 169

1. היבשה מתחממת ומתקררת במהירות רבה כיוון שקיבול החום של החומרים הבונים את הקרקע נמוך הרבה יותר מזה של המים.
2. למים יש קיבול חום גבוה והם סופגים חלק ניכר מהחום של החול כמעט מבלי שיתחממו ולכן הטמפרטורה של חול רטוב נמוכה בהרבה מזו של חול יבש.

האוקיינוסים והשפעתם על האקלים

תשובות לשאלות בעמוד 171

1. המגע בין מים בשטח פני האוקיינוסים לבין האוויר שמעליהם מאפשר חילופי חום ביניהם. כאשר האוויר מעל המים הוא חם – טמפרטורת פני המים עולה גם היא ולהיפך. לכן משפיעה עלייה בטמפרטורה של האטמוספירה על תהליכים באוקיינוסים: הגדלת כמות המים בגלל התכת קרחונים ושינויים במסיסות גזים במי האוקיינוסים.
2. פעילות האדם יכולה לגרום בעקיפין, בגלל שינוי האקלים, לשינויים בריכוז המלחים במי האוקיינוסים: העלייה בטמפרטורה גורמת להתכה מוגברת של קרחונים. תוספת מים מתוקים לאוקיינוסים מפחיתה את מליחות המים. אך יש לזכור שהעלייה בטמפרטורה גם מגבירה את שיעור האידוי של מים מהאוקיינוסים לאטמוספרה. היחס שבין שני התהליכים האלה יקבע עם מליחותם של המי האוקיינוסים תעלה או תרד.

די בשינוי קטן מאוד במליחות המים באוקיינוסים כדי לגרום שינויים במסוע הגדול בכמה אופנים: שינוי במהירות, שינוי בעומק השקיעה של המים ושינוי במקומות במרחב (אזורים על פני הכדור) אליהם מגיעים זרמי המים.

כתוצאה מכך חלים שינויים באקלים באזורים שאליהם מגיעים זרמי המים שעלולים לגרום לחורף קר יותר באזורים שלא מקבלים זרם מים חם ולהגברת עוצמת מונסונים וטייפונים. הם עלולים גם לגרום לסגירת נמלי ים בגלל קפיאת המים ולפגוע בפעולות האדם (מצב שקיים כיום בים הבלטי).

3. השפעת זרם הגולף על החורף בחופי מקסיקו, בריטניה ונורווגיה: מקסיקו – טמפרטורת אוויר גבוהה המחממת את המים. אין זרם מים המסיע חום מהאזור ולכן החום נשאר במקום, מגדיל את הסיכוי להיווצרות סופות טרופיות ואולי גם בעוצמתן.

בריטניה ונורווגיה – החורף קר מאוד, מי הים קופאים ולכן קר וקפוא גם ביבשה.

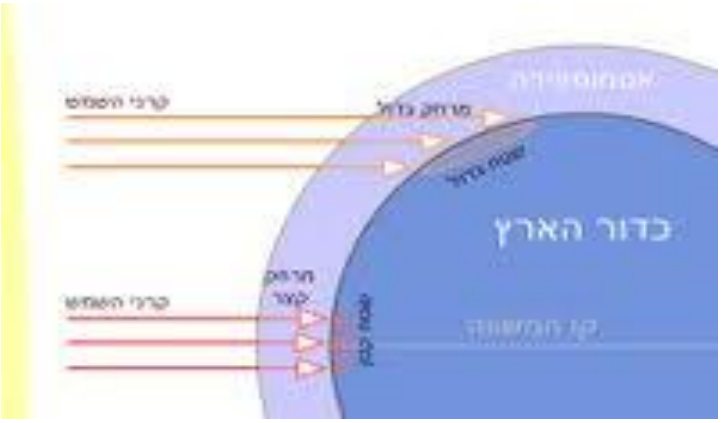
העשרה: עוצמת קרינת השמש המגיעה אל פני שטח כדור הארץ

עוצמת הקרינה של השמש המגיעה אל שטח פני כדור הארץ אינה אחידה: באזור קו המשווה קרינת השמש חזקה יותר ואילו בקטבים קרינת השמש חלשה (ראו איור בהמשך). כתוצאה מכך מתחממים אזורים שונים על פני כדור הארץ באופן בלתי שווה. עוצמת קרינת השמש תלויה בזווית הקרינה ובמרחק אותן עוברות הקרניים באטמוספירה. ככל שזווית הפגיעה קרובה יותר למצב מאונך (90^0) קרני השמש ממוקדות יותר (מידת הפיזור שלהן קטנה יותר) ועוצמת הקרינה חזקה יותר .

ככל שזווית הקרינה חדה יותר, מתפזרת קרינת השמש על פני שטח רחב יותר ועוצמתה ליחידת שטח חלשה יותר. בקו המשווה פוגעות קרני השמש בשטח פני כדור הארץ בזווית אנכית ואילו בקטבים הן פוגעות בזווית חדה. האטמוספרה מחלישה את עוצמת קרני השמש. קרני השמש עושות את הדרך הקצרה ביותר באטמוספרה עד שהן מגיעות לאזור קו המשווה, בעוד שהמסלול שעוברות קרני השמש באטמוספרה עד שהן מגיעות לקטבים הוא ארוך יותר. לכן באזור קו המשווה תהיה קרינה חזקה יותר מזו שבקטבים.

מי האוקיינוסים מאזנים את הבדלי הטמפרטורה הקיצוניים בין קו המשווה לקטבים בעזרת זרמי מי ים היכולים להגיע למרחקים של 10,000 ק"מ ויותר. זרמי מים קבועים, משפיעים על טמפרטורת האוויר שנמצא אתם במגע ולהיפך.

איור זווית הפגיעה של קרינת השמש באזורים שונים על פני כדור הארץ



מקרא לאיור:

קרן שמש הפוגעת בקרקע באלכסון (זווית חדה) מתפזרת על פני שטח קרקע גדול יותר מאשר קרן הפוגעת בקרקע בזווית ישרה. לכן כמות האנרגיה הפוגעת ביחידת שטח קטנה יותר. בנוסף עוברת קרן

אלכסונית דרך ארוכה יותר באטמוספרה הבולעת חלק מהקרינה או מחזירה אותה וגורמת לירידה בכמות האנרגיה המגיעה אל פני הקרקע.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: אל ניניו El Niño ולה ניניה La Niña בעמוד 173

1. הטענה: קיים קשר בין מקום התרחשות המוסונים בקרבת אינדונזיה להיווצרות המדבריות של פרו.

הסבר: המונסונים היורדים באינדונזיה נוצרים בקרבתה בגלל היווצרות ערמות של מים חמים באזור. יצירת הערמות מלווה בחסר מים בקרבת פרו. חסר המים גורם לעליית מים קרים ממעמקים, המקררים את האוויר, מפחיתים התאדות ומונעים תנאי לחות הדרושים להיווצרות גשם.

2. כיווני המעגל זהים אבל עוצמת הזרם הקר גדולה מאוד בשנת לה ניניה ומחזקת את עוצמת המעגל בכל חלק שבו: עוצמת ההשפעה של המים הקרים גדלה, עוצמת המונסונים באינדונזיה גדלה.

3. חילופי חומר: מי האוקינוס מתאדים ויורדים חזרה כגשמי מונסון.

חילופי אנרגיה: קרינת שמש בקו המשווה מחממת את המים, המים החמים מחממים את האוויר מעליהם ומגבירים התאדות. בחופי פרו ואקוודור, מים קרים ממעמקי האוקיינוס מקררים את האוויר הבא איתם במגע.

העשרה: הלבנת אלמוגים

חקר שוניות אלמוגים מאפשר הצצה מרתקת למערכת אקולוגית מיוחדת, לתרומתה הישירה (יצירת איים, מוקד תיירות) והעקיפה (תפקידה במערכת האקולוגית הימית) לאדם ולהשפעת האדם על מערכת אקולוגית שלא תמיד קרובה אליו.

אפשר ללמוד את הנושא תוך שימוש במיומנות שונות: חיפוש מידע באינטרט על שוניות אלמוגים בעולם, קריאת מחקרים מדעיים, יצירת מפות עולמיות של שוניות קיימות, שוניות המוגדרות כשמורות ימיות, שוניות בסכנת הכחדה, שוניות מאויימות על ידי תיירות.

ממולץ ללמוד נושא זה בדרך של למידה שיתופית.

אפשר למצוא חומר רקע במצגת, "חיים ומוות בשונית האלמוגים" / פרופ' צבי דובינסקי, אתר המפמ"ר

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaeHasvivva/Homarim/MarahotAdamSviva/Mazagot.htm

חשיבות האוקיינוסים לאדם

תשובות לשאלות בפינת ההעשרה: חקלאות ימית וחוות דגים בים הפתוח בעמוד 174

1. המקור לעודפי הנוטריינטים הם מזון בו מאכילים את הדגים (נהוג לתת מזון מעבר לנדרש,"כדי שלא יחסר," והעודפים נפלטים לים) והפרשות של הדגים.

2. חומרים נוספים: כיוון שמדובר בגידול מסחרי בצפיפות, מוסיפים בדרך כלל הורמונים כדי לזרז את הגידול למסה הנדרשת וחומרים אנטיביוטים כדי למנוע מחלות ותמותה. גם חומרים אלה נפלטים מהכלובים למים.

3. כלובים בים הפתוח:

יתרונות- סביבתי: עודפי חומרים הנפלטים מהכלובים מוסעים עם המים לים ונמהלים באופן שנזקם מצטמצם מאוד. כלכלי: גודל החווה תלוי ביכולת התפעול ופחות בגודל השטח.

חסרונות - סכנת פגיעה בגלל סערות וגלים גבוהים בשעה שמפרץ הוא מקום שקט.

4. הפתרון – מערכת המשקיעה את הכלובים לקראת סערה ומציפה אותם לאחריה.
5. חקלאות ימית מאפשרת לגדל דגים ופירות ים המשמשים מקור חלבון הדרוש לאדם. אם האדם יצרוך פחות חלבון מן החי ביבשה, שהוא גידול עתיר מים, אולי תוקל במעט מצוקת המים בחקלאות. אך חקלאות ימית לא יכולה לתת מענה מלא לכל מרכיבי המזון הנחוצים לקיום האדם (כמו צמחים ממשפחת דגניים). חשוב להבין שכדי לתת מענה למחסור במים יש צורך בשינוי הרגלים של האדם – שינוי טביעת הרגל המימית של מזונו.

הפגיעה באיכות הסביבה הימית

זיהום ים ממקורות יבשתיים

הערה לעמוד 176

המקורות הנקודתיים השכיחים ביותר הם מפעלים מסוגים שונים (בתי זיקוק, כימיקלים, תעשיית הנייר, תעשיית מכוניות, אלקטרוניקה ומזון ועוד) ומתקנים לטיהור שפכים.

מקור למידע על השפעת זיהום על צורבנים הם מחקרים בתחום של ביולוגיה התפתחותית ואקולוגיה מולקולרית של צורבניים / ד"ר תמר לוטן, אוני' חיפה החוג לביולוגיה ימית

http://marsci.haifa.ac.il/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=103&lang=he

תשובות לשאלות תחת גרף 24 בעמוד 177

1. הפלסטיק גורם תמותה נקודתית של פרטים ממינים שונים במערכת האקולוגית כתוצאה מחנק או רעב (בליעת פלסטיק הסותמת את מערכת העיכול אך אינה מספקת מזון).

הזיהום גורם תמותה מערכתית של מינים רגישים לחומר המזהם או לשינוי במערכת הרבייה שלהם באופן שמשפיע על הרכב המערכת לשנים רבות. הזיהום יכול להצטבר בגוף האורגניזם.

2. תיירות דורשת מים נקיים מזיהומים כימיים וביולוגיים כיוון שיש מגע של המים עם גוף האדם. יחד עם זאת היא משתמשת במוצרים רבים (מצופי קלקר, גלשנים, אריזות מזון, כלי אוכל ועוד) ויוצרת שפכים ופסולת הגורמים לזיהום הים.

תיירות ימית כוללת גם תיירות צלילה שעלולה לגרום נזק פיזי לאלמוגים, שיט בספינות שעלולות לזהם את המים בדלק.

תיירות מחייבת הכשרת חופים, מתקנים ודרכי גישה היכולים להיות מוקדי זיהום שנשטף מהם נגר עילי ופסולת ישירות לים.

תשובה לשאלה בפינת העשרה: זיהום הים באצה - שלוחית דמוית העלים (Caulerpa taxifolia) בעמוד 178

האצה היא מין פולש המשתלט על הסביבה, פוגע במינים מקומיים, תופס את מקומם והורס את הסביבה הימית. אין לה אויבים טבעיים במערכות שהיא פלשה אליהם ולכן אין גורם טבעי המונע את התרבותה המהירה ואת התפשטותה.

זיהום תרמי של מי הים

תשובות לשאלות בעמוד 179

1. מי הקירור המוחזרים לים מכילים חומרים מזהמים, לדוגמה תרכובות כלור. חומרים אלה רעילים לחלק מהיצורים הנמצאים בבסיס מארג המזון – הזואופלנקטון, וגורמים למותם. הזואופלנקטון המתים נאכלים על ידי יצורים אחרים וכך מועבר החומר המזהם בגופם ליצור הניזון מהם ומצטבר בגופו בריכוזים גבוהים.
2. גבול עליון של הטמפרטורה כתוצאה מזיהום תרמי הוא 45^0C בים ו-58^0C באזורי חוף. הקבוצה שאינה עמידה לשינויים אלה היא קבוצת הדגים וחולייתנים העמידה לשינויים עד 38^0C.

   באזורי חוף יכולות להיפגע קבוצות נוספות: כל בעלי החיים וכל הצמחים.

   קבוצה שהיא עמידה לשינויים בטמפרטורה גם בים הפתוח וגם באזורי החוף היא קבוצת היצורים הפרוקריוטים. בין בעלי החיים הקבוצות העמידות יותר הן חרקים, סרטנים ופרוטוזואה. בין הצמחים הקבוצה העמידה ביותר היא קבוצת האצות האוקריוטיות.

   ככל שגוף היצור מורכב יותר ומערכת האיזונים שלו עדינה יותר, טווח השינויים בו הוא יכול לעמוד קטן יותר.
3. טמפרטורות גבוהות יצמצמו את טווח הפעילות של האורגניזמים, גם של אלה היכולים להסתגל לשינויים בטמפרטורה. ייתכן שחלק מהפרטים ימותו, כפי שקורה במערכות רבות המגיעות לגבול העליון של הטמפרטורה, והאוכלוסייה שלהם תצטמצם.
4. פגיעה בדגים תצמצם את אוכלוסיית האורגניזמים הניזונים מזואופלנקטון למיניהם. אוכלוסיית הזואופלנקטון תגדל. אורגניזמים אחרים הניזונים ממנה יתרבו אף הם כיוון שיש שפע מזון והדבר יכול להביא להתפוצצות אוכלוסיות ולקריסת המערכת. תהליך אחר שיכול להתרחש הוא גידול רב באוכלוסיית האצות, למשל אצות כחוליות, שיכול להביא לפריחת המערכת אך גם לקריסתה.
5. שאלת המחקר: כיצדמשפיעה טמפרטורת המים על גודל האוכלוסייה של מינים שונים של אורגניזמים שחיים במים?

   השערה: ככל שהטמפרטורה של המים גבוהה יותר יפחת גודל האוכלוסייה של אורגניזמים שאינם מותאמים לה בעוד שגודל האוכלוסייה של אורגניזמים מותאמים לא תיפגע.

   דוגמה למערך מחקר: בשני אקווריומים בעלי נפח זהה ניצור תנאי סביבה זהים המתאימים לדגי אקוריום מסוג גופי. טווח הטמפרטורה של המים המתאים לדגים אלה ידוע.

   נכניס לכל אקוריום מספר שווה של דגים.

   באקוריום אחד נשמור על טווח הטמפרטורה המתאים לקיום הגופים.

באקווריום שני נעלה אחת ליומיים את טמפרטורת המים כך שנגיע אל מחוץ לטווח המתאים לקיומם ונראה אם מתרחשת תמותה.
כל יתר הטיפולים בדגים יהיו זהים (שעת האכלה, תדירות האכלה, כמות המזון, כמות האור).

זיהום ים ממקורות ימיים

תשובות לשאלות בפינת העשרה: צביעת אנייה בצבעים מיוחדים למניעת צמדת ים בעמוד 181

1. אבק המכיל חומרים המשמשים בתעשיית הדשנים (פוספטים, אשלג) יכול לגרום לריבוי חומרי מזון במים וכתוצאה מכך לפריחת אצות ואפילו לאוטרופיקציה באזור הנמל.
2. מי נטל יכולים לגרום לכניסת אורגניזמים מעוררי מחלות או מינים שאינם מקומיים שיצליחו לשרוד בתנאים החדשים, להתרבות ובהיעדר טורפים או גורמים אחרים שיווסתו את גודל האוכלוסייה, יהפכו למינים טורפים וישנו את הרכב המערכת המקומית.

זיהום ים בנפט גולמי

תשובות לשאלות תחת גרף 25 בעמוד 184

1. מקורות יבשתיים: קידוחי נפט וגז, שפכים המכילים שאריות נפט, תשטיפים מתחנות דלק, מוסכים ונגר עילי מכבישים.
3. תאונות ימיות זוכות לחשיפה גדולה יותר כיוון שבבת אחת נשפכות כמויות גדולות מאוד של נפט במקום אחד והנזק למערכת האקולוגית גדול מאוד. הן דורשות מהירות תגובה גדולה בגלל מורכבות הטיפול בהן. בנוסף, תאונות אלה קורות פעמים רבות בקרבת חופים ומשפיעות על אזורי החוף

השפעת הזיהום בנפט על הסביבה הימית

הערה לעמוד 184

כאשר נשפך נפט גולמי לים, התרכובות בעלות השרשרות פחמן הארוכות אינן מתמוססות במי הים והן שוקעות או הופכות לתלכידי זפת. תרכובות בעלות שרשרות פחמן בינוניות יוצרות במי הים תחליב (אמולסיה) המכיל טיפות מיקרוסקופיות שאינן מתמוססות במים. התרכובות בעלות שרשרות הפחמן הקצרות מהוות את המקטע הקל של הנפט הגולמי והן מתנדפות בצורת גז לאטמוספרה.

תשובה לשאלה בעמוד 185

הנפט יוצר כתם שומני המהווה תווך שונה ממים. האור נשבר (נוצרת קשת), האור אינו חודר לעומק המים ואינו מאפשר קיום פוטוסינתזה בכל העומק של חדירת האור (האזור האאופוטי).
הפלנקטון מהווים את הבסיס לקיום מארג המזון בים וכאשר כמותם תפחת, יחסר מזון לצמחונים והמערכת האקולוגית תסבול ממחסור באנרגיה.

טיפול בזיהום ים בנפט גולמי

תשובה לשאלה בעמוד 186

בעד – נפט הוא חומר דליק וכתם בים הוא שכבה דקה על פי המים – שרפה מכלה אותו בזמן קצר ומונעת התפזרותו על ידי המים אל החוף או שקיעתו לעומק.

שיטה קלה לשימוש וזולה יחסית.

בשיטה מודרנית של פיזור דיספנסרים יש סיכוני רעילות לאלמוגים.

נגד – שרפת הדלק באוויר הפתוח גורמת לזיהום אוויר כבד לסביבה.

שרפה יכולה לצאת משליטה במיוחד עם יש רוח בינונית ומעלה.

.

הערה לפינת העשרה: ספוג פחמן סופג נפט בכמות העולה עד פי 100 ממשקלו! בעמוד 187

לפעולת הניקוי יש שתי מטרות עיקריות – לצמצם את הנזק לסביבה וליצורים החיים בה ולהפחית את משך הזמן הדרוש להתאוששות המערכת האקולוגית.

ניתן לנקות את כתמי הנפט בשתי דרכים:

1. על ידי הכוונה או העברה של כתם הנפט לאזור רגיש פחות. למשל, העברה של הכתם מאזור מנגרובים לאזור חולי.
2. על ידי סילוק כמות מספקת של נפט מאזור הפגיעה כך שהריכוז הנותר אינו מזיק, והעברת הכתם שנותר למקום אחר.

אפשר לסלק את הנפט בכמה שיטות:

- ♥ איסוף מכני של הנפט - האיסוף מתבצע באמצעות מוטות או כפות בעלות משטחים רחבים בקצותיהן, האוספות את הנפט מפני הים. איסוף מכני אפשרי רק כאשר הנפט לא התפזר על פני שטח גדול, הים שקט ועוצמת הרוח נמוכה. בשיטה זו אוספים כ-10% מכמות הדלק שנשפכה.
- ♥ שימוש בחומרים מפזרים (דיספרסנטים) – אלו חומרים פעילי שטח המשמשים כשטח פנים בין שכבת הנפט לשכבת המים. נוכחותם מקטינה את המתח בשטח הפנים שבין הדלק לבין פני הים וכך גורמת להיווצרות טיפות זעירות במקום כתם נפט גדול אחד. הטיפות מאפשרות פירוק ביולוגי טוב יותר של הנפט הודות להגדלת שטח הפנים של הנפט הבא במגע עם אורגניזמים מפרקים ועם חמצן. שיטה זו יעילה גם בים סוער. היא אינה יעילה כלל בדלק כבד. בדלק קל יעילותה מוגבלת לשימוש תוך יום עד יומיים הראשונים של היווצרות הזיהום. מגבלה נוספת רעילותם של חומרים אלה לאלמוגים.

הערה

חומר פעיל-שטח הוא מולקולה הנקשרת למולקולות המים מצד אחד (הצד ההידרופילי), ולמולקולות הנפט מהצד השני (הצד ההידרופובי). המולקולה פעילת השטח נישאת על גבי ממס בעזרתו היא חודרת לתוך כתם הנפט על ידי המסה של הנפט.

הדיספרסנטים נבדלים ביניהם בסוג הממס שהם מכילים.

- ♥ שרפת הנפט במקום בו נשפך – שיטה זו יעילה בים שקט ובכתם טרי עד יומיים ממועד היווצרותו.

ניקוי חופים מכתם נפט

ניקוי חופים מכתמי נפט מתבצע באמצעות שיטות פיזיות, ביולוגיות וכימיות.

שיטות פיזיות

- סילוק נפט הנמצא בסמוך לפני השטח באמצעות כלים מכניים המגרדים את שכבת הקרקע העליונה בלבד. יש מקרים שמסלקים את כל שכבת החוף העליונה כולל הצמחיה.
- סילוק ידני על ידי צוותים מיומנים ועל ידי מתנדבים בעזרת אתים דליים, מגרפות, ורשתות גריפה קטנות.
- שטיפה במי ים בזרם בעוצמה נמוכה ככל שניתן אך לפעמים גם בזרם חזק ובמים חמים.
- ניקוי על ידי התזת חול.

שיטות כימיות

- שימוש בחומרים סופגי נפט.

שיטות ביולוגיות

- "ריפוי ביולוגי"- הוספת חומרי דשן למי הים כדי לעודד התרבות אוכלוסיית חיידקים מעכלי נפט.
- שימוש בחיידקים מעכלי נפט, פועל ביעילות בחופים חוליים אשר זוהמו על ידי נפט, ואינו יעיל לשימוש במי הים.

גורמים המשפיעים על מהירות הניקוי של החוף

מידת החשיפה של החוף לאנרגיית גלים – תנועת הגלים מסייעת לסלק את הנפט מהמים. ככל שהחוף חשוף יותר לתנועת הגלים כך כתם הנפט מתפרק מהר יותר. חופים סלעיים חשופים מאוד בהשוואה למפרצים, ביצות מלוחות ומנגרובים.

יצירת הגלים ועוצמתם – מושפעת ממהירות הרוחות, מכיוונן, ממשך הזמן שהן מנשבות ומתדירות הרוחות ומזוית הנוצרת בין כיוון החוף לכיוון ים הפתוח.

תלילות החוף – חופים בתלילות מתונה מחלישים את אנרגיית הגלים.

מידת החשיפה או ההגנה המקומית של החוף – גם בחופים סלעיים יכולים להימצא סדקים, חריצים ואזורים חבויים שבהם ישאר הנפט למשך פרק זמן ארוך.

תשתית החוף – נפט גולמי אינו חודר בקלות דרך קרקע בעלת מרקם עדין (גרגרים דקים), בעיקר כאשר הם ספוגים במים. קיומן של מחילות סרטנים, תולעים ושורשי עצים מזרז את חדירת הנפט לעומק. בחופים חוליים או חצציים החדירה לקרקע קלה יותר והנפט יכול להגיע לעומק של מטר ויותר.

פתיתים הנוצרים כאשר חלקיקי טיט בחוף סופגים נפט גולמי – תהליך זה נצפה לראשונה בחופי אלסקה לאחר אסון "אקסון ולדז" (1989). פתיתים אלה מונעים את ספיחת הנפט לחוף ומזרזים את תהליך הניקוי הטבעי.

הגובה אליו הגיע הנפט – רסס רוח יכול להעלות את הנפט מעל לקו הגאות, לאזורים בהם אין פעילות מי ים והכתמים יכולים להישאר שנים רבות.

סוג הנפט ומידת צמיגותו – משפיעים באופן ישיר על תנועת הדלק לתוך הקרקע בחוף ועל יציאתו מהקרקע.

עלויות של ניקוי המים והחופים מכתמי נפט

תשובות לשאלות בעמוד 187

1. גורם הזמן הוא חשוב מאוד בטיפול בכתם נפט. ככל שהטיפול נעשה קרוב יותר לאירוע ניתן לנקוט במגוון אמצעים רב יותר ולצמצם את הנזק לסביבה.
2. הבעיות: תנאי הים ומזג האוויר לא תמיד מאפשרים טיפול בכתם. בקרבת אלמוגים לא ניתן לטפל בכתם בחומרים מפזרים כיוון שהם רעילים לאלמוגים ולכן הטיפול איטי יותר.
3. באזורי חוף לרוב אי אפשר להשתמש בכלים כבדים כדי לסלק את הקרקע שזוהמה בנפט כיוון שיחד עם הקרקע מסולקים מיקרואורגניזמים ואורגניזמים החיוניים לשיקום המערכת. לכן נדרשים לניקוי ידני עדין יותר.

ניהול אירוע מחייב ניהול כמות גדולה של אנשים-מתנדבים. צריך לדאוג להם לביגוד הגנה מתאים,

לעקוב אחר העבודה שלהם ולספק להם תנאי עבודה: שרותים, לינה, מזון.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: זיהום מאסדת קידוח נפט במפרץ מקסיקו בעמוד 188

1. <u>בעד</u>:

האזור רגיש מבחינת המערכת האקולוגית שבו, והיה חשוב למנוע מכתם הנפט להגיע לבתי הגידול בחופי המפרץ. שיקוע הנפט מצמצם את הכמות הצפה העלולה להתפזר ולהגיע לחופים. תקופת השנה בה אירע הזיהום היא תקופה חשובה מאוד במחזור החיים – עונת הרבייה, מה העלה עוד יותר את סף הרגישות של המערכת האקולוגית. הנפט המשיך לזרום עד שהצליחו לאטום את הדליפה ולא הייתה דרך טובה יותר להתגבר על כמות העצומה שדלפה.

בקרקעית יש חיידקים שיפרקו את הנפט.

<u>נגד</u>:

המשמעות של השיקוע לקרקעית הוא לסלק את הבעיה ממראה העיניים בהווה בלי לדעת כיצד היא תבוא לידי ביטוי בעתיד.

לא ידוע מה הנזק לקרקעית.

תהליכי הפירוק בקרקעית אטיים מאוד וייקח זמן ארוך כדי לפרק את השכבה העבה ששקעה.

גם בקרקעית שוכנים אורגניזמים שהם חלק מהמערכת האקולוגית. הנזק שנגרם להם ולמערכת שהם חלק ממנה, אינו ידוע.

החומרים הדיספרסנטים עצמם ידועים כרעילים לחלק מהאורגניזמים.

2. הנזקים האקולוגיים שנגרמו: למרות המאמצים הגיע נפט לחלק מהחופים ופגע בבתי גידול. הנפט פגע בדגים.

בעלי חיים לא יכולים להטיל ביצים בחוף הפגוע (צבים או ציפורים) – השפעה על דור ההמשך ועל גודל האוכלוסייה בשנים הקרובות.

3. לקחים: יש להגביר את הפיקוח כבר בשלב ההקמה ולבצע בדיקות הנדסיות כדי למנוע כשלים. צריך לבצע בדיקות תקופתיות של המבנה ושל התחזוקה שלו.

באסדה עצמה צריכים להיות אמצעים לטיפול בכתם נפט.

במקומות רגישים יש להגביל את כמות הנפט המופקת ביום כדי לצמצם גודל הזיהום במקרה של תקלה.

4. באירוע אין ביטוי לגישת הקיימות. חמדנות הביאה לזלזול בבטיחות בהקמת האסדה ובתחזוקה שלה.

הזלזול נובע מאי רגישות לסביבה ומאי הבנה של היותה הסביבה מערכת תומכת חיים באדם, מאי מתן כבוד לתושבים החיים באזור ומתפרנסים מענפים אחרים שאינם נפט ומגישת: "לי זה לא יקרה" או "לא נורא אם תהיה דליפה".

הגורמים הפוגעים במשאב הדגה בים

דיג יתר

הרחבה

מבחינים בכמה השפעות של דיג יתר:

דיג יתר המשפיע על גודל האוכלוסייה – דיג של פרטים רבים כולל פרטים צעירים שלא מגיעים לבגרות מינית ולא מעמידים צאצאים. פעמים רבות כאשר מספר הפרטים הבוגרים קטן עוברים לדוג את הפרטים הצעירים.

דיג יתר של פרטים בוגרים - גורם להתמעטות פרטים בוגרים המהווים את פוטנציאל הרבייה. כתוצאה מכך בעונת הרבייה אין מספיק פרטים בוגרים היכולים להעמיד צאצאים וכושר ההתחדשות של האוכלוסייה נפגע. דיג מסוג זה הביא להתמעטות של אוכלוסיית דגי הקוד בצפון האוקיינוס האטלנטי ,ושל האנשובי במזרח האוקיינוס השקט בשנות ה-70 וה-80 של המאה ה-20. דיג יתר זה הביא לקריסת אוכלוסיית דגי הקוד ב-1992. בשנה זו אסרה קנדה על דיג מסחרי של דגי הקוד והאיסור בתוקף עד ימינו. אבל האוכלוסייה לא התאוששה ונמצאת על סף הכחדה.

דיג יתר המשפיע על המערכת האקולוגית כולה. כתוצאה מירידה במספר הטורפים, חלה עלייה בגודל האוכלוסייה הנמצאת בשלב הנמוך של מארג המזון למשל מדוזות וסרטנים.

תשובות לשאלות תחת גרף 27 בעמוד 191

1. 52% נמצאים קרוב לגבול הדיג וניתן לומר שהם מתקרבים למצב של סף הכחדה, 17% נמצאים בניצול יתר ו-7% נמצאים בדלדול, סה"כ 76% מהדגה נמצאת בחסר. המשמעות היא שינוי בהרכב המערכת. מינים רבים נעלמו ואלו שנסמכו עליהם במארג המזון מושפעים מכך: נטרפים וטורפים. לחץ הטריפה ולחץ הדיג יועבר למינים אחרים ועלול להעמיד אותם בסכנת חסר גם כן.
2. כל ארבעת הגורמים שהביאו להתמעטות הדגה הם גורמים מעשה אדם. ניצול יתר – דיג מעבר ליכולת המערכת להתרבות, אבדן בתי גידול – נגרם כתוצאה ממכות מכניות ומזיהום. מינים פולשים הגיעו בעקבות חפירת תעלות שאיפשרו נדידה, בעקבות מי נטל ומעבר אניות בין ימים ואזורים שונים ובעקבות אי זהירות של האדם (ראה מקרה האצה).
3. אובדן בתי גידול הוא לרוב בלתי הפיך וכל שיקום לא מצליח להחזיר את המערכת לקדמותה אלא יוצר מערכת אחרת. לפעמים זו מערכת שונה שמותאמת לתנאים החדשים שנוצרו בים. ניצול יתר הוא הפיך רק במינים שלא הגיעו לסף הכחדה ואז חל איסור דיג לפרקי זמן או בעונת הרבייה, גידול מלאכותי והחזרה לים של הדגיגים (ראו מקרה הסלמון או אמנון

הגליל), ניטור האוכלוסייה כדי למנוע פגיעה כל אלה יעזרו בהתאוששות ושמירה על איזון בין צריכה לכושר העמידה של המערכת.

4. על קופסאות הטונה יש סמל, לא פוגע בדולפין (Dolfin free). פירוש הסמל היא שהחברה מקפידה על דיג טונה ברשתות שמאינן מאפשרות כניסה של דולפינים ומחזירה לים דולפינים צעירים שנכלאו ברשתות.

תשובות לשאלות בפינת העשרה- דיג ברשת מכמורת – (Trawling) בעמוד 191

1. דיג מכמורת מאפשר איסוף שלל דיג רב בהשקעת משאבים מעטה: רשתו דלק. מיון השלל נעשה באופן ידני.
2. שיטה זו עדיפה לדגים קטנים עד בינוניים, לדגים השטים בלהקות, לדגים השטים סמוך לקרקעית וכך הם יכולים להיתפס ברשת.
3. הבעיות: הרס קרקעית הים – דיג במכמורת פועל על הקרקעית כמו טרקטור על היבשה. אורגניזמים רבים נלכדים ומתים ללא צורך משום שמבנה הרשתות לא מבחין בין יצורים שונים וגם לא מתבצע מיון של השלל שנתפס. דיג מסוג זה פוגע בעיקר במערכות המצויות בסמוך לקרקעית הים, שיכולת השיקום שלהן קטנה.

הים התיכון

איכות הסביבה בים התיכון

הערה בעמוד 193

להרחבה על מצב הים התיכון, ראו במקור הנתונים: State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment 2012, Highlights for Policy Makers
UNEP/MAP State of the Environment in the Mediterranean

תשובות לשאלות בעמוד 194

1. ריכוזי שמן גדולים: חופי יוון, חופי איטליה, חופי צרפת וספרד אלו מדינות המקבלות נפט. חופי מרוקו, אלג'יר וטוניס – מייצאות נפט. כתם בינוני יש באגן המזרחי כיוון ששם נטען של נפט המגיע מהמפרץ הפרסי ומסוריה, ומיוצא לאירופה. בנוסף יש באזורים אלה נמלים ימיים ובהם יש תנועה ערה של אוניות משא ואוניות נוסעים שגם מהם יכולים להיווצר כתמי שמן.
2. בחופי יוון, איטליה והים האדריאטי, ובחופי צרפת יש דמיון רב. אלו אזורים עירוניים מפותחים מאוד ובעלי תעשייה. בריכוזי עופרת בצדפות החפיפה גבוהה יותר וכוללת גם את חופי ספרד. הסבר אפשרי – זרמי מים שעל הקרקעית שהעבירו מזהמים ממקום בו נוצרו למקום אחר שם הם נכנסו לגוף הצדפות.

בחופי צפון אפריקה אין זיהום בעופרת – אין ריכוזים עירוניים למעט ערים בודדות.
המשמעות לסביבה הימית היא הגדלת עומס הזיהום עליה ויצירת איומים גדולים יותר.
באופן שיקשה על המערכת לנקות את עצמה.

3. באזורים אלה סביר שנמצא ריכוזי מתכות נוספות המצויות בשפכי תעשייה ובפליטות לאוויר, זיהומי דלק ממקורות יבשתיים ועומס אורגני משפכים סניטריים הן בערים הגדולות והן בישובים רבים לאורך החוף בהם השפכים כלל אינם מטופלים.
4. הים התיכון הוא ים סגור ומעבר ג׳יברלטר אינו מאפשר מעבר מים בכמות גדולה אל הים התיכון. עובדות אלה מקשות מאוד על יכולת הטיהור של הים התיכון. לא די בכך, עומס הפעילות הקיים בו יוצר איומי זיהום גדולים ומקשה עוד יותר על יכולת הטיהור שלו.
5. כאשר תיגרם פגיעה בצלילות מי הים באזורי תיירות תיפגע גם התיירות. כאשר מי ים מזוהמים יפגעו במבנים עתיקים או יגרמו למטרדי ריח תיפגע התיירות.

כאשר יסגרו חופים לקהל בגלל אי עמידה באיכות הנדרשת תיפגע התיירות.

אמנת ברצלונה

תשובות לשאלות בעמוד 196

1. שיתוף פעולה יכול להיווצר בכמה דרכים:

שיתוף ידע – יצירת מרכז מידע וניטור אזורי או כלל אגני אליו מועברים נתוני ניטור מכל מקום ובמרכז הנתונים מעובדים לתמונה כוללת.

שיתוף במחקר - יצירת אזורי מחקר החוצים גבולות או קבוצות מחקר ממדינות שונות המכסות אזור באגן.

שיתוף בפעולות לניקוי זיהומים - העמדת ציוד וצוותים לפעולה. שיתוף זה חיוני כיוון שהציוד יקר מאוד.

קביעת חוקים בכל מדינה, למניעת זיהום על פי אמנת ברצלונה ואכיפתם – זהו שיתוף שהוא ברמה של לקיחת אחריות על השטח הריבון אבל מתוך ראיית הכלל.

2. שיפור ברמת החיים מתבטא בקידום סניטציה וטיפול בשפכים, בטיפול בפסולת כך שלא תגיע לחופים, צמצום זיהום אוויר והעלאת מודעות לקשר ההדוק בין סביבה בריאה לבריאות האדם. כל אלה יביאו גם לשיפור איכות מי הים, לניקיון החופים.
3. ביטויים של תפיסת הקיימות באמנת ברצלונה:

ראייה כוללת של חברה-סביבה-כלכלה הבאה לידי ביטוי בהיבטים הבאים:

התייחסות לאגן כולו כאל מערכת ולא רק לחלקים ממנו.

התייחסות לסביבה,מורשת וחברה מתוך הבנה כי האדם פועל למען הסביבה כאשר הוא מפתח זהות עם המקום.

ניטור – יצירת ידע ושימוש בו לצורך מניעה של איומים על המערכת.

יצירת שיתופי פעולה ועזרה הדדית – חשיבות יחסי גומלין חברתיים ליצירת שלם אחד.

קידום איכות החיים של החברה כגוף ושל הפרטים בה מתוך חשיבה של פיתוח בר קיימא.

איכות הסביבה הימית בישראל

איכות הסביבה הימית בחופי הים התיכון בישראל

תשובה לשאלה 1 בעמוד 197

הנחלים מזרימים שפכים רבים לים התיכון, עירוניים חקלאיים ותעשייתים (ראו בפרק על נחלי ישראל). טיפול במי הנחלים ומניעת הזרמת שפכים אליהם תוביל לצמצום זיהום הים התיכון שמקורו בנחלים אלה (בנוסף למניעת הזרמה לים של שפכים שאינם עומדים ברמה המותרת).

איכות הסביבה הימית במפרץ אילת

תשובות לשאלות בעמוד 199

1. האיומים הקיימים:

זיהומים מנמל אילת – ממסוף הצובר: זיהום של אבק הן העולה לאוויר והן השוקע על הרציף.

זיהומים מתנועת האניות עצמן (מי נטל, כתמי שמן).

זיהומים מצינור הנפט – בצינור קיימת טעינה ופריקה של נפט וקיים חשש של דליפה.

זיהומים מנמל עקבה – בדומה לנמל אילת.

תיירות - פגיעה באלמוגים על ידי צוללנים, שיט של סירות תיירות בסמוך לריפים.

פסולת המצטברת בחופים ומגיעה לים בגלל אי הקפדה של נופשים.

כמות שפכים גדולה מבתי המלון.

העיר עצמה – שפכים ונגר עילי מכבישים.

2. הפתרונות:

טעינה ופריקה של צובר במסועים סגורים. שיפועי הרציפים אינם מופנים לים אלא ליבשה וכך ניתן לקלוט את מי השטיפה והנגר ולטהרם.

איסור על כניסת אוניות ישנות לנמל כדי למנוע סכנות דליפה.

החלפת מי נטל מחוץ למפרץ ובריחוק משוניות האלמוגים.

טיפול בשפכים עד לרמה הנדרשת לצורך הזרמתם לים (על פי תקנות).

הסברה לצוללנים וסגירת אזורים בפני צלילה ותיירות לצורך שמירה על המערכת האקולוגית.

ניטור מתמיד וכוננות למניעת תקלות או לטיפול מהיר בהן.

3. אין מקום לטעויות – הקרבה של השונית לאזורי האיום וכיווני זרימת המים מחייבות ערנות רבה. יש לפעול פעולות מניעה ככל שניתן כיוון שהאיום משפיע בטווח זמן קצר מאוד על השונית. הטיפול צריך להיות מיידי כדי לחסום את התפשטותו לכיוון השונית.
4. שיתוף הפעולה חשוב מאוד. נמל עקבה מציב איומים גם כן על המפרץ וכיווני תנועת המים היא מנמל עקבה לכיוון אילת והשונית. לכן חשוב דיווח על תקלות בעקבה כדי למנוע נזקים באילת ובשונית.

הערה

דיון מלא בנושא הסביבה הימית כולל גם השפעות של פעילות האדם בחוף ובקו המים. לא דנו בכך בספר זה כיוון שהדיון נושק לתכנון סביבתי ולמערכות אקולוגיות, היקפו גדול מכדי שנוכל

לכלול אותו בספר זה והנושא גם אינו נדרש בחומר הלימוד. מומלץ לדון בכך בכתה בהתייחס לנעשה בחופי הארץ. בארץ יש לכך חשיבות רבה בגלל שטח החוף המצומצם שנותר פתוח לשימוש הציבור, התכניות הרבות הקיימות על שטח זה והמאבקים המתנהלים על שימור חופים באזורים שונים בארץ.

פעולות נוספות של האדם המשפיעות על איכות הסביבה הימית בישראל

פיתוח החוף

פיתוח החוף עד קו המים קיים בעולם עוד מהתקופות שלא הייתה בהן מודעות להשפעה הסביבתית. בארץ היו תכניות רבות לפיתוח החופים לצרכי נופש וזאת בנוסף למתקני צבא, תחנות כוח ומתקני התפלה החייבים את קרבת החוף.

בתכנית המתאר הארצית לחופי הים (תמ"א 13) נקבעו תקנות ומגבלות לפיתוח אזורי חוף. על פי תקנות אלו, פיתוח החוף ייעשה רק לטובת הציבור והבנייה בו תיעשה רק למטרות נופש ותיירות. כמו כן, נאסר על בנייה במרחק של עד 100 מ' מקו המים. אולם במציאות ההנחיות הללו לא ממש מבוצעות.

אפשר לתת כאן כדוגמה את המאבק של שימור חוף פלמחים, שעדיין לא הסתיים במועד הכנת הספר.

הקמת מרינות לנופש

כחלק מפיתוח החוף תוכננו 13 מרינות לאורך חוף הים התיכון שברשות מדינת ישראל.

מרינה היא נמל עגינה ל יאכטות, סירות נופש וספורט. הנזק הסביבתי של מרינה מתבטא בדברים הבאים:

1. זיהום הים בשמנים ודלקים, שפוגעים בבעלי חיים ובצמחים.
2. שוברי הגלים של המרינה עוצרים את החול וכך מצטמצמת רצועת החוף החולי ומצוק החוף נחשף לפעולת הגלים ועלול להתמוטט ולסגת מזרחה.

בדיקת תכניות הבנייה במרינה גילו כי היזמים המתכננים אינם מתכוונים לבנות רק את המרינה עצמה, אלא מתכוונים לבנות סביבה פרוייקטים של תיירות, מסחר ומגורים כדי להגדיל את רווחיהם. הרשות המקומית לא מתנגדת לכך משום שהדבר עשוי להגדיל את הכנסותיה ממסים. תכניות נדל"ן כאלה פוגעות בסביבה וגורמות להעברת שטחי חוף השייכים לכלל הציבור ל ידיים פרטיות של בעלי ההון, ומצמצמים את שטח החוף העומד לרשות הציבור.

כיום שונתה התכנית ונעצרה בניית המרינות מעבר לקיימות באשקלון, באשדוד ובהרצליה.

הצטמצמות כמות החול בחופי ישראל

חופי ישראל רחבים מאוד בחלק הדרומי של רצועת החוף והולכים ונעשים צרים כלפי צפון. הרכב החול משתנה אף הוא - מחול קוורץ שמקורו בנילוס - הבונה את מרבית רצועת החוף מאשקלון בדרום ועד מדרום למפרץ חיפה בצפון, וחול גירני שמורכב משברי צדפות - ממפרץ חיפה ועד לראש הנקרה.

הצטמצמות כמות החול בחופי ישראל נגרמה מהסיבות הבאות:

1. הקמת סכר אסואן על הנילוס במצרים - פחות סחף מגיע לים התיכון, והזרם החופי ממצרים מביא אתו פחות סחף וחול.
2. הקמת מרינות ושוברי הגלים עוצרים את החול מדרום להן, ולכן מצפון למרינות רצועת החוף מצטמצמת מאוד.
3. גניבת חול לצורכי בנייה.

אוקיינוסים וקיימות

תשובה לשאלה בעמוד 201

הים הבלטי - מרכיבים אקולוגיים: ים רדוד, מליחות נמוכה, היעדר גאות, הביאו להתפתחות אבולוציונית שונה במקצת של כמה מהמינים החיים בים, לעומת מקביליהם החיים באוקיינוס האטלנטי. כך, למשל, קיים שוני בין דג ההרינג החי בים הבלטי לבין ההרינג האטלנטי.

מרכיבים תרבותיים וכלכליים: נוף איים ותרבות חיים באיים, ענף תיירות משגש, אזור בעל עבר היסטורי אירופאי.

איי מלפלאו – מרכיבים אקולוגיים ובעיקר- הלחות הרבה השוררת בו, גורמת לערפילים האופפים אותו לעתים קרובות. על אף שהאי נראה כסלע חשוף, הוא אינו צחיח לחלוטין, וגדלים בו, הגם שבדלילות, חזזיות, טחבי עלים ושרכים. כ-80,000 עופות ימיים מקננים במלפלאו, והם מאפשרים היווצרות גואנו. עולם החי הימי עשיר במיוחד וכולל 17 מיני אלמוגים, 130 מיני רכיכות, 267 מיני סרטנאים ו-395 מיני דגים, בהם ארבעה מינים אנדמיים. אוכלוסיית הדגים מזינה מספר רב של כרישים שהקנו לאי את עיקר פרסומו. (המקור - ויקיפדיה)

האיים הקנריים – אזור בעל יחודיות בנוף, אתר תיירות. האיים מתאפיינים בהרי געש רבים, חלקם פעילים, ובשמורות טבע של יערות מחט ויערות סובטרופיים. חופי הדיונות מספאלומס (Maspalomas) הוא אתר תיירות מפורסם. האקלים הוא סובטרופי, בטנריף נמצא הפארק הלאומי טיידה שהוא אתר מורשת עולמית. זהו פארק געשי המתאפיין בנוף געשי מיוחד, עם סלעי בזלת שחורים וצבעוניים המזדקרים מתחתית לוע הר הגעש שגובהו הוא 3,718 מטר (ויקיפדיה).

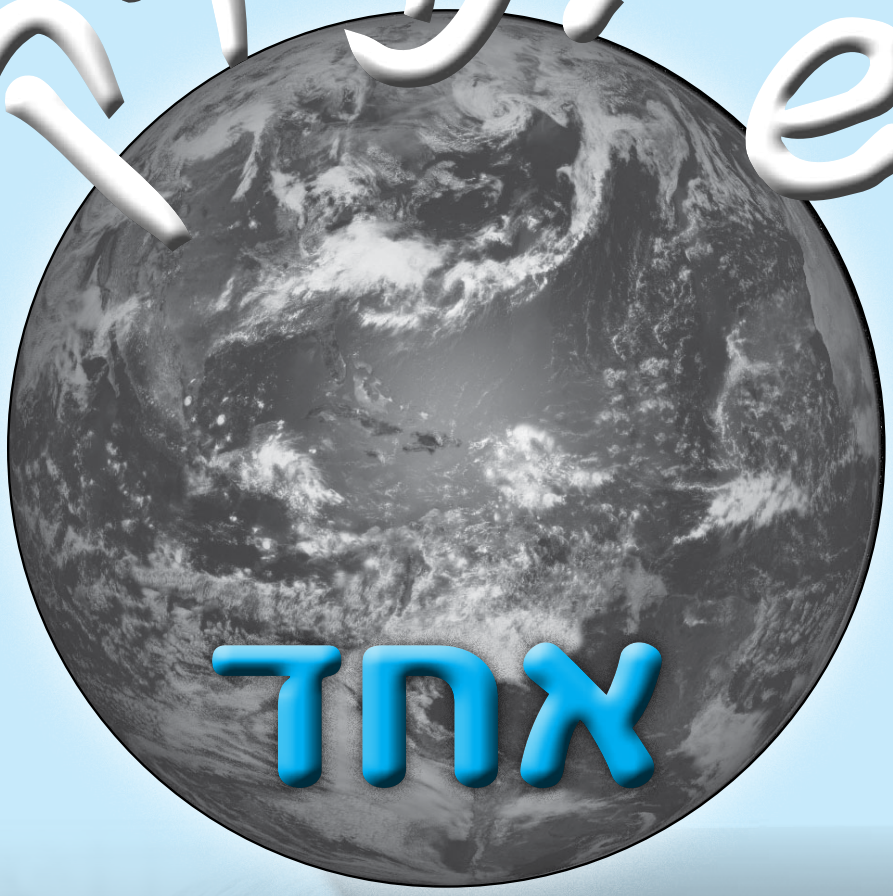
איי גאלאפאגוס – מרכיבים אקולוגיים ותרבותיים. איי גלאפגוס ידועים הודות למגוון המינים של בעלי החיים האנדמיים שבהם, וכן הודות למחקריו של צ'ארלס דרווין במהלך מסע המחקר שלו באוניית הצי המלכותי "ביגל", שתרמו לגיבוש תאוריית האבולוציה באמצעות הברירה הטבעית. בעלי החיים באיים ידועים בכך שאינם נרתעים מאנשים, מה שהופך את האיים לאתר תיירות פופולרי בקרב חובבי בעלי חיים. (ויקיפדיה)

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
תל

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

ישנו רק אחד



משאב האוויר

רעש וקרינה

ראש הפרויקט
פרופ' יוסף מניס

אחראית אקדמית
ד"ר מיכל ציון

צוות השכתוב
ד"ר שרה קלצ'קו
יהודית צ'ורנה-הוניג
בתיה פריד
ד"ר אריה ונגר - כתיבת פרק: משבר שינוי האקלים

יועצים מדעיים
ספר משאב האוויר: ד"ר ברנדה פליקשטיין
ספר רעש וקרינה: פרופ' סטיליאן גלברג

עיצוב גרפי
ניצן - שמיר - מעצבים

עריכת לשון
ד"ר שרה קלצ'קו
דפנה לב

קראו והעירו
עינת פילר
יהודית צור
אלה מיכאלוב-סלע
ד"ר עדנה בן-יצחק
דליה חלקיה
ישראל וייסבלום
בתיה פריד

בהכנת המהדורה הראשונה השתתפו
ד"ר שרה קלצ'קו
רחל סקאל
שלמה דיסקין
דורון להב

יועצים מדעיים
ספר משאב האוויר: ד"ר תהילה בן גיא, ד"ר רבקה קולטון
פרופ' אורי דיין, האונ' העברית - בנושא האינוורסיה
ספר רעש וקרינה: פרופ' סטיליאן גלברג

עיצוב גרפי והכנת איורים
דפנה גילת

עריכת לשון
לאה תלמי

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך 2014

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

אונברסיטת בר–אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טענולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

איכות האוויר בידינו

פתח דבר למורה

ספר האוויר עוסק בכמה שאלות מרכזיות העוסקות בתופעת זיהום האוויר, בגורמים לזיהום האוויר, בהשפעות זיהום האוויר על בריאותנו ועל בריאות הסביבה ובדרכים לצמצם ואף למנוע את זיהום האוויר.

הפרק הראשון עוסק בשאלה: מהם מאפייני האטמוספרה?

לשתיים משכבות האטמוספרה יש חשיבות רבה. האחת היא שכבת הטרופוספרה – השכבה הסמוכה לשטח פני כדור הארץ. בשכבה זו האוויר צפוף יחסית והתנאים בה מתאימים לקיום חיים. האחרת היא שכבת הסטרטוספרה, הכוללת את שכבת האוזון שמגנה על פני כדור הארץ ובלעדיה לא היו החיים על פני כדור הארץ יכולים להתקיים.

הפרק השני פותח בשאלה: מהן הבעיות העיקריות שגורם זיהום האוויר?

לאחר הצגת ההגדרה של זיהום אוויר, מציג הפרק את הגורם העיקרי לזיהום האוויר בכדור הארץ: שימוש גובר במקורות אנרגיה של דלק פוסילי (מחצבי) ששרפתם גורמת לפליטת מזהמים רבים לאוויר. הפרק מציג את המקורות העיקריים לזיהום האוויר: תחבורה – שהשפעתה ניכרת במיוחד ביישובים עירוניים שבהם חיים רוב תושבי כדור הארץ; תעשייה ותחנות כוח. זיהום אוויר בתוך מבנים הופך גם הוא לבעיה קשה ומסוכנת.

לאחר הצגת מקורות הזיהום, הפרק עוסק בשאלה: כיצד עלינו לטפל בבעיית זיהום האוויר?

הגישות השונות לטיפול בבעיה – חקיקה, שימוש באמצעים כלכליים וכלים טכנולוגיים, יכולות לסייע לנו לפתור חלק מהבעיות, אך הדרך הטובה ביותר להתגבר עליהן היא למנוע אותן מלכתחילה.

הפרק השלישי עוסק בתהליכים המביאים לפיזורו של זיהום האוויר באטמוספרה ובאמצעים לבדיקה שוטפת של זיהום האוויר באמצעות מערכת ארצית לניטור האוויר.

הפרק עוסק בשאלה: אילו תהליכים טבעיים עוזרים לפיזורו של זיהום האוויר וכיצד אפשר לבדוק שינויים ברמת זיהום האוויר באופן שוטף?

הפרק הרביעי עוסק בשאלה: אילו נזקים גורם זיהום האוויר ברמה המקומית, האזורית והעולמית?

הפרק מציג את בעיית הערפיח (עירוני ופוטוכימי), שעיקר נזקה הוא מקומי אך יכול להיות גם אזורי; בעיית המשקעים החומציים שהשפעתם היא אזורית; והבעיות הכלל עולמיות של דלדול שכבת האוזון ושינויים באקלים.

בנושא האוזון עולות שתי שאלות: מה גרם לדלדול שכבת האוזון? וכיצד פועלים כדי לתקן את הנזקים שנגרמו?

שימוש נרחב בכימיקלים שפגעו באוזון הסטרטוספרי גרם לדלדול שכבת האוזון. הירידה בריכוז האוזון בסטרטוספרה אפשרה מעבר של יותר קרינה על-סגולה אל שטח פני כדור הארץ, שגרמה לעלייה בתחלואה, בעיקר של מחלת סרטן העור, ונזק לצמחים ולבעלי חיים. מצב עניינים זה הוביל לניסוח כמה אמנות שאסרו על המשך השימוש בכימיקלים המזיקים וחייבו מעבר לשימוש בחומרים אחרים שאינם פוגעים בשכבת האוזון. למהלך זה היו השפעות ניכרות, והפגיעה באוזון הסטרטוספרי התמתנה ואף נעצרה. המשך השמירה על האמנות ימנע חזרה של הבעיה.

הפרק החמישי עוסק במשבר שינוי האקלים. בעיית שינוי האקלים היא החמורה מכולן, משום שיש לה השפעות רחבות היקף בטווח הקצר וגם בטווח הארוך. בעיית שינוי האקלים מעלה שתי שאלות עיקריות: האחת – כיצד ישתנה האקלים על פני כדור הארץ בעתיד?

במצב של "עסקים כרגיל", שבו תימשך פליטת מזהמים, ובעיקר פליטת גזי חממה, ברמת הפליטה של היום, יתרחשו קרוב לוודאי שינויים ניכרים באקלים במהלך המאה ה-21.

השאלה האחרת היא: מהן ההשפעות האפשריות של שינויים אלה?

סביר להניח שהשינויים יהיו רחבי היקף ויימשכו שנים רבות. הם יכללו התרחבות התופעות של בצורת ושיטפונות, עלייה במפלס מי האוקיינוסים והצפת שטחי חופים ביבשות ושינויים רחבי היקף באזורים החקלאיים, במערכות אקולוגיות שלמות וגם במרכזי אוכלוסייה עירוניים (כתוצאה מהגירת בני אדם רבים מהאזורים שיוצפו לאזורים אחרים).

הפרק השישי עוסק בדרכים למניעת זיהום האוויר באמצעות שימוש במקורות אנרגיה חלופיים: אנרגיה גרעינית, אנרגיית רוח, אנרגיית שמש, אנרגיה הידרואלקטרית ואנרגיה גיאותרמית. מניעת פליטתם של מזהמי אוויר שמקורם בשרפת דלק פוסילי היא אמצעי יעיל לשמירה על איכות האוויר ולמניעת הסכנה שגורמים השינויים באקלים.

המעבר לשימוש במקורות אנרגיה חלופיים דורש השקעות כלכליות בטווח הקצר שיביאו תועלת רבה בטווח הארוך.

השאלות שמעלה פרק זה הן: מהם סדרי העדיפויות שלנו? עד כמה אנחנו מסוגלים לתכנן את פעולותינו כדי להביא לשינוי של ממש בטווח הזמן הארוך? כיצד נוכל להגביר את השימוש במקורות אנרגיה חלופיים (שמש, מים, גלים, רוח ואנרגיה גיאותרמית) כדי להפחית את טביעת הרגל האקולוגית, לשמור על איכות האוויר ולצמצם את עוצמת השינויים באקלים שתחווה האנושות במאה ה-21?

פרק 1

מאפייני האטמוספרה ותהליכים המתרחשים בה

תשובות לשאלות בעמוד 10

ניקח לדוגמה גינה ציבורית או נחל בסביבת הבית. האחריות על הנכס מוטלת על הרשות המקומית אם הנכס נמצא בתחומה או על משרדי הממשלה וגורמים ממשלתיים כמו רשות הטבע והגנים. בדרך כלל, הרשות המקומית היא שמקימה גינות ציבוריות, ותושבי האזור משתמשים בהן. אסור לתושבים כמובן לפגוע בנכס, אבל הם אינם צריכים לטפל בו (תחזוקה שוטפת ושיקום אם צריך). זהו תפקידה הרשמי של הרשות הממונה. אם התושבים נוהגים בחוסר אחריות ופוגעים בנכס או מלכלכים אותו, רשאית הרשות לקנוס אותם על פי תקנות שהיא מתקינה. אלא שבמקרים רבים אנשים נוהגים בחוסר אחריות ופוגעים בנכסים ציבוריים מתוך תחושה מוטעית שהם לא שייכים להם, בשעה שבפועל שייכים נכסים אלה לכלל הציבור שהם חלק ממנו.

מבנה האטמוספרה, רכיביה ותהליכים המתרחשים בה

תשובות לשאלות תחת איור 1 בעמוד 11

1. ההר הגבוה ביותר בכדור הארץ הוא האוורסט, שגובהו מגיע ל-8,844 מטרים. הטמפרטורה השוררת בפסגתו היא בסביבות -40^0C והלחץ הוא כ-350 מיליבר (הלחץ האטמוספרי בגובה פני הים הוא 1,013 מיליבר). האוויר דליל מאוד וגם כמות החמצן נמוכה מאוד. רוב היצורים החיים אינם יכולים להתקיים בתנאים כאלה. מטפסי הרים נאלצים להסתגל לתנאים הקשים במשך כמה שבועות. בזמן הטיפוס לפסגת האוורסט עליהם ללבוש בגדים מתאימים ולעתים גם להיעזר במסכות חמצן. בדרך כלל המטפסים נשארים על הפסגה לא יותר מכמה דקות.
2. בגובה של 10 ק״מ, לחץ האוויר הוא 100 מיליבר – עשירית מהלחץ האטמוספרי בגובה פני הים, והטמפרטורה היא -60^0C. כדי לאפשר לבני האדם לטוס בגובה כזה, המטוסים אטומים ויש בהם מערכת המזרימה אוויר לחלל המטוס. הטיסה בגובה זה, שבו האוויר דליל מאוד, חוסכת דלק משום שהמטוסים אינם צריכים להתגבר על החיכוך שנוצר בעת מעבר באוויר צפוף. למרות הפחתת החיכוך והירידה בצריכת הדלק עקב הטיסה בגובה רב, התובלה האווירית הבינלאומית היא רחבת היקף וגורמת לפליטת כ-2% מכלל הפליטה של CO_2 בעולם.
4. בכל חלקיה האחרים של האטמוספרה שורר לחץ אוויר נמוך מאוד, מחסור בחמצן וטמפרטורה נמדדת נמוכה מאוד. לכן חיים אינם יכולים להתקיים בהן.

הערה

מכיוון שצפיפות האוויר נמוכה בשכבות גבוהות של האטמוספרה, החיכוך בין המולקולות קטן מאוד ולכן מהירותן גבוהה מאוד. עם זאת, הריכוז הנמוך של המולקולות והאטומים (צפיפות נמוכה) גורם לטמפרטורה המורגשת (זו הניתנת למדידה על ידי מכשירי מדידה) להיות נמוכה מאוד. כלומר, מד טמפרטורה שיוצב בגובה זה יצביע על טמפרטורה שהיא מתחת ל-0^0C עקב מיעוט ההתנגשויות בין המולקולות. לכן, גם אנרגיה מעטה שתועבר למד הטמפרטורה תגרום להתפשטות הכוהל או הכספית. מגש קוביות קרח עם מים נוזלים שיוצב בגובה זה יקפא מיד.

תשובות לשאלות בעמוד 13

1. השינויים בטמפרטורה:

בשכבת הטרופוספרה חלה ירידה בטמפרטורה עם העלייה לגובה (בטווח שבין 20 ל-50- מעלות), בשכבת המעבר – טרופופאוז – הטמפרטורה יציבה עם העלייה לגובה (כ-60- מעלות); הטמפרטורה עולה עם העלייה בגובה בשכבת הסטרטוספרה (מ-60- ועד 0 מעלות), בשכבת המזוספרה הטמפרטורה שוב יורדת עם העלייה בגובה ומגיעה ל-80- מעלות, בחלקה התחתון של שכבת התרמוספרה חל שינוי מגמה (בעיקר בשכבת המזופאוז) ולאחריה חלה עלייה תלולה בטמפרטורה והיא מגיעה ליותר מ-60 מעלות צלסיוס.

השינויים בלחץ האוויר: לחץ האוויר פוחת ככל שעולים בגובה האטמוספרה ומגיע לערך של כ-60 מיליבאר עם המעבר לסטרטוספרה. הוא מגיע לערך של כ-1 מיליבאר בחלקה העליון של הסטרטוספרה.

2. הטמפרטורה באטמוספרה מושפעת מכמה גורמים: עוצמת קרינת השמש המגיעה לכל שכבה, קרינת חום הנפלטת משטח פני כדור הארץ וקיומם של גורמים הבולעים קרינה (כמו למשל שכבת האוזון הבולעת קרינה על-סגולה או האוויר בטרופוספרה ובסטרטוספרה). בשכבת המזוספרה יש כמות קטנה של גזים קלים הבולעים רק מעט קרינה ולכן הטמפרטורה יורדת.

בשכבת התרמוספרה יש מעט אטומי חמצן ומולקולות חנקן חד-אטומי הבולעות את הקרינה החזקה המגיעה לחלקה העליון של האטמוספרה וגורמות לחימום שכבת התרמוספרה.

לחץ האוויר: האוויר נעשה דליל יותר ככל שעולים בגובה הטרופוספרה ולכן לחץ האוויר יורד. בשכבות אטמוספרה אחרות אין כמעט אוויר ולכן לחץ האוויר זניח.

האוויר שבאטמוספרה

הרכב הגזים באוויר

תשובה לשאלה תחת טבלה 1 בעמוד 14

חמצן חיוני לקיומם של כל היצורים החיים המפיקים אנרגיה באמצעות תהליך הנשימה התאית (יש יצורים כימוסינתטיים המפיקים אנרגיה באמצעות יסודות אחרים, כמו למשל גופרית). פחמן דו-חמצני חיוני לתהליך הפוטוסינתזה, הבסיס ליצירת כל החומרים האורגניים על ידי הצמחים והיצורים הפוטוסינתטיים האחרים. חנקן אטמוספרי הוא חומר מוצא ליצירת תרכובות חנקן שונות, והוא רכיב חיוני בתרכובות הבונות את גופם של יצורים חיים (חלבונים וחומצות גרעין).

תשובה לשאלה ליד תמונה 1 בעמוד 14

האטמוספרה היא דקה מאוד ביחס לרדיוס כדור הארץ: עובייה מגיע לכ-100 ק״מ ואילו הרדיוס של כדור הארץ הוא 6,378 ק״מ, כמו היחס שבין התפוח לקליפתו (פי 127.4). השמיים נראים לנו תכולים משום שאורך הגל הנראה לעינינו כצבע כחול אינו נבלע באוויר: כשהוא פוגע במולקולות הגזים באוויר הוא מתפזר ומגיע לעינינו (גם אורכי גל אחרים בתחום הנראה מתפזרים, אך ביעילות יותר נמוכה, לכן הצבע הכחול הוא דומיננטי. אולם, בזמן השקיעה והזריחה נמצאת השמש באופק, ולכן קרני השמש עוברות באטמוספרה מרחק שהוא גדול יותר מ- 100 ק״מ. במצב זה, אורך הגל המפוזר המגיע לעין בעוצמה מרבית הוא האדום).

פרק 2
מקורות לזיהום האוויר

הערה לעמוד 20

כדאי לתכנן עם התלמידים היכן בשכונתם כדאי להם לתלות את הלוח, כדי שיקבלו נתונים שאפשר יהיה לנתח אותם. אפשר לתלות את הלוחות ליד כבישים, בסמוך לכניסה לבית, ליד מגרשי משחקים. באופן זה ניתן יהיה ללמוד על הזיהום בחלקיקים בשכונות המגורים של התלמידים.

תשובות לשאלות בעמוד 20

1. אוויר נקי הוא אוויר ללא מזהמי אוויר או עם רמות זיהום נמוכות מאוד.
2. אפשר להשתמש בחושי הראייה, הריח והטעם: אוויר מזוהם אפשר לפעמים לראות, להריח ולהרגיש. אך לא תמיד. יש מזהמים שנוכל להבחין בהם רק על ידי מכשירי מדידה (ניטור).
3. א. החומרים שיידבקו ללוח הם מזהמים מוצקים, חלקיקים כמו אבק, אפר וכל זיהום חלקיקי אחר (לא גזי). את מזהמי האוויר הגזיים אי אפשר לראות בעין בלתי מזוינת וגם לא באמצעות בינוקולר או מיקרוסקופ. חלק מהם נוכל אולי להריח.

   ב. יש לקחת בחשבון שמשתנים כמו רוח, גשם וקרינת שמש וחום, יכולים להשפיע על הידבקות החומרים לדבק.

מקורות טבעיים לזיהום האוויר

תשובות לשאלות בעמוד 22

1. איכות האוויר יורדת והוא אף מסוכן לנשימה. בנוסף לזרמי המגמה, מלווה התפרצות הר הגעש בפליטה של חומרים פירוקלסטיים היוצרים מעין חורף געשי (פינאטובו ב-1991). בנוסף, נפלטים גזים רעילים כמו גופרית דו-חמצנית ותחמוצות חנקן וכן חומרים רעילים נוספים בריכוזים גבוהים. בהמשך יכול להיווצר גם גשם חומצי, על כל המפגעים הנלווים אליו.
2. אין אפשרות לשלוט על התפרצות הר געש וגם אי אפשר למנוע את זיהום האוויר שהוא גורם. הדרך הטובה ביותר היא להתרחק מהאזור שנפגע בהתפרצות, שכן הוא מסכן את בריאותם של בני האדם וגם של הצמחים ובעלי החיים. לעתים התהליך הטבעי של סילוק מזהמי האוויר נמשך זמן רב, שנים אחדות לפחות.

מקורות מעשה ידי אדם (אנתרופוגניים) לזיהום האוויר

צריכת אנרגיה, רמת החיים וזיהום האוויר

תשובות לשאלות מתחת לאיור 2 בעמוד 23

כשמשווים בין המחצית הצפונית למחצית הדרומית אפשר לראות ש:

1. רוב המדינות המפותחות נמצאות במחצית הצפונית של כדור הארץ. דרום אפריקה ואוסטרליה הן כמדינות המפותחות היחידות הנמצאות בחצי הכדור הדרומי.
2. המדינות שצריכת האנרגיה שלהן לנפש היא הנמוכה ביותר נמצאות במערב אפריקה ובמרכז אפריקה (מאוריטניה, מלי, צ'ד , ניז'ר.)
3. יש קשר ישיר בין מידת הפיתוח של המדינה ורמת החיים בה לבין כמות השימוש באנרגיה לנפש (שמחושבת לפי הכמות הכוללת של אנרגיה שמשתמשים בה במדינה, כולל שימוש בתעשייה, בהפקת חשמל ובתחבורה, כשהיא מחולקת למספר תושביה).

הערה

אפשר למצוא נתונים מעודכנים גם באתר:

http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_consumption

תשובות לשאלות תחת גרפים 2-4 בעמוד 26

1. במהלך כל התקופה חלה עלייה מתמדת בצריכת האנרגיה, כפי שאפשר לראות בגרף העולה. בשנת 1995 נעשה הגרף תלול יותר, מה שמעיד על שיעור גבוה יותר של עלייה בצריכת האנרגיה.

   צורת הגרף נעשית אקספוננציאלית, כלומר, מראה מגמה של עלייה גדלה והולכת בצריכת האנרגיה בעולם.
2. במדינות המפותחות נשארה צריכת האנרגיה יציבה לכל אורך התקופה, עם שיעור עלייה קטן ואפילו מגמה של ירידה בסביבות 2010.
3. בארצות מתפתחות, בעיקר באסיה - כמו הודו וסין, חלה עלייה גדולה מאוד בצריכת האנרגיה. גם במדינות אמריקה המרכזית והדרומית וכן באפריקה חלה עלייה, אך בשיעור נמוך יותר.
4. הגישה של "עסקים כרגיל" משמשת בסיס להכנת תחזית לצריכת אנרגיה בעתיד (בנתונים שהצגנו – עד 2035, אם כי יש תחזיות גם עד שנת 2050, ולעתים אף עד סוף המאה ה-21).

   התסריט "עסקים כרגיל" מתייחס למצב שבו כוחות השוק לא ישתנו, רמת החיים לא תשתנה, הילודה תמשיך להיות כפי שהיא כיום, ולא יחולו שינויים ניכרים בדפוסי הצריכה. ואולם, צריך לזכור שכל אלה הן הנחות יסוד, וכאשר עושים תכנון לעתיד ייתכן שהמגמות המוכרות ישתנו בכל זאת, גם ללא שינוי ניכר בדפוסי ההתנהגות, למשל בגלל שינויים טכנולוגיים, חברתיים (ושינויים בגודל אוכלוסיית האדם בעולם) וכדומה. לכן, קשה מאוד לחזות במדויק את שיתחולל בעתיד. התחזיות נועדו לשמש כלי לתכנון כלכלי וסביבתי בידי המדינות.

כדאי לדון בכיתה במגמות אפשריות שונות: גידול רב באוכלוסיית האדם בהשוואה לגידול מתון, גידול ניכר ברמת החיים במדינות מתפתחות בהשוואה לגידול מתון יותר, וכדומה.

5. תחבורה – דלק (בנזין, סולר, גז טבעי) וחשמל, הפקת חשמל – פחם, דלק (מזוט), גז טבעי, תעשייה – דלק (מזוט) וחשמל, מגזר ביתי ומסחר – חשמל, דלק (סולר לתנורים וציוד גינה).
6. הפקת החשמל תגדל מכמה סיבות: 1. עליה ברמת החיים 2. התעשייה והתחבורה יגבירו את היקף השימוש בחשמל ויפחיתו את השימוש בשריפת דלק פוסילי כמקור אנרגיה עיקרי כדי להוריד את רמת הזיהום בערים הגדולות.

מקורות האנרגיה המשמשים את האדם

תשובות לשאלות תחת גרף 5 בעמוד 29

1. עיקר השינוי (היחסי) הצפוי: גידול בצריכת אנרגיות מתחדשות ואנרגיה גרעינית.

2-3.

סוג הדלק	הכמות הנצרכת, קוואדריליון (10^{15}) BTU		הגידול בכמות, קוואדריליון (10^{15}) BTU	השינוי באחוזים
	2010	2040		
נפט (כולל biofuels)	170	225	55	32
פחם	145	210	65	45
גז טבעי	108	170	62	57
אנרגיות מתחדשות (לא כולל biofuels)	50	108	58	216
אנרגיה גרעינית	25	52	27	208
סה״כ בעולם	505	765	260	51

4. מבין סוגי הדלק הפוסילי, הגידול הרב ביותר יחול בשימוש בגז טבעי שמזהם את האוויר פחות מנפט ופחם, אך יחול גידול ניכר גם בשימוש בפחם. הגידול הרב ביותר יחול באנרגיות מתחדשות ובאנרגיה גרעינית שמזהמות את האוויר פחות מדלק פוסילי לסוגיו.
5. השינויים בשימוש במקורות דלק פוסילי נובעים מדלדול מקורות הנפט, גילויים של שדות גז גדולים ועתודות גדולות של פחם שקיימות בעולם.

הגברת השימוש באנרגיות חלופיות נובעת מההבנה שיש צורך לצמצם את זיהום האוויר הנגרם משריפת דלק פוסילי. אנרגיה גרעינית אינה מזהמת את האוויר אלא במקרים של אסונות גרעיניים. כאלה התרחשו בצ׳רנוביל ובפוקושימה ועיכבו את הגדלת השימוש במקור אנרגיה זה, אבל בגלל זמינותו הרבה, הדיון באפשרות לרתום אותו לרווחת האנושות בצד הסיכונים הנלווים אליו נמצא כעת בעיצומו.

הפקת אנרגיה באמצעות תהליכי שרפה

תשובות לשאלות בעמוד 30

1. שרפת כמויות גדולות של דלק גורמת שני נזקים עיקריים: נפלטים לאוויר גזים מזהמים, ובעיקר CO_2, CO, תחמוצות חנקן, תחמוצות גופרית ואדי מים. בנוסף, שרפת הדלק מעלה את טמפרטורת האוויר.
2. שרפה לא שלימה מתרחשת כאשר כמות החמצן מוגבלת או שאין ערבוב טוב של הדלק עם מולקולות חמצן. בתנאים אלה נוצרים מזהמי האוויר העיקריים: פחמן חד-חמצני, תערובות חד-חמצניות אחרות וחלקיקים.

פחמן דו-חמצני, פחמן חד-חמצני ותחמוצות חנקן וגופרית הם מזהמים ראשוניים כי הם נפלטים ישירות בתהליך שרפת הדלק.

חומצה חנקנית וחומצה גופריתנית הן מזהמים שניוניים כי הן נוצרות בתגובה המתרחשת בין תחמוצות החנקן והגופרית לבין אדי מים באוויר.

חלקיקים הם מזהמים ראשוניים וגם מזהמים שניוניים כי הם נפלטים ישירות בתהליך שרפת הדלק אך גם נוצרים בתגובה של מזהמים ראשוניים עם רכיבי האוויר.

פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2)משרפת דלק פוסילי

תשובות לשאלות בעמוד 31

1. א. פליטת הפד"ח לנפש בעולם גדלה ב-7% בין השנים 1992-2008.

   ב. במדינות מפותחות חלה ירידה של 18%.

   במדינות מתפתחות חלה עלייה של 29%.
2. מספר התושבים במדינה משפיע על הכמות הכוללת של פליטת פד"ח בכל מדינה בשנה. התייחסות לכמות הכוללת, בלי להתייחס למספר התושבים, נותנת תמונה מטעה, משום שהיא אינה מביאה בחשבון את השפעת גודל האוכלוסייה בכל מדינה על פליטת הפד"ח.
3. במדינות מפותחות: 34 טונות לנפש.

   במדינות מתפתחות: כ-3.5 טונות לנפש.

   יחס של כ-1:10.

כלומר, במדינות מפותחות עדיין נפלטת כמות פד"ח גדולה פי 10 לערך מזו שבמדינות מתפתחות, גם אחרי הירידה של 18% משנת 1992. הפליטה של כמות פד"ח גבוהה יותר עקב רמת חיים גבוהה יותר המלווה בצריכת אנרגיה לנפש גבוהה יותר.

4. אם בודקים פליטת פד"ח על בסיס צריכת מוצרים, למעשה לא חלה ירידה בפליטת הפד"ח במדינות מפותחות. רמת הצריכה לא השתנתה שם, כפי שגם לא השתנתה רמת החיים. העברת הייצור למדינות מתפתחות גורמת לפליטת כמויות גדולות יותר של פד"ח במדינות אלה, שאינן נובעות מצריכת מוצרים אלא מייצורם.
5. העברת ייצורם של מוצרים רבים למדינות מתפתחות מביא לגידול ניכר בפעילות הכלכלית במדינות אלה ולעלייה ברמת החיים שם, הגורמת לגידול בצריכת מוצרים, הגורמת, בתורה, להגברת תהליכי הייצור גם לצרכים מקומיים ולגידול השימוש בכלי רכב. כל אלה גורמים לגידול בפליטת פד"ח.

תשובות לשאלות תחת גרף 9 בעמוד 32

1. המגמה המסתמנת בגרף היא גידול מתמיד בפליטת פד״ח, בעיקר עקב גידול בצריכת האנרגיה במדינות מתפתחות. על פי הגרף צפויה עלייה קלה בלבד בפליטת פד״ח במדינות האיחוד האירופי ובארה״ב. לעומת זאת, בארצות המתפתחות (שאינן באיחוד האירופי), ובעיקר בסין הנמצאת בתחילת המאה ה-21 בהתפתחות מואצת, יוכפלו ואף יושלשו פליטות הפד״ח עד שנת 2035.
2. בסין ובהודו חיה אוכלוסייה גדולה מאוד (כ-1.3 מיליארד בכל אחת), לכן הפליטה לנפש היא נמוכה באופן יחסי, למרות הכמות הכוללת הגדולה שמדינות אלה פולטות. ההבדל גם משקף הבדלים ברמת החיים של התושבים במדינות אלה בהשוואה למדינות המערב.

תשובות לשאלות תחת גרף 10 בעמוד 33

1. **טבלה 2 כמות הפחמן הדו-חמצני שנפלטה לאטמוספרה משרפת דלק פוסילי, ביליוני טונות**

סוג הדלק	כמות פד״ח שנפלטה משרפת סוג דלק זה, ב-2010	כמות שצפויה להיפלט משרפת סוג דלק זה, ב-2040
נפט	11	14
גז טבעי	9-13=4	14-22=8
פחם	14-21=7	21-43=22

2. בשנת 2008 נפלטה הכמות הגדולה ביותר של פד״ח משרפת נפט, אולם בשנת 2035 צפוי הפחם להפוך למקור הדלק הפוסילי הפולט את הכמויות הגדולות ביותר של פד״ח.
3. שרפת דלק פוסילי היא אחד המקורות העיקריים לפליטת פד״ח לאטמוספרה ולכן יש לתהליך זה השפעה גדולה על השינויים באקלים.

האמצעי היעיל ביותר לצמצום פליטת פד״ח הוא כמובן לצמצם את השימוש בדלק פוסילי – מגמה שלא נראית ישימה על פי התחזיות המוצגות בגרף 6 וגם בגרף 8. מעבר נרחב יותר לשימוש באנרגיות חלופיות יכול לתת מענה, כמו גם ייעול תהליכי ייצור בתעשייה, בתהליכי הפקת חשמל בתחנות כוח וכמובן – פיתוח מנועי מכוניות יעילים יותר, מעבר לשימוש במכוניות חשמליות וצמצום השימוש בכלי רכב פרטיים. בכל אלה נדון בהמשך הפרק.

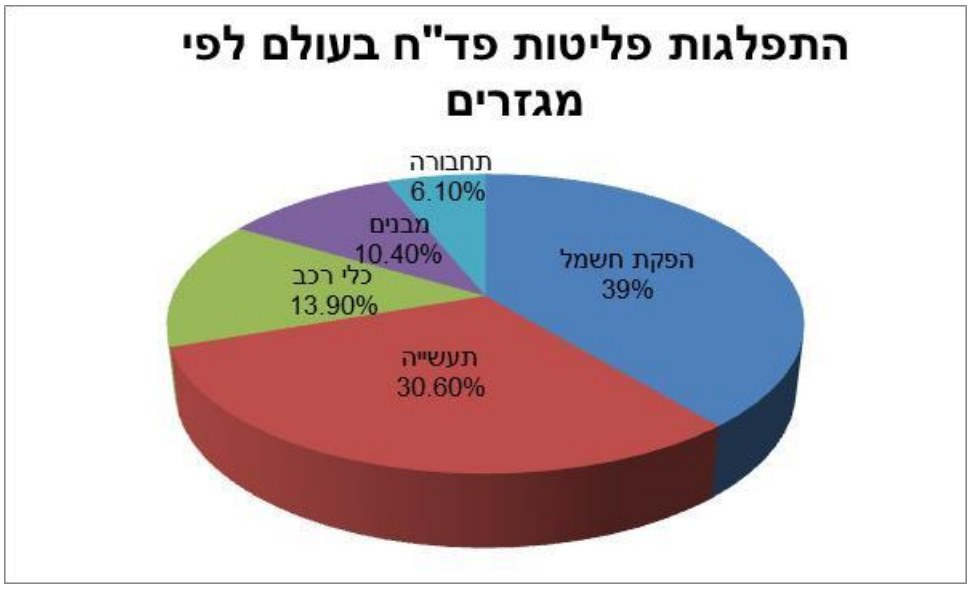
תשובות לשאלות תחת גרף 11 בעמוד 34

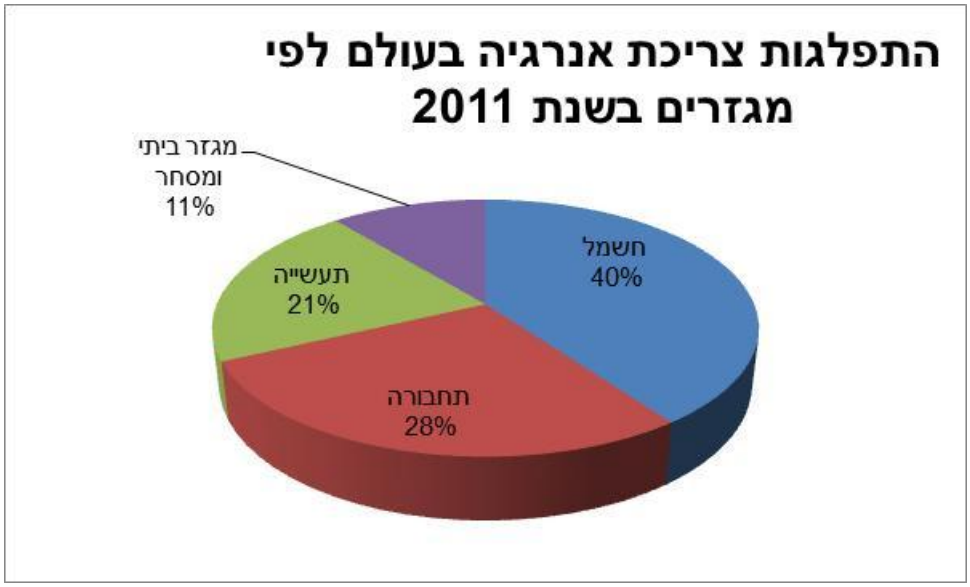
1. בכל המגזרים רואים מגמת עלייה, אך היא בולטת במיוחד במגזר של הפקת חשמל ובשימוש בכלי רכב. בתעשייה מסתמנת מגמת גידול משנת 2002 לאחר יציבות במשך רוב התקופה.
2. **פליטות פד״ח בעולם על ידי מגזרים שונים במשק בשנת 2008**

המגזר	כמות פד״ח, מיליארדי טונות	שבר הפליטה ב-% (על בסיס משקלי)
הפקת חשמל	12.1	39
תעשייה	9.5	30.5
כלי רכב	4.3	13.9

מבנים	3.2	10.3
תחבורה אחרת	1.9	61.3
סה״כ	31	100

.3





מהשוואת שני הגרפים עולה שיש התאמה בין פליטת פד״ח לצריכת אנרגיה בהפקת חשמל. התעשייה והתחבורה פולטות פד״ח יותר ממשקלן בצריכת האנרגיה, ונראה שהפקת חשמל באנרגיות חלופיות ובאנרגיה גרעינית מפחיתה את פליטת הפד״ח על ידי מגזר זה.

זיהום אוויר מתחבורה

סיפורה של העיר מקסיקו סיטי

תשובות לשאלות בעמוד 36

1. א. הבעיה: זיהום אוויר חמור שפוגע בבריאות התושבים.
   ב. ההשלכות: ירידה באיכות החיים, עלייה בתחלואת ילדים, ירידה בתוחלת החיים.
   ג. מהלכים: לימוד הגורמים העיקרים שתורמים לזיהום האוויר, הגבלת כניסת כלי רכב פרטיים, פיתוח תחבורה ציבורית, גינון גגות
   להגברת ההטמעה (פוטוסינתזה) והפחתת כמות מזהמים.
   ד. מידת היעילות גבוהה. האוויר נקי יותר למרות שמספר כלי הרכב גדל.
2. שאלה זו עוסקת בעצם בטביעת הרגל האקולוגית של כל פרט וכל קהילה או חלק ממנה. זו הזדמנות להזכיר כי חלק מטביעת הרגל האקולוגית הוא תדירות השימוש בתחבורה בכלל, ובתחבורה פרטית בפרט.
   המהלך המוצע – הכנת סקר כיתתי, מוביל ללמידה שיתופית וליצירת תוצר כיתתי של טביעת רגל בהקשר של שימוש בתחבורה. הסקר יכול להוביל בהמשך לאקטיביזם סביבתי, למשל פעילות של התלמידים להפחתת השימוש בכלי רכב בכלל (מעבר לרכיבה על אופניים ולהליכה ברגל) ובכלי רכב פרטיים בפרט.
   אפשר להרחיב את הסקר ולכלול בו גם בני משפחה או תלמידים נוספים מבית הספר.

הערה לעמוד 36

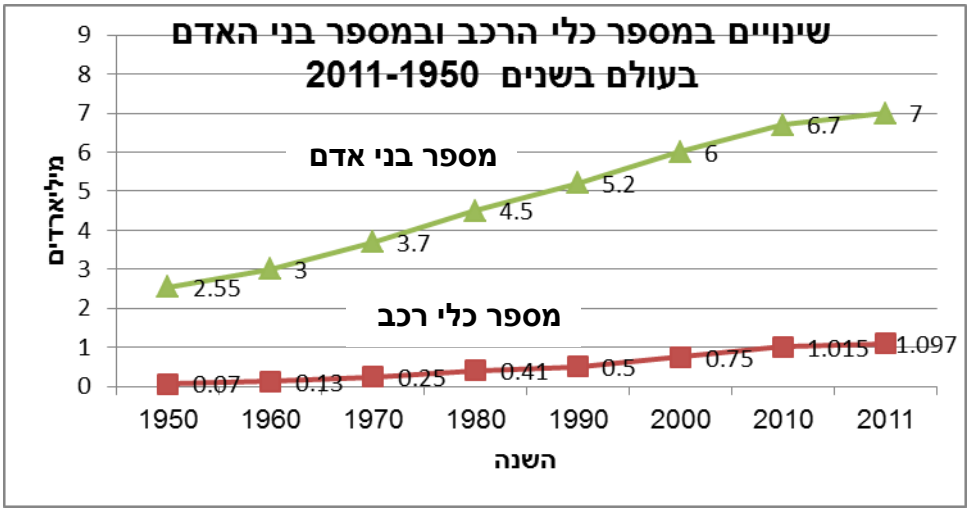
מומלץ להראות לתלמידים: האמן האמריקני Chris Burden יצר מיצג בשם Metropolis II כתגובה לעיר מגוריו לוס אנג'לס. מדובר במכונה עצומה המורכבת מעשרות מסילות, מסועים ומסלולים, שלאורכם זורם שטף של 1,200 דגמי מכוניות הנקראים Hot Wheels. בכל שעה מקיפות 100,000 מכוניות את המסלולים השונים במכונה, יוצרות פקקי תנועה, ובאופן כללי ממשיכות לנסוע ללא מטרה סביב העיר.

סרטון בנושא אפשר למצוא בכתובת: http://www.youtube.com/watch?v=llacDdn5yIE

הרחבה

כמות המזהמים הנפלטת מכלי רכב מושפעת מכמה גורמים:

1. **מספר כלי הרכב ומרחק הנסיעה** שלהם – ככל שגדל מספרם של כלי הרכב וגדלים מרחקי הנסיעה שלהם, כך גדלה כמות האנרגיה הנצרכת על ידם, ועמה – פליטת מזהמים לאוויר. בשנת 2011 נעו בכבישי העולם יותר ממיליארד כלי רכב, חדשים וישנים (גרף א). הגורם העיקרי לגידול במספר כלי הרכב בעולם הוא הזינוק האדיר בביקוש למכוניות **בסין ובמדינות אסיה**, שהביא לגידול של כמעט 6% בצי הרכב במדינות אלה מדי שנה, בעוד שהגידול העולמי עומד על 4% לשנה בלבד. על פי התחזיות, עד שנת 2020 ינוע באסיה לבדה כמעט רבע מצי הרכב העולמי.



מקרא לגרף:

במחצית השנייה של המאה ה-20 ובעשור הראשון של המאה ה-21 חלה עלייה תלולה במספר כלי הרכב בעולם והוא הגיע למיליארד בשנת 2011. בממוצע, לכל שבעה אנשים בעולם כלי רכב אחד.

מקור הנתונים: AAMA=American Automobile Manufacturers Association, 2011

אפשר למצוא נתונים על שינויים במספר כלי הרכב המצויים בשימוש גם באתר:

http://www.statista.com/statistics/281134/number-of-vehicles-in-use-worldwide/

2. בשנת 2011, בהודו הייתה מכונית אחת על כל 56 אנשים, בסין – מכונית אחת ל-17 אנשים, באיטליה – מכונית אחת ל-1.45 אנשים ובארה"ב – מכונית אחת ל-1.3 אנשים. בישראל הייתה מכונית אחת ל- 3.7 אנשים. בכבישי ישראל נעו בשנת 2011 כ-1.7 מיליון כלי רכב פרטיים ועוד כחצי מיליון משאיות ואוטובוסים.

שאלות לתלמידים

1. בשנת 2011 נעו בכבישי העולם כמיליארד מכוניות. מצאו בגרף:
   א. כמה כלי הרכב נעו בעולם בשנים הבאות: 1960, 1970, 1995, 2010?
   ב. על פי הערכים שרשמתם התייחסו להיגד הבא:
   מספר כלי הרכב מכפיל עצמו במשך זמן ההולך ומתקצר.
2. השוו את הגידול באוכלוסיית האדם לגידול במספר כלי הרכב:

לאיזה גורם יש השפעה גדולה יותר, לדעתכם, על הגידול במספר כלי הרכב – הגידול באוכלוסייה או העלייה ברמת החיים?

תשובות לשאלות

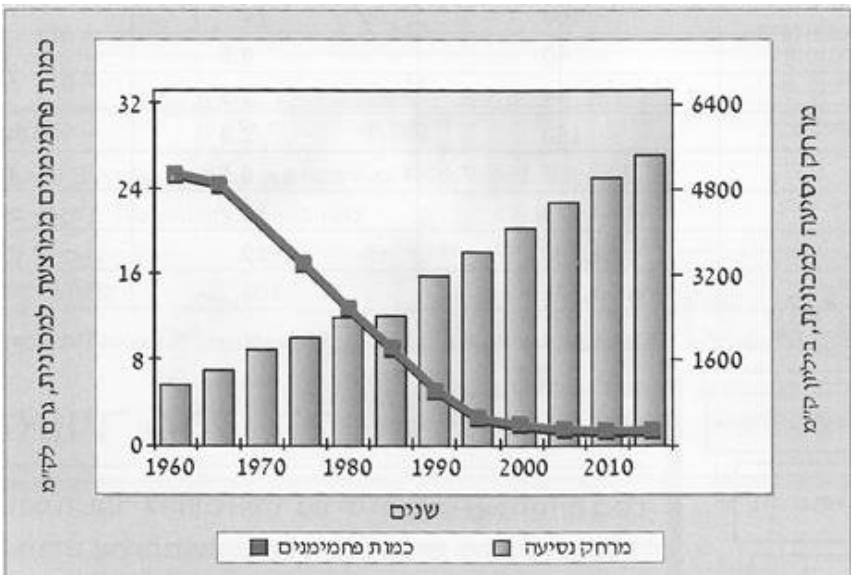
1. א. ב-1960 נעו בכבישי העולם 100 מיליון כלי רכב, ובתוך עשר שנים המספר הוכפל.

ב-1970 נעו בכבישי העולם 200 מיליון כלי רכב. הפעם המספר הוכפל עד שנת 1990, כלומר בתוך עשרים שנה.

בשנת 2010 נעו בכבישי העולם מיליארד כלי רכב – הפעם עברו רק 15 שנה להכפלת מספר כלי הרכב (משנת 1995).

2. במחצית השנייה של המאה ה-20 נדרשו 40 שנים כדי להכפיל את האוכלוסייה, בעוד שנדרשו רק 10 שנים כדי להכפיל את מספר כלי הרכב.
נדרשו כ-30 שנים – משנת 1980 עד שנת 2011 – כדי להכפיל את אוכלוסיית האדם בעולם.
בחישוב פשוט: הגידול במספר כלי הרכב גבוה פי 3-4 מהגידול באוכלוסייה (שגם הוא לא קטן...) המסקנה העולה מממצאים אלה היא שרמת החיים היא הגורם המכריע בגידול בצי הרכב בעולם.

עם הגידול במספר כלי הרכב בעולם התרחבו במידה ניכרת תשתיות הדרכים וגדלו מאוד גם מרחקי הנסיעה הכוללים שעוברים כלי הרכב בשנה (גרף א).



גרף א שינויים במרחק הנסיעה של כלי רכב בעולם בשנים 1960-2010

מקור הנתונים: AAMA=American Automobile Manufacturers Association

הערה

ביליון ק"מ לפי השיטה האמריקנית או מיליארד ק"מ על פי המקובל במדינות אחרות

שאלות לתלמידים

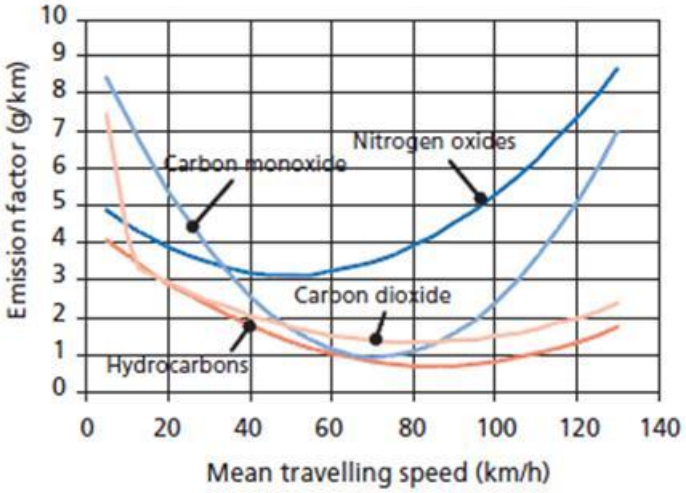
1. מהן המגמות המסתמנות בגרף ואיך אפשר להסביר אותן?
2. האם לדעתכם גרף זה הוא מנבא טוב לגבי העתיד של זיהום אוויר מכלי רכב? הציגו את עמדתכם בצורת טיעון מתאים (טענה והסבר).

תשובות לשאלות

1. המגמות המסתמנות בגרף מראות שמרחקי הנסיעה של המכוניות גדלים בהתמדה. הגידול נובע, קרוב לוודאי, מהגידול בשטחי הערים ובמספר תושביהן ומהתפתחות הפרוורים מסביבן. כתוצאה מכך גדלים מרחקי הנסיעה בין מרכזי הערים, שבהם מתרכזים התעסוקה והמסחר, לבין מרכזי המגורים. במקביל מתפתחות גם מערכות דרכים משוכללות, כמו כבישי אגרה, כבישים טבעתיים מסביב לערים, מנהרות ועוד. כל אלו מעודדים את השימוש ברכב פרטי. גם הגלובליזציה יוצרת יותר קשרים בין מדינות ומעבר סחורות ואנשים בכלי רכב (בתוך אירופה למשל).
2. הגידול בצי הרכב מגדיל את המודעות לנזקי המזהמים שכלי הרכב פולטים. מתפתחת מערכת חוקים ובכלי הרכב מותקנים אמצעים טכנולוגיים מתקדמים המפחיתים פליטת מזהמים. למשל, התקנת ממיר קטליטי ומערכת מבוקרת לפעולת מנוע הרכב, הכוללת חיישן חמצן, הפחיתה במידה ניכרת את כמות המזהמים שמכונית ממוצעת פולטת לאוויר במשך שנות

פעילותה. אולם הגידול במרחק שעוברת כל מכונית במשך השנים שבהם היא נמצאת בשימוש מגדיל את כמות המזהמים שהיא פולטת ומנטרל במידה רבה את השיפור שהושג באמצעות הטכנולוגיה.

3. **מהירות הנסיעה של כלי הרכב** – כמות המזהמים הנפלטים מכלי הרכב גדולה יותר בנסיעה איטית ובנסיעה מהירה מאוד (גרף ב).



גרף ב השפעת מהירות הנסיעה על פליטת מזהמים מכלי רכב פרטיים המונעים בבנזין שמותקן בהם ממיר קטליטי

מקור: World Health Organization 2005

ציר Y– מקדם פליטה (גרמים לק"מ)

ציר X– מהירות נסיעה ממוצעת (קמ"ש)

תחמוצות חנקן –Nitrogen oxides, פחמן חד-חמצני (Carbon Monoxide

פחמן דו-חמצני (carbon dioxide), פחמימנים

שאלות לתלמידים

1. מהי מהירות הנסיעה שבה נפלטת מכלי הרכב:
   א. הכמות הגדולה ביותר של מזהמים?
   ב. הכמות הקטנה ביותר?
2. מהירות הנסיעה בערים היא נמוכה, ולעתים קרובות מתאפיינת בנסיעות קצרות ועצירות רבות ואף עמידה ממושכת בפקקים. כיצד משפיע סוג נסיעה כזה על פליטת מזהמים מכלי רכב בתוך הערים?
3. היכן נוסעים כלי הרכב במהירויות גדולות? כיצד זה משפיע על הסביבה?

תשובות לשאלות

1. א. בנסיעה איטית – מתחת ל-60 קמ"ש, ובנסיעה מהירה מאוד – מעל 90 קמ"ש.
   ב. הכמות הקטנה ביותר נפלטת במהירות נסיעה ממוצעת – בין 60-80 קמ"ש.

2. תבנית נסיעה כזו גורמת לפליטת כמות גדולה של מזהמים. גם עמידה ממושכת בפקקים גורמת לזיהום אוויר ניכר, מאחר שמנועי המכוניות ממשיכים לעבוד ברצף ופולטים כל הזמן מזהמי אוויר. בנוסף, בפקק יש ריכוז גדול של כלי רכב במקום מצומצם.
3. נסיעה בדרכים מהירות גורמת לפליטת כמויות גדולות של מזהמים, היכולים להגיע עם הרוחות הנושבות לאזורים עירוניים צפופים.

*כדי להגיע למינימום פליטת מזהמים מכלי רכב עלינו להחזיק ברכב חדש ומטופל, ולנסוע במהירות ממוצעת של כ-60 קמ"ש.

4. **הגיל של צי הרכב ורמת התחזוקה** – מכוניות ישנות פולטות כמויות גדולות יותר של מזהמים בהשוואה למכוניות חדשות גם עקב בלאי וגם מכיוון שהן פועלות בטכנולוגיות ישנות. תחזוקה לקויה פוגעת גם היא ביעילות פעולת המנוע וביעילות שרפת הדלק, מה שתורם להגדלת כמות הפליטה של המזהמים.
5. **סוג המנוע** (בנזין או דיזל) **ומצב העבודה שלו** – במרבית כלי הרכב הנעים בכבישים יש אחד משני סוגים עיקריים של מנועים: מנוע בנזין או מנוע דיזל.

כמות המזהמים הנפלטת מכל סוג של מנוע, סוגי המזהמים הנפלטים והיחס בין הסוגים השונים מושפעים מכמה דברים:

מצב המנוע – מנוע חדש ומנוע המתוחזק כהלכה פולטים פחות מזהמים בהשוואה למנוע ישן או מנוע המתוחזק בצורה לקויה.

מצב עבודת המנוע – מנוע הפועל בהילוך סרק או במצב מנוחה, למשל ליד רמזור או בחניה, פולט כמות מזהמים קטנה יותר ממנוע בהאצה או במאמץ בזמן נסיעה. הפעלת מערכת מיזוג אוויר מאמצת את המנוע, ולכן בחניה ממושכת מומלץ לכבות את המנוע. אוטובוסים מחויבים, על פי חוק, לכבות את מנועיהם בזמן חניה והמתנה באזורים עירוניים.

טמפרטורת עבודה – מנוע קר פולט יותר מזהמים ממנוע חם שנמצא בטמפרטורת העבודה המיטבית.

הערה

מנוע הבנזין ומנוע הדיזל נבדלים זה מזה במנגנון הפעולה שלהם:

במנוע הבנזין נדחסת תערובת של בנזין ואוויר לתא השרפה, שם היא מוצתת בעזרת ניצוץ חשמלי. הגזים הנוצרים כתוצאה מהבעירה דוחפים את הבוכנות המביאות לתנועת המכונית. במהלך פעולתו של מנוע בנזין, הטמפרטורות אינן מגיעות בדרך כלל לערכים גבוהים מאוד, ולכן נפלטות מעט תחמוצות חנקן באופן יחסי.

במנוע דיזל האוויר נדחס ומתחמם, ודלק המוזרק לתא השרפה ניצת מהחום שבתא. תהליך הבעירה יוצר גזים חמים, הדוחפים את הבוכנות המביאות לתנועת המכונית. במהלך פעולתו של מנוע דיזל, הטמפרטורות מגיעות לערכים גבוהים. בתנאים אלה, החנקן שבאוויר מגיב עם החמצן שבאוויר ונוצרות תחמוצות חנקן – NOx.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: השפעות סביבתיות ובריאותיות של זיהום אוויר מכלי רכב, בעמוד 37

1. המסקנה היא שחשיפה ארוכת טווח לחומרים הנפלטים מכלי רכב גורמת כנראה לסרטן.
2. כדי להפחית את התחלואה יש להרחיק את אזורי המגורים ואת מקומות העבודה והפנאי מדרכים ראשיות ומדרכים שנפח התנועה בהן גבוה. מובן שמהלכים כאלה הם בני ביצוע בעיקר בשלב התכנון של שכונות המגורים ושל תשתיות התחבורה. לאחר הקמת האזורים, אפשר לצמצם את שיעור החשיפה לזיהום האוויר על ידי סגירת חלק מהרחובות לתנועת כלי רכב, אם כי תהיה לכך השפעה מוגבלת בהשוואה להשפעתם של כבישים ראשיים על זיהום האוויר.
3. ייתכן שהאנשים שהשתתפו במחקר היו חשופים בעבר לגורמים שהגבירו אצלם את שיעור התחלואה בסרטן. לכן יש לבדוק את שיעור התחלואה אצל אנשים שיש להם היסטוריית מגורים ותעסוקה שונה.
4. לצמצם את נפח התנועה בעיר על ידי סגירתה לכלי רכב פרטיים (דבר שנעשה כבר במקומות רבים בעולם) ופיתוח תחבורה ציבורית יעילה מבוססת חשמל כפתרון תחבורתי חלופי.

חומרים מזהמים הנפלטים מכלי רכב

חלקיקים (PM=Particulate Matter)

תשובות לשאלות תחת איור 6ב בעמוד 42

1. א. חלקיקים המוגדרים כ-PM10 מגיעים לסימפונות הגדולים של הריאות. חלקיקים המוגדרים כ-PM2.5 ו-PM0.1 חודרים לעומק הריאה ומגיעים עד לנאדיות הריאה.

   ב. החלקיקים הקטנים חודרים עמוק יותר ויכולים להיספג דרך נאדיות הריאה ולהגיע למחזור הדם.

   הערה למורה:

   הנזקים שהחלקיקים גורמים: מחלות ריאה, אסתמה, פגיעה באספקת החמצן לגוף, פגיעה בתפקודי הלב.
2. כלי רכב כבדים פולטים כמויות גדולות של חלקיקים זעירים. בזמן שהם שוהים בתחנת האוטובוס נוצר ריכוז מקומי גבוה יותר של חלקיקים שעלולים לגרום לזיהום מקומי גבוה יותר בחלקיקים ולסכן את ילדי הגן ובית הספר.
3. בכבישים ראשיים יש תנועה סואנת במשך שעות רבות ביממה ונפלטת כמות גדולה יחסית של חלקיקים לסוגיהם. בזמן פעילות גופנית מוגבר קצב הנשימה וכמויות גדולות יותר של אוויר מזוהם בחלקיקים חודר לגופנו ועלול לפגוע בבריאותנו. וכך, במקום שהפעילות הספורטיבית תתרום לבריאותנו, היא עלולה לפגוע בה עקב החשיפה המוגברת לזיהום האוויר.

תשובות לשאלות תחת איור 7 בעמוד 43

1. האזורים בעולם שבהם המספר הגדול ביותר של ערים הסובלות מריכוזים גבוהים של חלקיקים PM10 הם מזרח אסיה ודרומה, המזרח התיכון, תורכיה ואירן.

2. המדינות המזוהמות ביותר: הודו, סין, טורקיה, אירן, ערב הסעודית. גם במקסיקו יש כמה ערים שזיהום האוויר בהן חמור.
3. הערים המזוהמות ביותר בעולם הן בערי ענק שהתפתחו באופן לא מסודר, בעיקר במזרח אסיה ובדרומה אך גם בדרום אמריקה. הגורם העיקרי לזיהום האוויר בערים אלה הוא התחבורה. אפשר לראות שבאמריקה הצפונית ובאירופה רמות זיהום האוויר נמוכות יותר, למרות שגם בהן היקף התחבורה גדול, כנראה הודות לשימוש בתחבורה מונעת בחשמל, הטלת חובת התקנת ממיר קטליטי והקפדה רבה יותר על איכות האוויר.

פחמן חד-חמצני (CO)

תשובות לשאלות בעמוד 44

1. הימצאות CO בריכוזים גבוהים עלולה לגרום למוות מחנק – חוסר חמצן. הסכנה העיקרית הטמונה בגז זה היא שהוא אינו מורגש: הוא חסר ריח, צבע או טעם ולכן אינו משדר סכנה.
2. הרכבת ממיר קטליטי ברכב ובדיקה שנתית של הרכב, אוורור הבית כשמחממים בנפט או סולר והימנעות משהייה ממושכת במקומות סגורים שיש בהם פעילות של כלי רכב (חניונים למשל).

משפחת הפחמימנים

תשובה לשאלות בעמוד 46

פחמימנים שהם מזהמים ראשוניים נוצרים בשרפה ישירה של דלק או עקב התאדות ממכלי דלק.

עם קבוצה זו נמנים בנזו-א-פירן (Benzo[a]pyrene), בנזן, טולואן וקסילן.

פראוקסי-אצטיל-ניטרט (PAN) הוא פחמימן מזהם משני שנוצר בעקבות חמצון של פחמימנים שנפלטים לאוויר בהשפעת הידרוקסילים ובנוכחות תחמוצות החנקן.

תחמוצות חנקן (NOx)

תשובות לשאלות בעמוד 47

1. מקור הזיהום הוא בעומס כלי הרכב, בעיקר אוטובוסים הנוסעים נסיעה איטית המלווה בעצירות ובהתחלות נסיעה רבות. בנוסף, התחנה היא מתחם סגור שאינו מאפשר פיזור מזהמים באופן יעיל.
2. מהגרף אנו רואים כי קיים קשר בין פעילות תחבורתית לזיהום אוויר בתחמוצות חנקן (ייתכן שהירידה נעוצה בחלקה בהשבתת מפעלי תעשייה קטנים הנמצאים באזור, אבל שיא הזיהום ביציאת החג מעיד על התחלת פעילות תחבורתית, ואולי גם פעילות של מאפיות ומסעדות).

   הסכנה העיקרית היא חשיפה גבוהה מאוד שיכולה לגרום נזקים בריאותיים.

תשובות לשאלות בעמוד 48

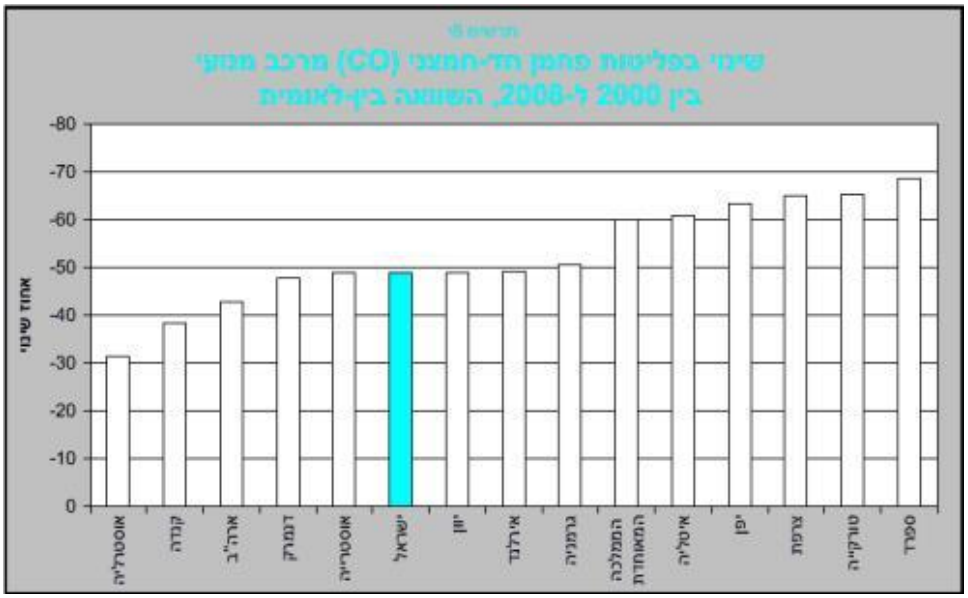
1. משאיות וכלי רכב מסחריים פולטים את הכמויות הגדולות ביותר של NOx.
2. תחמוצות חנקן נוצרות בנוכחות חמצן ובטמפרטורות גבוהות, שני התנאים הקיימים במנועי דיזל. לכן מנועי דיזל פולטים כמויות גדולות יותר של NOx בהשוואה למנועי בנזין.
3. כדי לצמצם פליטות NOx אפשר להפחית את השימוש בכלי רכב פרטיים על ידי ייעול התחבורה הציבורית, כך שהיא תהיה נגישה ונוחה למשתמשים; להעביר סחורות באמצעות אמצעי תחבורה חליפיים כמו רכבת, כך שיפחת מאוד השימוש בכלי רכב מסחריים; להתקין מתקנים להפחתת פליטות NOx (כמו הממיר הקטליטי ברכב פרטי); ולעבור לשימוש במנועים המונעים בדלק חלופי או בחשמל.

תשובות לשאלות סיכום בעמוד 49

1. חלה עלייה בנסועה בשיעור של 34%.
2. ניתן היה לצפות לעלייה בפליטת המזהמים השונים שפולטים כלי הרכב כי יש קשר ישיר בין הנסועה לבין פליטת המזהמים.
3. המגמה הכללית היא ירידה. משנת 2000 עד שנת 2009 נרשמו ירידות באחוז הפליטה של כל המזהמים מרכב מנועי: פחמן דו-חמצני (CO) – ירידה של 49%, תחמוצות חנקן (NOx) – ירידה של 45%, פחמימנים (HC) – 40% וחלקיקים מרחפים(SPM) – 68%.
4. בתקופה המתוארת בגרף עלה מספר כלי הרכב, עלתה הנסועה הממוצעת הארצית לרכב ועלה גם נפח המנוע של כלי הרכב. למרות עליות אלה חלה ירידה ניכרת בפליטת מזהמים שונים. הירידה משקפת את השיפורים הטכנולוגיים בכלי רכב חדשים, ששיעורם במצבת כלי הרכב בישראל עלה.

אפשר להציג לתלמידים גם את הגרף הבא המציג את שיעור פליטת CO מכלי רכב בישראל בהשוואה לשיעור פליטתו במדינות אחרות בעולם.

בגרף רואים ששיעור הפליטה של פחמן חד-חמצני (CO) בישראל ירד מ-364 אלף טון בשנת 2000 ל-185 אלף טון בשנת 2009. ירידות דומות נרשמו ברוב מדינות ה-OECD.



עם זאת, יש לציין שהנתונים המוצגים בגרף אינם מדויקים, משום שהמידע על הפליטות מכלי רכב מבוסס על נתוני פליטה שנמדדו בתנאי מעבדה ואינם משקפים בהכרח את רמת הפליטות בכבישים, במיוחד במצבי עומס.

אוזון (O_3) טרופוספרי

תשובות לשאלות בעמוד 53

1. הערכים המרביים שנמדדו בישראל בשנים 2007-2009 היו: לשעה – 340 מיקרוגרם למ"ק, לשמונה שעות – 205 מיקרוגרם למ"ק ערכים אלה גבוהים מהערכים שנמדדו ברוב המדינות המוצגות בגרף, למעט איטליה.
2. רמת הזיהום הגבוהה ביותר – 45-48 מיקרוגרם למ"ק – נמדדה בגוש עציון. התופעה נגרמת עקב הסעת מזהמים ראשוניים מאזור החוף לאזור זה ועליית ריכוז האוזון תוך כדי תהליך ההסעה עקב ריאקציות אטמוספריות. ריכוזים גבוהים נמדדים גם באזור ירושלים, בית שמש, מדרום לחיפה (אזור תעשייה טירת הכרמל) ומדרום לכרמיאל (גם כאן כנראה בגלל הסעת מזהמים).
3. התקן הסביבתי מתייחס לערכים חצי שעתיים ו-8 שעתיים. התקן הסביבתי ה- 8 שעתי הוא 160 מק"ג למ"ק. ערך זה נמוך מאוד ביחס לערכים המרביים שנמדדו (כ-25% הפרש).
4. ערכים מרביים מבטאים תנאים ייחודיים הנוצרים במקום המדידה וגורמים לשינוי בריכוזיהם של מזהמים שונים. אלה הם ערכים מרביים הנמדדים בנקודות זמן מסוימות. הם ערכים ארעיים ואין להם השפעה רבה על הבריאות. הערכים המשקפים את איכות האוויר, ולכן משקפים את הסיכון לבריאות, הם הערכים הממוצעים הנמדדים לאורך זמן (8 שעות במקרה של תקן 8 שעתי). אפשר ליחס את הערכים הממוצעים הנמדדים לאורך זמן לתקן המוגדר למשך הזמן שנמדד (8 שעות, 24 שעות וכד'). חריגות מהתקן עלולות לפגוע בבריאות.
5. חריגות מהתקן משקפות עלייה ברמת זיהום האוויר באוזון מעבר לתקן המותר, והן עלולות לפגוע בבריאות. המטרה היא לצמצם את מספר החריגות למינימום שלא מלווה בסיכונים משמעותיים לבריאות. לכן נוהגים להוסיף עוד מדד – מספר הימים הכולל במשך השנה שבהם נצפו חריגות מהתקן.

הערה

אפשר למצוא דו"חות על ריכוזי אוזון בישראל בכתובת:

http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/AirQualityData/Pages/AirMoritoringReports.aspx

9. ב. לכל העקומים יש צורה של גל: ריכוזי האוזון נמוכים בשעות הבוקר המוקדמות ומתחילים לעלות במהלך שעות הבוקר. הם מגיעים לשיא בשעות הצהריים ומתחילים שוב לרדת בשעות אחר הצהריים, אם כי אינם חוזרים לרמה של שעות הבוקר אלא רק לפנות בוקר.

   ג. האוזון הוא מזהם משני הנוצר באוויר כתוצאה מתגובות פוטוכימיות בין מזהמים ראשוניים: פחמימנים ותחמוצות חנקן הנפלטים מכלי רכב. הגורמים המשפיעים על היווצרותו הם ריכוזי המזהמים הראשוניים באוויר ועוצמת הקרינה של השמש.

הרמה של המזהמים הראשוניים עולה בשעות העומס בתנועה – בדרך שעות הבוקר (8-10), אבל ליצירת האוזון נדרשת גם חשיפה לקרינה על-סגולה. לכן יש פער בין זמן היווצרות המזהמים הראשוניים לבין זמן היווצרות האוזון. השיא בריכוזי האוזון חל רק בשעות הצהריים, שיא העוצמה של קרינת השמש.

בשעות אחה"צ יש שוב עומסי תנועה, ולכן שוב נוצר אוזון, אם כי ברמות נמוכות יותר עקב הירידה בעוצמת הקרינה של השמש.

הערה

כדאי לציין שאי אפשר להשוות את הממצאים לתקן ה-8 שעתי כי הערכים המוצגים בעקומים נמדדו ברציפות ולא בוצע בהם מיצוע 8 שעתי כפי שנדרש בתקן. לכן אי אפשר לקבוע אם הייתה כאן חריגה מהתקן אלא רק לדון בערכים שנמדדו.

ד. בכל המקומות שנבדקו אין חריגה מהתקן לערך סביבתי חצי שעתי של אוזון על פי **חוק אוויר נקי** (230 מק"ג למ"ק), אפילו בשעות השיא של ריכוזי אוזון (שעות הצהריים).

האוזון הוא מזהם משני הנוצר באוויר כתוצאה מתגובות פוטוכימיות בין מזהמים ראשוניים. הוא נוצר בזמן ובמקום שונים מהמקום שבו נפלטו המזהמים הראשוניים שמהם נוצר. לכן ניתן למדוד ריכוזים דומים של אוזון באתרים מרוחקים זה מזה, וגם באזורים כפריים הרחוקים ממקום פליטתם של המזהמים הראשוניים.

בעקומים נראית עלייה דומה בריכוזי האוזון כמעט בו-זמנית בכל הנקודות שנבדקו.

הערה

כדאי להסב את תשומת לבם של התלמידים למרחק שבין היישובים השונים שבהם בוצעו המדידות ולהבדלים באופי היישובים.

בתוך העיר חיפה בוצעו מדידות על הר הכרמל (נווה שאנן) ולמרגלותיו (צ'ק פוסט והשוק).

כדאי להתייחס גם למרחק בין היישובים.

הנוסח המלא של דו"ח איגוד ערים חיפה לשנת 2012 נמצא בכתובת:

http://www.envihaifa.org.il/images/2012_ALL.pdf

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: אפקט אוזון של סוף השבוע (weekend ozone effect) בעמוד 54

1. נצפתה עלייה בריכוזי האוזון בסופי השבוע, בימים שבהם חלה ירידה ניכרת בנפח התנועה ובריכוזי VOCs ו- NOx, שני המזהמים המובילים ליצירת אוזון. ניתן היה לצפות שגם ריכוזי האוזון ירדו במקביל לירידת נפח התנועה והירידה בריכוזי VOCs ו- NOx, אך הממצאים היו הפוכים – ריכוזי האוזון עלו בסופי השבוע.
2. פרופ' הרלי וצוותו עקבו במשך כמה שנים אחר רמות המזהמים במנהרה הסמוכה לאוניברסיטה. הם התקינו בפתח המנהרה, הסמוך לאזור עם תנועה רבה, ובמרכז המנהרה – אזור שמשאיות דיזל כבדות אינן מגיעות אליו, חיישנים שמדדו ריכוזים באוויר של כמה מזהמים, ביניהם NOx ו-VOCs. הצבת החיישנים בשני אתרים אלה אפשרה לחוקרים להבחין בין זיהום אוויר שמקורו ברכב דיזל לזה שנגרם על ידי רכב בנזין.
3. א. עם השנים, ירדו רמות VOCs משני המקורות – רכב בנזין ורכב דיזל. רמות NOx ירדו מרכב בנזין, ונשארו ללא שינוי ברכב דיזל כבד.

ב. כאשר נוצר יחס של 2.4 חלקים VOC לחלק אחד של NOx, חלה עלייה בריכוזי האוזון באוויר.

ג. כאשר הורידו בהדרגה את ריכוז NOx עד שהגיעו ליחס הנ"ל, נצפתה עלייה בריכוז האוזון באוויר. כאשר המשיכו להוריד את ריכוז ה-NOx, ירד גם ריכוז האוזון.

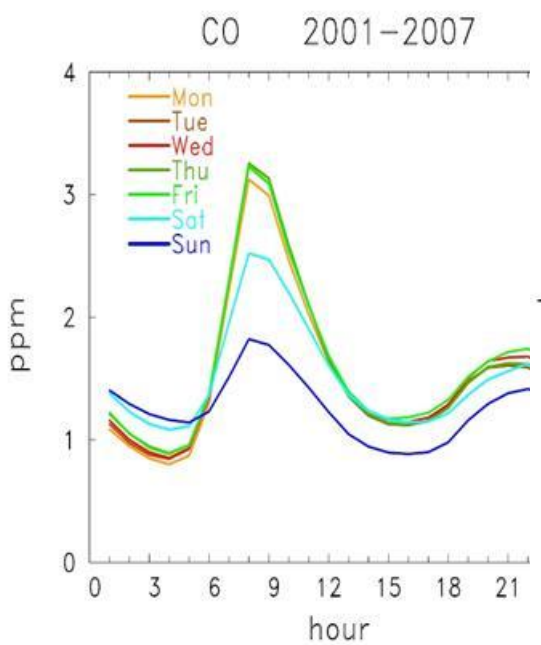
4. יש לשמור על ריכוזים נמוכים של NOx כדי להפחית את ריכוזי האוזון באוויר (מאחר ש-VOCs נפלטים גם על ידי צמחייה טבעית, קשה לשלוט על ריכוזיו באוויר).

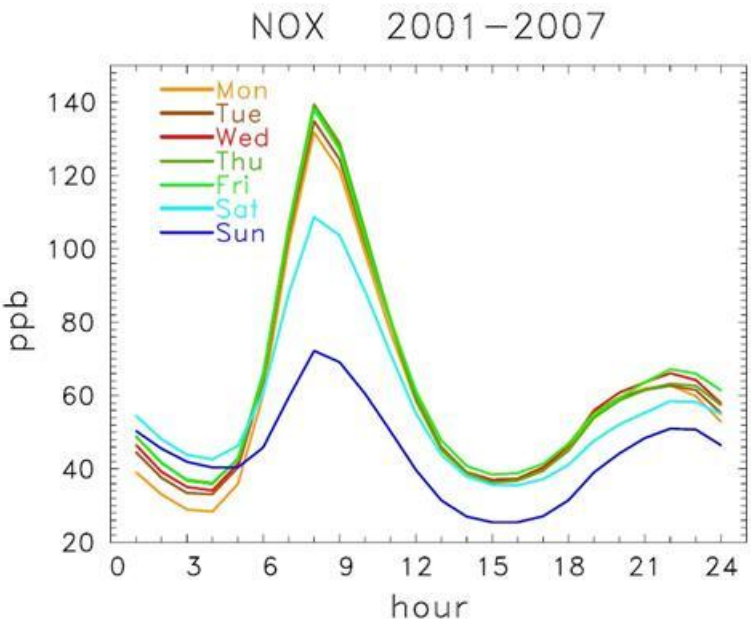
5. הרשויות בקליפורניה אימצו את מסקנות החוקרים. הם דרשו מנהגי משאיות דיזל כבדות להתקין במנועיהם מתקנים שיפחיתו פליטת חלקיקים ועשן וגם ממיר קטליטי שיפחית יצירת NOx.

חקר מקרה: יצירת אוזון בעיר מקסיקו סיטי

רשויות העיר מקסיקו סיטי ביקשו מחוקרים לבדוק כיצד אפשר להפחית ריכוזי אוזון טרופוספרי בעיר. כזכור, אוזון טרופוספרי הוא מזהם עירוני שנוצר באטמוספרה כאשר תרכובות אורגניות נדיפות (VOC) מגיבות עם תחמוצות חנקן הנפלטות מכלי רכב בשעות שבהן יש קרינת שמש.

החוקרים בדקו ריכוזים של אוזון, תחמוצות חנקן ו-CO (המשמש מדד לפליטת VOC כי יש התאמה טובה בין מידת פליטתו למידת פליטת הפחמימנים). הבדיקות התבצעו בכל ימי השבוע, בשעות שונות ביממה, ב-32 תחנות ניטור, בין השנים 2001-2007 (ראו גרפים א-ב). החוקרים השוו בין ימי מנוחה בשבוע לימי עבודה, ששעות העומס בהם הן בין 7-10 בבוקר.





גרף א שינויים בריכוזי תחמוצות חנקן במשך היממה

גרף ב שינויים בריכוז פחמן חד-חמצני במשך היממה

ציר X– השעה ביממה

ציר Y– ריכוז, ppm

ענו על השאלות הבאות:

1. כיצד משתנים ריכוזי תחמוצות החנקן וריכוזי ה-CO על פי גרפים א ו-ב:
   א. בימים שונים בשבוע?
   ב. בשעות שונות ביממה?
2. באילו שעות ביממה תהיה, לדעתכם, עלייה בריכוז האוזון במקסיקו סיטי? נמקו.
3. החוקרים מצאו שריכוזי האוזון בטרופוספרה היו כמעט ללא שינוי בכל ימי השבוע, גם בימי שבת וראשון. כיצד תסבירו ממצא זה?
4. החוקרים מצאו שאפשר להוריד ריכוזי אוזון בטרופוספרה על ידי הפחתת הפליטה של פחמימנים נדיפים (VOC). הפחתת ריכוזי תחמוצות חנקן (NOx) לא הביאה להפחתה בריכוזי האוזון, ולפעמים אף גרמה לעלייה בריכוזי האוזון המקומיים.
   הציעו לרשויות העיר: מה עליהן לעשות כדי לצמצם יצירת אוזון טרופוספרי?

תשובות לשאלות בחקר המקרה

1. א. בכל ימי העבודה בשבוע יש תבנית דומה של שינויים בריכוזי המזהמים. בשבת, ובעיקר ביום ראשון, יש ירידה ניכרת בריכוזיהם, אם כי עדיין נשמרת התבנית של ריכוזים גבוהים יותר בשעות הבוקר.
   ב. השעות שבהן יש עלייה ניכרת בריכוזיהם של תחמוצות החנקן ושל CO הן בשעות העומס בתנועה. יש עלייה גם בשעות אחה"צ, אך היא נמוכה בהרבה מהרמה בשעות שיא התנועה בבוקר.
2. העלייה בריכוז האוזון היא בשעות אחה"צ, לאחר שבשעות הצהריים – שיא עוצמת הקרינה של השמש, תהליכי יצירתו מואצים והוא מצטבר בהדרגה.
3. נראה שבאוויר העיר נותרים ריכוזים גבוהים של פחמימנים נדיפים ושל תחמוצות חנקן, ולכן התגובה הכימית המובילה ליצירת אוזון נמשכת גם בסוף השבוע.

אכיפת השימוש בממיר קטליטי יכולה להביא להפחתת הפליטה של פחמימנים נדיפים. אפשר גם לאסור כניסת כלי רכב פרטיים למרכז העיר בשעות העומס כדי להפחית פליטת פחמימנים נדיפים ותחמוצות חנקן.

איך מודדים את הזיהום הנפלט מכלי רכב?

תקן יורו – EURO

תשובה לשאלה 1 בעמוד 58

מידת ההחמרה בתקני הפליטה האירופיים לפליטת מזהמים מכל הסוגים מכלי רכב פרטיים, מסחריים קלים ומכלי רכב כבדים (משאיות ואוטובוסים) נעשים מחמירים יותר במידה ניכרת.
מידת ההחמרה בולטת במיוחד בפליטת חלקיקים ברכבי סולר קלים וגם במשאיות ובאוטובוסים.

תקני פליטה ומקדמי פליטה בישראל

תשובות לשאלות תחת טבלה 6 בעמוד 58

1. ממנועי דיזל – סחמן חד-חמצני, פחמן דו-חמצני, פחמימנים, ותחמוצות חנקן. נפלטות כמויות קטנות של חלקיקים ושל בנזן.

ממנועי דיזל – נפלטות כמויות גדולות במיוחד של פחמן דו-חמצני, כמויות גדולות של תחמוצות חנקן ושל חלקיקים., פחמן חד-חמצני תחמוצות נפלט בכמות קטנה מזו של מנועי בזנין. נפלטות כמויות זעירות של בנזן, כמו במנועי בנזין.

2. מקדמי הפליטה הנמוכים ביותר של CO_2, CO, חלקיקים ופחמימנים הם בנסיעה במהירות של 90 קמ"ש, ולכן זו מהירות הנסיעה המיטבית. מקדם הפליטה בעבור אוטובוסים הוא שונה עקב היותם רכב בעל מנוע דיזל.

3. פעמים רבות מותאמים התקנים לצרכים ולגבולות היכולת, למצוי ולא לרצוי. מנוע **בנזין** פועל בטמפרטורה שונה והיחס דלק:אוויר שונה מאשר במנוע דיזל. גם שעור הנצילות והדחיסה של הדלק שונים בשני סוגי המנועים.

5. פליטת המזהמים גדולה יותר בשעת עמידה בפקקים, בתחילת הנסיעה ובנסיעה במהירויות נמוכות. בתוך העיר מוצבים רמזורים רבים המחייבים את המכוניות לעצור ולהתחיל מחדש בנסיעה, וגם לנסוע במהירות נמוכה יחסית.

בכביש 6, שבו אין רמזורים והכניסה אליו והיציאה ממנו מתבצעות באמצעות מחלפים, הנסיעה חלקה ומהירה יותר בהשוואה לכבישים אחרים. הסטת חלק מהתחבורה ממרכזי הערים לכביש 6 הפחיתה את עומס התנועה בתוך הערים, ועקב כך הופחתה פליטת המזהמים (אם כי בנסיעה מהירה מאוד נפלטת כמות מזהמים גדולה מזו שנפלטת במהירות המיטבית – כ-90 קמ"ש).

עם זאת, יש הטוענים שסלילת הכביש הגבירה את הביקוש לכלי רכב פרטיים.

פתרונות למניעת זיהום אוויר מתחבורה

אמצעים טכנולוגיים למניעת זיהום אוויר מכלי רכב

התקנת ממיר קטליטי

תשובות לשאלות בעמוד 62

1. הממיר הקטליטי הוא פתרון "קצה צינור" לא רק בהגדרתו אלא גם מבחינה מעשית.

1. הממיר הקטליטי:

   א. הופך CO ל-CO_2.

   ב. הופך תחמוצות חנקן NO_X לחנקן וחמצן.

   ג. מחמצן פחמימנים ל-CO_2 ולמים.

3. אין הכוונה להיכנס עם התלמידים לפרטי החישוב אלא לעקרונות. בדרך כלל מתמחרים את הנזקים על פי הפגיעה שהם גורמים לבריאות האדם ולבריאות הסביבה. כך למשל פליטת כמויות גדולות של פחמן דו-חמצני מגבירה את התחממות כדור הארץ על כל הנזקים הנלווים (נעסוק בכך בפירוט בפרק 5.) נזקי בריאות מודדים על פי שיעור התחלואה הקשורה בזיהום

האוויר. מחקרים שבוצעו בשנים האחרונות הראו למשל שזיהום האוויר מרכבי דיזל מגביר את הסיכון לתחלואה בסרטן. התחלואה כרוכה בעלויות אשפוז וטיפולים אחרים.

4. בחישוב העלויות יש להביא בחשבון כי העלות של סך כל הנסיעות ברכב פרטי בשנה, שכל נוסעי האוטובוס היו עושים במקום הנסיעה באוטובוס, היא גבוהה יותר.

צמצום זיהום האוויר באמצעות פיתוח כלי רכב חדשניים

העשרה: יתרונות וחסרונות של הנעה בגפ"מ

<u>להסבת רכב לשימוש בגפ"מ יש כמה יתרונות</u>:

- ♥ הפחתת הפליטה של מזהמים בכלי רכב ישנים הודות לשרפה מלאה ונקייה יותר בשל ערבוב טוב של הדלק (שהוא גז) עם האוויר בתא הבעירה.
- ♥ מחירו של גפ"מ נמוך ממחיר הבנזין והמנוע שקט יותר.
- ♥ הארכת חיי המנוע וצנרת הפליטה מאחר שמצטברת כמות פיח מזערית במנוע ובמערכת הדלק.

<u>לשימוש בגפ"מ יש גם כמה חסרונות</u>:

- ♥ הפחתת נפח האחסון בתא המטען.
- ♥ טווח נסיעה קצר יותר בין תדלוק לתדלוק.
- ♥ לשימוש בגפ"מ אין יתרון בכלי רכב ששנת ייצורם היא מ-2005 ואילך משום שהם פולטים כמויות קטנות יותר של מזהמים.

תשובות לשאלות תחת גרף 17 בעמוד 64

1. המספר גדל מ-1.3 מיליון בשנת 2001 ל-15.2 מיליון בשנת 2011– גידול פי 11.7. קצב הגידול הולך וגדל משום שעקומת הגידול היא אקספוננציאלית.
2. השיקול העיקרי הוא כלכלי: מחירו הזול של הגז הטבעי וזמינותו.

לא היו שיקולים של שמירה על איכות הסביבה, אך אין ספק שהשימוש בכלי רכב מונעים בגז, בעיקר בתחבורה הציבורית, תורם לצמצום זיהום האוויר, שגם כך הוא חריף מאוד ברבות מהמדינות המתפתחות במזרח אסיה.

3. אחד החסרונות של השימוש בדלק גזי נעוץ בסיכון להתפוצצות, למשל במקרה של תאונת דרכים, שהוא גבוה יותר בהשוואה לשימוש בבנזין או בסולר. בגלל החשש מפיצוצים אוסרים חניונים רבים כניסת כלי רכב המונעים בגז.

זיהום אוויר מתעשייה

מזהמים הנפלטים לאוויר משרפת דלק בתעשייה

חלקיקים הנפלטים בשרפת דלק בתעשייה

תשובות לשאלות תחת טבלה 9 בעמוד 75

1. אפשר להכין גרף קווי (אך יש לשים לב שלא מוצגות השנים 2002-2004, 2006) או היסטוגרמות. מהגרפים רואים שיש מגמת ירידה בפליטת חלקיקים בישראל, אך הרכיב של התעשייה בפליטת חלקיקים עלה עם השנים (בשנת 2000 פלטה התעשייה 37% מכמות החלקיקים הכוללת ואילו בשנת 2010 היא פלטה 42.5% מהכמות הכוללת כפי שאפשר לראות בטבלה שלהלן).
2. הירידה בכמות הכוללת – 46%, בתעשייה – 37%.
3. **פליטת חלקיקים ממקורות שונים בישראל בין השנים 2000-2010**

השנה	כמות חלקיקים, טונות		
	כמות כוללת בשנה	כמות מהתעשייה	אחוז פליטות מהתעשייה
2000	21,447	7,853	37
2005	17,930	6,913	38.5
2007	15,098	5,696	37.7
2008	14,325	5,471	38
2009	12,643	5,233	41.4
2010	11,655	4,952	42.5

תחמוצות גופרית הנפלטות בשרפת דלק בתעשייה

תשובות לשאלות תחת גרף 18 בעמוד 76

1. בארה"ב ובאירופה קיימת מגמת ירידה בפליטת תחמוצות גופרית משרפת דלק פוסילי עקב המעבר לשימוש בדלק דל גופרית. בארצות אסיה, שברובן הן מדינות מתפתחות, חלה עלייה תלולה בפליטת תחמוצות גופרית משריפת דלק. מדינות אלה אינן עוברות להשתמש בדלק דל גופרית בגלל עלותו הגבוהה יותר.
2. א. גשם חומצי נוצר כתוצאה מתגובה של תחמוצות חנקן עם אדי מים באוויר.

הערה

כפי שנראה בהמשך הלמידה, לגשם חומצי יכולות להיות השפעות נרחבות גם על אזורים שבהם לא נפלטו תחמוצות, עקב רוחות הסוחפות את המזהמים ואת העננים הנושאים את החומרים המזהמים. כדאי להסב את תשומת לבם של התלמידים להיבט זה.

ב. על מדינות המערב להציע תמריצים כספיים כדי לעודד מדינות מתפתחות שאמצעיהן דלים להשתמש בדלק דל גופרית, שהוא יקר יחסית, או להוזיל את מחירי הדלק דל הגופרית.

מזהמים הנפלטים ממפעלי תעשייה בתהליכי הייצור

♥ **תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: זיהום אוויר מתעשייה – של מי האחריות? בעמוד 78**

1. הנזקים שנגרמו כתוצאה מדליפת החומרים הרעילים היו רבים. נזקים מידיים: זיהום אוויר חמור כתוצאה מדליפת הגז, מוות, נזק בריאותי מתמשך לאילו ששרדו. נזקים בטווח הארוך: זיהומי מים וקרקעות, שהשפיעו בלי ספק גם על החקלאות.
2. האחריות היא קודם כל על המזהם ("המזהם משלם"). מובן שיש כאן תפקיד מרכזי גם לגורמי ממשל שצריכים לדאוג: א. לרמת הבטיחות של המפעל; ב. לכך שהאחראים לא יוכלו להתחמק מעונש ומפיצוי הנפגעים.

מזהמים הנפלטים ממפעלי תעשייה בישראל

תשובות לשאלות בעמוד 80

1. בטבלה אפשר לראות שהתעשייה הפטרוכימית ותחנות הכוח (אנרגיה) הם המקורות העיקריים לפליטת כל שלושת המזהמים: תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן וחלקיקים.
2. בגרף 19א אפשר לראות שחמישה מפעלים – בתי הזיקוק לנפט באשדוד ובחיפה, מפעלי ים המלח, רותם אמפרט נגב וחיפה כימיקלים דרום, פולטים 57% מכלל הכמות של תחמוצות גופרית הנפלטת בשנה מהתעשייה בישראל.

   בגרף 19ב אפשר לראות שחמישה מפעלים – מפעלי ים המלח, רותם אמפרט נגב, רותם אמפרט דרום, מפעלי ים המלח ובתי הזיקוק לנפט בחיפה, פולטים 63% מכלל כמות החלקיקים הנפלטת בשנה מהתעשייה בישראל.

   בישראל יש מאות מפעלים, אך מעטים מהם פולטים חלק גדול מאוד מהמזהמים.

חוקים, תקנות ואמנות בישראל העוסקים בפליטת מזהמים מתעשייה

תשובות לשאלות בעמוד 82

1. היתר פליטה מגדיר את כמות המזהמים מסוגים שונים שמותר למפעל בעל ההיתר לפלוט. לכל מפעל שמקבל היתר פליטה מוגדרים תקני פליטה (ריכוזים מרביים של מזהמים שמותר לו לפלוט ממקורות הפליטה).

   כפי שראינו מהנתונים על זיהום אוויר מתעשייה, המפעלים פולטים מזהמי אוויר רבים, וכדי לשמור על איכות האוויר יש לצמצם את פליטת המזהמים ממפעלי התעשייה. עם זאת, צריך לזכור שרוב האוכלוסייה חשופה הרבה יותר לזיהום אוויר מתחבורה, שהוא גורם הזיהום העיקרי ביישובים עירוניים.
2. רמת הפיתוח של טכנולוגיות למניעת זיהום אוויר משפיעה על קביעת התקנים למזהמי אוויר שונים. ככל שיש טכנולוגיות מתקדמות יותר אפשר להחמיר בתקנים, ובתנאי שמחיר התקנת הטכנולוגיות האלה הוא מחיר סביר ולא משפיע באופן ניכר על עלויות הייצור.

3. ערכי ייחוס סביבתיים אינם מתייחסים למקור הפליטה של המזהמים אלא לנזק הבריאותי שהמזהמים גורמים לאדם בעקבות חשיפה ממושכת.

גישות להפחתת פליטה של מזהמי אוויר מתעשייה

תשובה לשאלה בעמוד 87

השיטה	המזהמים שניתן לסלק	אופן הסילוק	יעילות ההרחקה של המזהמים
משטפים	מזהמים גזיים	יצירת מגע בין גזים מזהמים לבין נוזלי ניטרול הסופחים אותם (בתהליך רטוב) או הפרדתם מזרם הגזים (תהליך יבש)	הרחקה יעילה הודות לתגובה הספציפית בין המזהם לחומר המנטרל או לתהליך ההפרדה המותאם לחומר המזהם
ציקלונים	חלקיקים יבשים שגודלם 10-100 מיקרון	הפעלת כוח צנטריפוגלי על האוויר עם החלקיקים הגורם לזריקתם על הדפנות ולשקיעתם	נדרשים שלבים אחדים בתהליך כדי להשיג הרחקה יעילה. לא מורחקים גזים מזהמים המצויים באוויר
בתי שקים	חלקיקים קטנים שקוטרם פחות מ-0.1 מיקרון	סינון של אוויר מזוהם על ידי העברתו דרך מצעי סינון עם נקבים בעלי קוטר שאינו עולה על 0.1 מיקרון	יעילים בטמפרטורות שאינן עולות על 150^0C, אינם מתאימים לטיפול בגזים חמים, לא מתאימים לסנן אוויר לח המדביק את החלקיקים וסותם את המסננים
משקע אלקטרוסטטי	חלקיקים קטנים במיוחד – פחות מ-0.01 מיקרון (כמו חלקיקי אפר פחם בתחנות כוח ובמפעלים השורפים פחם) שניתנים לטעינה חשמלית	הפרדה באמצעות אלקטרודות המושכות אליהן את החלקיקים הטעונים וניעור האלקטרודות לאחר מכן כדי לסלק אותם	תהליך הפרדה יעיל מאוד – יותר מ-99% מהחלקיקים מורחקים

מסננים	גזים רעילים בעיקר כאלה הגורמים לריחות רעים (מתאים לשימוש במטבחים מעל כיריים)	סינון הגזים הרעילים באמצעות חומרים הסופחים את הגזים אליהם (כמו פחם פעיל). הפרדה בין החומר המסנן למזהמים ואיסוף המזהמים.	הגזים צריכים להיות נקיים מחלקיקים, מאדי שמן ומים כדי לבצע הפרדה יעילה
לפידים	גזים רעילים בעיקר כאלה המשתחררים בתהליך זיקוק הנפט	שרפת הגזים הרעילים (תהליכי חמצון) והפיכתם לגזים רעילים פחות	יעיל בסילוק גזים אורגניים דליקים ונפיצים

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: זיהום האוויר במפרץ חיפה בעמוד 89

1. א. התחבורה פולטת חלקיקים (23%), פחמימנים (43%) ותחמוצות חנקן (47%). גופרית דו-חמצנית – רק 0.3%. לתחבורה יש תרומה מעטה מאוד בפליטת גופרית דו-חמצנית. התחבורה פולטת גם חלק קטן יותר של כל המזהמים האחרים.

ב. התעשייה ותחנות הכוח פולטות חלקיקים (68%), גופרית דו-חמצנית (94.7%), פחמימנים (55%) ותחמוצות חנקן (52%). בולטת במיוחד פליטת גופרית דו-חמצנית מתעשייה ותחנות כוח. הן פולטות גם חלק גדול מהחלקיקים. פליטת פחמימנים ותחמוצות חנקן גבוהות רק במעט מזו של התחבורה.

2. הרחקת המפעלים ממרכזי האוכלוסייה היא הכרחית מבחינה בטיחותית וביטחונית.

היא כרוכה כמובן בעלויות לא מבוטלות, אם כי לצד העלויות יהיו גם הכנסות ממכירת שטחי המפעל, שיש להם היום ביקוש ניכר בגלל מיקומו.

באיתור מקום חדש צריך לזכור שיש למזער את הפגיעה במערכות אקולוגיות במקום, להתחשב באוכלוסיות שחיות במקום ולבדוק אם יש תשתיות מתאימות.

יש לשקול גם את דרך הובלת חומרים הנחוצים למפעלים מבתי הזיקוק אל המפעלים במקומם החדש. באשדוד יש בית זיקוק נוסף, ואולי עדיף להעתיק גם את מפעל הזיקוק הזה למקום אחר.

בשיקולים כדאי גם להביא בחשבון את המעבר לצריכת גז, שתפחית את הביקוש לנפט ולתזקיקיו ועלולה לפגוע בתעשיות נלוות.

הערה

אפשר להציע לתלמידים גם חקר מקרה מסוג קצת שונה כמו זה המוצע להלן:

חקר מקרה: שמירה על מניעת זיהום אוויר מתעשייה בתחומי איגוד ערים לשמירת איכות הסביבה שרון-כרמל

מתוך דיווח של יונת אלקלעי, רכזת תחום איכות אוויר מתעשייה וחומרים מסוכנים

בתחום האיגוד קיימים מפעלי תעשייה רבים העוסקים במגוון תחומים. פליטת המזהמים נובעת ממערך הפקת האנרגיה במפעלים או מתהליכי הייצור.

הפיקוח על איכות האוויר בתעשייה מתבצע בכמה מישורים:

תכנון – בדיקת מקורות הפליטה האפשריים במפעלים כבר בשלב תכנון המפעל והוספת דרישה לשילוב מערך טיפול באוויר כחלק בלתי נפרד מהתכנית למתן היתרי בניה.

ביקורות שוטפות – לימוד של תהליך הייצור במפעל ואיתור מקורות פליטה אפשריים. מעקב אחר שינויים בתהליך הייצור או שינוי במבנה המפעל והשפעתם על הפליטות. בדיקת תקינות מערך הטיפול באוויר.

בדיקות ארובה – בשטח האיגוד מבצעים בדיקות ארובה בכ-20 מפעלים ועסקים. חלק מהבדיקות יזומות על ידי המפעלים במסגרת התנאים המפורטים ברישיון העסק וחלקן הן בדיקות פתע של המשרד להגנת הסביבה. כל הבדיקות מבוצעות על ידי חברות המוסמכות לביצוע דיגומי ארובה. הבדיקות מבוצעות בפיקוח נציג איכות הסביבה.

מערך ניטור רציף – במהלך השנים חוברו מספר מפעלי תעשייה בתחום האיגוד אל מערך הניטור הרציף, כאשר הנתונים מוזנים ישירות אל מחשב מרכז הבקרה באיגוד. נכון לשנת 2010, קיים פיקוח שוטף על 6 מתקנים:

1. מפעלי נייר חדרה (חדרה)– ארובת דוד הקיטור הגדולה ביותר באזור מנוטרת לצורך מדידת מידת השקיפות של זרם האוויר בארובה למעבר קרינה דרכו. באוויר מזוהם הקרינה נבלעת (או מפוזרת) על ידי החלקיקים והגזים כתלות בסוג המזהמים וכמותם.
2. מפעל אליאנס (חדרה) – שתי ארובות דודי הקיטור (המשמשים להפקת אנרגיה) מנוטרות למדידת ריכוז חלקיקים בארובה.
3. מפעל אבן וסיד שפיה (מועצה מקומית זכרון יעקב)– התנור הניצב במפעל מייצר סיד חי מאבן גיר. גזי הפליטה עוברים דרך מתקן טיפול באוויר לפני הפליטה לסביבה. ארובת הפליטה מנוטרת באופן רציף למדידת ריכוז חלקיקים.
4. מפעל הוד חפר (מועצה אזורית עמק חפר) – מערך הפסדים (פגרי עופות) במפעל מקבל את הפגרים ומעבד אותם לייצור "קמח בשר" המשמש כרכיב במזון של בעלי חיים. מערך הפסדים מחובר למתקן טיפול באוויר. הבקרה התפעולית של מתקן הטיפול באוויר מחוברת באופן רציף לאיגוד.
5. קרגל אריזות גמישות (מועצה אזורית עמק חפר) – מפעל להדפסה על אריזות גמישות. מכונות ההדפסה חוברו למתקן לטיפול תרמי בממסים הנפלטים מהמפעל. ריכוז החומר האורגני ביציאה ממתקן הטיפול בממסים והבקרה התפעולית של המערכת מנוטרים באופן רציף.
6. גלעם (מועצה אזורית מנשה) – במפעל גלעם נבנה דוד קיטור השורף גזם. גזי הפליטה מבוקרים באופן רציף לבדיקת ריכוז חלקיקים ולבקרה תפעולית של המערכת.

זיהום אוויר מתחנות כוח

מזהמים הנפלטים בתהליך הפקת חשמל מפחם

פליטת חלקיקים מתחנות כוח פחמיות

תשובות לשאלות בעמוד 94

1. היתרונות: הפחם זול יחסית, ויש היום פחם נקי שפולט כמות קטנה יותר של מזהמים לסביבה. קיימת היום גם טכנולוגיה שמפחיתה את פליטת המזהמים לסביבה.
החסרונות: התחנה תופסת שטח גדול לאורך החוף (וגורמת גם לזיהום תרמי), השיטה אינה יעילה והיא גורמת לזיהום סביבתי ניכר: חלקיקים, תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן ומתכות מסוכנות. כמות המזהמים הנפלטת גדולה פי כמה מהכמות שנפלטת ממקורות דלק אחרים, יש בעיה של סילוק האפר הנוצר, ויש פליטה של כמויות גדולות של פד"ח, שהוא גז חממה.
2. יש בעולם מאגרים גדולים וזמינים של פחם שקל להשתמש בהם, וקיימת גם טכנולוגיה מוכרת להפקת חשמל מפחם.
3. העלויות החיצוניות נובעות בעיקר מנזקי הבריאות לבני האדם ולאורגניזמים חיים אחרים. גם הטיפול במזהמים השונים שנותרים אחרי השרפה כרוך בעלויות חיצוניות בטווח הזמן הארוך.
4. א. הגז שמתקבל בתהליך מונע פליטת חלקיקים, גופרית דו-חמצנית ומתכות מסוכנות, ולכן הפגיעה בסביבה פוחתת במידה ניכרת. השיטה מאפשרת לנצל מאגרי פחם קיימים בעולם.
   ב. השיטה מיושמת בעיקר במדינות שיש להן מאגרים גדולים של פחם. בשנת 2013 הובילה ארה"ב בתחום זה.
   ג. לישראל אין מאגרי פחם גדולים אבל יש מאגרי גז גדולים. לכן, בישראל, עדיף השימוש בגז טבעי על פני שימוש בגז שמייצרים מפחם.

מזהמים הנפלטים בתהליך הפקת חשמל מגז טבעי

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: השפעת המעבר לשימוש בגז טבעי על איכות האוויר באזור חיפה בעמוד 95

1. הגז SO_2 נפלט אמנם מהמפעלים לזיקוק נפט במפרץ חיפה, אך הוא מתפזר בכל שטח האיגוד, כך שנוצר ריכוז אחיד כמעט בכל האוויר באזור.
2. המעבר לגז טבעי הוריד בהדרגה את מספר הערכים מעל ערך היעד הימתי של SO_2, והגיע עד לערך 0 לאחר כשנתיים.
3. החזרה לשימוש במזוט הביאה לעלייה ברמת SO_2 בשטח האיגוד, השווה לזו שהייתה לפני המעבר לשימוש בגז טבעי (11).
4. המעבר לשימוש בגז טבעי הפחית במידה ניכרת פליטת SO_2.

פליטת תחמוצות גופרית מתחנות הכוח בישראל

תשובות לשאלה 1 בעמוד 97

1. א. המעבר לדלק דל גופרית הוביל לירידה מתמשכת בזיהום האוויר בתחמוצות גופרית, בין השנים 2004-2008. בתקופה זו ירדו הפליטות מ-220,000 טונות.

ב. על פי הגרף, השימוש בפחם שמר על רמה יציבה מבחינת פליטות SOx. כל הירידה נבעה ממעבר לשימוש במזוט דל בגופרית.

ג. עד 2008 יושמה חלקית מדיניות המעודדת מעבר לשימוש במזוט דל גופרית ושימוש בפחם דל גופרית. הכנסת השימוש בגז טבעי תוביל ליישום משמעותי הרבה יותר.

מערך הפקת החשמל בישראל – תמונת מצב בדצמבר שנת 2010

פליטת מזהמי אוויר מתחנות הכוח בישראל

תשובות לשאלות בעמוד 101

1. **טבלה 13 התפלגות פליטות מזהמים מתחנות כוח ומתעשייה בשנת 2007**

סוג המזהם	פליטה כוללת, %		סה"כ
	תחנות כוח	מפעלי תעשייה	
תחמוצות גופרית	67	33	100
תחמוצות חנקן	72	28	100
חלקיקים	26	74	100

2. א. תחנות הכוח פולטות את רוב תחמוצות הגופרית ותחמוצות החנקן (פי שלושה מאשר התעשייה).

ב. התעשייה פולטת את רוב החלקיקים – פי שלושה מתחנות הכוח.

3. תחנות הכוח ומפעלי התעשייה שורפים חומרי דלק לצורך הפקת אנרגיה. כמות חומרי הדלק הנשרפים בתחנות כוח גדולה מכמות החומרים הנשרפים בתעשייה (אפשר לבקש מהתלמידים לחפש נתונים אלה). ההבדל בפליטת החלקיקים נובע מתהליכי הייצור במפעלי התעשייה.

4. א. התחבורה פולטת גם היא את שלושת המזהמים המוצגים בגרפים.

ב. התחבורה פולטת בעיקר חלקיקים ותחמוצות חנקן, ופחות תחמוצות גופרית.

הערה

כדאי לבקש מהתלמידים לחזור ולבדוק את הגרפים שהציגו פליטות מזהמים מתחבורה, וכך המשימה תשמש לסיכום נושא הפליטות של מזהמים ממקורות שונים.

אמצעים טכנולוגיים לצמצום פליטת מזהמים לסביבה

תשובות לשאלות בעמוד 104

1. השימוש בפחם נקי הוא היעיל ביותר מבחינת פליטת רוב המזהמים, למעט פליטת פחמן דו-חמצני. בשימוש במחזור משולב, כשמקור האנרגיה הוא גז טבעי, נפלט פחות פחמן דו-חמצני אך נפלטת כמות גדולה יותר של מזהמים אחרים.
2. השיקולים הם מקור זמין לאספקת כל אחד מסוגי האנרגיה. הגישה הבסיסית היא גיוון במקורות האנרגיה כדי למנוע תלות במקור אחד, שעלולה ליצור קושי אם האספקה אינה סדירה (כפי שראינו באספקת גז טבעי ממצרים).

זיהום אוויר בתוך מבנים בעשן סיגריות

הערה לעמודים 108-109

תחלואה הנגרמת על ידי עישון גורמת נזקים כלכליים ניכרים:

מדי שנה נרשמים בישראל כחצי מיליון מקרי אשפוז עקב עישון. 64% מהם נובעים ממחלות לב, 12% נובעים ממחלות בדרכי הנשימה ו-10% מסרטן.

בנוסף לעלות האשפוזים, קיימות עלויות נוספות הקשורות בצריכת תרופות ובמעקב רפואי שלא במסגרת האשפוזים בבתי חולים. ההסתדרות הרפואית בישראל העריכה, כי הטיפול הרפואי, אובדן ימי עבודה עקב תחלואה, נזקי תמותה מוקדמת ונזקי שרפות מסיגריות בוערות, עלותם מגיעה לכ-1.75 מיליארד שקל בשנה (שווי ערך ל-0.25% מהתוצר הלאומי הגולמי של ישראל).

כלל ציבור התושבים במדינה נושא בעלויות אלה ולא רק המעשנים עצמם. המדינה גובה מס קנייה ומע"מ מסיגריות בייצור מקומי והיטל ייבוא של 2% על סיגריות מיובאות. סך כל הכנסות המדינה ממקורות אלה מגיע לכ-1.6 מיליארד שקל בשנה. יוצא אפוא, שהמדינה מפסידה מעישון טבק בישראל. הרווח מתגלגל רק לידי היצרנים והיבואנים של הסיגריות.

בדיקת יחסי עלות-תועלת של תכניות למניעת עישון מראים ערכים גבוהים: השקעה של כחצי מיליארד שקלים בתכניות מניעה חוסכת כ-0.9 מיליארד שקלים על נזקי עישון – חיסכון נטו של כ-0.4 מיליארד שקלים. המניעה גם חוסכת כ-58,000 שנות חיים!

<u>הערה</u>

הנתונים מתבססים על דו"ח שר הבריאות על העישון בישראל משנת 2008, שהוכן על ידי המרכז הלאומי לבקרת מחלות, משרד הבריאות, מאי 2009.

חקיקה להגבלת העישון ולמניעתו

תשובות לשאלות בעמוד 110

1. א. השקעה בתכניות למניעת עישון מונעת תחלואה כתוצאה מעישון פעיל וסביל וחוסכת הרבה יותר כסף מאשר עלותן של תכניות אלה.

   ב. תופעת העישון הפסיבי היא חמורה מאוד, ולכן יש לעשות כל מאמץ כדי למנוע פגיעה באנשים שאין להם עניין בעישון ובחשיפה לעשן סיגריות.

2 בכל המקומות הציבוריים מוטלות מגבלות רבות על עישון, ולמעשה ניתנת עדיפות ללא מעשנים. מקצים למעשנים מקומות מוגדרים וסגורים שרק בהם מותר לעשן. בבתי קפה

ומסעדות מפרידים בין מעשנים ללא מעשנים, בשדות תעופה יש חדרים נפרדים למעשנים. בטיסות רבות אסור העישון.

זיהום אוויר במבנים על ידי פורמאלדהיד (CH_3CHO)

תשובה לשאלה 1 בעמוד 111

1. מערכת מיזוג האוויר יוצרת סביבה סגורה ומונעת פליטת חומרים מסוכנים מתוך המבנה אל סביבתו החיצונית.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: הוצאות לשמירה על הסביבה בענפי התעשייה והחשמל בעמוד 112

1. ניתן לראות שהרכיב של הגנה על איכות האוויר והאקלים (43%) הוא הגדול ביותר, לפני טיפול בשפכים (30%) וטיפול בפסולת (17% בסה"כ). ההוצאות לטיפול בפסולת מסוכנת גבוהות במעט מההוצאות לטיפול בפסולת שאינה מסוכנת.

   ייתכן שהשיעור הגבוה של הוצאות בתחום האוויר והאקלים נובע מההתאמות שעשו החברות לפני כניסת חוק אוויר נקי לתוקף. מטרת חוק זה היא להביא לצמצום זיהום האוויר בישראל, בין השאר על ידי קביעת איסורים וחובות לשם הגנה על חיי אדם ועל הסביבה.

2. ההוצאה העיקרית בשנת 2008 וגם בשנת 2010 הייתה בתחום של אוויר ואקלים: 43% ו-39% בהתאמה.

3. פתרונות קצה נועדו לטפל בזיהום לאחר שכבר נוצר. פתרונות של טכנולוגיה נקייה נועדו למנוע מלכתחילה יצירת זיהום או לצמצמו במידה ניכרת. ככל שההשקעה בפתרונות של טכנולוגיה נקייה תהיה גדולה יותר, השמירה על איכות האוויר תהיה יעילה יותר. נתון זה מלמד שיש עוד מקום רב לשיפור הטיפול באיכות האוויר בישראל.

4. הפקת חשמל – חלקיקים, תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן
   כרייה וחציבה – חלקיקים
   זיקוק נפט ומוצריו – חלקיקים, VOC
   מזהמים הגורמים להתחממות האקלים הם גזי חממה – בעיקר פחמן דו-חמצני ומתאן.

פרק 3
זיהום האוויר ופיזורו באטמוספרה

שמש "שוקעת" בעיר שנחאי. השמש לא הגיעה לקו האופק אלא לקו הערפיח

גורמים המשפיעים על זיהום האוויר

השפעת מזג האוויר

תשובות לשאלות בעמוד 116

1. צפיפות האנרגיה ליחידת שטח הגבוהה ביותר תהיה מקו המשווה ועד קווי הרוחב של חוג הסרטן וחוג הגדי (23 צפון ודרום), משום שזווית הפגיעה קרובה ל-90^0 ואורך היום כמעט קבוע כל השנה. מסיבה זו, בקווי רוחב אלה האקלים חם (טרופי).

2. ככל שמתרחקים מקו המשווה, ובמיוחד באזורי הקוטב, זווית הפגיעה של קרני השמש חדה יותר, ולכן צפיפות האנרגיה המגיעה לפני הקרקע נמוכה גם אם יש אור במשך שעות רבות ביממה, כמו בקיץ באזורי הקוטב (המצב דומה לקרינה המגיעה לקרקע בשעות הבוקר המוקדמות ובשעות הערב).

3. בערים הסובלות מזיהום אוויר והנמצאות בקווי רוחב הסמוכים לקו המשווה, הקרקע מתחממת ומחממת את האוויר בסמוך אליה. זרמי אוויר המעלים את גושי האוויר המזוהמים כלפי מעלה (זרמי הסעה או קונבקציה) יוצרים ערבול. לעומת זאת, בערים הנמצאות באזורי אקלים קרים, גושי האוויר הקרים נמצאים בסמוך לקרקע מעל העיר וכולאים את המזהמים. מצב דומה קיים גם בערים הבנויות בעמקים סגורים.

השפעת הטופוגרפיה

תשובות לשאלות תחת טבלה 15 בעמוד 121

1. קרינת השמש משפיעה ישירות על ידי כך שהיא מחממת את שטח פני כדור הארץ ואת שכבות האוויר הסמוכות לקרקע. קרינת חום הנפלטת משטח פני כדור הארץ מחממת את האוויר וגורמת ליצירת זרמי אוויר (רוחות). הרוחות יכולות לגרום ליצירת משקעים אם יש באוויר רמה גבוהה דיה של אדי מים ואם הן נושבות באזורים עם טופוגרפיה הררית. כל תופעות מזג האוויר תלויות למעשה בקרינת השמש.
2. הרוחות מאפשרות פיזור של מזהמי אוויר בנפח אוויר גדול, וכך ריכוזיהם בסמוך למקום פליטתם אינם מגיעים לערכים גבוהים. משקעים שוטפים מזהמי אוויר מהאוויר לקרקע ולגופי מים.
3. בין היבשה לגופי המים נוצרות רוחות עקב הבדלים בקצב החימום והקירור שלהם. הגובה מעל פני הים ונוכחות עמקים וגיאיות משפיעים על זרימת הרוחות ויכולים להשפיע על הטמפרטורה ועל לחות האוויר.
4. מזג אוויר סוער, הכרוך ברוחות חזקות ובירידת משקעים, מביא לפיזור יעיל של מזהמי אוויר, בעוד שמזג אוויר שקט שלא נושבות בו רוחות חזקות, מצמצם את הפיזור של מזהמי אוויר.
5. אינוורסיה נוצרת באזורים שבהם רק קרינת שמש מעטה מגיעה אל פני כדור הארץ, או בלילות קרים שבהם הקרקע מתקררת ומקררת את שכבת האוויר הסמוכה אליה. אוויר חם עולה למעלה בטרופוספרה וכולא מתחתיו שכבת אוויר קרה בסמוך לפני כדור הארץ. במצב כזה, מזהמי אוויר נכלאים מתחת לשכבת האינוורסיה ואינם יכולים להתפזר, ולכן ריכוזיהם עולים במידה ניכרת.

6. אינוורסיה המתמשכת על פני כמה ימים היא מסוכנת, כי ריכוזי המזהמים באוויר יכולים להגיע לערכים מסוכנים הפוגעים בבריאות. אך לעתים די גם באינוורסיה קצרה כדי לגרום מפגעים קשים, כפי שקרה במקסיקו ובקוסטה ריקה במשך לילה אחד.
7. בעונות שבהם צפויים מצבי אינוורסיה צריך לצמצם, עד כמה שאפשר, פליטת המזהמים לאוויר, למשל על ידי הטלת מגבלות על תנועת כלי רכב או על הפקת חשמל ותהליכים בתעשייה שפולטים מזהמים רבים לאוויר (בעיקר במפעלי תעשייה גדולים). חשוב במיוחד לשמור על רמה נמוכה של מזהמי אוויר בסמוך למקום פליטתם אם שם מתרחשים אירועי האינוורסיה.

ניהול משאב האוויר בישראל

התכנית הלאומית למניעה ולצמצום זיהום אוויר

תשובה לשאלה 1 בעמוד 124

1. גריטת כלי רכב ישנים – מרחיקה מהכביש כלי רכב שבדרך כלל לא מותקן בהם ממיר קטליטי והם משתמשים בדלק נחות יותר. התחזוקה של כלי רכב ישנים בעייתית יותר, ולכן הם גורמים בדרך כלל זיהום אוויר חמור יותר. רבות מהתקנות מחמירות פחות עם כלי רכב ישנים, ולכן הורדתם מהכביש רצויה מבחינת זיהום אוויר.

צמצום נסועה בכלי רכב פרטיים – במקומות עבודה רבים מקבלים העובדים הטבה בצורת רכב פרטי העומד לרשותם. מהלך זה מעודד אותם להשתמש ברכב הפרטי. שינוי בהטבות לעובדים כך שהם יקבלו הטבות על אי שימוש ברכב פרטי ועל שימוש באמצעי תחבורה חלופיים, יכול להפחית את השימוש בכלי רכב פרטיים לצורך הגעה לעבודה.

אוטובוסים מונעים בגז – שרפת גז גורמת זיהום אוויר נמוך בהשוואה לסוגי דלק פוסילי אחרים (אם כי יש עדיין פליטת של פד"ח). אוטובוסים הם אחד המקורות המרכזיים לזיהום אוויר בתוך הערים.

מוניות היברידיות – צריכת הדלק של כלי רכב היברידיים היא נמוכה בהרבה מזו של כלי רכב המונעים באמצעות בנזין וסולר. מוניות נוסעות למרחקים מצטברים גדולים, ולכן מעבר לשימוש במוניות היברידיות יכול לצמצם את זיהום האוויר בעיקר בערים גדולות.

תעריף חשמל משתנה – ימנע יצירת שעות עומס המובילות להפקת שיא של חשמל. פיזור אחיד יותר של צריכת החשמל תמתן את כמות החשמל שיש להפיק ותצמצם את צריכת הדלק להפקת חשמל.

הפקת מיסוי משתנה על סוגי דלק שונים – הטלת העלויות החיצוניות על הגורמים לזיהום תרתיע אותם ותעודד אותם להשתמש בדלק נקי יותר (מאחר שכיום המיסוי זול יותר ומעודד שימוש בדלק מזהם).

צמצום זיהום אוויר בתוך מבנים – כיום אנשים חשופים לזיהום ממקורות רבים בתוך הבתים, מקום שבו הם שוהים שעות רבות ביממה. חשיפה ממושכת כזו מגבירה תחלואה. לכן הקפדה רבה יותר על פליטת מזהמים בתוך הבתים יכולה לצמצם תחלואה על כל העלויות הכרוכות בה.

מערך ארצי לניטור איכות האוויר

הערה לעמוד 126

רצוי לבצע את המדידות בעזרת מכשירים מתאימים למדידת זיהום אוויר.

♥ אם אין ברשותכם אמצעים למדידת רמות של מזהמי אוויר, תוכלו למדוד את כמות החלקיקים שיש באוויר בעזרת זכוכיות נושא שמורחים על צדן האחד וזלין.
מציבים את הזכוכיות במקום שבו רוצים לערוך את הבדיקה במשך 2-3 שעות ולאחר מכן בודקים בעזרת בינוקולר כמה חלקיקים נספחו אליהן ומאילו סוגים.

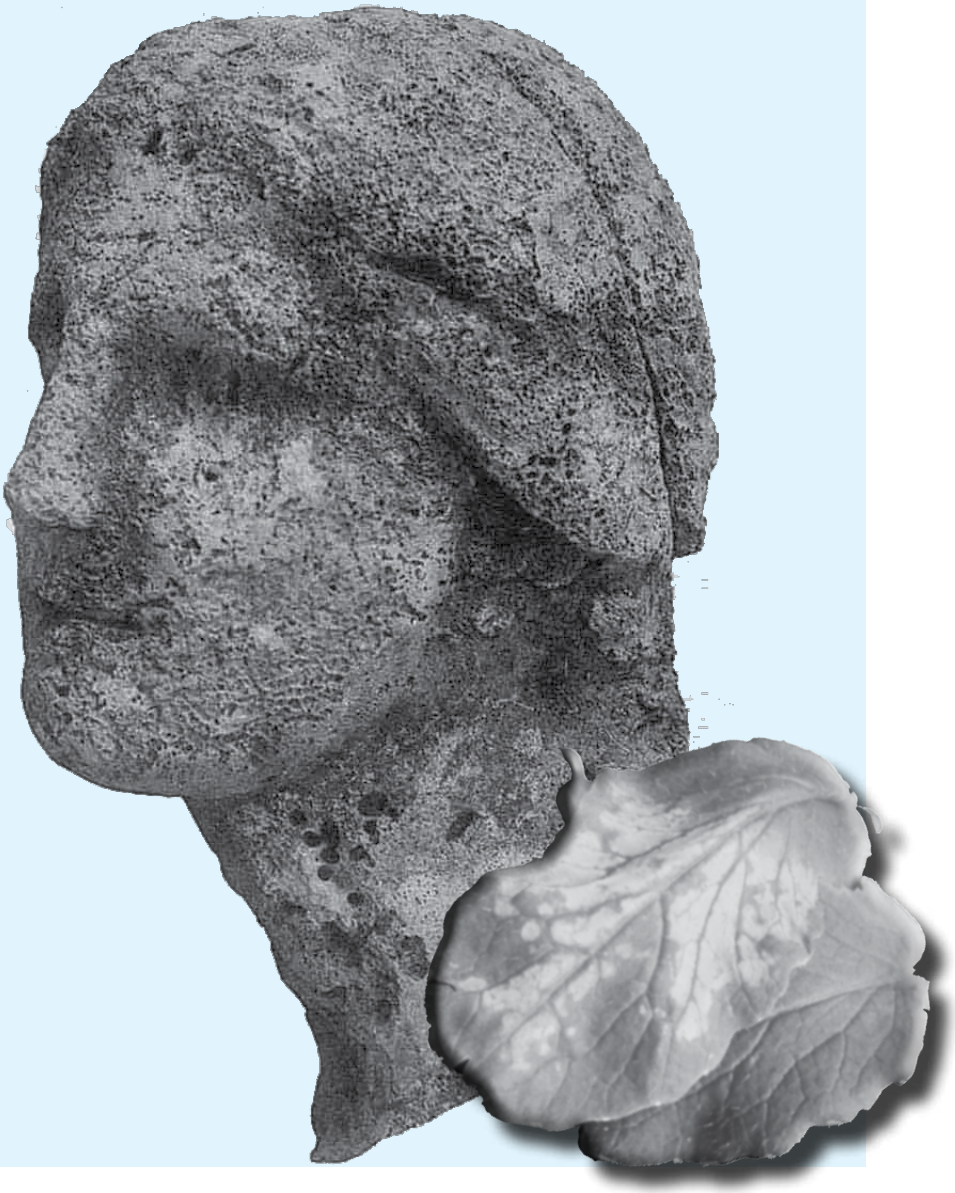
♥ אפשר להיעזר גם בשיטה שתוארה בתחילת הפרק – לוח קרטון עם נייר דבק במרכזו.

♥ אפשר גם למדוד כמויות חלקיקים לצד הכביש בגבהים שונים, כדי ללמוד מהו הגובה מתאים למעקב אחר זיהום האוויר מכלי רכב.
לשם כך אפשר לחבר את לוח הקרטון למוטות באורכים שונים (0.5 מ׳, 1 מ׳ ו-1.5 מ׳), ולבדוק זיהום בחלקיקים בגבהים שונים.

♥ אפשר לעקוב אחר זיהום העלים של צמחים באיי תנועה ובצמתים בצדי הדרך. מתאימים לכך במיוחד שיחים.
<u>קוטפים עלים מחלקים שונים של השיח</u>:
- חלק עליון וחלקים נמוכים יותר;
- אזורים החשופים לכביש ואזורים שהם חשופים פחות (במרכז הצמח או בחלק המרוחק מהכביש);
- עלים צעירים ועלים בוגרים יותר.
לביצוע ניסוי מבוקר – אפשר לסמן כמה עלים בחלקים שונים של הצמחים (בחלקו העליון של הנוף, באמצע, בתחתית הנוף, במקומות חשופים לאוויר ובכאלה הנמצאים בלב השיח).
יש לנקות את העלים היטב ולעקוב אחר כמות האבק המצטברת עליהם במשך זמן המעקב (שבוע או יותר).
כדאי לעקוב אחר 5-10 עלים לפחות כדי לקבל תוצאות מהימנות יותר (ובימים שאין בהם גשמים שעלולים לשטוף את העלים).
כדי לקבל אומדן טוב יותר של כמות האבק שנצברה על כל עלה, אפשר למדוד את שטח העלה (שמים אותו על נייר מילימטרי, מסמנים את היקפו ומחשבים את שטחו), ולחשב את מספר החלקיקים ליחידת שטח או לסמן מספר ריבועים שווה על העלה (בזמן הצפייה בבינוקולר) ולספור את מספר החלקיקים ליחידת שטח.

פרק 4

נזקים שגורם זיהום האוויר



ערפיח עירוני

הערה

אפשר להפעיל סימולציה המדגימה כיצד נוצר ערפיח עירוני בשני האתרים הבאים:

http://www.smogcity.com/runsmogcity.html

C3.ORT.ORG.IL/AIR

תשובות לשאלות בעמוד 133

1. תופעת הערפיח נוצרת במקומות שנשרפות בהן כמויות גדולות מאוד של פחם וכאשר הפליטה לאוויר מבוצעת מארובות נמוכות יחסית לגובה האינוורסייה. בשרפת פחם, במיוחד פחם באיכות נמוכה המכיל ריכוזי גופרית גבוהים, נפלטים לאוויר חלקיקים ותחמוצות גופרית, שני המזהמים הראשוניים העיקריים המובילים ליצירת ערפיח. הכמויות של חלקיקים ותחמוצות גופרית הנפלטים משרפת מזוט וסולר קטנות יותר בהשוואה לאלה הנפלטות מפחם.
2. בתנאים של אינוורסיה אין פיזור טוב של מזהמי האוויר וריכוזי החלקיקים ותחמוצות החנקן יכולים להגיע לערכים גבוהים מאוד. האינוורסיה גם מונעת פיזור אדי מים ועלייה בריכוזם יכולה להוביל ליצירת ערפיח עירוני.
3. מזהמי אוויר כמו תחמוצות גופרית וחלקיקים זעירים, יכולים להישאר זמן רב באוויר והם מתפזרים על פני שטחים נרחבים. לכן הרחקת אזורי התעשייה אינה מונעת היווצרות ערפיח עירוני אלא מפחיתה את הסיכוי ליצירתו בעיר.
4. בקרה קפדנית על פליטת מזהמים לאוויר משרפת פחם וסוגי דלק אחרים וכן ארובות גבוהות מונעת יצירת ערפיח עירוני, כפי שאפשר לראות מהמצב במדינות מפותחות.

ערפיח פוטוכימי

תשובה לשאלה בעמוד 135

הערפיח נוצר בעקבות תגובות בין מזהמים ראשוניים הנפלטים ממקור הזיהום וחולף זמן מהמועד שהם נוצרים ועד שהם מגיבים זה עם זה ומובילים ליצירת הערפיח. כמו כן, יצירת ערפיח פוטוכימי מחייבת קרינת שמש חזקה דיה.

גורמים המשפיעים על יצירת ערפיח עירוני וערפיח פוטוכימי

הערה על חקר מקרה: ענן ענקי חום וכבד רובץ על דרום אסיה בעמוד 136

הענן מפריע לפליטת אנרגיה תרמית (חום) מכדור הארץ כלפי הרקיע וכתוצאה מכך נמנע פיזור חום לחלל החיצון. מהלך כזה יגרום להתחממות כדור הארץ בדומה לבליעת חום על ידי גזי חממה. הצטברות אוויר חם מעל פני כדור הארץ יכולה להוביל להתחממות ולשינויים באקלים. לכן טענת המדענים נכונה.

עם זאת יש לבדוק את תרומת הענן לשינויים באקלים ולעלייה בטמפרטורה על פני כדור הארץ כדי לבסס את הטענה.

משקעים חומציים

תשובות לשאלות בעמוד 140

2. המדינות המופיעות במפה:

אזורים ומדינות בעולם הנפגעות מגשם חומצי ומידת הפגיעה

מידת הפגיעה של הגשם החומצי		
חמורה	אזור סיכון בגלל קרקעות רגישות	אזור סיכון בגלל פליטת מזהמים לאוויר
מזרח ארה"ב	מערב ארה"ב	מרכז ארה"ב וקליפורניה
	מערב קנדה ואזור ניו פאונלנד	
		מקסיקו
	ברזיל וונצואלה	צ'ילה
סקנדינביה (נורבגיה ושבדיה)		
צפון אירופה ומזרחה		רוסיה
אנגליה		
	ארצות בנלוקס	
	מרכז אפריקה	דרום אפריקה
	דרום הודו	מרכז הודו
מזרח סין	דרום מזרח אסיה	מרכז סין

3.

מדינות מפותחות		מדינות מתפתחות		
חמורה	אזור סיכון בגלל קרקעות רגישות	אזור סיכון בגלל פליטת מזהמים לאוויר	חמורה	אזור סיכון בגלל קרקעות רגישות	אזור סיכון בגלל פליטת מזהמים לאוויר
מזרח ארה"ב	מערב ארה"ב	מרכז ארה"ב וקליפורניה			מקסיקו
	מערב קנדה ואזור ניו פאונלנד		ברזיל וונצואלה	ברזיל	צ'ילה
סקנדינביה (נורבגיה ושבדיה)			הודו		הודו
צפון אירופה ומזרחה			מזרח סין		מרכז סין

אנגליה	ארצות בנלוקס			דרום מזרח אסיה	
	דרום אפריקה				

4. הבעיה בולטת במדינות מפותחות שנעשה בהן שימוש רב בדלק להפקת חשמל, בתעשייה ובתחבורה. הבעיה מתגלית גם בכמה מדינות מתפתחות כמו הודו, סין וברזיל – שבהן חלים תהליכים של פיתוח מואץ. הבעיה עלולה להתפתח במיוחד במדינות אלה אם לא יקפידו לצמצם פליטת מזהמי אוויר לאטמוספרה.

נזקים שגורם זיהום האוויר לחי ולדומם

פגיעת זיהום האוויר בצמחים ובבעלי חיים

תשובות לשאלות בפינת העשרה: חזזית הבוסתן כסמן לזיהום אוויר בעמוד 142

1. עלייה ניכרת בריכוז המזהמים באוויר בגלל עומס תחבורה גדול גורם לגידול בכמות המתכות שהפטרייה קולטת מהאוויר ומצטברים בגופה.
2. החזזית היא אכן מעין תחנת ניטור והצטברות המתכות בגופה מעידה על רמות גבוהות של זיהום האוויר.
3. אפשר לגדל חזזיות כדי שיקלטו מהאוויר מזהמי אוויר מסוכנים.

פגיעת זיהום האוויר בגופי מים ובחומרים

תשובה לשאלה בפינת העשרה: העלות הכלכלית של אוויר מזוהם

תחת טבלה 18 בעמוד 145

שתי האוכלוסיות הרגישות יותר לזיהום האוויר הם ילדים ואנשים מבוגרים מעל גיל 55.

על פי הנתונים בטבלה הילדים הם הרגישים ביותר עם שיעורי תחלואה גבוהים פי 2 מאלה של אוכלוסייה בגילאים 13-55.

התחלואה הצפויה בגילים שמעל 55 היא 18,000 ל-200,000 חולים, בהשוואה ל-12,000 חולים בגילים 12-55, ו- 24,000 בגילאי 0-12.

תחת טבלה 20 בעמוד 145

1. במקרים רבים נוסע ברכב פרטי רק אדם אחד בעוד שבאוטובוס נוסעים עשרות נוסעים. לכן פליטת המזהמים הכוללת גבוהה הרבה יותר כאשר נעשה שימוש נרחב בכלי רכב פרטיים. בנוסף גורם ריבוי כלי הרכב הפרטיים לעומסי תנועה גדולים המגבירים גם הם את זיהום האוויר (ככל שהנסיעה אטית יותר, זיהום האוויר הנפלט גבוה יותר).
2. על פי נתוני הטבלה, מכוניות בעלות מנוע בנזין פולטות רמות גבוהות יותר של CO ושל VOC. הפער העיקרי בינן לבין אוטובוס (או משאית דיזל קלה) הו בפליטת תחמוצות גופרית וחלקיקים. אך די ב-4 נוסעים באוטובוס כדי לצמצם פער זה לטובת התחבורה הציבורית.

הרחבה: כדאיות כלכלית של שינוי תקן זיהום האוויר – מקרה בולטימור

כדי להדגים את השימוש בשיטת הערכת סיכונים לבדיקת כדאיות כלכלית של הפחתת זיהום אוויר מכלי רכב, נסקור מחקר שנערך על ידי שלושה כלכלנים: Oates, Portney ו-McGartland.

המחקר נערך בעיר בולטימור, ארה"ב, בשנת 1988 ובדק את מידת הכדאיות בשינוי תקן הזיהום של חלקיקי אבק מרחפים (TSP–Total Suspended Particulates), שמקורם בשרפת דלק פוסילי לצורך הפקת חשמל ולהנעת כלי רכב. פליטת חלקיקים מרחפים אלה מפחיתה את הראות, גורמת נזקים לבניינים ונזקים בריאותיים שבחלקם הם חמורים וגורמים למוות מוקדם. גרף א מתאר את הקשר שבין עלויות הפחתת הזיהום מחלקיקים מרחפים והתועלת מהפחתת הזיהום, לבין תקני החלקיקים בבולטימור (בחל"מ).

ניתן לראות, שעלויות ההפחתה של TSP משתנות: ככל שהתקן חמור יותר כך גדלה עלות הפחתת הריכוזים לשם עמידה בתקן. כך לדוגמה, החמרת תקן מ-110 ל-109 חל"מ עולה כ–3 מיליון דולר.

שימו לב לכך שהעלות נתונה ליחידות זיהום במונחי ריכוז. אולם למעשה, היא ניתנת על ידי מודלים של פיזור מזהמים, במטרה לדעת, כמה טון צריך להפחית, כדי להגיע לתקן הרצוי.

לעומת זאת, החמרת התקן מ-95 ל-94 חל"מ, תעלה כ–16 מיליון דולר.

לפני החוקרים עמדה השאלה:

עד כמה כדאי להשקיע בעלויות לצורך הפחתת זיהום האוויר מחלקיקי אבק מרחפים.

כדי לענות על השאלה הזאת, ניסו החוקרים להעריך את התועלת שתופק מהחמרת התקן, כפי שמבטא עקום התועלת השולית מהפחתת הזיהום בחלקיקים בגרף א.

כפי שניתן לראות, העקומה המתארת את התועלת השולית היא די שטוחה ולכן ניתן להסיק שהפחתות זיהום האוויר (עבור TSP) גורמות לתועלת קבועה (כלומר, התועלת לא משתנה באופן משמעותי עבור ערכי תקן שונים.)

לפי הגרף, התועלת השולית היא כ-10 מיליון דולר.

כיצד הגיעו החוקרים למספר הזה?

הם הניחו שערך חיי אדם הוא 2 מיליון דולר, ערך יום עבודה אבוד הוא 100 דולר וערך יום עבודה שבו הפריון הוא חלקי הוא 25 דולר.

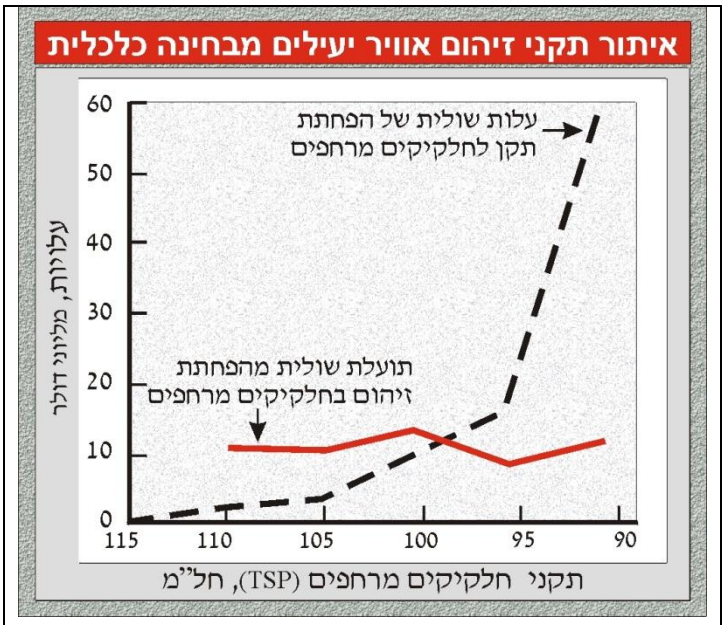
כמו כן, נאמדו נזקי רכוש שניתן למנוע אותם הודות להחמרת בתקן.

כאשר מכפילים מרכיבים אלה בתגובה להפחתת זיהום (ירידה בתמותה ובתחלואה) מתקבל הסכום של 10 מיליון דולר.

<u>החישוב מתבצע כך</u>:

(מס' מתים נחסכים x ערך חיי אדם) + (מס' ימי עבודה נחסכים x 100 דולר) + (מס' ימי עבודה בפריון חלקי נחסכים x 25 דולר).

בנקודת היעילות המוצגת בגרף א (נקודת החיתוך בין עקום העלות השולית לעקום התועלת השולית) ערך התקן הוא 99 חל"מ. בשנה שבה המחקר נערך – 1988 - התקן היה 110 חל"מ ולכן החוקרים המליצו להחמיר את התקן ב–11 חל"מ נוספים.



גרף א

דלדול שכבת האוזון בסטרטוספרה

גורמים המשפיעים על ריכוז האוזון בסטרטוספרה

תשובה לשאלות בעמוד 148

הערה

קרינת UV בשעות היום מעודדת יצירת אוזון בסטרטוספרה ואילו זרמי אוויר מפזרים אותו בשכבות אטמוספרה שונות – תהליכים אלה מתרחשים על בסיס יומי.

1. מקורות טבעיים - התפרצויות של הרי געש מובילה לשחרור כלור ממולקולות מימן כלורי – גורם לפירוק אוזון. מימן כלורי שוהה באטמוספרה זמן קצר בלבד (ימים עד שבועות).

אצות באוקיינוסים מייצרות מתיל יודיד שהוא מקור לשחרור רדיקלים של כלור המובילים ליצירת אוזון בסטרטוספרה. מתיל יודיד ותוצריו שוהים באטמוספרה עד שנה וחצי.

מקורות אנתרופוגניים – CFC, שוהה באטמוספרה עשרות שנים וגורם לפירוק האוזון. גרם נזק כבד שהוביל ליצירת "החור באוזון" מעל יבשת אנטארקטיקה ואוסטרליה שעדיין לא נסגר.

3. משך השהייה של מולקולות CFC ארוך בהרבה מזה של החומרים הטבעיים המובילים ליצירת אוזון בסטרטוספרה ולכן נזקם חמור מאוד והם פוגעים במאזן האוזון. עם זאת יש להביא בחשבון גם את הכמויות שבהם נוצרים חומרים שונים כדי לקבל אומדן מדויק יותר של השפעות על ריכוז האוזון בסטרטוספרה.

ריכוזי האוזון בסטרטוספרה – הנתונים הקיימים כיום ומקורם

תשובה לשאלה בעמוד 151

משנת 1926 מתבצעות מדידות של רמות אוזון בסטרטוספרה ויש גם הערכות של פליטת CFC לאטמוספרה. מתוך נתונים אלה אפשר לחשב את הקשר בין שני הגורמים האלה ולהעריך כיצד שינויים בריכוזי CFC ישפיעו על ריכוזי האוזון בסטרטוספרה גם בעתיד.

עם זאת צריך לזכור שאלה תחזיות ואומדנים ולא מדידות מדויקות.

הרחבה: שינויים עונתיים בממדי ה"חור באוזון" מעל הקטבים

ה"חור" בשכבת האוזון שמעל לקטבים נפתח ונסגר מדי שנה במעגל עונתי, המושפע משינויים במזג האוויר. הוא מתחיל להיווצר בתחילת האביב, מועד שבו מתחילה השמש לעלות מעל לקטבים. קרינת השמש מעודדת את התהליך הכימי של פירוק האוזון. ה"חור" באוזון חוזר ומתכווץ במהלך הקיץ.

לטמפרטורת האוויר יש השפעה ניכרת על פירוק האוזון. טמפרטורה "חמה" בסטרטוספרה נעה בין $^{\circ}C$ (63-)-(73-). כאשר הטמפרטורות יורדות מתחת ל- $^{\circ}C$(78-), נוצרים עננים קרח בשכבות הגבוהות של האטמוספרה, הנקראים "עננים קוטב סטרטוספריים". העננים מכילים גבישי קרח קטנים בעלי שטח פנים גדול, אשר סופחים אליהם מולקולות של CFC ושל כימיקלים אחרים הנמצאים בסטרטוספרה.

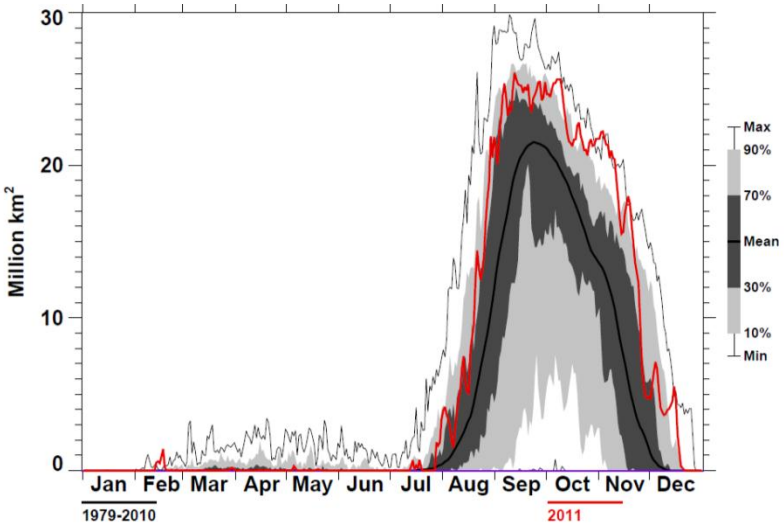
עם בוא האביב, מגיעה קרינת השמש לאטמוספרה שמעל לקטבים, גורמת לפירוקן של מולקולות ה-CFC ולשחרור רדיקלים של אטומי כלור מהן. באופן זה, משתחררת בבת אחת כמות גדולה של אטומי כלור ומתחיל מעגל פירוק האוזון. בתוך שבועות ספורים, מתפרקים 40%-50% ממולקולות האוזון בסטרטוספרה.

באנטארקטיקה, לקראת סוף הקיץ נסגר בדרך כלל ה"חור" באוזון.

עם תחילת הקיץ ביבשת אנטארקטיקה, בחודש דצמבר (לעתים גם בחודש נובמבר), חודר אוויר חם יחסית מהאטמוספרה לאוויר קפוא הכלוא מעל ליבשת אנטארקטיקה וגורם לסגירת החור באוזון שמעל ליבשת (גרף א).

בה בעת, מתחילה זרימה צפונה של כמויות גדולות של אוויר דל יחסית באוזון. האוויר הדל באוזון שוהה שבועות אחדים מעל אוסטרליה, ניו-זילנד, דרום אמריקה ודרום אפריקה. כתוצאה מכך, חלה עלייה של 3%-10% בכמות קרינת UVB המגיעה אל שטח פני כדור הארץ באזורים אלה.

גרף א שינויים עונתיים בגודל ה"חור" באוזון בשנת 2011



מקור הנתונים: Nasa Goddard Institute for Space Studies, 2012

ציר Y- שטח ה"חור" באוזון, במיליוני קמ"ר

עקום עליון – הגודל המרבי שנרשם בשנים 1979-2011.

עקום אדום – גודל ה"חור" שנרשם בשנת 2011

העקום השחור – גודל ממוצע של החור בשנים 1979-2011.

מקרא לגרף: ניתן לראות בגרף את השינויים בגודל ה"חור" באוזון בחודשי שנה שונים. גודל החור משתנה משנה לשנה ומועד סגירתו משתנה גם כן – לעתים הוא נסגר כבר בחודש נובמבר ולעתים רק בסוף חודש דצמבר.

שאלות לתלמידים

1. באילו חודשים בשנה מגיע ה"חור" לגודלו המרבי על פי הגרף?
2. מדוע הוא מגיע לשיאו דווקא בחודשים אלה?
3. באילו חודשים הוא נסגר בשנים שונות?
4. מה משך הזמן הממוצע בשנה שבו קיים "חור" באוזון מעל יבשת אנטארקטיקה?
5. ממה לדעתכם נובעים ההבדלים בין שנים שונות?

מניעת דלדול שכבת האוזון – סיפור של הצלחה

http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/

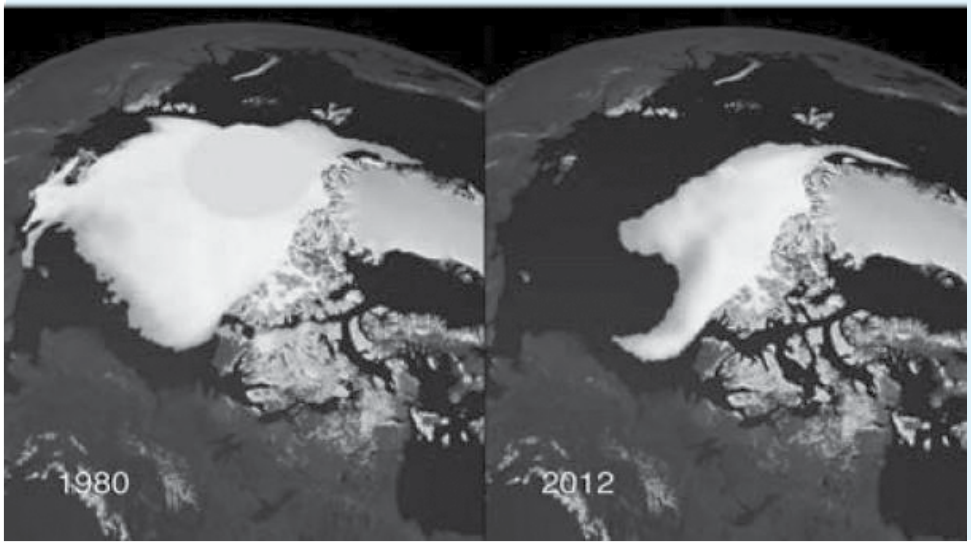
תשובות לשאלות בעמוד 153

1. יש תנודות בשני הגרפים אך הן קטנות יחסית פרט לשינוי גדול הרבה יותר בשנת 2002.
2. אפשר לראות מגמות מנוגדות בגרפים – עלייה ביחידות דובסון משמעותה ירידה בשטח ה"חור" באוזון. עניין זה בולט במיוחד בשנת 2002 וגם בשנת 2003. אם מסתכלים בקווי המגמה רואים שמסתמנת עלייה קטנה ביחידות דובסון וירידה מתונה בשטח החור באוזון.

הערה

עדכונים יומיים על מצב האוזון בסטרטוספרה אפשר למצוא באתר"

פרק 5
משבר שינוי האקלים



עדויות לשינויים באקלים לאורך ההיסטוריה של כדור הארץ ובימינו

תשובות לשאלות בעמוד 164

1. המהלך הכללי זהה בשני הגרפים, אם נפרק את הגרפים ליחידות של 10 שנים או 20 שנה, המהלך בכל פרק זמן דומה. ההבדלים הם בערכים המספריים של כל גרף, בערך תחילי, בטווח (הפרש) הערכים בין שנה לשנה . גרף 31 מתאר שינויים בטמפרטורה משנת 1800 ועד תחילת המאה ה-21 – זהו החלק הימני בגרף 32 המתאר שינויים בטמפרטורה באלף השנים האחרונות.
2. הצגה של כל המודלים על מערכת אחת מראה את הדמיון ביניהם ויוצרת תמונה המאפשרת הכללה וקביעת מגמה .
3. בגרף 32 רואים שהטמפרטורה השנתית הממוצעת הייתה פחות או יותר יציבה (ויש אפילו ירידה קלה) עד המאה ה-20. מאז חלה עלייה חדה מאוד, במקביל להתפתחות הייצור והשימוש המוגבר באנרגיה שהופקה על ידי שרפת דלק (פחם, נפט, מזוט),ובמקביל לעליה בכמות כלי הרכב ובנסועה.

תשובות לשאלות תחת גרף 34 בעמוד 165

1. יש קשר ברור: ככל שהטמפרטורה עולה כך עולה גם מפלס הים (קשר ישר), והיקף השטח המכוסה בקרח בקטבים יורד (בקשר הפוך מורכב).
3. הטמפרטורה עלתה ביותר מחצי מעלה, מפלס הים עלה בכ-100 מ״מ, כיסוי הקרח ירד בכ-3 מיליון קמ״ר.
4. יש לחלק 10 מטר (10,000 מ״מ) ב1.8 מ״מ. ומקבלים יותר מ- 5000 שנה.

הקומה הראשונה תתכסה כעבור כ-1667 שנים.

הרחבה: אפשר לדון עם התלמידים את בצד הערכי ולשאול: מה אכפת לנו מה יקרה עוד 5000 שנים או אפילו בעוד 50 שנים. זוהי שיחה חשובה.

5. ההשפעות הן רבות דווקא כי אחוז גבוה מהאוכלוסייה מתגורר לאורך החופים:

א. המלחת מי תהום: עליית גובה פני הים משנה את מיקומו של הפן הביני (קו הגבול בין מי תהום מתוקים, הזורמים מכיוון היבשה אל הים, לבין מי ים) וגורמת לקו זה לזוז אל תוך היבשת ולגרום לכניסת מים מלוחים למי התהום עד כדי אי יכולת להשתמש בהם באזור החוף .

הערה

היבט זה חשוב אבל לא בטוח שתלמידים יידעו אותו אם לא למדו את נושא המים.

ב. הצפות של אזורים הנמצאים בגובה פני הים כיום. בחלקם מיושבים בצפיפות (בנגלה דש, ערים לחופי הים התיכון), חלקם מהווים מקומות ישוב ראויים בודדים בסביבתם (איים באוקיינוס השקט) וחלקם בעלי ערך כלכלי ותרבותי למדינתם (דלתת הנילוס, מישורי הולנד)

ג. פגיעה ביסודות של בנינים ומבנים כמו בהולנד ובלגיה.

ד. פגיעה בשדות חקלאיים.

6. מקומות שיש להפנות את תשומת ליבם של התלמידים: חופי הים התיכון, איים באוקיינוס השקט, שפכי נהרות גדולים מסוג דלתה.

<u>אפשר ליצור למידה שיתופית כאשר רק התוצר משותף: תמונה עולמית של עליית פני הים בעוד 100 שנים מהיום. התמונה מבוססת על קצב עליית פני הים של 1.8 מ״מ בשנה.</u>

7. השינויים המתוארים בשאלה יגרמו לתזוזה של מרבית רצועות האקלים צפונה ודרומה בהתאמה. האזור הסובטרופי והים תיכוני יהיו יבשים יותר ואי אפשר יהיה לגדל את הגידולים החקלאיים המאפיינים אותם כיום. אזורי החיטה והגפן למשל ינועו צפונה בחצי הכדור הצפוני . זה ישנה את הבסיס הכלכלי של מדינות רבות ושל תרבויות רבות.

הרחבה

בנוסף לאספקת מזון, יש כיום עניין של מותגי מזון בעיקר בתחומי יין וגבינות. בעשור האחרון הנושא אף מעוגן בחקיקה של הדירקטיבה האירופאית, לפיה, מותג מזון יכול להיקרא בשמו רק אם הוא מיוצר במקום גיאוגרפי מסוים. כל זה יצטרך להשתנות .

ענף נוסף שיצטרך להתמודד עם השינוי הוא ענף התיירות הן תיירות חופים והן תיירות חורף של סקי.

8א. בצורות ממושכות גורמות ליובש של הצמחייה ושל האדמה, תנאים אידיאליים לשרפות ענק. הצירוף של טמפרטורה גבוהה ורוחות יבשות יוצר אירועים של שרפות ענק הנמשכות כמה ימים, מכלות שטחים גדולים ומסכנות אזורי מגורים. דוגמאות יש מכל העולם: אינדונזיה, אוסטרליה, ארצות הברית ואפשר להזכיר גם את השרפה בכרמל בחורף היבש של שנת 2010.

8ב. אירועי גשם חריגים גורמים לשיטפונות ולהצפות. כל שנה יש תמונות של הצפות ברחבי אירופה ובאסיה. הדבר גורם להרס של האזור המוצף, לאבדן ימי עבודה וגם לאבדן בנפש ויכול להביא להתפרצות זיהומים.

הקרינה המגיעה מהשמש ואקלים כדור הארץ

תשובות לשאלות בעמוד 168

1. סך הקרינה הנכנסת הוא 341 וואט למ״ר.

סך הקרינה היוצאת הוא: 102 מוחזרת+ 239 הנפלטת כארוכת גל = 341 ואאט למ״ר.

מסקנה: כמות הקרינה היוצאת שווה לכמות הקרינה הנכנסת.

2. לקרינה ארוכת הגל הנפלטת לחלל כמה מקורות על פי האיור:

קרינה הנפלטת מעננים ומחלקיקים באטמוספרה (קרינה קצרת גל שנבלעה בעננים ובחלקיקי האטמוספרה ונפלטת כקרינה ארוכת גל, וקרינה ארוכת גל מפני השטח הנבלעת בחלקיקים באטמוספרה ונפלטת כקרינה בעל גל ארוך יותר) – 169 וואט למ״ר.

קרינה ארוכת גל הנפלטת ישירות מפני השטח של כדור הארץ – 40 וואט למ״ר.

קרינה ארוכת גל הנפלטת מפני השטח, נבלעת בעננים ונפלטת דרכם לחלל – 30 וואט למ״ר.

3. חלון אטמוספרי – אורכי גל העוברים באטמוספרה מפני השטח לחלל ולהיפך ללא מעבר דרך חומר כלשהו. האטמוספרה נחשבת שקופה למעבר אורכי גל אלו.

הרחבה

ידועים שני חלונות אטמוספריים: בתחום האור הנראה באורכי גל של 0.5-0.3μ, ובתחום הקרינה התת-אדומה באורכי גל של 11-8.5 μ. כדור הארץ הוא "גוף שחור" (מודל פיזיקלי לגוף הקולט את כל האנרגיה המגיעה אליו ופולט אנרגיה בהתאם לטמפרטורה שלו) הפולט קרינת חום שהיא קרינה ארוכת גל.

תשובה לשאלה בעמוד 169

ככל שמצפינים או מדרימים מקו המשווה, זווית הקרינה של השמש הפוגעת בכדור הארץ נעשית חדה יותר (בגלל המבנה הכדורי של כוכב הלכת). עוצמת קרינת השמש נמוכה בשל זווית הפגיעה החדה. לכן על אף אורך שעות היום האנרגיה האפקטיבית נמוכה.

תופעה דומה רואים גם ביחס לגובה השמש בשמיים בשעת הזריחה, בצהרי היום ובשעת השקיעה.

הערה למורים

היחס 1:4 בין הקבוע הסולארי ועוצמת הקרינה הממוצעת ליחידת שטח נובע אך ורק מהיחס הגיאומטרי בין היטל כדור (שטח הניצב לשמש – תמיד זהה לשטח מעגל שהוא היטל הכדור) לשטח המעטפת שלו (קרינה יוצאת מחושבת ביחס לשטח מעטפת – לא ביחס לשטח היטל). על מנת להביא את הקרינה הנכנסת והיוצאת ל"מכנה משותף" של יחידת שטח, הקרינה הנכנסת (שמש) מחולקת בדיוק ב-4.

עוצמת הקרינה נמוכה יותר בשעורת הבוקר המוקדמות ובשעות הערב לקראת השקיעה. היא נמוכה יותר באזורים בכדור הארץ המרוחקים מקו המשווה ובאזורים בכדור הארץ הנמצאים בתקופה החורף ביחס לאזורים הנמצאים בעונת הקיץ משום שהשמש מגיעה אליהם בזווית חדה יותר.

בליעה והחזרה של קרינת שמש לחלל

תשובות לשאלות בעמוד 170

1. הקמת ישובים בשטחים פתוחים מקטינה את האלבדו: היא מגדילה את חספוס פני השטח בגלל היווצרות גבהים שונים של מבנים (אפשר לסרטט קו רקיע של ישוב לעומת השטח הפתוח). גגות המבנים בחלקם בהירים אבל לא חלקים, בגגות רעפים פני השטח אינם חלקים. גם הכבישים והפארקים תורמים לאלבדו נמוך מאחר שהם כהים ומחוספסים.
2. התכת קרחונים מקטינה את המשטחים בעלי אלבדו גבוה ומגדילה את כמות המשטחים של מים ושל שטחי קרקע כהים יותר שהם בעלי אלבדו נמוך. במאזן הכללי התופעה מפחיתה את האלבדו של כדור הארץ.
3. כיסוי קרחונים גדול מגדיל את האלבדו וגורם להחזרה של קרינת שמש רבה לחלל, כך שפוחתת הטמפרטורה העולמית הממוצעת. טמפרטורה נמוכה יותר יכולה להגביר היווצרות משקעי קרח ושלג, להגדיל את השטח המכוסה בהם ולהגדיל את האלבדו. זהו משוב חיובי.
4. א. התחממות האוויר ופני השטח מגדילה את כמות אדי המים באוויר. כמות גדולה יותר

של אדי מים באוויר בולעת יותר קרינת חום המגיעה מהקרקע וגורמת להתחממות האטמוספרה. התחממות נוספת של האוויר תגביר את כמות אדי המים המתאדה וכן הלאה. זהו משוב חיובי.

ב. כמות גדולה של אדי מים באוויר יכולה לגרום להגדלת הכיסוי בעננים, הגורם להגדלת ההחזרה של קרינת השמש (הגדלת האלבדו). ככל שיגדל כיסוי העננות, יגדל גם האלבדו הממוצע של כדור הארץ ותפחת כמות קרינת השמש העוברת דרך האטמוספרה ומגיעה לשטח פני האוקיינוסים. לכן, יתרחש תהליך איטי של קירור האוקיינוסים והפחתת התאדות המים לאוויר. זהו תהליך המנוגד לתהליך התחממות האטמוספרה וכן זהו משוב שלילי.

גזי החממה באטמוספרה והשפעתם על אקלים כדור הארץ

תשובות לשאלות בעמוד 171

1. בלילות בהירים במיוחד יכולה להיווצר קרה - הטמפרטורה יורדת במהירות עקב פליטת החום, שנצבר במשך היום, לחלל . בלילות כאלה האוויר הסמוך לפני הקרקע יכול להתקרר אף מתחת לנקודת הקיפאון. בשל צפיפותו האוויר הקר נוטה להצטבר במקומות נמוכים - עמקים וגיאיות - ויוצר גושים של אויר קר במיוחד. כאשר קיימים אדי מים סמוך לקרקע או עלי פניה הם עלולים לקפוא. תופעת הקרה עלולה לגרום נזקים קשים לצמחייה, לפירות ולירקות. הקרה נפוצה במקומות הנמוכים ובישראל היא שכיחה בלילות חורף בהירים בעיקר בעמקי הצפון.

מקור: כדור הארץ והסביבה: ספר לימוד בגיאוגרפיה ופיתוח הסביבה, משרד החינוך, מט"ח

2. מידע על כוכבי הלכת

שם כוכב הלכת	**הרכב האטמוספרה**	**טמפרטורה ממוצעת**	**אפקט החממה והשפעתו על היעדר חיים בכוכב הלכת**
חמה	אין אטמוספרה קבועה, יש אטמוספרה זמנית המורכבת מחלקיקים אנרגטיים בדרכם מהשמש לכוכבים לחלל.	430^0C ביום -170^0C בלילה.	אין אפקט חממה כי אין אטמוספרה קבועה. הפרשי טמפרטורות ענקיים בין יום ללילה. טמפרטורות קיצוניות ביום ובלילה .
נוגה	97% פחמן דו-חמצני	460^0C מרבית שעות היממה (243 יממות של ארץ) ובמרבית ימי השנה	אפקט חממה חזק מאוד. מאזן האנרגיה של נוגה גורם לכך שטמפרטורת האטמוספרה שלו גבוהה מאוד כל הזמן.
מאדים	דלילה מאוד בהשוואה לאטמוספרה של ארץ. מכילה ברובה פחמן דו-חמצני. מעט חנקן וארגון.	-55^0C כל השנה	אין אפקט חממה בגלל דלילות האטמוספרה. טמפרטורה נמוכה מאוד. קפוא

צדק	הליום (כ-90%) ומימן (כ-10%). מעט מתאן, אמוניה.	עד 125^0C – $+17^0C$	אין אפקט חממה.

היגדים שניתן לומר:

פחמן דו-חמצני חיוני ליצירת אפקט החממה.

בהיעדר פחמן דו-חמצני באטמוספרה לא יתקיים אפקט החממה.

ריכוז הפחמן הדו-חמצני משפיע על עוצמת אפקט החממה: ריכוז גבוה יוצר אפקט קיצוני וטמפרטורת גבוהות מאוד. ריכוז נמוך מאוד לא מאפשר את קיומו של התהליך.

תשובות לשאלות תחת גרף 35 בעמוד 173

1. א. עלייה בריכוז פחמן דו-חמצני אינה משפיעה על החלון האטמוספרי כיוון שהוא נמצא באופן טבעי בכמות גדולה באטמוספרה ובולע אורכי גל האופייניים לו. לעומת זאת, עלייה בריכוזי הגזים האחרים מגדילה באופן ניכר בליעת אורכי גל שבליעתם הייתה נמוכה ומשאירה באטמוספרה כמות גדולה יותר של אנרגיית חום. בליעת אנרגיית חום על ידי גזים אלה מצמצמת את החלון האטמוספרי.

ב. השפעה על הטמפרטורה: העלייה בכמות הפחמן הדו-חמצני גורמת לעלייה בכמות קרינת החום הנבלעת באטמוספרה ולעלייה בטמפרטורה. לשאר הגזים ההשפעה כפולה: צמצום החלון האטמוספרי והגדלת כמות הקרינה הנבלעת באטמוספרה, בליעה המגבירה את אפקט החממה. לעומת זאת, עלייה בריכוז החלקיקים באטמוספרה מגדילה את כמות קרינת השמש המוחזרת ישירות לחלל ואינה מגיעה לטרופוספרה ובכך היא מפחיתה את כמות האנרגיה המגיעה לשטח פני כדור הארץ ומורידה את הטמפרטורה הממוצעת של האטמוספרה ושל פני הקרקע. זהו מנגנון שמאט את עליית הטמפרטורה ומפחית את אפקט החממה.

2. הסבר לנתוני הגרף:

<u>אנרגיה</u> כוללת אנרגיה לתעבורה, לתעשייה ולשימוש במבנים שונים פרטיים וציבוריים (חימום, קירור, תאורה. תקשורת). לכן הערך גבוה מאוד.

<u>תעשייה</u> כוללת את הגזים הנפלטים בתהליכי ייצור שונים (ייצור חשמל לתעשייה נכלל באנרגיה): כרייה, חציבה, קווי ייצור.

<u>חקלאות</u> בעיקר פליטה מדשנים ומחומרי הדברה.

הרחבה

מהגרף עולה כי תרומת התעשייה נטו באחוזים זהה לזו של החקלאות אבל אי אפשר להסיק מהתרומה באחוזים על מידת התרומה לאפקט החממה כיוון שלכל סוג גז הנפלט יש השפעה שונה בעוצמתה.

<u>פסולת</u> – בערמות פסולת מעורבות המכילות חומר אורגני נוצרים גזי חממה.

תשובה לשאלה תחת גרף 36 בעמוד 173

בשרפת דלק פוסילי לסוגיו נפלטות כמויות גדולות מאוד של פד״ח: חלקן ישירות (בשרפה שלמה של חומרי הדלק) וחלקן בעקיפין (נפלט CO שהופך בהמשך לפד״ח.)

פירוק חומרים אורגניים בתהליכי הנשימה של רוב האורגניזמים החיים מוביל גם הוא לפליטת פד״ח. רק בתהליך הפוטוסינתזה נקלט פד״ח מהאוויר וריכוזו יורד. בירוא יערות מפחית במידה ניכרת קליטת פד״ח ולכן ריכוזו באוויר עולה.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: פוטנציאל התחממות גלובלי GWP בעמוד 174

1. פד״ח סופג את רוב הקרינה הנפלטת מכדור הארץ – האילוץ הקרינתי שלו הוא הגבוה ביותר, 1.66 וואט למ״ר. גורם לכך ריכוזו באטמוספרה שהוא גדול במידה ניכרת מריכוזיהם של גזי חממה אחרים והוא גם בעל משך חיים גדול.
2. ערך ה-GWP של המתאן הגבוה פי 25 מזה של הפחמן הדו חמצני.
3. יש פער גדול מאוד בין ערכי GWP של הגזים: GWP של גז CFC-12 גבוה פי 36.6 מזה של חנקן תת חמצני. לגז CFC -12 ערך גבוה מאוד של GWP הגורם לכך שגם בכמות קטנה יכולת הבליעה שלו גדלה מאוד ובנוסף משך החיים שלהם דומה.

גורמים המשפיעים על ריכוז הגז פחמן דו-חמצני (CO_2) באטמוספרה

תשובות לשאלות בעמוד 175

1. פעילות האדם גורמת תוספת נטו של 4 ג״יגה טון פחמן דו-חמצני לאטמוספרה:
9 ג״יגה טון נפלטים, 3 ג״יגה טון חוזרים לקרקע ונקלטים בקרקע ובביוספרה ו-2 ג״יגה טון נטמעים באוקיינוס.
2. בירוא יערות מקטין את כמות העצים המהווה מסה צמחית גדולה מאוד בעולם הקולטת כמויות גדולות מאוד של פד״ח בתהליך הפוטוסינתזה. בירוא יערות מקטין את:
   א. שטף הפחמן המקובע על ידי פוטוסינתזה, ואת כמות הפחמן המועברת לקרקע.
   ב. מאגר הפחמן האגורה במסה הצמחית וכתוצאה מכך:
   פחות חומר צמחי מתפרק בחזרה בקרקע ולכן גם שטף זה מושפע.
   יש פחות נשימה צמחית ולכן גם שטף זה נפגע.
3. שרפת דלק פוסילי מנצלת מאגרים הנשמרים בסלעים ופולטת פחמן דו-חמצני למאגר של האטמוספרה, כלומר מוסיפה פחמן לאטמוספרה.
לא ניתן להסביר את שינויי האקלים רק מתוך השוואת הכמויות: 10,000 ג״יגה טון בסלעים לעומת 9 ג״יגה טון תוספת של האדם שרק חלקה הוא משרפת דלק. אך מאחר שפחמן דו-חמצני הנפלט לאוויר שבאטמוספרה הבולע קרינת חום, כל שינוי קל בריכוזו מעלה את כושר אגירת החום של האטמוספרה.
טווח השינויים אינו גדול אבל השפעתו גדולה על המערכות האקולוגיות.
4. פחמן דו-חמצני נקלט על ידי הצמחים מהאוויר והופך לתרכובות אורגניות בתהליך הפוטוסינתזה. התהליך גורם לירידה בריכוזו באטמוספרה. באיור רואים כי לחילופי הגז אוויר-ים נוספים 2 ג״יגה טון מפעילות האדם והם אינם נפלטים בחזרה לאטמוספרה. כלומר

הם נותרים אגורים במימי האוקיינוסים. 3 ג'יגה טון נוספים של פחמן מפעילות אדם נכנסו למעגל הפנימי של אטמוספרה-ביוספרה. אם פחמן דו-חמצני האגור במי האוקיינוסים ישתחרר לאטמוספרה, ריכוזו באטמוספרה יעלה באופן ניכר ויגביר את אפקט החממה עד כדי יצירת טמפרטורות גבוהות מדי לקיום החיים. מצב כזה דומה לתנאים השוררים באטמוספרה של כוכב הלכת נגה, שבו לא מתקיימים כיום חיים.

בשטח הפנים של מי האוקיינוסים מתרחשים תהליכי חילוף של פחמן דו-חמצני בין האוויר למי הים. כשפד"ח מתמוסס במי הים , חלקו נקלט על ידי פיטופלנקטון החיים בחלק העליון של מי האוקיינוסים ומקבעים אותו בתהליך פוטוסינתזה. הם פולטים חמצן לאטמוספרה. כמויות הפד"ח הנקלטות בתהליך הפוטוסינתזה שהפיטופלנקטון מבצעים קרובות לאלה של יערות העד בחגורת קו המשווה באזורי היבש. זוהי הריאה הירוקה הימית.

בנוסף, הפד"ח המתמוסס במים משמש לבניית השלד של הפיטופלנקטון ושל יצורים חיים אחרים. פד"ח מגיב עם המים ונוצרת חומצה פחמתית אשר בתגובה עם יוני סידן המומסים במים, הופכת למלח - סידן פחמתי. לאחר מות האורגניזמים סידן פחמתי שוקע למים העמוקים ובונה את מאגר הפחמן בסדימנטים. חלקו מתפרק ומשתחרר חזרה למי האוקיינוס ולאטמוספרה כפד"ח.

הרחבה

תהליכי הפירוק של החומר האורגני באוקיינוסים מתרחשים בעיקר עד לעומק של 1,000 מ' ותורמים כ-75% מכמות הפחמן הדו-חמצני המצויה במים. רק כמות קטנה של חומר אורגני מגיעה לקרקעית האוקיינוסים. פירוק שלד האורגניזמים העשוי פחמת הסידן, מתרחש בשכבות העמוקות של אוקיינוסים והוא תורם כ-25% מכמות הפחמן הדו-חמצני המצויה במים.

הגז, פחמן דו-חמצני (CO_2), מתמוסס במי האוקיינוסים, מגיב עם המים ויוצר חומצה פחמתית (H_2CO_3) שהיא חומצה חלשה. החומצה מתפרקת במים ויוצרת יוני ביקרבונט (HCO_3^-). לכן רוב הפחמן הדו-חמצני אגור במי האוקיינוסים בעיקר כמולקולות של חומצה פחמתית וכיונים של ביקרבונט ולא כמולקולות הגז (CO_2). יש הבדלים ניכרים בריכוזי פחמן דו-חמצני בין האוקיינוסים השונים: הריכוזים בשכבות עמוקות של מי האוקיינוס השקט הצפוני הם בין הגבוהים בעולם ואילו באוקיינוס האטלנטי הצפוני הריכוזים הם בין הנמוכים בעולם. קצב זרימת המים במעמקי האוקיינוס השקט נמוך בהרבה מזה של האוקיינוס האטלנטי, פי 12 לערך, ולכן נוצר בו ריכוז גבוה של פחמן דו-חמצני.

חישובים שביצעו חוקרים הראו שריכוז הפחמן הדו-חמצני בשכבות העמוקות של מי האוקיינוסים נמצא ברוויה. חלק גדול ממנו היה משתחרר לאוויר לו נוצר מגע ישיר בין שכבות מים אלה לאוויר שבאטמוספרה. אלא שטמפרטורת המים בשכבות העמוקות נמוכה יותר והמים בהם צפופים יותר מהשכבות שמעליהם. כך שבין השכבות העמוקות לבין האטמוספרה חוצצת שכבה של מים חמים יותר שצפיפותם נמוכה יותר, המונעים את מעבר הפחמן הדו-חמצני לאטמוספרה .

הערה: כדאי להפנות את התלמידים לקריאה חוזרת של מחזור הפחמן בטבע הנלמדים במסגרת לימודי היסוד על מערכות אקולוגיות.

שינויים בריכוז הפחמן דו-חמצני באטמוספרה

תשובות לשאלות בעמוד 178

1. באביב ובקיץ של חצי הכדור הצפוני רמות הפוטוסינתזה גבוהות מאוד ולכן יורד ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספרה והערך המתאים הוא הנמוך יותר. בסתיו ובחורף רמות הפוטוסינתזה נמוכות ופליטת החמצן בתהליכי פירוק ונשימה היא התהליך המשפיע. רמות הפחמן הדו-חמצני באטמוספרה עולות.
2. בנקודת המדידה הראשונה בעקום, שנת 1957, היה הריכוז - 315 חל״מ. בשנת 2012, הערך הוא 394 חל״מ. ריכוז הפד״ח בתקופה זו גדל ב- 79 חל״מ (25%).
3. הגידול אינו ליניארי. ניתן לראות נקודת שינוי בסביבות שנת 1975. עד לשנה זו שיפוע הגרף מתון יותר (קצת פחות מ- 1) והחל משנה זו הוא נעשה תלול הרבה יותר.

חישובים: (330-315)/(1975-1957)= 0.83

(394-330)/(2012-1975)=1.73

השינוי החד נבע מעלייה בפעילות האדם שהביאה לעלייה בפליטת גזי חממה.

הערה

ניתן לדון בתרבות הצריכה שהחלה לפרוח במיוחד בשנות ה-70 ש המאה ה-20.

4. יש אחידות בריכוזי פד״ח באזורים שונים על פני כדור הארץ ואפילו במקומות שבהם היה אפשר לצפות לאוויר הנקי (יערות ושטחים חקלאיים). תופעה זו מעידה שפד״ח מתפזרבכל נפח האטמוספרה כנראה על ידי זרמי רוחות עולמיים. הפיזור ממתן את עליית הטמפרטורה במקומות שיש בהם פליטה גבוהה מאוד בריכוזי פד״ח (אזורי תעשייה צפופים ואזורים עירוניים).

הרחבה

אפשר לבקש מתלמידים לחפש נתונים על: פליטת פחמן דו-חמצני וגודל האוכלוסייה במקומות שונים בעולם: אלסקה, טיבט, ברזיל והודו, ולבדוק קשר בין הנתונים עבור כל מקום.

מקורות התורמים לגידול בריכוז פחמן דו-חמצני באטמוספרה

הערה

בפתיחה לספר האוויר דנו בהרחבה בשימושי האנרגיה על ידי האדם ובפליטת פד״ח לאוויר בתהליכים אלה. המידע בפרק קצר זה הוא לצורך חזרה על המידע הזה. אפשר להפנות את התלמידים לעמודים המתאימים בתחילת בספר כדי לרענן את זיכרונם.

תשובות לשאלות תחת גרף 38 בעמוד 179

1. מדינות מפותחות – בריטניה, קנדה, גרמניה, יפן, קוריאה, בריה״מ לשעבר, וארצות הברית.
מדינות מתפתחות – אירן, הודו, סין (אם כי מעמדן משתנה במהירות בעשור האחרון).
במדינות מפותחות, למעט ארה״ב, פליטות הפד״ח נמוכות מאלה שבמדינות מתפתחות.
2. הגורם העיקרי לפליטות פד״ח – הפקת אנרגיה (בעיקר חשמל). גם להפקת אבן גיר לצורך ייצור מלט יש תרומה נכבדה.
הודו וסין הן המדינות בעלות האוכלוסייה הגדולה ביותר בעולם. בסין התמתנה העלייה בגודל האוכלוסייה בגלל מגבלות חמורות שהממשלה הטילה. בהודו לא הוטלו מגבלות

כאלה. אך נראה מהממצאים שההשפעה העיקרית על פליטות פד"ח היא צריכת האנרגיה בגלל העלייה ברמת החיים.

4. מעבר לשימוש בדלק נקי יותר (גז במקום פחם ונפט) וייעול תהליכי הפקת האנרגיה.

שינויים בריכוז מתאן באטמוספרה

תשובות לשאלות תחת גרף 39 בעמוד 181

1. אדמות ביצה פולטות את האחוז הגבוה ביותר של מתאן. זהו מקור טבעי שמקיים שיווי משקל בחילופי מתאן עם האטמוספרה.
2. משק החי - הכוונה למשק המנוהל על ידי האדם. בחישוב פליטות מתאן ממשק החי יש לכלול פליטות ממערכת העיכול של צאן ובקר ומשפכי בעלי חיים. הכמות הכוללת המתקבלת היא 33%. ערך זה מעמיד את משק החי במקום השני אחרי הביצות.

כדי לחשב פליטות מתאן מכל המקורות הקשורים בחקלאות, יש להוסיף את שדות האורז. מכל המקורות יחד מתקבל ערך של 43%. ערך זה מציב את החקלאות כגורם הראשי בפליטות מתאן.

3. שרפת ביומסה היא שרפת צמחייה: שרפות יער יזומות ושרפות גזם וספיח. השרפות מתרחשות בשטח פתוח והמתאן נפלט ישירות לאוויר. שרפת ביומסה תורמת 3% מפליטת מתאן ממקור אנתרופוגני.

הרחבה למורה

אם נוסיף פליטת מתאן משרפת ביומסה לפליטות מתאן מכל המקורות החקלאיים נראה שמקומה של החקלאות כמקור ראשי לפליטות מתאן מתבסס עוד יותר.

4. תרבות הצריכה של האדם מול פליטות מתאן:

עלייה בצריכת דלק – שיעור הגידול בכריית פחם, בהפקת נפט וגז – 26%. מקורות אלה הם מעשה אדם .

החקלאות על כל ענפיה נעשתה תעשייתית כדי לספק את צורכי האדם לכמויות גדולות יותר של מזון, בהשפעת תרבות הצריכה שהפכה את האכילה לחלק מתרבות הפנאי, לצריכה גדלה והולכת של בשר כחלק מהעלייה ברמת החיים – מקורות חקלאיים פולטים כ-45% מכלל הפליטות האנתרופוגניות של מתאן.

גידול בפסולת ובשפכים הנוצרים כתוצאה מצריכת יתר תורם חלק מתוך 11% של פליטות מתאן ממטמנות פסולת.

גם אם נצמצם חלק מהפליטות – עדיין נותר "עודף" פליטת מתאן שמקורה באורח חיים בזבני ולא מתחשב בסביבה.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: פליטת מתאן ממקורות טבעיים בעמוד 181

1. החיידקים המתאנוגניים החיים במעיהם של בעלי חיים אוכלי עשב מעורבים בשני תהליכים: פירוק חומר צמחי והפיכתו למקור זמין לאנרגיה עבור בעלי החיים, צריכה של גז המימן הנוצר במעיים בתהליכי פירוק המתבצעים על ידי חיידקים אחרים.

2. פעילות געשית בקרקעית האגם תגרום להתחממות הקרקעית והמים באגם שתוביל לשחרור כמויות מתאן גדולות בבת אחת. המתאן דליק מאוד ושחרורו עלול לגרום שרפות, הרס הסביבה ומוות.
3. עליית הטמפרטורה תגרום לעליית הטמפרטורה של מי האוקיינוסים ויכולה להביא לשחרור מתאן האגור במשקעים בקרקעית של אדן היבשת. יכול להתרחש תהליך פליטה מתמשך של מתאן שישפיע על האזור: השפעה מידית שתתבטא בהרס המערכת האקולוגית הקיימת, והשפעה אטית יותר על האטמוספרה כולה.

תשובות לשאלות תחת גרף 40 בעמוד 183

1. לקראת סוף המאה ה-20 התחילו ריכוזיהם של שלושת הגזים לעלות במידה ניכרת. בתחילת המאה ה-21 חלה עלייה אקספוננציאלית חדה בריכוזו של כל אחד מגזי החממה. העלייה בריכוז המתאן היא החדה ביותר אך היא קרובה מאוד לזו של פחמן דו-חמצני. מידת השינוי בריכוז של תת-תחמוצת החנקן נמוכה במעט (השיפוע קטן יותר) אך גם כאן השינוי הוא חד מאוד.
2. דרכים להפחתת פליטות מתאן ממקורות אנתרופוגניים:

א. הקטנת שטחי האורז בדרום מזרח אסיה ע"י הגדלת היעילות שלהם.

הרחבה למורה

חוקרים מהמרכז של אוניברסיטת MIT בסינגפור מצאו שפליטת המתאן משדות האורז בחצי הכדור הצפוני, ירדה בעקבות החלפת הזבל האורגני בדשן, ובעקבות הפחתת השימוש במים.

ב. הפחתת פליטת מתאן על ידי בקר וצאן – באמצעות פיתוח "גלולות" המכונות bolus ומיועדות ליונקים צמחוניים. הגלולות בשילוב עם הכנסת שינויים בהרכב המזון יביאו לשינוי בהרכב אוכלוסיית המיקרואורגניזמים במערכת העיכול – יצומצם מספר החיידקים הפולטים מימן ויגדל מספר החיידקים המייצרים סוכרים וחומרים זמינים אחרים. שינויים אלה יצמצמו את כמות המתאן שפולטים עדרי הבקר והצאן, שמספר הפרטים בהם גדל כל הזמן, ויאפשרו לבעלי החיים לנצל חלק מהאנרגיה שמתבזבזת עם פליטת המתאן.

ג. איסוף גז ממטמנות כדי שלא יפלט לאוויר וטיפול בפסולת שלא בשיטת ההטמנה.

הערה

בתשובה מוצגות כמה פעולות שכבר מתבצעות כיום, אך מבחינת התלמידים - כל תשובה תתקבל בברכה.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: מדוע התמתנה העלייה בריכוזי מתאן באטמוספרה בתחילת המאה ה-21? בעמוד 184

1. התמתנות העלייה בריכוזי המתאן באטמוספרה בין שנות ה-90 של המאה ה-20 לשנת 2006, ולאחר מכן – התחדשות העלייה בריכוזו באטמוספרה.
2. לפני שהתחילו להשתמש בגז הטבעי כמקור דלק נהגו לשרוף גז טבעי שהשתחרר במהלך קידוחי נפט, אך חלק ממנו נפלט ממתקני הקידוח, הגיע לאטמוספרה וגרם לעלייה בריכוזו.

מרגע שהיה כדאי כלכלית להפיק גם גז טבעי, נאסף הגז שנפלט מקידוחי הנפט ולא הגיע עוד לאטמוספרה.

3. איסוף יעיל של גז טבעי ימנע פליטתו לאטמוספרה, מכיוון שאיבוד גז במהלך הפקתו גורם נזק כלכלי, יש להניח שיוקדשו משאבים כדי לייעל את התהליך. הם זאת, בהפקת כמויות גדולות של גז טבעי עדיין עלול להיפלט גז טבעי לאטמוספרה. נראה שתידרש גם תקינה מחמירה כדי למנוע נזקים כאלה.
4. החוקרים עצמם טוענים שעליהם לבצע מחקרים ארוכי טווח. עליהם גם לעקוב יותר מקרוב אחרי פליטת גז מתאן במקורות – באתרים שבהם מפיקים גז טבעי ונפט. יש מקום לעקוב גם אחר האפשרות השנייה שהעלו חוקרים אחרים – כיצד משפיעים חומרי דישון ושיטות גידול האורז על ריכוזים מקומיים של מתאן, כמדד לפליטתו ממקורות אלה.

צמצום פליטת מתאן לאטמוספרה (כותרת 4)

תשובה לשאלה בעמוד 184

בניצול מתאן לייצור אנרגיה משיגים שני דברים: מניעת הצטברות מתאן בערמת הפסולת וצמצום סכנת הדליקות במטמנה.

פוטנציאל התחממות גלובלית – GWP של גז המתאן הוא 25 כלומר, מתאן משפיע על אפקט החממה פי 25 יותר מפחמן דו-חמצני. לכן חשוב מאוד לצמצם את כמויות המתאן שעלולות להיפלט לאטמוספרה.

שינויים בריכוזיהם באטמוספרה של גזי חממה נוספים

תשובות לשאלות תחת גרף 42 בעמוד 185

1. פד"ח – עלייה מתמדת בריכוזו באטמוספרה. בשנת 1995 חל גידול בקצב העלייה בריכוזו באטמוספרה.

מתאן – חלה התמתנות בעלייה בריכוזו בסוף המאה ה-20 ובתחילת המאה ה-21, אך בסוף העשור הראשון של המאה ה-21 החל ריכוזו לעלות שוב.

תת-תחמוצת החנקן – עלייה ליניארית לכל אורך התקופה.

פריאונים – התמתנות ואף ירידה בריכוזיהם בסוף העשור הראשון של המאה ה-21.

2. א. מציאת חומרים חלופיים הביאה להתייצבות בריכוזי הפריאונים והגופרית הששפלואורידית באטמוספרה משום שנפסק השימוש בהם והם אינם נפלטים עוד.

ב. הריכוזים הנמדדים כיום נובעים מחומרים שנפלטו בעבר בגלל משך הקיום הארוך שלהם באטמוספרה.

תשובות לשאלות בפינת העשרה: מדד גזי החממה AGGI - The NOAA Annual Greenhouse Gas Index בעמוד 186

1. המדד בודק את ריכוזיהם של גזי החממה באטמוספרה כאשר הנחת היסוד היא שתוספת או ירידה בריכוזיהם נובעת בעיקר מפעילות האדם. אם יש ירידה בריכוזיהם של גזי החממה פירוש הדבר שהחברה האזרחית פועלת להפחתת פליטות אם על ידי שינוי התנהגות ואם על ידי פיתוחים טכנולוגיים לנטרול הפליטות.

2. קצב אחיד פירושו שאין שינוי בהתנהלות החברה האזרחית.

<u>היגדים אפשריים</u>:

החברה האזרחית לא הפנימה את משמעות השלילית של אפקט החממה על חייה.

תרבות הצריכה חזקה מחשיבה על העתיד.

זה המחיר של הקדמה הטכנולוגית.

השפעות של השינוי באקלים

תשובות לשאלות בעמוד 188

1. סומליה נמצאת ביבשת אפריקה מצפון לקו המשווה. האקלים בה חם ויבש וכמות משקעים גבולית לקיומה של חקלאות (עד 500 מ״מ לשנה). סומליה היא אחת המדינות העניות בעולם (התמ״ג לנפש הוא כ-600 $דולר לשנה לעומת ישראל: 31,400$ וארה״ב 48.000$).
2. שאלת האחריות היא שאלה אתית שראוי לדון בה בכיתה. מצד אחד יש לברר עד כמה פעילות ואחריות מקומית אכן יכולה לשנות את המצב. מצד שני יש לדון באחריות של העולם המפותח והמזהם מול הסבל של העולם הנחשל.
3. לסומלים עצמם אין אפשרות להתמודד עם המחסור בגשמים אבל יש להם אפשרות לשנות את הבסיס הכלכלי של המדינה: לעבור לגידולים חקלאיים שצורכים פחות השקיה. לצמצם את הריבוי הטבעי כדי להוריד את הלחץ על המשאבים. בסומליה יש שני נהרות גדולים המגיעים מאתיופיה, אפשר להעביר מים מהם ומאזורים גשומים יותר במדינה לאזורים יבשים (אם כי נדרשות כאן השקעות כלכליות לא מבוטלות ובכך העולם יכול לסייע לה). לנצל משאבי טבע אחרים כדי ליצור מקורות הכנסה נוספים.

פעילות להרחבה – פאנל מומחים

התחלקו לקבוצות. כל קבוצה תבחר אחת מההשפעות של השינוי באקלים שנדונו לעיל.

א. הרחיבו את הידע על כל השפעה והביאו דוגמאות להמחשתה.

ב. ראיינו מומחים בתחום שיציעו פתרונות אפשריים, ועד כמה מוכנה כל מדינה (עשירה מול ענייה) כדי להתמודד עם הבעיה המוצגת.

ג. הציגו את ממצאיכם לפני כל הכיתה וענו על השאלות שיעלו בעקבות ההצגה.

דרכים להתמודדות עם השינויים באקלים

תשובה לשאלה בעמוד 188

	הפחתה	התאמה
אזרח בביתו	חיסכון בצריכת חשמל: כיבוי מכשירים ותאורה כשלא משתמשים בהם, שימוש במכשירי חשמל בעלי יעילות אנרגטית גבוהה ובטמפרטורה הנכונה. החלפת מקררים ומזגנים לכאלה שמערכת הקירור שלהם מבוססת על שימוש בגז שאינו גורם נזק לאטמוספרה. שימוש בנורות חסכניות, בדוד שמש. איטום פתחים בבתים למניעת בריחה של חום/קור. הפחתת צריכה של מוצרים (הפחתת חשמל במרכזי מסחר ובתעשייה). חיסכון בתחבורה: שימוש ברכב חסכני באנרגיה ותחזוקה הולמת שלו.	הצללה של הבית, לבישת ביגוד מתאים בהתאם לעונת השנה. הפחתת צריכה מבוססת יבוא ושל מזון שלא בעונתו. צמצום בהיקף השימוש בשעות תאורה. תכנון הנסיעה: חיבור מספר מטרות לביצוע בנסיעה אחת, שיתופיות בנסיעה בכלי רכב פרטיים, שימוש בתחבורה ציבורית.
רשות מקומית	תאורת רחוב חסכנית. הקפדה על כיבוי עם שחר. התייעלות אנרגטית של מבני הציבור. ניהול תחבורה: גל ירוק של רמזורים, מניעת פקקי תנועה, רשת תחבורה ציבורית יעילה, נתיבים ייעודיים לתחבורה ציבורית	נטיעת עצים בודדים וחורשות להצללה ולהפחתת טמפרטורה. עצים נשירים במקומות בהם חשוב שתהיה תאורה בחורף. עידוד בנייה ירוקה: חלונות לשמש ולרוח, בידוד פתחים.
מדינה	תמריצים לרשויות, לתעשייה ולאזרח. מדיניות וחקיקה הפקת חשמל באמצעות מקורות אנרגיה חלופיים	שינוי הפעילות הכלכלית בענפים השונים. מתן תמריצים לבנייה ירוקה, התייעלות אנרגטית.
כלל עולמי	איסור על פליטת גזים מסוימים לאטמוספרה (באמצעות אמנות בינלאומיות). ניטור עולמי של ריכוזי הגזים	פיתוח תהליכי ייצור הצורכים פחות אנרגיה או שימוש בחומרים ידידותיים לסביבה. הנדסה גנטית של גידולים בחקלאות.

המשמעות הכלכלית של התחממות האקלים– דו"ח סטרן

תשובות לשאלות בעמוד 193

1. אם מדינות העולם ישקיעו משנת 2006 1% מהתמ"ג העולמי כדי להפחית את פליטת גזי החממה, תימנע פגיעה גדולה הרבה יותר: ירידה של עד 20% מהתמ"ג העולמי, הכחדה של כ- 40% מהמינים ויצירת בעיה של מיליוני פליטי רעב והצפות.
2. א. תמחור פליטות הפחמן באמצעות מיסוי או תקינה: כל מי שפולט פחמן (או נגזרותיו) מעל כמות מסוימת חייב לשלם מס.

   ב. שינויים טכנולוגיים ושימוש בטכנולוגיה הפולטת פחות גזי חממה.

   ג. הגדלת היעילות האנרגטית של חומרי הדלק (ראו פירוט בפרק על אנרגיות חלופיות.)

   ד. שמירה על בליעת פחמן באמצעות מניעת כריתת יערות, מניעת שרפת יערות ונטיעת עצים.

ישראל ומשבר האקלים

תחזית ההשפעות של שינויי האקלים בישראל

תשובה לשאלה בעמוד 195

ראשונות ייפגעו האוכלוסיות הרגישות ביותר: השכבות החלשות ביותר באוכלוסייה.

1. עדרי הבדווים החיים בדרום יסבלו ממחסור במרעה בשל ירידה בכמות המשקעים השנתית שגם היום היא קטנה מאוד.
2. החקלאות בדרום תצטרך להסתמך עוד יותר על מקורות של מים מליחים או שהיא תצטמצם מאוד.
3. האוכלוסייה המתגוררת באזורי חוף ובמקומות הנמוכים בסמוך לאפיקי נחלים, תתקשה להתמודד עם הצפות בתים, כבישים וקרקעות בעקבות אירועי גשם חריגים.
4. ילדים, זקנים וחולים יצטרכו להתמודד עם מחלות חדשות ועם גלי חום. יחסרו להם האמצעים לרכוש תרופות או טכנולוגיה שעוזרת להתמודד עם התופעות.

כן ייפגעו תושבים הגרים באזורים רגישים כמו בקעת הירדן, שצפויים בהם אירועי טמפרטורה קיצוניים בקיץ שיקשו על הפעילות החקלאית במשך היום. גם חיילי צה"ל המשרתים ביחידות שדה יושפעו מהשינויים בטמפרטורה.

בנוסף, יתלוו לשינויים בטמפרטורה גם שינויים בלחות האוויר וייווצר עומס חום גבוה שיזיק לאנשים החולים במחלות כרוניות, בעיקר מחלות לב-ריאה.

הפחתת פליטות של גזי חממה בישראל

תשובות לשאלות תחת טבלה 25 בעמוד 196

1-2. האוכלוסייה גדלה בכמיליון וחצי תושבים - כרבע מכלל האוכלוסייה שהייתה בשנת 1996 (אפשר לעגל מספרים). הגידול בשווה ערך הפליטות מגיע ל-22.5%. המסקנה - חלה ירידה בפליטה לנפש והמצב השתפר.

3-4. נמשכת העלייה בכמות הכוללת של הפליטות והמגזר שגורם לכך הוא **הפקת החשמל**.

תהליכים שתרמו לצמצום הפליטות:

א. העברת תהליכים תעשייתיים לארצות אחרות

ב. חוקים חדשים המגבילים פליטות מזהמים בתהליכים תעשייתיים ואכיפה חזקה שלהם.

תהליכים התורמים לגידול בפליטות:

עליה ברמת החיים שמביאה לשימוש מוגבר בחשמל: יותר קניונים שהם צרכני חשמל גדולים, יותר מרחבים ממוזגים (בתי ספר, משרדים, מוסדות ציבוריים ואפילו כלי רכב), עלייה בשימוש במכשירי חשמל בבית (מדיחי כלים, מייבשי כביסה).

.6

	בנייה לגובה	**בתים צמודי קרקע**
מה תורם להפחתת צריכת אנרגיה	בנייה רוויה מקצרת אורך כבישים ואת משך הנסיעה. יש שימוש רב יותר בתחבורה ציבורית. לדירות הפנימיות יש בידוד על ידי הדירות שמסביבן	אפשר לתכנון פתחי חלונות לתאורה טבעית
מה תורם להגברת פליטת אנרגיה	קירות חיצוניים וגג גדול מאוד לרוב לא מבדדים היטב. פתחים רבים לא אטומים ברחוב נוצר אי חום עירוני המגביר את עומס החום ואת הצורך בקירור בקיץ. שימוש במעליות, במשאבות להעלאת מים לקומות הגבוהות. לא תמיד יש תאורה טבעית.	נסיעות רבות ברכב פרטי. על פי רוב יש יותר מרכב אחד למשפחה. שטח הבית גדול, יש צורך בחימום וקירור של שטח גדול.
השאלה היא מה משפיע יותר: צריכת אנרגיה במבנים או בתחבורה אל הבית וממנו.		

תשובה לשאלה 2 תחת תרשים 13 בעמוד 197

2. המס הוא תמריץ שיפחית באופן ניכר פליטת גזי חממה כיוון שהוא מוטל על יצרני הפליטות מכל תחומי המשק.

הטלת מס הוא אמצעי זול ופשוט לביצוע מבחינת העלויות למדינה, הוא יעיל כבר בטווח זמן קצר וקל לאכוף אותו.

ניסיון העבר הראה שמיסוי מדרבן גורמים הפולטים גזי חממה להכניס טכנולוגיות המפחיתות את הפליטות ומביאות להתייעלות אנרגטית, לכן הוא אמצעי יעיל לטווח הארוך. המיסוי יכול לעודד בנייה ירוקה, לעודד שימוש בתחבורה ציבורית ונסיעה משותפת, להגביר שימוש במכשירי חשמל ובתאורה חסכניים, להוביל לניהול אנרגטי יעיל יותר בין השאר על ידי איטום פתחים במבנים.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

קול, רעש וקרינה

פתח דבר למורה על פרק קול ורעש

הרעש הפך לחלק בלתי נפרד מהחיים בערים שכיום מתגוררים בהן רוב תושבי העולם בכלל, ותושבי ישראל בפרט. הרעש הוא מפגע קשה משום שאנחנו חשופים אליו משך רוב שעות היממה. מקור הרעש העיקרי בעיר הוא התחבורה היבשתית לצד התחבורה האווירית, אך גם מכשירים ומתקנים ביתיים פולטים רעש רב. לרעש יש השפעות בריאותיות מידיות המתבטאות בעצבנות חוסר ריכוז והפרעות בשינה. יש לרעש גם השפעות ארוכות טווח המתבטאות בעיקר בפגיעה בשמיעה. אוזן האדם קולטת גלי קול בטווח תדירויות רחב, אבל טווחים שונים נקלטים באופן לא אחיד ולכן השפעתם של קולות עלינו תלויה בתדירותם.

הפרק הראשון בספר עוסק בהצגת סוגי קול שונים – טבעיים ומלאכותיים, ומאפייני הקול – גלים אורכיים המתפשטים רק באמצעות תווך (גזי, נוזלי או מוצק). הפרק עוסק בהרחבה בהסברת מאפייניהם של גלי הקול (אורך גל, תדר, גובה ומהירות הקול) ואופן התפשטותם על ידי שינוי הלחץ בתווך שהם עוברים בו. המדד לעוצמת הקול הוא **סולם הדציבל** – סקלה לוגריתמית שהיא קשה להבנה. כדי להקל על התלמידים את הבנתה, הצענו התנסות ממחישה. תחושת הרעש היא סובייקטיבית והשיטה – **סקר סוציו-אקוסטי**, משמשת לבדיקת השפעת רעש על אנשים שונים.

עוצמת הרעש מושפעת ממספר המקורות שאליהן אנחנו חשופים בעת ובעונה אחת ומוצג אופן החישוב של חיבור קולות המגיעים משניים עד שלושה מקורות. הפרק גם עוסק במבנה האוזן ובתהליך השמיעה באדם, שהם הבסיס להבנת השפעות הרעש על בריאותנו. מוצג אופן הקליטה השונה של קולות בתדירויות שונות וכיצד משתנה עקומת השמיעה של האדם עם הגיל (באופן נורמלי ובעקבות חשיפה מוגברת לרעש.

הפרק מציג גורמים המשפיעים על עוצמת הקול ובהם: סוגי מקורות שונים (נקודתי או קווי, התקפי או מתמשך), מכשולים העומדים בדרכם של גלי הקול ותנאים אטמוספריים (טמפרטורה, רוחות, לחות אוויר, כיסוי קרקע) ותופעות אטמוספריות כמו אינוורסיה.

הפרק השני עוסק בנזקי הרעש – השפעה פיזיולוגית על השמיעה התלויה בעוצמת הרעש שחשופים אליו, ממשך החשיפה לרעש ומתקופות המנוחה שלאחר החשיפה. רגישים לרעש במיוחד ילדים צעירים. החשיפה לרעש גורמת לתופעת הטנטון ולאיבוד שמיעה – תופעה הנפוצה בזמננו גם בקרב אנשים צעירים. הרעש פוגע לא רק בשמיעה אלא גם במערכות אחרות בגוף ובהן מערכת העיכול ומערכת הדם. מחקרים העלו שחשיפה לרעש עלולה גם לגרום אובדן שנות חיים.

הפרק השלישי עוסק באמצעים למניעת מפגעי רעש – שימוש בטכנולוגיה למניעת רעש וחקיקת חוקים ואכיפתם. לכל אורך הפרק מודגשים שתי גישות עיקריות להפחתת הרעש: הפחתת רעש במקור והגנה על קולט הרעש. שתי הגישות מתבססות על שימוש באמצעים טכנולוגיים ועל תקנים הקובעים ערכי סף לפליטת רעש מכלי רכב ומפלסי רעש מרביים בתעשייה. להפחתת רעש במקור כוללת מנועים שקטים, אספלט שקט, מיגון אקוסטי של מכונות בתעשייה ושימוש במכונות שקטות. טכנולוגיה המשמשת להגנה על קולטי הרעש כוללת מחסומים אקוסטיים, בידוד המעטפת החיצונית של מבנים ושימוש בפתחים מבדדים בבתים, הפרדה בין אזורי מגורים לכבישים ראשיים, הקפדה על שעות נחיתה והמראה של מטוסים, הרחקת אזורי תעשייה מאזורי מגורים ושימוש במגני אוזניים להגנה על עובדים במפעלים. חקיקה ותקינה קובעים ערכי סף לרעש מכלי רכב לסוגיהם ובדיקת מפלס הרעש שהם פולטים, קביעת חשיפה מרבית מותרת

ממכונות ומכשירי עבודה שונים. מודגשת במיוחד החשיבות של מיגון מפני רעש בתוך מבנים שבהם אנחנו שוהים רוב שעות היממה.

החקיקה מתבססת על חוק מרכזי אחד – **החוק למניעת מפגעים**, על פיו מתקנים תקנות הקובעות מהו רעש בלתי סביר, מגדירות אזורים רגישים יותר לרעש (סמיכות לבתי חולים או מוסדות חינוך) מגבילות עוצמת רעש מרבית לפליטה מאתרי בנייה ומפלסי רעש מותרים בשעות שונות ביממה.

פרק 1
מאפיינים ומקורות של הקול

קול טבעי וקול מלאכותי

הקול ומאפייניו

הערה לפני תמונה 1 בעמוד 14

אפשר למצוא סרטונים ביוטיוב הממחישים קולות של עטלפים כמו למשל בכתובת:

http://www.youtube.com/watch?v=ajLY1EPybLY

תשובות לשאלות תחת טבלה 2 בעמוד 16

1. יש לסרטט גרף עמודות. בציר Y– מהירות הקול, בציר X– סוג התווך.

במצב צבירה מוצק גלי הקול מתפשטים מהר יותר מאשר בנוזל ומאשר בגז. בגז מהירות ההתפשטות היא הנמוכה ביותר.

2. שינויים בלחץ יכולים להתרחש רק בתווך חומרי ולא במצב שאין בו כלל חומר כמו בריק.
3. האריזה של חומר מוצק צפופה הרבה יותר מזו של נוזל ושל גז ולכן שינויים בלחץ מתפשטים בו במהירות גדולה הרבה יותר משום שהשינויים בלחץ מועברים במהירות גדולה יותר ממולקולות מסוימות למולקולות הסמוכות להן.

סולם הדציבל

הערה לעמוד 16

טווח הרגישות של החושים שלנו הוא רחב מאוד ולכן נוהגים לומר שהחושים הם לוגריתמיים (הטווח מתפרס על כמה סדרי גודל). לכן הבנת הסקלה הלוגריתמית הכרחית להבנת הרגישות של החושים שלנו משום שגם הם לוגריתמיים. ההתנסות המוצעת לתלמידים בהמשך ממחישה תכונה זו של החושים. טווח הרגישות שלהם הוא רחב מאוד. הבנת הסקלה הלוגריתמית גם חשובה להבנת סקלת הדציבל שהיא סקלה לוגריתמית. כדי להמחיש לתלמידים סקלה זו אנחנו מציעים את ההתנסות שלהלן. כדאי לבצעה בכיתה ולדון בה כבסיס להבנת סקלת הדציבל.

הערה לעמוד 17 – לגרף 1

אפשר להציג לתלמידים את הפונקציה המתמטית המתארת את היחס הלוגריתמי:

$$\mathrm{Log}_{10}X = Y$$

$$10^{Y} = X$$

תשובה לשאלה תחת איור 10 בעמוד 19

$$Lp = 20\log\frac{X}{20} - 20$$

$$Lp = \log\frac{X}{20} - 1$$

$$Lp = \frac{X}{20} - 10$$

X = 200

גידול פי 200 בלחץ האוויר יגרום לשינוי בעוצמת הקול בשיעור של 20 דציבל.

כפי שאפשר לראות בטבלה 4, מפלס הדציבל אינו קובע את השינוי בעוצמת הקול אלא ההפרש בין שתי עוצמות הקול.

חיבור וחיסור מפלסי קול

תשובות לשאלות בעמוד 22

1. לחישוב מפלס קול כולל נבדוק מה ההפרש בין שני מקורות הקול.
   במקרה שלנו עוצמת הקול שווה ולכן ההפרש הוא 0.
   לכן המפלס הכולל של הקול הוא 60.
2. לעתים קרובות אנחנו חשופים לכמה מקורות רעש בעת ובעונה אחת. כדי להגן על קולט הרעש ממקורות הרעש מקימים קירות מסוגים שונים ונוקטים באמצעים אחרים. זו השקעה כלכלית לא מבוטלת. לכן חשוב לדעת אם צירוף של כמה מקורות רעש יוצר מפלסי רעש גבוהים שדורשים מיגון, אם יש גורם רעש עיקרי אחד שצריך להתגונן מפניו או לטפל בו. הדבר בולט במיוחד ביישובים עירוניים שיש בהן תחבורה סואנת בכבישים רבים הסמוכים זה לזה, תעשייה זעירה ולעתים גם מפעלים גדולים יותר.

מבנה האוזן ותהליך השמיעה

בדיקת תקינות השמיעה

תשובות לשאלות תחת גרף 4 בעמוד 26

1. בטווח התדירויות שבין 20-4000 מחזורים לשנייה רגישות האוזן לקולות עולה משום שהיא מבחינה בקולות בעוצמה פוחתת והולכת ככל שהתדר גבוה יותר בטווח זה. בטווח שבין 4,000-10,000 מחזורים בשנייה הרגישות פוחתת משום שהאוזן מבחינה בקולות בעוצמה גדולה יותר ככל שהתדירות גדולה יותר בטווח זה.
2. השמיעה היא הטובה ביותר בתדרים בטווח של 3,000-5,000 מחזורים לשנייה, כי בטווח זה האוזן שומעת גם קולות חלשים מאוד.
3. האוזן רגישה יותר לתדרי קול גבוהים והם אלה הנפגעים ראשונים. לכן סביר שאצל אנשים מבוגרים טווח זה של תדרים יישמע רק בעוצמות קול גבוהות יותר – כלומר חלק העקום בטווח תדירויות זה יהיה גבוה יותר מאשר אצל אדם צעיר.

עוצמת הקול וגורמים המשפיעים עליה

מכשולים בדרכם של גלי הקול

תשובות לשאלות תחת איור 16 בעמוד 30

1. עוצמת הקול פוחתת ביחס של $\frac{1}{R^2}$ מהמרחק שבין מקור הקול לקולט הקול. רוב הקול אינו עובר דרך המחסום וכדי להגיע ממקור הקול אל קולט הקול עליו לעבור מעל המחסום. לכן המחסום מאריך את הדרך שעל הקול לעשות בין מקור הקול לקולט הקול ולכן עוצמתו פוחתת במידה רבה.
2. ככל שאורך הגל קצר יותר מידת סיכוך הקול גדולה יותר. מחסומים הם יעילים יותר אם כן בהפחתת קולות בעלי אורכי גל קצרים יותר (קולות גבוהים יותר).
3. בתדירות של 1000 הרץ רואים בברור שיש יחס ישר בין גובה המחסום לעוצמת סיכוך הקול: שככל שגובה המחסום גדול יותר עוצמת הקול המגיעה ממקור הקול לקולט הקול נמוכה יותר: כ-7 דציבל בגובה של 2.5 מטרים, כ-13 דציבל בגובה של 3.5 מטרים, כ-19 דציבל בגובה של 6 מטרים.

   הפער בולט במיוחד בטווח גובה שבין 2.5 ל-3.5, שם תוספת של מטר אחד בגובה המחסום הפחיתה את עוצמת הקול ב-6 דציבל!
4. מחסום בגובה של 2.5 מטרים יעיל בכל טווח התדירויות המוצג בגרף. יעילותו גדלה בטווח שמעל 1,000Hz.

   הגדלת הגובה ל-3.5 מטרים מגדילה את יעילות הסיכוך בטווח תדירויות שמעל 500 הרץ.

מחסום בגובה של 6 מטרים יעיל בעיקר עד טווח של 1,000Hz. מעל טווח זה מתקבל קו ישר – כלומר מידת הסיכוך אינה גדלה עם העלייה בתדר הקול (בהשוואה למחסום בגובה של 3.5 מטרים שיעילותו גוברת ככל שעולים בתדירות הקול מעל 500 הרץ).

על פי הגרף לקולות שהתדר שלהם מעל 6,000 הר. אין צורך במחסום גבוה מ-3.5 מטרים.

הערה למורים

השאלות עוסקות כאן בעיקר במיומנות של קריאת גרפים והבנת משמעותם.

השפעת הטמפרטורה

תשובה לשאלה בעמוד 41

באוויר חם לחץ האוויר נמוך יותר והקול נע בו מהר יותר. במצב של אינוורסיה שכבות אוויר גבוהות חמות יותר מאשר השכבות הקרובות לקרקע ולכן הקול ינוע בהן מהר יותר. במצב זה יתכופף גל הקול לכיוון הקרקע (איור 10ב) וגם יתפזר פחות ולכן הוא הוא ויגיע לאוזנו של הקולט בעוצמה גדולה יותר.

השפעת הרוח

תשובות לשאלות תחת גרף 5 בעמוד 33

1. הירידה בעוצמת הקול כשמודדים אותו כתלות במרחק עם כיוון הרוח כמעט שאינה ניכרת עד למרחק של 300 מטרים. הסטייה בעוצמת הקול עם כיוון הרוח גדלה במרחקים העולים על כ-500 מטרים. עם זאת אפשר לקלוט קול עם כיוון הרוח גם במרחק של 3 ק״מ.
2. עוצמת הרוח עולה ככל שעולים בגובה ויוצרת תנועה מעגלית של האוויר. גלי הקול נעים באופן דומה באוויר ולכן הם חוזרים לכיוון מקור הקול וכך יוצרים ״צל קול״, שאינו מגיע כלל לקולט גם במרחקים לא גדולים.
3. רוח צדית מפחיתה את עוצמתם של גלי הגול אם כי במידה פחותה מזו של רוח הנושבת בכיוון מנוגד למקור הקול. רוח צדית מפזרת את הקול בכיוונים שונים ולכן פוחתת עוצמת הקול המגיעה אל הקולט.

השפעת כיסוי הקרקע, לחות הקרקע ולחות האוויר

תשובה לשאלה בעמוד 33

אדי המים באוויר בולעים את הקול ולכן עוצמתו פוחתת וחלק קטן יותר שלו עובר באוויר ומגיע לקולט.

פרק 2: נזקי רעש

השפעת הרעש על האדם

תשובות לשאלות תחת גרף 8 בעמוד 42

1. בטווח שבין 45-60 דציבל עולה הגרף יותר במתינות ואחר כך העלייה תלולה אך ליניארית. מצורת הגרף רואים בתחילה העלייה ברגישות לרעש מתונה יותר אך במפלס רעש העולה על 60 דציבל גוברת במידה ניכרת הרגישות לרעש.
2. שיעור המוטרדים מאוד מרעש באוכלוסייה נמוך משיעור המוטרדים אבל רגישותם גבוהה הרבה יותר – הפער בין שני העקומים עולה על 20% (נשווה את אחוז המוטרדים ב-65 וב-70 דציבל בשתי הקבוצות ונראה שזה הפער ביניהן).

הערה

צפוף באוזן, היא יחידה העוסקת ברעש כסוגיה בריאותית סביבתית ותרבותית. היא פותחה על ידי הצוות לחינוך לבריאות באגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, מתוך ראיית החינוך לבריאות כחלק מקידום בריאות בבית הספר, בקהילה ובסביבה, על פי העקרונות שהותוו בתכנית המסגרת לחינוך לבריאות וכחלק מהתחום סביבה בריאה שהוגדר כאחד מתחומי התכנית.

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/Haashara/Azarim/Zafof.htm

.

פרק 3
רעש סביבתי ומניעתו

מקורות הרעש הסביבתי

תשובות לשאלות תחת טבלה 7 בעמוד 50

2. ה-DJ חשוף לעוצמת הרעש הגבוהה ביותר ואחריו - אנשי הביטחון שמסתובבים בקהל.
3. עוצמת הרעש במועדונים עולה בהרבה על רעש של 85 דציבלים: היא נעה בהם בטווח של 96-92 דציבלים.

חשיפה לרעש בעוצמות כה גבוהות עלולה לגרום נזק בלתי הפיך לשמיעה וגם נזקים בריאותיים אחרים.

4. משך השהייה במועדונים חייב להיות קצר אך העובדים נמצאים במקום כ-20-30 שעות בשבוע.

רעש מתחבורה יבשתית

הערה לעמוד 53

אפשר להציע לתלמידים לבדוק השפעה של גורמים שונים על מפלסי הרעש בכבישים:

1. עומס התנועה בכביש
2. הסוגים של כלי רכב (משאיות ואוטובוסים לעומת כלי רכב פרטיים)
3. שעות שונות ביממה – שעות שיא בתנועה לעומת שעות שקטות יותר.
4. השפעת גורמים המאטים את מהירות הנסיעה בעיר: פסי האטה, רמזורים, כברות.

במדידות יש להקפיד על שמירת מרחק שווה מהכביש, על משך מדידה אחיד ועל אופן החזקת מד הרעש. רצוי גם לחזור על כל מדידה לפחות 2-3 פעמים.

תשובות לשאלות תחת גרף 13 בעמוד 54

1. עלייה בתדר הקול עד לרמה של 1000 הרץ מגדילה את מפלס הרעש. מעבר לתדר זה העלייה מתמתנת ויש אף ירידה קלה. כבר ראינו קודם לכן שעוצמת הרעש מושפעת מתדר הקול ועניין זה מודגם היטב בגרף.
2. העלייה במרכיב היחסי של כלי רכב כבדים מעלה במידה ניכרת את מפלס הרעש: אם נשווה את המפלס בתדר של 1000 הרץ נראה שמפלס הרעש עלה מכ-67 הרץ ל-80 הרץ כאשר המרכיב היחסי של כלי הרכב עלה מ-16% ל-70%.

רעש מתחבורה בישראל

תשובות לשאלות בעמוד 56

1. בדרכים עירוניות מספר האנשים החשופים לכלי רכב גדול הרבה יותר מאשר בדרכים בין-עירוניות: אם מצרפים את מספר האנשים החשופים לרעש בעוצמה של 65 ו-70 דציבלים הרי שבדרכים עירוניות חשופים לרעש יותר משני מיליון אנשים ואילו בדרכים בין-עירוניות נחשפים לרעש פחות מ-100,000 תושבים.
2. רוב תושבי המדינה גרים ביישובים עירוניים שיש בהם תנועה רבה של כלי רכב. לכן כמעט כולם חשופים לרמות רעש העולות על 60 דציבל מדרכים אלה.

3. רוב התושבים מתגוררים בערים ונעים במשך היום ממקום למקום בעיר כך שמידת החשיפה שלהם לרעש מדרכים עירוניות גדולה. רק חלק קטן מהם נע מעיר לעיר בדרכים בין-עירוניות ולכן מידת החשיפה שלהם לרעש מדרכים בין-עירוניות קטנה יותר.
4. חשוב יותר להגן על התושבים מרעש מדרכים עירוניות בגלל מידת החשיפה שהיא גדולה יותר. אבל במקומות שבהן עוברות דרכים בין-עירוניות בסמוך לשכונות מגורים חשוב להגן את התושבים כי הרעש במקומות אלה בדרך כלל גבוה יותר מאשר בדרכים עירוניות גם בגלל מהירות נסיעה גבוהה יותר וגם בגלל עומס גדול יותר של כלי רכב במשך שעות רבות ביממה.
5-6. הגידול באוכלוסייה ובכלי הרכב גדול הרבה יותר מאשר החשיפה לרעש הודות למאמצים רבים שבוצעו בארץ כדי להגן על האוכלוסייה אם באמצעות קירות מגן ואם על ידי תקנות שונות שהגבילו מהירות נסיעה בכבישים רועשים וכניסת כלי רכב גדולים (משאיות בעיקר) לאזורי מגורים. הוכנסו במשך השנים גם שיפורים בכלי רכב שהפחיתו את הרעש שהם פולטים.

הערה

יש פער ניכר בין מספר התושבים החשופים לרעש שמקורו בכבישים עירוניים בהשוואה למספר התושבים החשופים לרעש מכבישים בין-עירוניים. בשנת 2008 הייתה מעט יותר ממחצית (52%) מאוכלוסיית המדינה חשופה לרעש העולה על 52 דציבלים מדרכים עירוניות.

כפי שאפשר לראות בגרף, כ-1,780,000 תושבים (שהם כ-24% מכלל האוכלוסייה) היו חשופים לרעש העולה על 65dBA וכ-630,000 תושבים (8.5%) היו חשופים לרעש העולה על 70 דציבל.

בשנת 2008 היו חשופים לרעש העולה על 60 דציבל מדרכים בין-עירוניות כ-207,000 אנשים (3% מכלל האוכלוסייה) וכ- 65,000 תושבים היו חשופים לרעש מעל 65 ו-70 דציבל (כ-0.9% מהאוכלוסייה).

מניעת רעש מכלי רכב

הפחתת הרעש מהמקור

שימוש באספלט שקט

תשובות לשאלות בעמוד 58

1. הרעש ליד צירי התנועה הראשיים בשלוש הערים הוא גבוה מאוד ויוצר מפגע חמור שיכול לפגוע בבריאות התושבים הגרים בסמיכות לצירי תנועה אלה או כאלה המצויים לידם זמן ממושך.
2. הרעש מצירי התנועה חמור יותר משום שמשך החשיפה אליו גדול הרבה יותר מאשר משך חשיפה לרעש מטוסים הנמשך בדרך כלל פחות מדקה ומספר פעמים בודדות ביממה.

הגנה מפני רעש שמקורו ברכבת

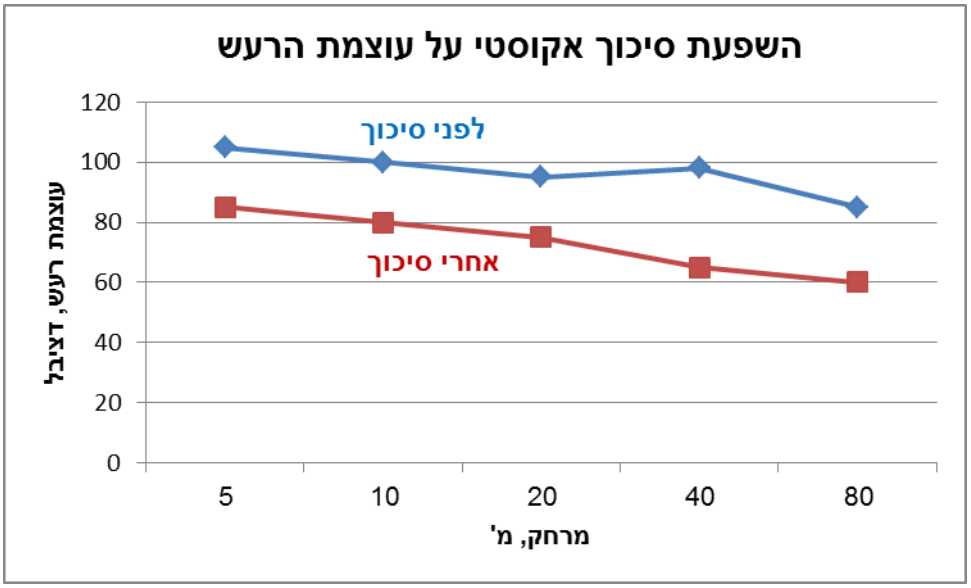
תשובות לשאלות תחת טבלה 10 בעמוד 58

1. יש יחס הפוך בין המרחק מהמסילה לעוצמת הרעש: ככל שהמרחק גדול יותר עוצמת הרעש קטנה יותר. יחס זה נכון בשתי המהירויות המוצגות בגרף וגם במקרה של הצפירה.
2. מהירות נסיעה ב-50 קמ"ש יוצרת רעש גדול יותר – ההפרש הוא של כ-10 דציבל, הפרש ניכר.
3. עוצמת הצפירה יורדת בתלילות ככל שמתרחקים ממסילת הרכבת: מכ-130 דציבל במרחק של 75 מטרים לכ-95 דציבל במרחק של 225 מטרים.
4. עוצמת הצפירה פוחתת במידה רבה יותר עם המרחק (הגרף תלול יותר) אך בגלל עוצמתה החזקה יותר של הצפירה נחוץ מרחק גדול יותר מהמסילה כדי להפחית במידה ניכרת את השפעתה.

הגנה על קולט הרעש

תשובות לשאלות תחת טבלה 11 בעמוד 61

1. להלן הגרף המתאים:



2. שני העקומים הם קוויים במגמת ירידה (שיפוע שלילי), המראה שיש יחס שלילי בין המרחק לבין עוצמת הרעש.
3. על פי הגרף:
   א. ככל שגדל המרחק ממקור הרעש עוצמת הרעש המגיע לקולט הרעש פוחתת.
   ב. יעילות הסיכוך היא הגבוהה ביותר במרחק של 80 מטרים)

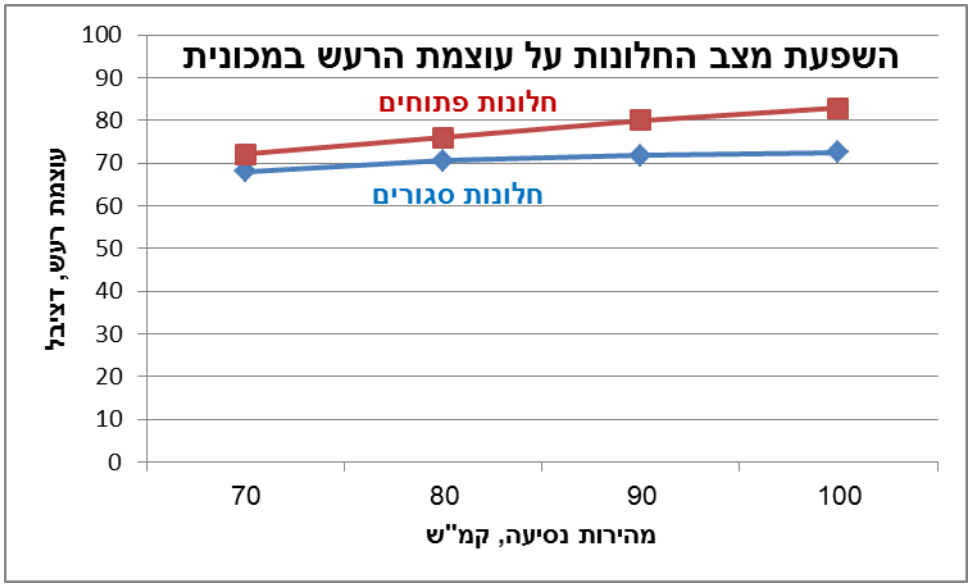
הערה

קצת קשה לראות בגרף שהיעילות גדלה ככל שגדל המרחק, בגלל הסטייה במרחק של 40 מ'. אפשר להעביר כאן קו מגמה כדי לתקן סטייה זו, אפשר גם להכין עקום הפרשים כדי לקבל תמונה ברורה יותר ולהיעזר בחישוב ההפרש בין הערכים המוצגים בטבלה. השינוי אמנם אינו גדול, אך יש לזכור שערכי הדציבל הם בסקלה לוגריתמית ולכן ירידה בדציבל בודדים היא משמעותית.

סגירת חלונות הרכב

תשובות לשאלות תחת טבלה 12 בעמוד 62

1. להלן הגרף המתאים:



2. עוצמת הרעש המגיעה אל קולט הרעש היושב בתוך המכונית עולה ביחס ישר למהירות הנסיעה. חלונות סגורים מפחיתים את עוצמת הרעש המגיע אל קולט הרעש היושב בתוך המכונית.
3. ככל שמהירות הנסיעה עולה גדלה עוצמת הרעש והסיכוך המושג על ידי סגירת החלונות גדול יותר: 10 דציבל במהירות של 100 קמ"ש בהשוואה ל-4 דציבל במהירות של 70 קמ"ש.
4. סגירת חלונות היא אמצעי יעיל כי היא מפחיתה את מפלס הרעש במידה רבה. אבל עדין יש מפלס רעש גבוה למדי גם בחלונות סגורים.

בדיקת רעש המוקרן מכלי רכב בודדים

תשובה לשאלה תחת טבלה 14 בעמוד 64

השימוש בצופר נועד לאזהרה כדי למנוע מצבי סכנה לא רצויים. לכן הוא צריך להיות רעש בולט מעבר לרעשי רקע אחרים. השימוש בצופר הוא לזמן קצר בלבד ולכן המפגע שהוא יוצר אינו כה גדול (אלא שלצערנו הנהג הישראלי הממוצע נוהג להשתמש בצופר גם שלא לצורך כדי להביע מורת רוח או כדי לזרז נהגים שזמן התגובה שלהם לא מוצא חן בעיניו, ולכן מפגע הרעש שמקורו בצופרים אינו מבוטל כלל).

מניעת רעש מתחבורה יבשתית בישראל

תשובה לשאלה 1 בעמוד 64

האמצעי היעיל ביותר הוא הפחתת רעש במקור – התקנת מנועים שקטים יותר הפולטים פחות רעש. הגבלת מהירות הנסיעה בערים תורמת גם היא להפחתת הרעש.

אמצעים רבים ננקטים על מנת להגן על קולט הרעש (לאחר שזה כבר נפלט): היעילים שביניהם הם אלה שפועלים כל הזמן – אמצעי מיגון כמו קירות מיסוך והתקנת חלונות מבדדים, שהם יעילים בעומסים משתנים של תחבורה.

אמצעים להפחתת עומס תנועה ומניעת כניסתם של כלי רכב לאזורי מגורים – קשים יותר לשליטה ולכן יעילותם נמוכה יותר, אם כי גם הם חשובים מאוד.

רעש ממטוסים בישראל ומניעתו

תשובות לשאלות תחת איור 22 בעמוד 69

1. היישוב העיקרי שנפגע מהרעש הוא אור יהודה הנמצא בסמוך לשדה התעופה. נווה מונוסון ויהוד מצויים גם הם בסמוך לשדה התעופה. נפגעים גם יישובים הנמצאים לאורך מסלולי הנחיתה של המטוסים נפגעים ובהם – חולון, בת ים תל אביב ואזור.
2. א. כל היישובים שנמנו הם עירוניים באופיים וחיים בהם תושבים רבים (הנתונים נכונים ל- 2012): אור יהודה - 16,000, יהוד ונווה מונוסון - 28,000, חולון - 183,000, בת ים - 160,000, אזור - 20,000, תל אביב - 415,000.

   ב. המספר הכולל גדול מאוד ומגיע לכ-800,000 ואף יותר אם לוקחים יישובים סמוכים נוספים כמו קריית אונו, רמת גן וגבעתיים.
3. הטיסות מצד מערב הן אלה שגורמות את עיקר מפגעי הרעש כי הן חולפות מעל ערים ראשיות בארץ במטרופולין תל אביב. טיסות המגיעות ממזרח חולפות בעיקר מעל יישובים כפריים קטנים יותר. יש ביניהן כאלה שחולפות גם מעל שכונות מסוימות בירושלים ונזקן גדול יותר.
5. א. ליד תל נוף מצויים היישובים העירוניים – קריית עקרון, מזכרת בתיה וגדרה וכמה יישובים כפריים ובהם בית אלעזרי, בית יוחנן וקיבוץ גבעת ברנר.

   חצור נמצא ליד היישוב העירוני - קריית מלאכי ויישובים כפריים רבים ובהם חצור.

   ב. קשה להטיל מגבלות רבות על פעילות מבצעית אבל אפשר לצמצם פעילות אימונים לשעות היום ולמנוע אותן בשעות הלילה. ייתכן שאפשר לבנות את מסלולי הנחיתה כך שהמטוסים לא יטוסו מעל הבתים ביישובים בזמן ההמראה והנחיתה.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: תכנית המתאר לפיתוח נמל התעופה בן גוריון (תמ"א 2/4) ומניעת רעש בעמוד 66

1. תמ"א 2/4 מציעה כמה פתרונות:

   א. הטלת הגבלות על בניית מגורים ושימושי קרקע רגישים לרעש אחרים באזורים שבהם הרעש עולה על 65 דציבל. מדובר על אמצעי פיזי שנועד לא לעלות את מספר שימושי הקרקע הרגישים שחשופים לרעש מטוסים.

   ב. התקנת מיגון אקוסטי לבתים, לבתי הספר ולגני הילדים. גם זה אמצעי פיזי.

   ג. איסור ביצוע המראות בחלק משעות הלילה. זהו אמצעי מינהלי.

   ד. פיתוח מערכת ניטור ובקרה

   ואכיפת ההוראות במקרים של חריגות. פרסום המידע וחשיפתו לידיעת הציבור. זהו אמצעי מינהלי שמאפשר פיקוח ואכיפה יעילים.

2. למערכת הניטור יש תפקיד חשוב בשמירה על בריאות התושבים, אך גם האכיפה חשובה. מודעות תושבים לזכויותיהם ומעקב אחר פרסומי נתוני הניטור יכולים לסייע באכיפה. נדרשת הקפדה על בנייה הולמת כדי לספק מיגון אקוסטי במיוחד למוסדות רגישים לרעש. יש להימנע מאישור תכניות בנייה באזורים החשופים לרעש.
3. במניעת רעש יש להעדיף אמצעים פיזיים (קירות אקוסטיים, מיגון אקוסטי, על אמצעים מנהלתיים.

רעש מתעשייה ומניעתו

תשובות לשאלות תחת טבלה 15 בעמוד 69

1. רעש מתמשך הוא רעש הנפלט ממכונות שעובדות במפעל ללא הפסק. רעש התקפי יכול לנבוע משימוש בצופרים לציון התחלת עבודה של משמרת במפעל או סיומה של משמרת.
2. הגבלות על רעשים העולם על 109 דציבל שהחשיפה אליהם מותרת לטווחי זמן קצרים בלבד (פחות מדקה).
3. רעש התקפי מסוג זה יכול להזיק אם הוא חוזר על עצמו מדי פעם במפעל כך שמשך החשיפה המצטבר לרעש זה גדול מהמוגדר לחשיפה מרבית מותרת.
4. משך החשיפה המותר במפלסי רעש של 95 דציבל הוא כשעה. עובד מבלה בכל יום עבודה כ-8 שעות במפעל כך שבהעדר אטמים על אוזניו ייגרם לו נזק בריאותי וגם נזק שמיעתי. זמן החשיפה המותר לרעש במפלס של 75 דציבל גדול מ-24 שעות ולכן אטמי אוזניים יכולים למנוע נזקי בריאות ופגיעה בשמיעה לאורך זמן.

רעש מעבודות בנייה ומניעתו

תשובות לשאלות תחת טבלה 16 בעמוד 69

1. מדחס דיזל, משאבות בטון, בולדוזר ופטיש אוויר הם מקורות הרעש הרועשים ביותר באתרי הבנייה ולכן הם יוצרים מפגעים קשים. משאבות בטון ובולדוזרים פעילים במשך שעות ארוכות באתרי בנייה ולכן מפגע הרעש שלהם חמור יותר.
2. חלק גדול מהמכשירים המשמשים באתרי הבנייה יוצרים מפלסי רעש גבוהים מאלה שיוצרת התחבורה. כיום יש לא מעט אתרים שהבנייה נמשכת בהם שעות רבות ביממה ולכן הם יוצרים מפגעי רעש קשים. הרעש מהתחבורה חמור בעיקר בשעות העומס ולא בכל שעות היממה ולכן המפגע שהתחבורה גורמת יכול להיות נמוך יותר.

בידוד המעטפת החיצונית של המבנים

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: מניעת רעש מבית ספר הפוגע בסביבתו בעמוד 73

1. בית הספר הפעיל מערכת הגברה בשטח פתוח במשך שעות רבות ביום שגרמה רעש רב ברחובות הסמוכים לבית הספר.
2. תיקון לתקנה 3 בחוק קובע שאין להפעיל מערכת כריזה ומערכות הגברה באופן הנשמע בבית מגורים בין השעות 7:00-14:00 ו-16:00-22:00. רמות הרעש המותרות תלויות ברצף השמעת

הרעש. הטווח שנראה מתאים לבית הספר הוא 15 דקות עד שעה ורמת הרעש המרבית המותרת היא 60 דציבל.

3. על פי החוק, אם מערכת הכריזה פעלה זמן רב במשך היום, גם בשעות המותרות אך מעל מפלס הרעש המותר, היא הפכה למפגע חמור. המפגע חמור עוד יותר אם הפעילו את מערכת הכריזה גם בשעות אסורות.

4. פתרונות בהתנהגות שקל לבצעם: לצמצם עד כמה שאפשר את השימוש במערכת הכריזה בשטחים הפתוחים בבית הספר ולהפחית את עוצמת הרעש הנפלטת ממנה.

פתרונות בינוי הכרוכים בהשקעות - העירייה צריכה להקים בבית הספר אולם שבו יוכלו לערוך אירועים כך שלא יהיה צורך להפעיל מערכת כריזה בשטח פתוח במשך רצף זמן ארוך.

5. א. הנהלת בית הספר – לא להפעיל את מערכת הכריזה בעוצמת גבוהה ולצמצם עד כמה שאפשר את משך השימוש בה.

העיריה – להתקין תקנה למניעת רעש בלתי סביר מבית הספר ולאכוף אותה.

לפזר רמקולים רבים יותר בבית הספר כך שניתן יהיה לשמוע את המערכת גם בעוצמות קול נמוכות הרבה יותר.

להקים בבית הספר אודיטוריום או אולם מתאים אחר לצורכי אירועים המתקיימים בבית הספר.

ב. המשטרה האחראית על האזור – צריכה לאכוף את החוק ולאסור על בית הספר להשתמש במערכת הכריזה בניגוד לחוק. מפכ"ל המשטרה צריך להנחות את המשטרה לאכוף את החוק ולהבטיח שהם אכן נוהגים כנדרש. עליו גם לפנות לרשות המקומית ולהטיל עליה את האחריות לקיום החוק.

ג. שר החינוך – אינו אחראי ישירות על בית הספר ולכן צריך לפעול מול הרשות המקומית. מפגע הרעש פוגע לא רק בתושבי האזור אלא גם בתלמידי בית הספר והאחריות על שמירת בריאותם מוטלת גם על משרד החינוך.

משרד מבקר המדינה – צריך לבדוק את טענות התושבים. אם ימצא שיש בסיס לטענתם – עליו לפנות לכל הגורמים המעורבים: הרשות המקומית, משרד החינוך והמשטרה.

6. היינו פונים לרשויות בית הספר וחושבים יחד אתם כיצד למנוע את מפגע הרעש שגם תלמידי בית הספר סובלים ממנו. היינו פונים לרשות המקומית כדי שתשפר את התנאים בבית הספר (כמו פיזור רמקולים רבים יותר) כדי להפחית את מפלס הרעש.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר-אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

קרינה

פתח דבר למורה על פרק הקרינה

הקרינה המגיעה אלינו מהשמש הכרחית לקיום חיים על פני כדור הארץ. חשוב להדגיש שני היבטים מרכזיים בהיגד זה: קרינה השמש כמקור אנרגיה לתהליך הפוטוסינתזה, שהוא הבסיס לקיומם של בעלי חיים ושל הצמחים על פני כדור הארץ. קרינת השמש המחממת את כדור הארץ הודות לקיום האטמוספרה הבולעת חלק מקרינת החום הנפלטת מכדור הארץ.

קרינת השמש היא קרינה אלקטרומגנטית שיש לה שני רכיבים: חשמלי ומגנטי. תופעת הגלים הקשורים בקרינה האלקטרומגנטית דומה במאפיינים רבים לתופעת גלי הקול שהכרנו בפרק קול ורעש. אלא שהגלים האלקטרומגנטיים הם גלים רוחביים, הם אינם גלי לחץ ולכן אינם זקוקים לתווך כדי להתפשט - הם עוברים גם בריק. אופן התפשטותם שונה מזה של גלי הקול ומהירות התנועה של גלי האור גדולה הרבה יותר מזו של גלי הקול – 300,000 ק״מ בשנייה לעומת 330 מ׳ בשנייה.

נושא הקרינה מחולק לארבעה פרקי משנה:

<u>הפרק הראשון</u> חוזר ודן בתופעת הגלים כדי לקשר אותם לקרינת האור ולהדגיש את ההבדלים בין גלים רוחביים לגלים אורכיים. בחרנו לחזור על הדברים כדי להקל על התלמידים בהבנת החומר הקשור לקרינה. הפרק מציג את הספקטרום האלקטרומגנטי ומבחין בין **קרינה לא מיוננת** – רוב מרכיביה של הקרינה האלקטרומגנטית למעט קרני X, לבין **קרינה מיוננת** – הכוללת בנוסף לקרני X גם קרינה הנפלטת מהתפרקויות רדיואקטיביות. תופעות הבליעה וההחזרה של גלי האור קשורות לשינויים בטמפרטורה של גופים שהקרינה פוגעת בהם. לכל חומר יש ספקטרום בליעה אופייני לו ובהתאם – מידת השפעה שונה של הקרינה על רכיביו.

לקרינה האלקטרומגנטית יש מקורות טבעיים – קרינה המגיעה אלינו מכוכבים ביקום, ומקורות מלאכותיים שהאדם פיתח עם השנים והם משרתים אותו בתחומים רבים בחיי היום יום שלו.

הפרק מציג מקורות לקרינה בטווחים שונים של הספקטרום האלקטרומגנטי – טבעיים ומלאכותיים. גילוי טווחי הקרינה השונים היו חלק בלתי נפרד מהתפתחות המדע ומוצגים בפרק המדענים שהביאו לפיתוח תחום חשוב זה.

בפרק מוצגים הסברים על הקרינה המיוננת ומקורה – התפרקויות רדיואקטיבית, כיצד מתרחשים תהליכי ההתפרקות, החלקיקים – אלפא וביטא, הנפלטים במהלכם וקרינת גמא. נדרש ידע בסיסי במבנה האטום כדי להבין את תהליכי ההתפרקות הרדיואקטיבית ובעניין זה אנחנו מציעים לפנות לפרקים מתאימים בספרי הפיזיקה.

<u>הפרק השני</u> קצר ומתמקד בשימושים הרבים שאנחנו עושים בקרינה משני הסוגים:

- **לקרינה הלא מיוננת** יש שימושים רבים בתחום הרפואה, התקשורת, התעשייה, המחקר המדעי, החקלאות והמכשור החשמלי הביתי לסוגיו. פיתוח השימושים מתבסס על הגילויים המדעיים החשובים המוצגים בפרק הראשון של הספר.
- **לקרינה המיוננת** יש שימושים חשובים רבים בתחום הפקת האנרגיה ובתחום הרפואה. אלא שטמונות בשימוש בה גם סכנות לא מבוטלות – הדילמה המציגה את התועלת מול הסיכונים מוצעת לדיון עם התלמידים.

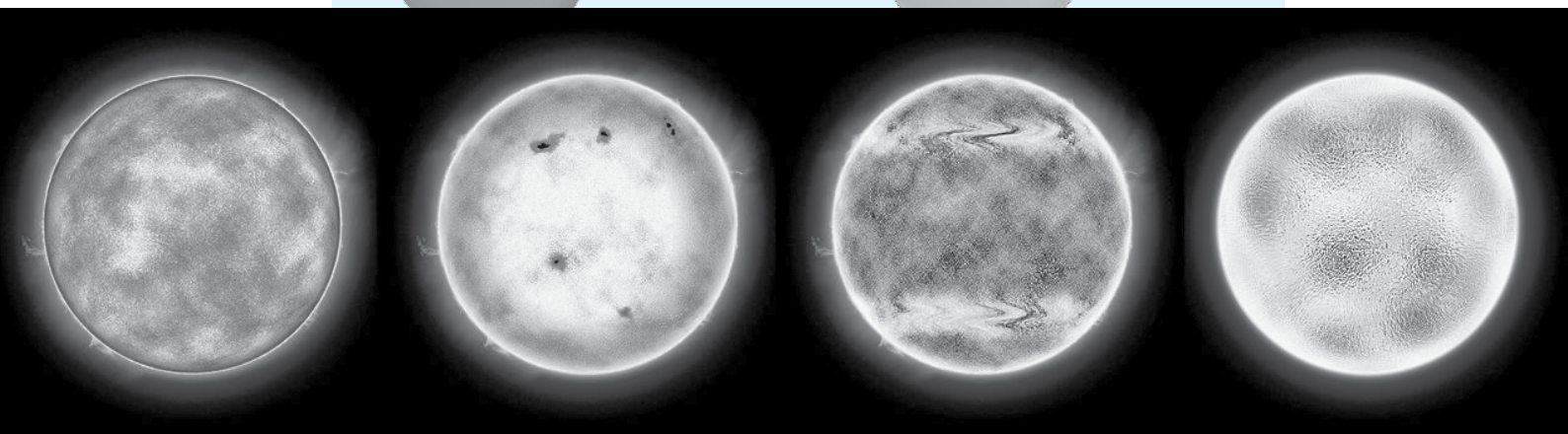
<u>הפרק השלישי</u> עוסק בנזקי הקרינה – לצד התועלת המרובה שאנחנו מפיקים מהקרינה, טמונים בה גם סיכונים לא מבוטלים וחשוב לפתח מודעות לסיכונים אלה. עיקרון הזהירות המונעת עוסק בהיבט זה. בימינו גדלה במידה ניכרת החשיפה לגלי רדיו, השייכים לקרינה הלא מיוננת. חשיפה

ממושכת עלולה לגרום לנזקים לרקמות בגלל השפעות תרמיות. השימוש הנרחב בטלפונים סלולאריים מעורר חששות מפני נזקים של הקרינה החלשה שהוא פועל בעזרתה. בנושא זה נותרה מחלוקת בין קבוצות שונות של מדענים. הרוב סבור שאין סיכון בקרינה החלשה, אך הצטברו כבר לא מעט עדויות שהקרינה הזו עלולה להיות מזיקה יותר ממה שסבורים כיום. מוצג מחקר הבודק את השפעת הקרינה החלשה על צמח מים, ומודגש הצורך בביצוע מחקרים נוספים כדי לקבוע עמדה ברורה במחלוקת קשה זו.

עיקר הסיכונים לבריאות נובעים מהחשיפה להקרינה המיוננת לסוגיה – קרני X, קרני גמא וחלקיקי אלפא וביתא. רובנו חשופים לקרינת רנטגן בבדיקות רפואיות מדי פעם (צילומי איברים בגוף ושיניים). הסיכוי לחשיפה לקרינה שמקורה בהתפרקויות רדיואקטיביות קטן הרבה יותר אבל סכנותיה גדולות הרבה יותר. הפרק מציג את כיצד בודקים את נזקי הקרינה המיוננת לגופנו – מרמת המולקולות המרכזיות בתאים (DNA) וקרומי התאים, דרך הרקמות ואיברים ועד לאורגניזם השלם. כדי לסייע לתלמידים בהבנת סכנותיה של הקרינה המיוננת הרחבנו בהצגת מבנים ביולוגיים בתאים שעלולים להיפגע מהקרינה והשלבים במחזור חייהם שהם רגישים במיוחד לקרינה מיוננת. הצגנו גם את ההבדלים ברגישויות בין רקמות שונות בגוף והסיבות להבדלים אלה.

<u>הפרק הרביעי</u> עוסק באמצעים העומדים לרשותנו במניעת נזקי הקרינה. כמו בנושא הרעש, גם כאן מופנה מאמץ רב למניעה במקור כדי למנוע פליטת קרינה מסוכנת (סקרי ראדון והגנה על מבנים, שימוש במקורות קרינה חלשים ככל האפשר והטמנת קווי מתח בקרקע, ניטור רציף של רמות קרינה הנפלטת ממקורות שונים). מאמץ חשוב מופנה להגנת עובדים ואנשים אחרים הנחשפים לקרינה (ניטור רציף ותקינה). נעזרים לשם כך באמצעים טכנולוגיים ובחקיקה ואכיפה. רכיב חשוב לא פחות באמצעי הזהירות הוא הגברת המודעות של כולנו ואימוץ דפוסי התנהגות זהירים בכל השימושים התלויים בנו (שימוש נבון בטלפונים סלולאריים, הגבלת החשיפה לקרינת שמש לשעות מסוימות ביום ושימוש בתכשירי הגנה).

פרק 1
סוגי קרינה ומאפייניהם



מבוא

הערה לעמוד 84

הפוטון מציג תכונות של חלקיקים, המתבטאות, בין השאר, בהעברת אנרגיה במנות בדידות ובפיזור (שינוי בכיוון התנועה עקב היתקלות במכשול או עקב אי-אחידות בתווך, כלומר בחומר שדרכו הוא עובר). פוטון המתנגש באטום נבלע ו כל האנרגיה שלו עוברת לאטום וגורמת לעירור (מעבר לרמת אנרגיה גבוהה יותר) או יינון (הוצאת אלקטרון מהאטום). באופן דומה, פוטון הנפלט מאטום יוצא ממנו עם כמות אנרגיה השווה להפרש שבין רמת אנרגיה גבוהה לרמת אנרגיה נמוכה יותר.

מהי קרינה?

מהו גל וכיצד הוא נוצר?

הערה לעמוד 86

הדיון בתופעת הגל מוצג גם בפרק הרעש. הדיון כאן הוא על גלים רוחביים, משום שקרינה אלקטרומגנטית מורכבת מגלים רוחביים. בפרק הרעש עסקנו בתיאור גלים אורכיים.
אפשר ללמד ברצף את תופעת הגלים כחלק מקדים לשני הפרקים גם יחד.
בכל מקרה, חשוב להדגיש בפני התלמידים שתופעת הגלים המוצגת בשני הפרקים היא אותה תופעה ויש לה אותה מאפיינים, פרט לאפיון של גל אורכי (גל רעש) וגל רוחבי (גל אלקטרומגנטי).

מאפיינים של גל מחזורי

הערה לעמוד 88

המונחים משרעת וזמן מחזור אינם נדרשים בתכנית הלימודים, אך אי אפשר להבין את תופעת הגלים האלקטרומגנטיים בלי לדון בהם. לכן בחרנו להציגם כאן.

משרעת הגל

תשובה לשאלות בעמוד 89

1. המשרעת משקפת את גובה הגל ועוצמתו. טלטול החבל בתנועה חזקה יותר פירושו השקעת אנרגיה רבה יותר המועברת לחבל. לכן התנודה של כל נקודה בחבל תהיה גדולה יותר, דבר שיתבטא במשרעת גדולה יותר.
2. נקבל שני גלים בחבל: המשרעת של הגל הראשון תהיה גדולה מזו של הגל השני, כי הטלטול הראשון היה חזק יותר מהטלטול השני.

זמן המחזור

תשובות לשאלות בעמוד 89

1. כדי להשלים מחזור אחד נדרשות לכל נקודה בגל 0.33 שניות, או במילים אחרות – לכל נקודה בגל נדרש שליש שנייה כדי להשלים מחזור אחד. לכן בשנייה אחת יהיו 3 מחזורים.

2. ככל שזמן המחזור ארוך יותר, נדרש זמן רב יותר להשלמת מחזור אחד. לכן, הגל שזמן המחזור שלו נמוך יותר (5 שניות), התנודות שלו מהירות יותר.

אורך הגל

תשובה לשאלה בפינת העשרה: מהירות ההתפשטות של גל בעמוד 91

ככל שהגל ארוך יותר, התדר נמוך יותר. לגלי FM תדר נמוך פי 10 מהתדר של קרינה סלולארית (מיקרוגל).

תשובות לשאלות בעמוד 91

1. נציב את הערכים בנוסחה הבאה: $\lambda = V T$ ונמצא שאורך הגל הוא 99 מטרים.
2. ככל שהתדר גבוה יותר, אורך הגל נמוך יותר, לכן אורך הגל של קול הגברים הוא ארוך יותר.
4. מהירות התפשטות הגל תלויה באורך הגל אך גם בתדר. לכן התשובה אינה נכונה. תדר העל-קול הוא 33,000 הרץ. מאחר שמהירות התפשטות האור גבוהה הרבה יותר ממהירות התפשטות הקול, הרי שברור שתדר שידורי הטלוויזיה גבוה הרבה יותר מתדר של על-קול.

הספקטרום האלקטרומגנטי

תשובות לשאלות בעמוד 96

1. אוזנינו קולטות גלי קול שהם גלים אורכיים המתפשטים באמצעות תנודות דרך תווך חומרי: גז (כמו האוויר), נוזל או מוצק. גלי קול אינם מתפשטים בריק. גלי הרדיו הם גלים אלקטרומגנטיים, שמקורם בזרם של אלקטרונים. גלים אלה הם רוחביים ומורכבים משדה חשמלי ומשדה מגנטי. אנימציה טובה של מעבר גלי קול אפשר למצוא בכתובת:
http://courses.aviv.org.il/galim/les1_1.htm

2. א. האור הנראה תופס חלק קטן מאוד מהספקטרום האלקטרומגנטי, בין הקרינה התת-אדומה לקרינה העל-סגולה.
כל הטווח של הספקטרום האלקטרומגנטי נע בין קילומטרים אחדים (גלי רדיו) ל-0.03 ננומטר (גלי מיקרו).
אם נתרגם את כל היחידות לננומטרים נמצא:
1 ק״מ=10^{12} ננומטר (מטר=10^{9} ננומטר, ק״מ=10^{3} מטר).
אם כך, טווח הספקטרום נע בין $3*10^{-2}$-10^{12} ננומטרים, כ-14 סדרי גודל.
האור הנראה נמצא בטווח של מאות ננומטרים, בין 350-750 ננומטרים.
ב. קרני X וקרינת גמא נמצאות בתחום הגלים הקצרים, בקצה הטווח שלהם, בתחום שהוא קצר מ-0.03 ננומטרים, ובטווח התדרים שבין 10^{-8}-10^{-14} הרץ.
ג. הקשר הוא הפוך: כלל שאורך הגל קצר יותר, הוא נושא אנרגיה רבה יותר.
ד. הקרינה בתחום האור הנראה אינה גורמת נזק ליצורים חיים, משום שכמות האנרגיה שהיא נושאת אינה גדולה.

לו הייתה קרינה זו גורמת נזק לא היינו יכולים לראות, כי במשך הזמן הייתה הקרינה פוגעת בראייה שלנו.

החזרה, שבירה ובליעה של קרינה אלקטרומגנטית

בליעה של קרינה אלקטרומגנטית

תשובות לשאלות בעמוד 98

1. הזכוכית והמים לא בולעים קרינה בתחום האור הנראה, אך בולעים קרינה אלקטרומגנטית בתחום התת-אדום שתדירותה נמוכה מזו של האור הנראה. בליעת קרינה בתחום זה גורמת לעלייה באנרגיה הפנימית של הזכוכית ושל המים, וכתוצאה מכך עולה הטמפרטורה שלהם.

הערה למורה

גלים אלקטרומגנטיים בתחום התת-אדום גורמים לתנודות לא רק של אטומים בחומר אלא של מולקולות שלמות של החומר, ולכן הם גורמים לעלייה בכמות האנרגיה הפנימית שלו. יש המכנים קרינה תת-אדומה בשם קרינת חום, מכיוון שהיא גורמת לחימום חומרים רבים.

מובן שבליעת קרינה בכל תחום יכולה לגרום להתחממות החומר הבולע.

2. המים מעבירים את האור הנראה העובר דרכם, אך מהירותו משתנה במקצת. לכן חלק הכפית הנמצא בתוך המים נראה לנו במקום שונה ביחס לחלק הכפית הנמצא באוויר. זו תופעת השבירה של האור.
3. החומר המצפה את המראה אטום לאור ומחזיר אותו במלואו בזווית הדומה לזו שבה הוא פוגע בו. לכן אנחנו רואים את העצם המשתקף במראה כפי שהוא במציאות.

קרינה אלקטרומגנטית והאטמוספרה

תשובות לשאלות בעמוד 99

1. זכוכית בולעת קרינה בתחום העל-סגול, ולכן אנחנו לא משתזפים כשאנחנו מוגנים על ידה..
2. קרינה על-סגולה בטווח אורכי הגל הקצרים וקרינת גמא הן שני סוגים של קרינה מיוננת, ופגיעתן ביצורים חיים קשה. לו שני סוגי קרינה אלה היו עוברים דרך האטמוספרה בלי הפרעה, סביר להניח שרק צורות חיים פשוטות היו מצליחות לחיות על פני כדור הארץ. נדון בכך בהרחבה כשנדון בהמשך הפרק על נזקי הקרינה.
3. כאשר נמצאים מחוץ לאטמוספרה, אפשר להשתמש במלוא הספקטרום האלקטרומגנטי לחקירת היקום.

מקורות לקרינה אלקטרומגנטית

תשובות לשאלות בעמוד 104

1. **טבלת מקורות טבעיים ומלאכותיים של רכיבי הקרינה האלקטרומגנטית**

המרכיב בספקטרום האלקטרומגנטי	מקורות טבעיים	מקורות מלאכותיים
גלי רדיו	כוכבים ביקום	משדרי רדיו וטלוויזיה
גלי מיקרו	כוכבים ביקום	שפופרות אלקטרוניות מסוג קליסטרון
אור תת-אדום	גופים חמים (חיים ודוממים)	נורות להט, גופי חימום של תנורים חשמליים
אור נראה	קרינת שמש	גופי תאורה חשמליים, מנורות נפט וגז, מדורות ולפידים
אור על-סגול	קרינת שמש	נורות קסנון, העברת זרם חשמלי דרך אדי כספית
קרני X	כוכבים וגלקסיות ביקום	שפופרת רנטגן

2.

המרכיב בספקטרום האלקטרומגנטי	**מה הוביל לפיתוח מקורות מלאכותיים?**
גלי רדיו	פיתוח אמצעי תקשורת והמצאת הרדיו והטלוויזיה
גלי מיקרו	מחקר מדעי שהוביל לגילוי גלי המיקרו על ידי הרץ והתפתחות טכנולוגית שהובילה לפיתוח שפופרות אלקטרוניות
אור תת-אדום	מחקר מדעי שהוביל לגילוי הקרינה התת-אדומה ופיתוח טכנולוגי שהוביל לשימושים בחשמל ופיתוח תנורי חימום ובישול
אור נראה	בני האדם היו חשופים אליו משחר התפתחותם, עם גילוי האש למדו ליצור אור נראה באמצעות לפידים ומדורות. עם התפתחות הטכנולוגיה - השימושים בחשמל והמצאת הנורות לסוגיהן, התרחב השימוש באור הנראה
אור על-סגול	פיתוח נורות קסנון, התפתחות השימוש בחשמל, מחקר מדעי שהוביל לפיתוח תגובה בין זרם חשמלי לאדי כספית
קרני X	מחקרו של רנטגן שגילה את קרני X, פיתוח שפופרת רנטגן, השימושים הרבים בקרינת רנגטגן שהובילה לפיתוח מכשירים רפואיים רבים

קרינה מיינת והתפרקות רדיואקטיבית

תשובות לשאלות בעמוד 107

1. פליטת קרינת אלפא גורמת לאיבוד שני פרוטונים ושני ניטרונים מגרעין האטום.
המספר האטומי קטן ב-2 יחידות (2 פרוטונים) ואילו המסה קטנה ב-4 יחידות (שני פרוטונים ושני ניטרונים).
פליטת קרינת בטא גורמת להפיכת ניטרון לפרוטון, ולכן המספר האטומי גדל ביחידה אחת.
המסה האטומית אינה משתנה.
פליטת קרינת גמא אינה משנה את המספר האטומי או את מספר המסה.
2. מאחר שפליטת קרינת בטא גורמת לעלייה במספר האטומי, היסוד נע קדימה בטבלה המחזורית.
3. חלקיקי אלפא נושאים מטען חיובי וחלקיקי בטא נושאים מטען שלילי, ולכן הם מוסטים בשדה מגנטי.
הם מוסטים לכיוונים שונים בגלל המטען החשמלי המנוגד שלהם.
שיעור ההסטה של חלקיקי אלפא קטן יותר מכיוון שמסתם גדולה הרבה יותר.
לקרינת גמא אין מטען חשמלי ולכן היא ממשיכה לנוע בקו ישר.
4. חלקיקי אלפא נעים בחומר למרחק קצר מזה של חלקיקי בטא מכיוון שמסתם גדולה יותר.

רדיואקטיביות וקצב ההתפרקות

תשובות לשאלות בעמוד 109

1. חומר שזמן מחצית החיים שלו ארוך פעיל פחות, ולכן קצב ההתפרקות שלו נמוך מזה של חומר שזמן מחצית החיים שלו קצר.
2. חומרים המתאימים לביצוע בדיקות רפואיות הם חומרים שזמן מחצית החיים שלהם קצר, כמו יוד[131], כי ההתפרקות המהירה מאפשרת להשתמש בכמות קטנה יותר של חומר והחומר גם יסולק מהגוף מהר יותר.
3. זוהי שאלה מכינה, שיש עליה פירוט רב יותר בהמשך.

מדידת רדיואקטיביות – גלאי קרינה

תשובה לשאלה בעמוד 110

העובדים עונדים במהלך עבודתם תג שבתוכו יש סרט צילום. קרינה מיינת הפוגעת בגופם נקלטת גם בתג ונרשמת על סרט הצילום. בדיקת סרט הצילום מאפשרת לקבל מידע על מועד החשיפה לקרינה ועל עוצמתה.

אם מתגלה חשיפה לקרינה, אפשר לברר מה מקורה ובמידת הצורך – להגן על העובדים באמצעים נוספים כדי להפחית את החשיפה ואף למנוע אותה כליל.

ביקוע הגרעין

שרשרת התפרקויות רדיואקטיביות

תשובה לשאלות בעמוד 112

1. בסוף שרשרת ההתפרקות של אורניום נמצא החומר היציב עופרת 206. למרות שקצב התפרקותו של האורניום נמוך (זמן מחצית החיים שלו ארוך מאוד), במשך זמן קיומו של כדור הארץ (כ-4.5 מיליארדי שנים, שווה בקירוב לזמן מחצית החיים של אורניום) התפרק חלק מן האורניום והפך לעופרת. לכן העופרת מצויה בכל מרבצי האורניום.
2. כולם מתפרקים עד שנוצר חומר יציב שאינו מתפרק עוד. כך, למשל, אורניום 238 מתפרק עד שהוא הופך כולו לעופרת 206.
3. שרשרת ביקוע גרעיני נובעת מבליעה של ניטרונים לגרעינים של חומרים בקיעים והתפתחות תהליך מתגבר והולך של ביקוע גרעינים נוספים. תהליך זה כמעט שאינו מתרחש באופן ספונטני אלא מתפתח באופן מלאכותי בכורים גרעיניים או בפצצות גרעין.

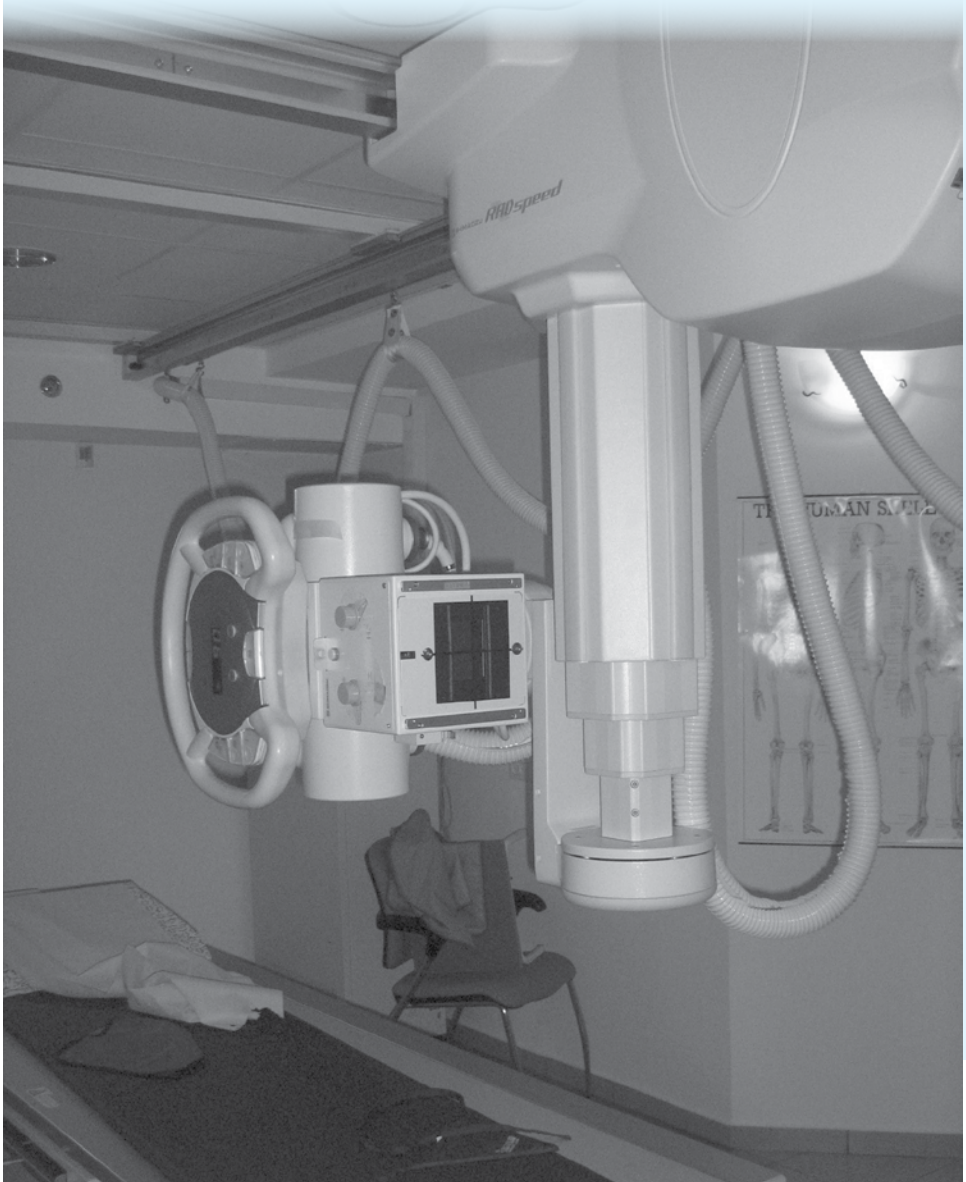
שרשרת התפרקות רדיואקטיבית היא תהליך ההתפרקות של איזוטופים רדיואקטיביים המתרחש במקרים רבים בטבע. זהו תהליך הדרגתי המוביל מאטום שגרעינו אינו יציב לאטום שהגרעין שלו יציב.

מקורות טבעיים לקרינה מיוננת מחומרים רדיואקטיביים

תשובות לשאלות בעמוד 115

1. האטמוספרה בולעת קרינה קוסמית. ככל שעולים בגובה האטמוספרה דלילה יותר, ולכן כמות קטנה יותר של קרינה קוסמית נבלעת ורמת הקרינה גבוהה יותר.
2. א. הראדון נמצא בקרקע, במיוחד באזורים בארץ שבהם המסלע עשיר באורניום.
   הראדון מגיע מהסלעים ומהקרקע גם למאגרי מים תת-קרקעיים (מאגרי מי תהום).
   ב. אנחנו נחשפים לראדון ישירות מהקרקע, כאשר הוא חודר לתוך הבניינים שאנחנו נמצאים בהם. הראדון נמצא גם בחומרי בנייה שהוכנו מסלעים וקרקעות שהוא מצוי בהם, ואנחנו חשופים לראדון בבתים שנבנו בעזרת חומרים אלה. אנחנו נחשפים לראדון גם במקרים שבהם הוא מגיע למים, ומהם למי השתייה שלנו ולצמחים הקולטים מים שהוא נמצא בהם.
3. ראדון ורדיואיזוטופים הנמצאים במזון ובשתייה מגיעים לתוך גופנו (הראדון מגיע בעיקר למערכת הנשימה. המזון והמים מגיעים למערכת העיכול וממנה למערכת ההובלה ולכל חלקי הגוף). כך החומרים נמצאים במגע קרוב עם רכיבי הגוף ולכן פגיעתם גדולה. מזיקה במיוחד הפגיעה של קרינת אלפא, שבדרך כלל אינה חודרת לגוף דרך העור.

פרק 2
שימושים בקרינה



שימושים בקרינה לא מיוננת

שימושים בתקשורת

הערה לעמוד 123

אורך הגל של גלי מיקרו הוא הקצר ביותר מבין גלי הרדיו. אפשר לשדר ולקלוט גלי מיקרו באלומות צרות יחסית ובעלות כיווניות מוגדרת. לאלומות צרות אלה עוצמה חזקה, והן עוברות דרך היונוספרה ואינן מוחזרות ממנה. לכן משתמשים בגלי מיקרו לתקשורת עם לוויינים החגים בחלל החיצון.

שימושים ברפואה

הערה לעמוד 124

מיקרוסקופ המתבסס על קרינה על-סגולה כמקור אור – במיקרוסקופ זה מותקנות עדשות מקוורץ או מפלואוריט במקום עדשות זכוכית המשמשות במיקרוסקופ אור רגיל. זכוכית רגילה מעבירה קרינת UVA, אולם היא אטומה לקרינה על-סגולה באורכי גל קצרים יותר. זכוכית קוורץ באיכות גבוהה מעבירה גם על-סגול UVC (אורך גל של 100-280 ננומטר).

למיקרוסקופ זה יש כושר הפרדה גדול יותר מזה של מיקרוסקופ אור נראה, משום שלקרינה על-סגולה יכולת עקיפה נמוכה מזו של קרינה בתחום האור הנראה.

שימושים בקרינה מיוננת מסוג קרני X וקרני גמא

שימושים במחקר המדעי

העשרה לעמוד 127

שימוש נוסף בקרני רנטגן למחקר מדעי הוא באמצעות <u>ספקטרוסקופיית קרני רנטגן</u> – פיצול אלומת קרני רנטגן על ידי העברתה דרך גביש. הקרניים היוצאות מהגביש נבדקות על פי השפעתן על לוח צילום – מאחר שהן משחירות אותו כשהן פוגעות בו, או באמצעות מונה גייגר. תחום מדעי זה מסייע בהבנת המבנה הגבישי והרכבם הפיזיקלי של חומרים שונים כגון מתכות, ובחקירת אורכי הגל של קרני X.

שני תחומים נוספים שבהם משתמשים בקרני רנטגן:

- **שימושים בהנדסה** – לאיתור סדקים במבנים ובמכונות, ולבדיקת חוזקם של חלקים עשויים מתכת, בייחוד בנקודות שבהן רותכו יחד רכיבים שונים. שימוש בקרני X מאפשר לגלות סדקים ופגמים נסתרים לעין.
- **בדיקות בטיחות** – שיקוף מזוודות של נוסעים לצורך גילוי כלי נשק ומטעני נפץ.

שימושים בחקלאות ובתעשייה

עיקור ציוד רפואי

כיום מקובל להכניס מזון לצורך עיקורו לתוך כלים מפלסטיק או שקיות פלסטיק הסגורים היטב, ולהקרין אותם במנה מתאימה של קרינה כדי להבטיח שכל החיידקים מושמדים. ההקרנה בכלי סגור שומרת על המצב הסטרילי של המזון לאחר ההקרנה למשך זמן רב גם ללא קירור, כל עוד לא פותחים את הכלי. ההקפדה על מנה מתאימה של קרינה חשובה ויש לכך חוקים ותקנות ברורים.

הערה לעמוד 128 – תחת מדידת בלאי ונזקים לחומרים

באופן דומה אפשר לגלות דליפה על ידי הוספת חומר רדיואקטיבי לגז או לנוזל במערכת צינורות סגורה. דליפה של רדיואקטיביות מלמדת על חורים או סדקים בצינורות.

שימושים בקרינה מיוננת הנפלטת מחומרים רדיואקטיביים

תשובות לשאלות בעמוד 130

1. א. גופם של היצורים החיים מכיל כמויות גדולות של פחמן ולכן סביר להניח שהוא יכיל גם כמויות גדולות יחסית של האיזוטופ פחמן 14. זמן מחצית החיים של פחמן 14 מתאים לתיארוך דגימות מהחי בטווח של כ-20,000 שנים ולכן אינו יכול לתת פתרון לתיארוך יצורים שחיו זמן רב לפני כן.

   ב. פחמן 14 מגיע מפחמן דו-חמצני הנמצא באוויר או בצמחים. הסלעים אינם קולטים פחמן מהצמחים או מהאוויר ולכן הוא אינו יכול לשמש לקביעת גילם.

   ג. זמן מחצית החיים של פחמן 14 הוא 5,730 שנים. במשך 2,800 תתפרק כמחצית ממנו, ולכן כמותו בשרידי העלים תהיה קטנה פי 2 מזו שבעלים טריים.

2. א. מתאימים לכך איזוטופים של אורניום ושל תוריום, שזמן מחצית החיים שלהם דומה לזה של גיל הסלעים, ובמהלך תקופה זו פחתה כמותם בכמחצית.

   ב. לאורניום 235 זמן מחצית חיים של כ-700 מיליוני שנים והוא יכול להתאים לתיארוך סלעי גיר.

3. בחקלאות ובתעשייה נעזרים באיזוטופים רדיואקטיביים לגילוי דליפות מצינורות.

כדי שלא לזהם את הסביבה משתמשים באיזוטופים שזמן מחצית החיים שלהם קצר (ימים ספורים), כך שהם יישארו בסביבה זמן קצר בלבד.

4. איזוטופ יוד 131 מתפרק בתוך זמן קצר ולכן מעקב אחריו לא יגרום זיהום רדיואקטיבי לאורך זמן. יוד 129 הוא אחד התוצרים של ביקוע גרעיני ומשך חייו ארוך מאוד, כך שהימצאותו על פני כדור הארץ יכול לשמש מדד טוב לזיהום רדיואקטיבי (אם כי יוד 129 נוצר באטמוספרה גם בהשפעת קרינה קוסמית).

פרק 3
נזקי קרינה

המינון הוא כל ההבדל (קטע פותח)

הערה לפינת הדילמה – שהשימוש בנשק גרעיני בעמוד 136

חשוב להפנות את התלמידים לקריאת חומר רקע רחב יותר כדי שיוכלו לגבש עמדה מושכלת.
אפשר לבצע כאן גם משחק תפקידים במתכונת של מעין משפט ציבורי, כדי להגיע להכרעה מנומקת, משתי נקודות מבט: לאור הידוע לנו היום על נזקי הפצצה, ולאור הידע שעמד לרשות ארצות הברית במועד הטלת הפצצה.

מאפייניה של הקרינה המיינת

תשובות לשאלות בעמוד 140

1. בעיקר במצבים של אבחונים רפואיים, למשל צילומי רנטגן של שיניים או של איברי תנועה, או בדיקות רפואיות אחרות המתבססות על שיטות של רפואה גרעינית.
2. קרינה הממוקדת באיבר מסוים בגוף תגרום נזק רק לו, אך אם נחשוף את כל איברי הגוף למנת קרינה ממוקדת תהיה ההשפעה הכללית כמו זו של חשיפת הגוף כולו לאותה מנת קרינה.

   חשיפה של הגוף כולו למנת קרינה מסוימת חושפת למעשה את כל איברי הגוף לאותה מנת קרינה, ואז יש להתייחס רק למקדם הסיכון המשוקלל של הגוף כולו שהוא 1.0. אך אין פירוש הדבר שכל הרקמות והאיברים בגוף ייפגעו באותה מידה על ידי אותה מנת קרינה. כל רקמה או איבר ייפגעו על פי מידת רגישותם לקרינה.
3. כפי שנראה בהמשך, הרגישים ביותר הם הרקמות והאיברים שהתאים הבונים אותם מתחלקים כל הזמן, ולכן שינויים בחומרים הבונים את התאים בהשפעת קרינה מיינת יבואו בהם מהר יותר לידי ביטוי.

השפעותיה של קרינה מיינת על האדם

תשובה לשאלה בסוף עמוד 141

0.003*4% = 0.012%

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: בעקבות אסונות בכורים גרעיניים: השפעות קצרות טווח והשפעות ארוכות טווח של חשיפה לקרינה מיינת, בעמוד 143

1. הנשורת הרדיואקטיבית, הפיצוץ עצמו והקרינה הנפלטת גורמים למוות ולנזקים גנטיים. כיום, קיים חשש מפני זיהום הקרקע בחומרים רדיואקטיביים (סטרונציום 90 וצזיום 137), שזמן מחצית החיים שלהם ארוך מ-30 שנה. כאשר חומר רדיואקטיבי חודר לקרקע הוא חודר למארג המזון ונשאר חלק ממנו עד אשר הוא מתפרק לחלוטין. לכן, מדענים טוענים שהאוכלוסייה (החי ככלל והאדם כפרט) המקומית אשר ניזונה מהצומח באזור, תיפגע מהרדיואקטיביות והשפעותיה יימשכו עוד כמה דורות.
2. תוצאות הפיצוץ הגיעו עד סקנדינביה ואיטליה, ואפילו עד ארצות הברית. הנשורת הגיעה לקרקע, והיא עדיין נגועה בשטח של כ-100 קמ"ר מסביב לעיר.

3. היתרון האקולוגי נובע מכך שהאזור הסגור אינו מופרע (בדומה לשטחים הצבאיים באזורי הגבול ובשטחי אימונים בארץ) ויש אפשרות להתחדשותו הטבעית. בעקבות מיעוט הפעילות האנושית ב"אזור שלושים הקילומטר", שגשגה בו אוכלוסייה של חיות בר שונות והתפתחה בו מערכת אקולוגית ייחודית המהווה "פארק לא מתוכנן". עם זאת, יש לזכור שבעלי חיים רבים נפגעו וחלו, כמו בני האדם, וגם הצמחים נפגעו עקב מוטציות שפגעו בתפקודם התקין.
4. יש לעקוב באופן מסודר אחר בעלי החיים במשך זמן רב (עשרות שנים לפחות), ולבחון אם הם לא לוקים במחלות שונות, אם לא מופיעות מוטציות ושינויים בתכונות הצאצאים שלהם.

השפעות הקרינה על התא ועל רכיביו

הערה לעמוד 144

אם התלמידים למדו ביולוגיה, אפשר לשאול אותם את השאלה הבאה:

אילו משלושת המצבים הנוצרים לאחר פגיעת קרינה ב-DNA בתאים ייחשבו כפגיעת קרינה? נמקו.

תשובה לשאלה

מצב 2 – שבו נגרם נזק בלתי הפיך ל-DNA והתא אינו יכול להמשיך להתרבות.

מצב 3 – מוטציות ב-DNA בתאים סומטיים בגוף, הגורמות לשינויים במידע הגנטי ופוגעות בתפקודו התקין, ייחשבו כפגיעת קרינה. המוטציות יכולות לגרום להתפתחות מחלת הסרטן ולגרום נזק ניכר לגוף.

גם מוטציות בתאי רבייה שיפגעו בדורות הבאים ייחשבו כפגיעת קרינה.

השפעת קרינה מיוננת על תאים

הישרדות תאים בעקבות חשיפה לקרינה מיוננת

תשובות לשאלות תחת גרף 5 ואיור 36 בעמוד 150

1. בעקום B יש רק חלק לינארי, מכיוון שהפגיעה הקשה של חלקיקי α והניטרונים בתאים גורמת לכך שהישרדות התאים פוחתת כבר במנות נמוכות יחסית של קרינה.

הנזק שגורמות קרני γ וקרני X קטן יותר, ולכן רק במנות קרינה גדולות קרני γ וקרני X פוגעות בהישרדות התאים בעוצמה הדומה לזו של חלקיקי α וניטרונים.

ההבדלים במנת הקרינה הנדרשת כדי לפגוע במידה דומה בהישרדות התאים משקפת את ההבדלים באנרגיה הנספגת בתאים כאשר פוגע בהם כל סוג של קרינה (חלקיקי α וניטרונים, בהשוואה לקרני γ וקרני X).

2. א. צורת ה"כתף" פרושה שיפוע נמוך של העקומה, כלומר, למנות קטנות של קרינה השפעה מועטה על התאים המוקרנים ורובם שורדים.

ב. ככל שעולים במנת הקרינה, השפעת הקרינה מתעצמת. שיפוע לינארי פירושו שתוספת מנת קרינה שווה גורמת לפגיעה במספר גדול יותר של תאים שאינם שורדים את הפגיעה (יש לזכור שמדובר בסקלה לוגריתמית).

3. יש הבדלים גדולים ברגישותם של תאים שונים בגוף לקרינה, רגישות הקשורה בעיקר לאופן התרבות התאים. תאים שמתרבים כל הזמן, למשל תאי רבייה או תאים שעדיין לא התמיינו כמו מוח עצם, רגישים לקרינה יותר מתאים סומטיים שקצב החלוקה שלהם אִטי הרבה יותר.

לקרינת ניטרונים וחלקיקי אלפא תהיה השפעה ניכרת רק אם הקרינה תחדור לתוך הגוף (עם המזון למשל), כי טווח החדירה שלהם נמוך. כפי שרואים מעקום A, ככל שמספר החלקיקים החודרים לגוף גדול יותר, גם פגיעתם תהיה גדולה יותר (ביחס מעריכי, כי הסקלה של ציר Y היא לוגריתמית).

קרני גמא וקרני X חודרות לעומק רב יותר בגוף, ולכן גם חשיפה למקור חיצוני מסוכנת. מובן שככל שהאיבר נמצא עמוק יותר בגוף, מידת החשיפה פוחתת, אך מידת הפגיעה תלויה ברגישותה של כל רקמה לקרינה.

קרני גמא וקרני X מסוכנות במיוחד מעל ערך סף – כ-5 גריי על פי גרף B.

השפעת קרינה מיינת על תאים בשלבים שונים של מחזור חייהם

תשובות לשאלות תחת גרף 6 בעמוד 153

1. א. לעקום צורת פעמון הפוך המצביעה על שינויים ניכרים ברגישות לקרינה מיינת בשלבים שונים במחזור החיים של התא.

ב. השלבים הרגישים ביותר לקרינה הם שלב G_2 שבו נוצרים בתא כל הרכיבים הנחוצים לחלוקת התא, ושלב המיטוזה שבא מיד לאחריו.

התאים רגישים פחות בשלב הסינתזה של ה-DNA (שלב S).

ג. התאים רגישים לקרינה מיינת (כמובן כתלות במנת הקרינה שהם סופגים). גם בשלבים במחזור החיים שהם פחות רגישים לקרינה, עדיין יש תמותה של 50% ויותר (העמידות אינה מגיעה ל-0.5). בשלבים הרגישים לקרינה נפגעים כמעט 90% מהתאים (רק 0.1 ממשיכים להתקיים ולהתחלק).

2. בשלב המיטוזה, מנגנוני התיקון של ה-DNA פחות פעילים ועיקר האנרגיה של התא מופנית להשלמת תהליך החלוקה. פגיעה ב-DNA בשלב זה קרוב לוודאי שלא תתוקן, ומנגנוני הבקרה יפסיקו את תהליך החלוקה. בשלב S פעילים מאוד מנגנוני התיקון, ולכן התא יכול, בקלות יחסית, לתקן נזקים ל-DNA שגורמת חשיפה לקרינה מיינת.

3. בשלבים שבהם התא גדל, חלים תהליכים נמרצים של ביוסינתזה של חלבונים הנחוצים ליצירת רכיבי תא שונים. הכנסת שינויים ב-DNA בהשפעת קרינה עלולה לשבש את יצירתם של החלבונים הנחוצים לתהליכים אלה, ולכן התאים ימותו בסופו של דבר.

4. אם כל תא יהיה בשלב אחר במחזור החיים לא נוכל לבדוק השפעת קרינה מיינת על שלבים שונים במחזור החיים של התאים. רק אם כל התאים יהיו בדיוק באותם שלבים אפשר יהיה לבדוק את השפעת הקרינה על כל שלב במחזור החיים של התאים.

פגיעה של קרינה מיינת בתאים ומחלת הסרטן

תשובות לשאלות תחת איור 40 בעמוד 156

1. קרינה מיינת הגורמת למוטציה בגן האחראי על בקרת תהליכים המתרחשים בתאים, כמו למשל ויסות קצב התחלקות התאים, עלולה לגרום להתרבות בלתי מבוקרת של תאים ולהתפתחות גידולים. מחלת הסרטן מתפתחת כאשר התאים המתרבים משנים את צורתם והופכים לתאים ממאירים, שיכולים להתרבות בלי הפסקה ולהשתלט על הרקמה שבה הם נמצאים. הם גם יכולים לעבור דרך הדפנות של כלי הדם ולהגיע, עם זרם הדם, לחלקי גוף שונים וליצור בהם גרורות.
2. התחמקות מאפופטוזה – מוות תאי מתוכנן (אפופטוזה) מונע שימור מוטציות הפוגעות בתפקוד התאים ויכולות להוביל להפיכתם לתאים סרטניים. תאים המתחמקים ממוות מתוכנן יכולים להפוך לתאים ממאירים.

השריית התפתחות של כלי דם – יצירת כלי דם המספקים לתאים הממאירים חמצן ומזון, ואלה מאפשרים את גידולם המהיר המוביל להשתלטותם על הרקמה ואף על האיבר כולו.

גידול בלתי מבוקר ובלתי מוגבל – גורם להתרבות מהירה של התאים וליצירת גידולים. אם התאים עוברים שינויים הם הופכים לתאים ממאירים שמובילים להתפתחות מחלת הסרטן.

חוסר רגישות למעכבי גדילה – הגוף מתקן תהליכים שמובילים להתרבות בלתי מרוסנת של תאים באמצעות מעכבי גדילה. אם התאים מתחמקים ממנגנון ויסות זה הם מתרבים בלי בקרה ויוצרים גידולים בלי שהגוף יוכל לרסן את התהליך.

ייצור עצמי של חומרים מזרזי גדילה – מתגבר על מנגנוני הוויסות של הגוף ומוביל להתרבות מהירה ולא מרוסנת, שבמקרים שבהם נוצרים תאים ממאירים היא הופכת למחלת סרטן.

חדירה לרקמות אחרות בגוף – גורמת להתפשטות תאים ממאירים לאיברים שונים בגוף ולהיווצרות גרורות סרטניות.

השפעת קרינה מיינת על קרומי תאים

תשובות לשאלות בעמוד 157

1. הקרינה המיינת פוגעת בחלבונים הנמצאים בקרומים ובשכבה הכפולה של הפוספוליפידים. פגיעה בחלבונים יכולה לפגוע בתפקודם של הקרומים ובתכונת הבררנות שלהם. פגיעה בחלבוני מבנה עלולה לפגוע גם ביציבות המבנה של הקרומים.

פגיעה בפוספוליפידים עלולה לפגוע ביציבות הקרום ובחדירותו. חדירת מים למבנה הקרום עלולה להרוס אותו.

2. פגיעה בקרום התא תפגע בתכונת הבררנות (סלקטיביות) שלו וביכולתו לשמור על סביבה פנימית קבועה, ולכן התא לא יוכל להמשיך להתקיים.

מידת השפעת הפגיעה בקרומים של אברונים תת-תאיים תלויה בחשיבות האברון לקיום התא ובמספר האברונים שיש בתא (אם יש כמה מיטוכונדריה, גופיפי גולג'י וליזוזומים, התא יוכל לשרוד אם חלקם לא ייפגעו על ידי הקרינה).

3. בתאים מתחלקים חלים תהליכי סינתזה גם של הקרומים, וקרינה יכולה לפגוע בתהליכים אלה ולמנוע השלמת תהליך החלוקה.

הערה למורה

במקרה כזה עלול להיווצר תא פגום שרבים הסיכויים שהוא יושמד באמצעות אפופטוזה.

השפעת קרינה מיוננת על רקמות בגוף

השפעת קרינה מיוננת על העור

תשובות לשאלות בעמוד 161

1. מבחינת היחס בין שיעור התחלואה בסרטן עור שאינו מלנומה לשיעור התחלואה במלנומה, אין הבדל בין אנשים בהירי עור לאנשים כהי עור: היחס הוא 40.
2. אנשים בעלי עור כהה רגישים פחות לקרינה על-סגולה ולכן סביר ששיעור התחלואה שלהם נמוך יותר מזה של אנשים בהירי עור, אבל אין פירוש הדבר שהם אינם לוקים בסרטן העור. לכן, גם הם צריכים להיות זהירים ולנקוט באמצעי זהירות מתאימים שיגנו עליהם מפני חשיפת יתר לקרינת שמש חזקה.
3. תאי העור הם תאי גוף שקצב החלוקה שלהם אִטי יחסית. נזקים שגורמת הקרינה למולקולות ה-DNA שבתאים – מוטציות הפוגעות בגנים האחראיים על חלוקת התאים הגורמים למחלת הסרטן – משפיעים לאורך זמן, ולכן ניכרים רק אחרי שנים רבות, כמו אצל אנשים קשישים שנחשפו לקרינה שנים רבות קודם לכן. אצל אנשים קשישים נחלשות גם מערכות הגוף, ובהן גם מערכת החיסון, ולכן יכולתו של הגוף להתמודד עם הופעת תאים פגומים פוחתת והסיכון לפריצת מחלת הסרטן, לרבות סרטן עור, גדול יותר.
4. שיעור התחלואה במדינות שמעליהן יש "חור" באוזון גדל באופן ניכר, ולכן במדינות אלה נדרשים האנשים לנקוט באמצעי זהירות מיוחדים כדי להפחית את החשיפה לקרינת שמש, למשל חבישת כובעים רחבי שוליים, לבישת חולצות עם שרוולים ארוכים ושימוש במשחות הגנה מפני קרינת השמש.

השפעת קרינה מיוננת על העיניים

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: תחלואה בסרטן תירואיד בעקבות האסון בצ'רנוביל, בעמוד 163

1. א. עלייה בתחלואה בסרטן התירואיד בקרב ילדים שנחשפו לקרינה התחילה להתגלות בשנת 1990 והעלייה נמשכה עד שנת 1995: בבלארוס התייצב מספר המקרים בשנה זו ואילו ברוסיה הובחנה ירידה בתחלואה בשנת 1996.

   ב. תקופת ההשהיה נמשכה 4-10 שנים.
2. הקבוצה הרגישה ביותר לקרינה הם ילדים שגילם היה מתחת ל-4 כשהם נחשפו לקרינה מהכור בצ'רנוביל. בגרף 8 אפשר לראות שמספר מקרי הסרטן בקבוצת גיל זו היה הגבוה

ביותר, והתחלואה המשיכה לעלות בקבוצה זו גם כאשר בשתי קבוצות הגיל האחרות היא התחילה להתייצב.

3. 11-4 שנים בגילאי 0-4 (ייתכן שאף יותר, כי העלייה בתחלואה נמשכה בזמן ביצוע המחקר). 6-4 בגילאי 5-9 ו-10-14 משום שהתחלואה התייצבה לאחר 6 שנים.
4. יש לבדוק אם התחלואה בקרב ילדים שנחשפו לקרינה גבוהה מזו שבקרב ילדים באזורים סמוכים שלא נחשפו לקרינה. בגרף 7 נבדקה התחלואה בסרטן בלוטת התריס בקרב 100,000 ילדים באזורים שנפגעו בקרינה. נמצא ששיעור זה היה גבוה באופן ניכר מהתחלואה באזורים ברוסיה שלא נחשפו לקרינה גבוהה (אם כי בגלל הנשורת גם אזורים מרוחקים יחסית נחשפו לקרינה). אפשר כמובן להשוות למצב התחלואה במדינות אחרות כדי לראות אם גם בהן חלה עלייה ניכרת בתחלואה בסרטן בקרב ילדים, כדי לוודא שלא היה גורם אחר שגרם לתחלואה כלל-עולמית (אם כי תופעה כזו היא בעלת סבירות נמוכה מאוד).
5. מתן יוד לא רדיואקטיבי ארבעה ימים לאחר שהתושבים כבר נחשפו ליוד הרדיואקטיבי לא יכול היה למנוע את ספיגת היוד הרדיואקטיבי בתירואיד ואת גרימת הנזק לתאי הרקמה. היוד הלא רדיואקטיבי נקלט בתירואיד ומנע המשך הקליטה של היוד הרדיואקטיבי, אך היוד הרדיואקטיבי שנקלט בימים הראשונים הוא שגרם את הנזק.

השפעת קרינה מיינית על הגוף כולו

תשובות לשאלות תחת טבלה 15 בעמוד 164

1. בטבלה מוצגים ערכי סף המצביעים על תגובה המתפתחת אצל האנשים הרגישים ביותר למנה מסוימת של קרינה. כך, למשל, מנת קרינה של 1.5Gy היא ערך סף לתמותה, כלומר, רק חלק מהאנשים ייפגעו וימותו בעקבות החשיפה לה. הרגישות לקרינה מושפעת ממצבם הבריאותי של האנשים.
2. בחשיפה של הגוף כולו נחשפים גם איברים הרגישים לקרינה, כמו מערכת העיכול, התירואיד ומוח העצם, ולכן נוצרת תגובה מצטברת שהיא חזקה יותר מאשר במקרה של חשיפת רקמה מסוימת. אם תפקוד הרקמה או האיבר שנפגעו חיוניים לקיומו של הגוף, הפגיעה תוביל למוות.
3. טיפול רפואי יכול לסייע לגוף להתגבר על פגיעת הקרינה: עירוי דם מאפשר החלפת תאי דם פגועים, בליעת יוד לא רדיואקטיבי מונעת ספיגת יוד רדיואקטיבי בבלוטת התירואיד וכדומה. טיפול רפואי יכול גם למנוע התפתחות זיהומים, שהם תהליכים משניים שיכולים לגרום במקרים רבים למוות.
4. א. היונקים הם הרגישים ביותר לקרינה מיינית ואילו הנגיפים הם העמידים ביותר.
   ב. כפי שעולה מהטבלה, יש יחס ישר בין גודלו ומורכבות גופו של היצור לרגישותו לחשיפה לקרינה. היונקים הם הגדולים והמורכבים מבין היצורים החיים שבטבלה ורגישותם היא הגדולה ביותר.
   ג. ככל שהיצור החי מורכב יותר, כך גדול יותר הסיכוי שאחד מרכיבי הגוף החיוניים לקיומו ייפגע.

נזקי הקרינה הבלתי מיינת

השפעות תרמיות והשפעות א-תרמיות של קרינה בלתי מיינת

השימוש בטלפונים סלולאריים

תשובות לשאלות תחת גרף 9 וטבלה 17 בעמוד 170

1. א. שיעור החדירה הוא מדד שבודק לכמה אנשים באוכלוסייה יש טלפון סלולארי.
מבטאים ערך זה באחוזים מכלל האוכלוסייה, כדי שלא להשתמש במספרים גדולים – מיליונים או מיליארדים.
הביטוי באחוזים הוא גם מדד נוח יותר להשוואה בין מדינות שונות, כי ציון מספר הטלפונים הסלולריים אינו משקף בהכרח את היקף השימוש בהם. כך, לדוגמה, אוכלוסיית סין מונה יותר ממיליארד אנשים. חצי מיליארד טלפונים נשמע מספר גבוה מאוד, אבל ביחס לגודל האוכלוסייה, שיעור החדירה הוא קרוב ל-50% בלבד.
ב. שיעור חדירה של 100% פירושו שלכל אדם באוכלוסייה יש טלפון סלולארי.
כאשר יש אנשים המחזיקים, כל אחד, יותר מטלפון סלולארי אחד, אחוז החדירה של הטלפונים הסלולאריים יכול להיות גדול מ-.100%

2. א. השינוי הגדול ביותר בחדירת טלפונים סלולאריים היה באסיה ובמזרח הרחוק: שיעור החדירה גדל מ-55.7% בשנת 2009 ל-85.1% בשנת 2012.
ב. השינוי הקטן ביותר בחדירת טלפונים סלולאריים היה באירופה: שיעור החדירה גדל מ-125.1% בשנת 2009 ל-133.6% בשנת 2012.

3. א. מקומה של החברה באירופה גרם לכך שהשימוש בטלפונים סלולאריים התחיל ביבשת זו מוקדם יותר מאשר באזורים אחרים בעולם, כפי שאפשר לראות מאחוז החדירה הגבוה עוד בשנת 2009 – 125.1%.
בצפון אמריקה (ארה"ב וקנדה) עמד שיעור החדירה באותה שנה על 92.1% בלבד.
ב. שיעור החדירה באירופה עלה רק מעט בין השנים 2009-2012, מ-125.1% ל-133.6%.
סביר שרוב האנשים אינם זקוקים ליותר מטלפון סלולארי אחד, ולכן הגידול בשיעור החדירה אִטי יותר.

4. בין השנים 2009-2012 עלה שיעור החדירה בצפון אמריקה (ארה"ב וקנדה) מ-92.1% ל-106.7%.
במרכז אמריקה ובדרומה עלה שיעור החדירה מ-84.7% ל-106.7%.
בשנת 2012 היה שיעור חדירה שווה בשני האזורים, למרות שבשנת 2009 היה שיעור החדירה בצפון אמריקה גדול יותר: 92.1% לעומת 84.7%.

5. דווקא באזורים שיש בהם מדינות מתפתחות רבות, כמו המזרח התיכון ומזרח אסיה, שיעור החדירה גדל במהירות. באזורים אלה אין תשתיות מסודרות של תקשורת קווית והחלופה הסלולארית משמשת מענה הולם ליצירת תקשורת גם באזורים מרוחקים ופחות מפותחים.

6. א. התקשורת הסלולארית אפשרית כמעט בכל מקום בעולם. המגבלה היחידה היא הצורך להתקין אנטנות סלולאריות מקומיות וחברה שתספק שירותים מתאימים.

ב. התקשורת הסלולרית מבוססת על אנטנות שהתקנתן פשוטה יחסית ואפשר להתקינן על בתים ועל עמודים ברחובות. היא אינה דורשת תשתית קווית שיש להתקינה באמצעות כבלים הפרושים על פני אלפי קילומטרים וזה יתרונה הגדול.
הטכנולוגיה פשוטה וגם אינה יקרה במיוחד ובכך יתרונה הגדול.
כפי שראינו מהמהפכה שהתחוללה בישראל, ברגע שגברה התחרות בשוק הסלולארי פחתו המחירים במידה ניכרת וכל אחד יכול היה להרשות לעצמו להשתמש בתקשורת סלולרית. קיימת כמובן גם האפשרות להשתמש בכרטיסים המאפשרים מספר מסוים של שיחות או משך מסוים של שימוש בטלפון הסלולארי, מה שמוזיל עוד יותר את השימוש באמצעי תקשורת זה.

תקשורת סלולארית – הברכה והקללה תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: ניתוח המחקר העוסק בייצור וצבירה של החומצה האמינית אלנין כסמן למצב מצוקה שגורמת חשיפה לקרינה אלקטרומגנטית, בעמוד 174

1. <u>בניסוי הראשון יש למעשה שתי שאלות מחקר</u>:

א. כיצד משפיעה חשיפה ממושכת צמחי המים Psirodela oligorrhiza לקרינת רדיו חלשה מאוד בטווח התדרים שבין 50-100 הרץ על יצירת אלנין בתאים (כמדד למצב עקה)?
ההשערה:
חשיפה ממושכת של הצמחים לקרינת רדיו חלשה מאוד תגרום לעלייה בריכוז האלנין בתאים משום שהיא יוצרת תנאי עקה.

ב. כיצד משפיעה תוספת ויטמין C על רמות האלנין בתאי צמח המים Psirodela oligorrhiza כשהם נחשפים לקרינת רדיו חלשה מאוד?
ההשערה היא:
הוספת ויטמין C תפחית את כמות האלנין שתיווצר משום שהוויטמין מנטרל רדיקלים חופשיים הנוצרים במצבי עקה.

<u>גם במחקר השני היו שתי שאלות מחקר</u>:

א. כיצד משפיעה חשיפה ממושכת צמחי המים Psirodela oligorrhiza לקרינת רדיו חזקה בעוצמות שונות (בטווח שבין 1.8-7.8 וולט למטר) הנפלטת מאנטנות לשידורי AM (בתדר של 1.287 מגה-הרץ ובעוצמה המצויות במרחק של 150 מ' על יצירת אלנין בתאים (כמדד למצב עקה)?
<u>ההשערות</u>:
חשיפה ממושכת של הצמחים לקרינת רדיו חזקה תגרום לעלייה בריכוז האלנין בתאים משום שהיא יוצרת תנאי עקה. ככל שעוצמת הקרינה תהיה גדולה יותר, רמת האלנין תהיה גדולה יותר.

ב. כיצד משפיעה תוספת ויטמין C על רמות האלנין בתאי צמח המים Psirodela oligorrhiza כשהם נחשפים לקרינת רדיו חזקה?
<u>ההשערות</u>:

הוספת ויטמין C תפחית את כמות האלנין שתיווצר משום שהוויטמין מנטרל רדיקלים חופשיים הנוצרים במצבי עקה.

2. א. בניסוי הראשון בוצע המהלך הבא: צמחי מים שגודלו בחושך במשך חמישה חודשים והיו רגישים לקרינה, נחשפו במשך 24 שעות לקרינת רדיו בתדר של 60 הרץ ושל 100 הרץ ובעוצמה של 0.7 מיליטלסה.

בתום החשיפה נאספו התאים, נשטפו חמש פעמים ונחשפו לגלים על-קוליים כדי לשבור את קרומי התאים ולאסוף את תוכנם.

נבדקה כמות האלנין המצויה בתאים בעקבות החשיפה.

ב. בניסוי השני בוצע מהלך דומה:

החוקרים הציבו כמה כלים עם האצות בחדר שהיה במרחק של 150 מ' מאנטנות ה-AM וחשפו אותו לקרינה במשך 24 שעות – כמה כלים לא הכילו ויטמין C במצע הגידול וכמה הכילו ויטמין C.

בתום החשיפה נאספו התאים, נשטפו חמש פעמים ונחשפו לגלים על-קוליים כדי לשבור את קרומי התאים ולאסוף את תוכנם.

נבדקה כמות האלנין המצויה בתאים בעקבות החשיפה.

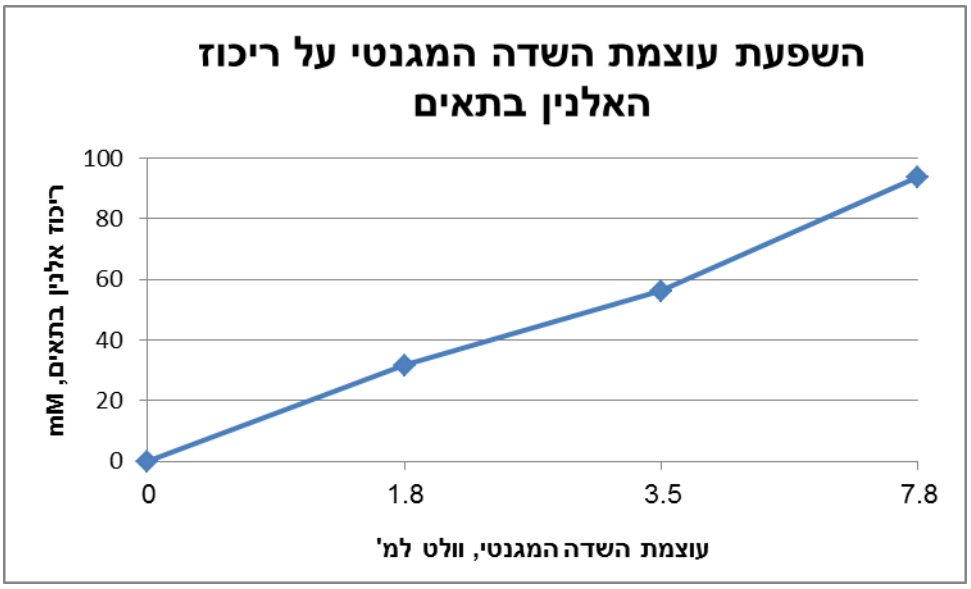
החוקרים חזרו על הניסויים 6-8 פעמים כדי לבחון אם התוצאות חוזרות על עצמן ואין כאן תופעה אקראית.

3. א. בניסוי הראשון שבדק השפעת קרינת רדיו חלשה מאוד – הראו החוקרים שהחשיפה גרמה לעלייה בריכוז האלנין בתאים וגם הייתה ירידה במסתם. הם גם הראו שתוספת ויטמין C מנעה עלייה בריכוז האלנין.

ב. בניסוי השני שבדק חשיפה לקרינת רדיו חזקה מאנטנות AM במרחק של 150 מ' – הראו החוקרים שהחשיפה לקרינה גרמה לעלייה בריכוז האלנין: ככל שעוצמת השדה המגנטי עלתה, גדל גם ריכוז האלנין בתאים (יחס ישר).

תוספת ויטמין C למצע הגידול מנעה הצטברות אלנין בתאים.

4. הגרף המתקבל משרטוט הנתונים בטבלה 1 מוצג להלן:



העקום הוא לינארי ומראה שיש קשר ישר בין עוצמת השדה המגנטי החזק לבין כמות האלנין הנוצרת בתאים.

הערה

כדאי להציג את ריכוז האלנין בתאים ביחידות של mM כדי להקל על התלמידים.

5. ויטמין C מנטרל רדיקלים הנוצרים בתאים במצבי עקה. בכל הניסויים שבהם הוסיפו ויטמין C למצע הגידול לא הצטברה בהם החומצה האמינית, אלנין, המשמשת מדד למצבי עקה.
6. על פי עקרון הזהירות המונעת יש לנקוט בכל האמצעים הדרושים כדי למנוע נזק במצבים של אי-ודאות. קשה להכריע בוויכוח בין החוקרים טענתו של מי צודקת: של מי שטוען שקרינת רדיו חלשה אינה מסכנת את הבריאות או מי שטוען שהיא אכן מסכנת את הבריאות. מחקרים מדעיים יכולים להכריע במחלוקת, ועד שלא יצטברו די נתונים יש מקום בזהירות אך גם בשיקול דעת.

פרק 4
מניעת נזקי קרינה

הגנה מפני קרינה

הגנה מפני קרינה שמקורה במתקני תקשורת

אתרים לשידור סלולארי

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: אפשר למנוע התקנה של אנטנות סלולריות – בעמוד 184

תשובות לשאלות

1. החברות ניצלו את העובדה שלא הייתה תכנית מתאר ארצית לנושא האנטנות הסלולאריות והסתפקו בקבלת היתר מהרשויות המקומיות (ראש העיר ומהנדס העיר), בלי להביא לידיעת התושבים את דבר הקמת האנטנה.
2. עליהם לפנות לגורמים המקצועיים במשרד להגנת הסביבה – לראש האגף למניעת רעש וקרינה, כדי לברר אם ההיתרים ניתנו כחוק. עליהם לדרוש שיפרסמו את הכוונה להקים את האנטנה ולבחון את התכנית כדי להציג התנגדויות במידת הצורך, לוועדה המקומית. במקרה שבו פנייתם לא נענית – הם יכולים לפנות לעזרת ארגונים כמו "אדם טבע ודין" ולפתוח במאבק.

המדיניות בישראל בנושא הקרינה

פתרונות בתחום תכנון מוקדי שידור – תכניות מתאר ארציות וחקיקה

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: הכנת חוק הקרינה הבלתי מיוננת – תהליך מייגע, בעמוד 190

1. מחלוקות בין משרדי ממשלה גורמות עיכובים ניכרים בקידום חקיקה בנושאים שטובת הציבור ממלאת בהם חלק מרכזי. על הממשלה היה לקדם את ההידברות בין משרדי הממשלה, אך במקרה המתואר (וכנראה גם במקרים רבים אחרים) היא אינה נוהגת כך ורק לחץ חיצוני של בעלי עניין או של חברי כנסת מקדם את החקיקה. כך יוצא שהממשלה נגררת במקום להוביל חקיקה בנושאים חשובים.
2. יידוע הציבור בדבר הקמת אנטנות סלולריות. הנושא של הטלת חובת פיצויים על החברות הסלולריות במקרים שבהם נגרם נזק הוא בעל חשיבות רבה כי הוא בעל אופי מרתיע. וכפי שראינו לעיל, נדרש לכך התיקון בחוק התכנון והבנייה.
3. הלחץ של חברי הכנסת שיזמו כמה הצעות חוק שהועלו לדיון בכנסת וחייבו את משרדי הממשלה לקיים דיון ענייני ולהגיע להסכמות.

הגנה מפני קרינה באמצעות הסברה

הגנה מפני קרינה ממתקנים לתקשורת סלולארית

תשובה לשאלה 1 בעמוד 192

1. א. להמעיט בשיחות באזורים שיש בהם מעט אתרי שידור (בעיקר באזורים מרוחקים שיש בהם רק מעט יישובים).

ב. לא לשוחח בטלפונים סלולריים בתוך כלי רכב (רכבת, אוטובוס ומכוניות פרטיות) ובמעליות עם קירות מתכת.

ג. בתוך כלי רכב פרטיים, להקפיד להשתמש בדיבורית עם אנטנה חיצונית.

ד. להשתמש באזניות ולא להצמיד את הטלפון הסלולרי לאוזן.

ה. להחזיק טלפונים סלולריים הרחק מהגוף כשלא משתמשים בהם.

ו. להרחיק טלפונים ומתקנים אלחוטיים אחרים מחדרי ילדים ותינוקות.

הערה

יש מגוון מקורות מידע בנושא השפעות הקרינה הלא מייננת.

כמה מהסרטונים מוצעים בהמשך, אך ייתכן שחלקם ירדו עם הזמן מהרשת.

תכניות טלוויזיה שעסקו בנושא:

אמנון לוי – איך מונעים 98% מהקרינה הסלולארית:

https://www.youtube.com/watch?v=ITuCzMopyB0

קרינה– חדשות ערוץ 2:

https://www.youtube.com/watch?v=bDmRMz4Spbk

תכנית בוקר של אורלי וגיא – מוצרים למניעת קרינה:

https://www.youtube.com/watch?v=imgd5v7cFSg

תכנית בוקר של ערוץ 10 שעסקה בוויכוח בין שתי גישות על הסכנות שבחשיפה לקרינה סלולארית:

https://www.youtube.com/watch?v=vALxAofMD3M

עמדה בנושא קרינה מטלפונים סלולאריים – האגודה למלחמה בסרטן:

http://www.cancer.org.il/template/default.aspx?PageId=6789

בכיר בשיבא מביע עמדה הפוכה:

http://news.walla.co.il/?w=/1/1794684

אפשר להפנות את התלמידים לצפות בסרטונים המציגים עמדות שונות בנוגע לסכנות הכרוכות בשימוש בטלפונים סלולאריים ולקיים בכיתה דיון בטענות השונות.

הגנה מפני קרינה על-סגולה (UV)

תשובה לשאלה בעמוד 193

הזווית של השמש ביחס לשטח פני הקרקע משתנה במשך היממה (הזווית גדולה ביותר בשעות הצהריים), ובמשך עונות השנה (גדולה יותר בעונת הקיץ). לכן עוצמת הקרינה, הכוללת גם את התחום העל-סגול, משתנה אף היא במשך היממה והשנה.

זווית השמש היא הגדולה ביותר (90^0) מעל קו המשווה, ולכן הקרינה שם היא החזקה ביותר על פני כדור הארץ.

בעלייה לגובה שכבת האטמוספרה נעשית דקה והיא בולעת חלק קטן יותר מהקרינה. זה גם המצב כאשר חל דלדול של שכבת האוזון הגורם לכך שקרינה רבה יותר מגיעה אל שטח פני כדור הארץ.

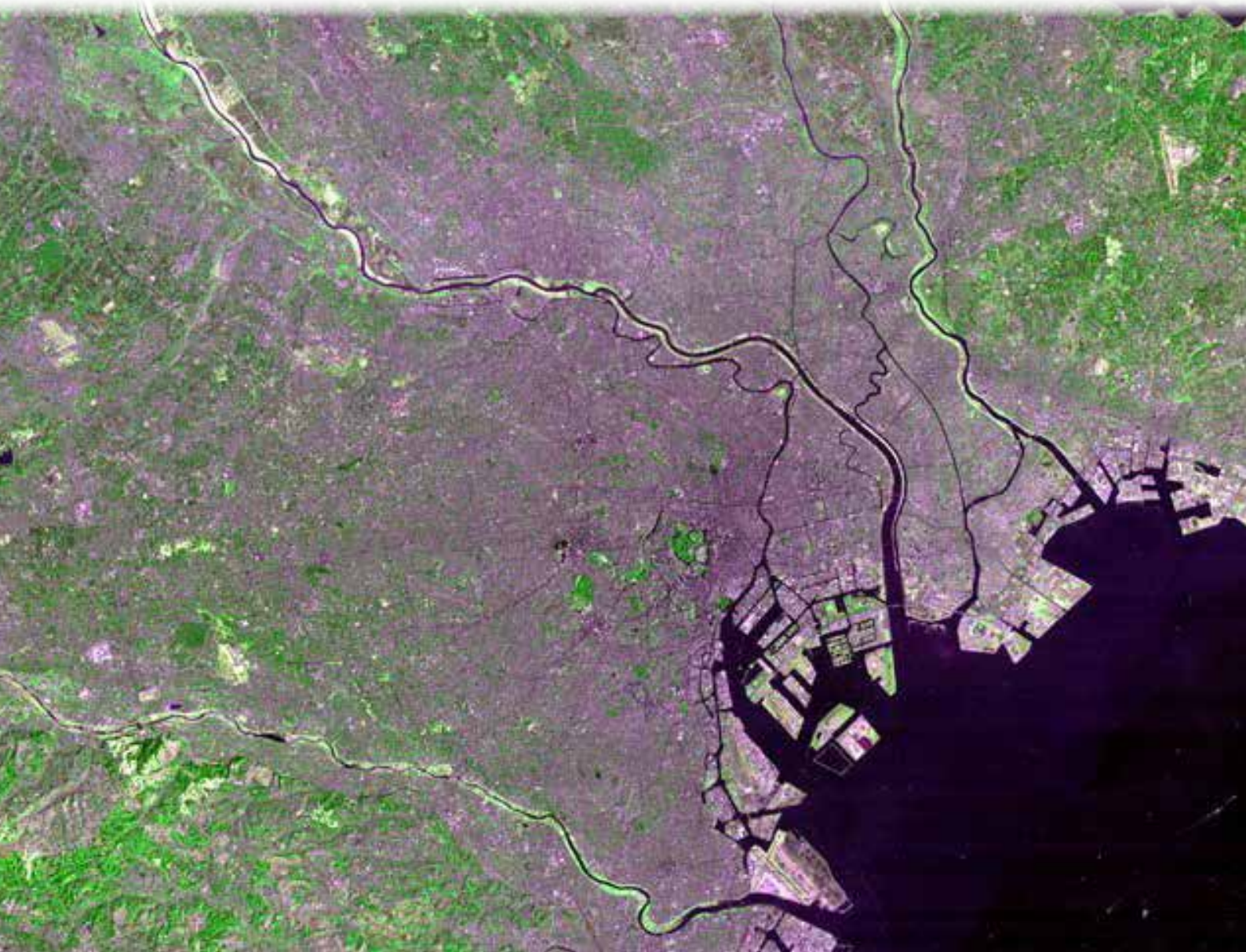
משטחים המחזירים קרינה רבה (משטחים בהירים, כמו למשל משטחי הקרח באזורי קו המשווה), מחזירים גם כמות גדולה יותר של קרינת UV.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי טענולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

אונברסיטת בר–אילן
בי"ס לחינוך
המרכז להוראת המדעים

תכנון סביבתי



ראש הפרויקט
פרופ' יוסף מניס

אחראית אקדמית
ד"ר מיכל ציון

אחראית שכתוב
ד"ר שרה קלצ'קו

כתיבה ושכתוב
יעל דורי - ארגון אדם טבע ודין
שירלי גלעד-אילסר

ייעוץ מדעי
פרופ' ארזה צ'רצ'מן, הטכניון, חיפה

עיצוב גרפי
ניצן - שמיר - מעצבים

עריכת לשון
ד"ר שרה קלצ'קו

קראו והעירו
בתיה פריד
יהודית צ'ורנו-הוניג
עינת פילר

בהכנת המהדורה הראשונה השתתפו
ד"ר שרה קלצ'קו
מידד קיסינ'ר וג'רי ברנשטיין - מדדים לאיכות הסביבה

ייעוץ מדעי
פרופ' אליהו שטרן, אונ' בן גוריון
ד"ר איריס גרייצר, מכללת בית ברל

עיצוב גרפי והכנת איורים
דפנה גילת

עריכת לשון
לאה תלמי

עימוד והכנה לדפוס
נורית הדדי

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך 2014

פתח דבר למורה

קווים מנחים בהכנתו של הספר לתחום התכנון הסביבתי

בשנים האחרונות גוברת ההכרה כי אופני הפיתוח וצריכת המשאבים על ידי בני האדם, שהתפתחו במהלך מאה וחמישים השנה האחרונות, מערערות את יציבותן והמשך קיומן של המערכות האקולוגיות על פני כדור הארץ. כתוצאה מכך גברה המודעות לצורך בתכנון ארוך טווח, החוסך בשימוש במשאבים, וליצירת איזון בינו לבין איכות החיים שלנו ושל הדורות הבאים, על פי תפיסת ה**קיימות**. גם בישראל התעוררה המודעות לבעיות הסביבתיות הקיומיות אשר נוצרו כתוצאה מתהליכי הפיתוח המואצים – מחסור בקרקע ובשטחים פתוחים, מחסור במים והידרדרות במצבן של המערכות האקולוגיות. החל משנות ה-90 של המאה ה-20, בעקבות פעולות שונות מצד האקדמיה וארגונים סביבתיים, התפתח שיח תכנוני סביבתי ער בנושאים אלה וננקטו פעולות שונות לעידוד מדיניות פיתוח בת-קיימא במישור הלאומי ובמישור המקומי.

הספר הנוכחי בנושא תכנון סביבתי שונה במידה רבה מהספר המוצע במסגרת "עוברים לירוק". הוא נכתב מנקודת המבט של מומחים בתחום התכנון הסביבתי. הספר במתכונתו הנוכחית נועד להציג תמונה רחבת היקף של תחום התכנון הסביבתי ולהראות את ההקשרים התיאורטיים, ההיסטוריים והמעשיים שלו. מטרתו היא ליצור הבנה של עקרונות העל בתחום ולהביא ידע עדכני הקיים כיום בעולם, וכן להביא להכרת מאפייניה הייחודים של מדינת ישראל ואופני יישום תחום התכנון הסביבתי בארץ.

בספר ארבעה פרקים, העוברים מן הכלל אל הפרט:

הפרק הראשון – מקורות המשבר הסביבתי ואתיקה סביבתית – מציג את המבואות התיאורטיים הנחוצים להבנת ההקשרים החברתיים והתרבותיים של המשבר הסביבתי.

הפרק השני - הבסיס המשפטי והמוסדי לניהול ותכנון סביבתי בישראל את היסודות והמבנה של המערכת המוסדית המאפשרת את קידום מדיניות התכנון הסביבתי בישראל.

הפרק השלישי – תכנון סביבתי ברמה הארצית – מציג את עקרונות התכנון הסביבתי ברמה הארצית.

הפרק הרביעי- תכנון סביבתי ברמה העירונית – מציג את העקרונות הרצויים לקידום מדיניות תכנונית ברמה העירונית.

חשוב לשמור על רצף הלימוד המוצע בספר משום שאי אפשר להבין את פרקים 3 ו-4 ללא המבואות המוצגים בפרקים 1 -2.

<u>הפרק הראשון</u> פותח בהצגה ביקורתית של הגורמים המרכזיים להיווצרות המשבר הסביבתי, את הקשר שבין מגמות דמוגרפיות עולמיות, תרבות הצריכה של החברה המערבית לבין הבעיות הסביבתיות. בהמשך מציג הפרק את הגישה של "טביעת הרגל האקולוגית" המשמשת אמצעי להערכת צריכת המשאבים על ידי כל אדם וכל מדינה בעולם. הפרק מציג את ההיסטוריה של התפתחות המחשבה הסביבתית בעולם המערבי, הוגים עיקריים, דילמות מרכזיות ותפיסות עכשוויות כגון תפיסת הקיימות וצדק סביבתי.

<u>הפרק השני</u>, הבסיס המשפטי והמוסדי לניהול ותכנון סביבתי בישראל, מציג את המערכות אשר באמצעותם מנוהלת ומקודמת מדיניות התכנון הסביבתי – פיזי במדינת ישראל. במרכז הפרק עומד חוק התכנון והבנייה שמגדיר את סוגי התכניות השונות הקובעות את מערך שימושי הקרקע,

המוסדות והגופים האמונים על מלאכת התכנון וכן את הליכי התכנון. דגש רב ניתן בפרק על ההיבטים הסביבתיים של החוק ועל הדרכים לקידום מדיניות סביבתית באמצעותו. בנוסף מוצגים בפרק ארגונים וגופים המשפיעים על מעשה התכנון: גופים ממסדיים בעלי סמכויות כמו רשות מקרקעי ישראל או רשות הטבע והגנים, וגופים חוץ-ממסדיים כמו קרן קיימת לישראל וארגוני סביבה וחברה. עוד מפורטים בפרק חוקים והלכות נוספים המשפיעים על תכנון שימושי הקרקע במדינה כמו החוק לשמירת הסביבה החופית או תקנות תסקירי השפעה על הסביבה. מתוך הכרה כי מעשה התכנון הוא דינמי ופוליטי, שזורות בפרק דוגמאות למאבקים סביבתיים רבים המדגימים כיצד אלו השפיעו או שינו את מדיניות התכנון הסביבתי בארץ.

<u>בפרק השלישי</u>, "תכנון סביבתי ברמה הארצית", שלושה חלקים:

- ♥ בחלק הראשון מוצג תחום התכנון הסביבתי על הגדרותיו השונות וכן את התפיסות המקובלות בעולם לתכנון משאב הקרקע אשר הינו המשאב בחסר במדינת ישראל.
- ♥ בחלק השני מוצגים המאפיינים של הבעיות הסביבתיות של מדינת ישראל – החל מתנאים דמוגרפיים של צפיפות אוכלוסין מהגבוהות בעולם המערבי וכלה בתפיסות אידיאולוגיות של פיתוח וכיבוש השממה. כמו כן מוצגת ההסטוריה של תחום התכנון הסביבתי בארץ.
- ♥ החלק השלישי מציג את העקרונות המרכזיים בתכנון סביבתי בישראל כפי שאלו באים לידי ביטוי בתוכניות המתאר הארציות והמחוזיות. הצגת העקרונות נעשית תוך התייחסות פרטנית לתחומים המרכזיים בניהול משאב הקרקע: שמירת השטחים הפתוחים, תכנון תפרוסת היישובים, תחבורה ומים.

<u>הפרק הרביעי</u> והאחרון של הספר, "תכנון סביבתי ברמה העירונית", מחולק אף הוא לשני חלקים. בחלק הראשון מוצגת תופעת העיור, שהיא אחת מהתופעות המרכזיות של העידן המודרני ולה יש קשר ישיר למשבר הסביבתי. כמו כן מוצגת ההיסטוריה של התפתחות הערים בעידן זה ובהשפעת תהליכי הגלובליזציה - העיר התעשייתית והבתר תעשייתית. בנוסף, מפורטים המאפיינים הדמוגרפיים והמרחביים של תהליך העיור בעולם ובישראל והשלכותיהם על הסביבה. מאחר שכ-92% מתושבי ישראל חיים ביישובים עירוניים, תכנון עירוני בר-קיימא בישראל הוא אחד מהנושאים הבוערים ביותר כיום בהתמודדות עם בעיות סביבתיות וחברתיות וכן בשיפור איכות חייהם של מיליוני בני אדם בעולם. לפיכך בחלק זה של הספר מפורטים עקרונות התכנון במגוון של נושאים: תחבורה, שטחים ציבוריים פתוחים, ניהול בר קיימא של המשאבים (קרקע, מים, אנרגיה וכו'), מיתון מפגעים ויצירת קהילות בנות קיימא. הפרק שזור בשלל דוגמאות המציגות את הדרכים ליישום עקרונות התכנון השונים וכן מציע מגוון של הפעלות לעידוד פעילות אקטיבית של התלמידים בנושאים אלו ביישובי מגוריהם.

הנושא האחרון בספר עוסק באתגרים לתכנון עתידי. מוצגות בו הדילמות של פיתוח מול שימור והצורך בשינוי מדיניות קיימת על מנת להתאים את השימוש במשאבים השונים לאורחות החיים המודרני.

השתדלנו לכלול בספר דוגמאות רבות, חקרי מקרה ודילמות כדי להמחיש את הקשיים שמעורר תכנון סביבתי בגישת הקיימות. כדי להמחיש לתלמידים סוגיות שונות בתכנון סביבתי, מומלץ לצאת אתם לסיורים בסביבה הקרובה לבית הספר, באתרים שעוררו מחלוקת תכנונית סביבתית ברוח חקרי המקרה והדילמות המוצגות לכל אורך פרקי הספר.

העשרה: אתיקה סביבתית והמשבר הסביבתי

התחום של אתיקה סביבתית כולל את הגישות ותפיסות העולם אשר עוסקות בשאלות מוסריות-פילוסופיות ובשאלות מעשיות על הקשר שבין האדם לסביבתו והאופן שבו על האדם לנהוג בסביבה. בחלק הראשון של הפרק נדון במושגי יסוד בתחום האתיקה הסביבתית. בחלקו השני נדון בגישות שונות להתערבות האדם בסביבה ובהתמודדות עם ה"משבר הסביבתי" ומקורותיו החברתיים-תרבותיים.

<u>הערה</u>

אתיקה - ענף בפילוסופיה אשר עוסק בשאלות "מהו המעשה הראוי לעשותו?". המילה אתיקה הינה מילה נרדפת למוסר וכינוי אחר לתחום זה הוא "תורת המידות".

תורות אתיות - העשרה

במהלך ההיסטוריה ניסו פילוסופים שונים לנסח תורות כלליות אשר יגדירו את העקרונות המוסריים לפיהם האדם צריך לנהוג. רוב התורות שאפו להיות תורות *אוניברסאליות* אשר אמורות להיות מתאימות לכל אדם, בכל זמן ומקום. ישנם פילוסופים אשר מפקפקים ביכולת להגדיר תורה מוסרית אחת לכל בני האדם וטוענים כי מוסר הוא דבר יחסי המשתנה בין תרבויות. גישה כזו נקראת *יחסיות מוסרית (רלטיביזם מוסרי)*. על פי גישה זו דבר מה נחשב כתקין מבחינה מוסרית אם הוא מקובל בחברה. לדוגמא, פילוסוף הדוגל בגישה היחסית יראה את השינוי במעמד האישה בקרב חברות מערביות כשינוי חברתי המאפשר ערכים מוסריים חדשים ולא כהתקדמות מוסרית (ללא שיפוט של טוב או רע).

מושגי יסוד בתחום האתיקה הסביבתית

הקשר שבין האדם לסביבתו ויחסי הגומלין שלו עם יצורים חיים אחרים נובעים מההשקפה הערכית-מוסרית שלו.

אתיקה סביבתית הוא תחום בפילוסופיה של המוסר העוסק בכמה שאלות מרכזיות ובהן: כיצד ראוי לנהוג בסביבה, מהם הערכים שעל פיהם קובעים מהי התנהגות ראויה ומהי התנהגות לא ראויה וכיצד עלינו לפעול בסביבה?

אתיקה סביבתית היא תחום חדש יחסית בפילוסופיה. הוא התחיל להתפתח בקצב מואץ משנות ה-60 של המאה ה-20 עם העלייה במודעות ל"משבר הסביבתי" ולמקורותיו החברתיים והתרבותיים. ***אלדו ליאופולד*** (ראו בהמשך) נחשב למייסדו של התחום.

<u>ניתוח דילמה: חיי אדם מול חיי אורגניזמים אחרים</u>

נניח שקיימת סכנת חיים לשני יצורים חיים - אדם וכלב, וניתן להציל רק אחד מהם.

את מי צריך להציל?

האם זאת הכרעה קשה או ברורה מאליה?

רשמו את הטיעונים בעד ונגד העדפת חיי האדם על פני חיי הכלב.

הדילמה שהוצגה תוכרע על פי הגישה הערכית לחייהם של בעלי חיים (דוגמת הכלב) ביחס לחיי אדם. גישה הרואה באדם יצור שהוא נעלה על פני בעלי החיים תטען שאין כאן כל דילמה, משום שערך חיי האדם גדול יותר. ואילו גישה הרואה את כל בעלי החיים כשווים, תטען שאין עדיפות לחיי אדם על פני חיי הכלב.

באתיקה סביבתית מוכרות שלוש גישות מרכזיות: **גישה אנתרופוצנטרית, גישה ביוצנטרית וגישה אקוצנטרית**, הנבדלות זו מזו בשאלה הבסיסית - מי זכאי ליחס מוסרי?

אפשר להבחין בין הגישות האלה גם על פי השאלה: לאילו ישויות אנחנו מייחסים **ערך פנימי** (intrinsic Value) , כלומר – לאילו ישויות נהיה מוכנים להעניק ערך ויחס מוסרי בזכות עצמן, ללא קשר לתועלת שאנחנו מפיקים מהן (לדוגמה: הגנה על חיי אדם ללא הבדל של דת, גזע או מין).

בהערת שוליים

ישויות (entities) הן כלל הגורמים הביוטיים והגורמים הא-ביוטיים המצויים בכל סביבת חיים והם חלק מהתפיסה של אלדו לאופולד.

ניתוח דילמה: האם עלינו להיות צמחוניים?

האם יש בעלי חיים מסוימים שלא תהיו מוכנים לאכול אותם ולא מטעמי כשרות, לדוגמה: קופים ודובי פנדה?

האם לדעתכם עלינו להיות צמחוניים כדי שלא לפגוע בבעלי חיים?

העלו טיעונים בעד ונגד צמחונות ונסו להבחין בין הטיעונים השונים שאתם מעלים.

בטיעוניכם הציגו את יחסכם לעולם החי ולסביבה - למי אתם מעניקים ערך פנימי (כלומר מי לדעתכם ראוי ליחס מוסרי).

הגישה האנתרופוצנטרית – האדם במרכז

(אנתרופו – אדם, צנטרי – מרכז)

הגישה האנתרופוצנטרית טוענת שהאדם הוא בעל תכונות ייחודיות כמו כושר יצירה וכושר חשיבה. תכונות אלו מעניקות לאדם ערך פנימי ומבחינות בינו לבין שאר הגורמים בעולם (הסביבה הפיזית, בעלי החיים והצמחים) ומקנות לו זכויות וחובות נפרדות. יתר יצירי הבריאה נחשבים כמשאבים אשר נועדו למילוי צרכיו של האדם ולהגדלת רווחתו.

טיעונים בעד שמירה או קיום זכויות של יצורים אחרים ייבחנו לאור השאלה, באיזה אופן משרתים יצורים אלה את האדם ואיזו תועלת הם מביאים לו.

על פי הגישה האנתרופוצנטרית הצמחונות אינה כלל דילמה. כל היצורים ניתנו לשירותו של האדם ועל כן הוא יכול לנצל אותם למאכל. הימנעות מאכילת בעלי חיים יכולה לנבוע למשל משיקולים דתיים (כשרות ביהדות), משיקולי בריאות (כך למשל נחשב בשר אדום כמאכל מזיק משום שהוא מעלה את רמת הכולסטרול בדם) או משיקולים תרבותיים (הימנעות מאכילת חרקים, צפרדעים או נחשים).

עם זאת, יש פרשנויות שונות לגישה האנתרופוצנטרית. כך למשל יש גישה שאינה שוללת את עצם זכותו של האדם להשתמש בסביבה לצרכיו, אך טוענת כי הזכות שניתנה לאדם אין פירושה

שהאדם יכול לעשות בטבע כרצונו. להפך, האדם צריך לשמור ולטפח את הסביבה. גישה זו מכונה ***Stewardship*** (ניהול משק בית) והיא רואה באדם כמנהל משק הבית של משאבי העולם למען עצמו ולמען הדורות הבאים. להיות steward פירושו לשרת, לטפל, להיות פקיד או פקח, כלומר לקחת אחראיות על דבר בשליחותו של גורם כלשהו (הטבע כולו למשל).

בהערת שוליים

למונח Stewardship אין מקבילה בעברית והמונח הקרוב ביותר שהוצע הוא "אפוטרופסות".

המונח טומן בחובו משמעויות אחדות: ראשית, ה-steward איננו בעל-הבית, הוא כפוף לגורם אחר. שנית, ה- steward רואה את עצמו אחראי לגורלו של בן טיפוחיו. התערבותו יכולה לגרום להרס אך גם לשפר או להשלים. ה- steward מצוי אם כן, בדרגת ביניים – מקורב לבעלים אך כפוף להם, מצוי מעל מושא מלאכתו ואינו חלק ממנו. יש שמצביעים על פרק ב בספר בראשית , שם מוזכר שהאדם נבחר לשבת בגן-עדן "לעבדו ולשמרו", כמקור הרעיון של stewardship בתרבות שלנו.

מקורות תרבותיים לגישה האנתרופוצנטרית - העשרה

יש חוקרים הסבורים כי המקור של הגישה האנתרופוצנטרית כלפי הטבע היא בדתות המונותיאיסטיות (היהדות, הנצרות והאסלאם). בדתות אלו קיימת מערכת יחסים היררכית בין האל, שהינו עליון על הטבע, האדם הכפוף לאל ושאר הטבע הנשלט על ידי האדם (חיות, צמחים, אדמה וכו'). בפרק א בספר בראשית האל בורא את האדם ונותן לו את בעלי החיים והצמחים לשימושו: "ויברא אלוהים את האדם בצלמו....ויברך אותם אלוהים ויאמר להם אלוהים פרו ורבו ומלאו את הארץ *וכבשה*, *ורדו* בדגת הים ובעוף השמים ובכל חיה הרומשת על הארץ. ויאמר אלוהים הנה *נתתי לכם* את כל עשב זרע זרע אשר על פני הארץ ואת כל העץ אשר בו פרי-עץ זרע זרע, *לכם* יהיה *לאכלה*" (בראשית א' כ"ז-כ"ט).

גישה זו מנוגדת לגישות דתיות אחרות הנפוצות במזרח הרחוק ובקרב ילידים באפריקה ובאמריקה. בדתות אלו האל מצוי בכל ואילו האדם הוא חלק מהטבע ולא מעליו.

הגישה הביוצנטרית – החיים במרכז

(ביו – חיים, צנטרי – מרכז)

הגישה הביוצנטרית גורסת שלכל היצורים החיים (בעלי חיים וצמחים) יש ערך פנימי ומעמדו של האדם אינו עדיף על מעמדם. כל היצורים החיים ראויים ליחס מוסרי בלי תלות בתועלת שהם מביאים לאדם.

הוגים שונים התומכים בגישה הביוצנטרית נבדלים זה מזה ביחסם לשאלה, מי מבין היצורים החיים ראוי ליחס מוסרי (ראו לדוגמה את ההבדלים שבין פיטר סינגר ותום ריגן בהעשרה). יש הוגים הסבורים כי רק בעלי החיים שיש להם הכרה ורגשות ראויים ליחס מוסרי הדומה ליחס שמעניקים לאדם. הוגים אחרים סבורים שכל היצורים המסוגלים לחוש כאב צריכים לקבל יחס מוסרי. ויש המעניקים יחס שווה לכל היצורים החיים באשר הם.

בדרך כלל דוגלת הגישה הביוצנטרית בצמחונות מטעמים מוסריים. נימוקים לצמחונות על פי גישה זו יכולים להיות מגוונים בהתאם לגישת ההוגים בתחום. יהיו שיאמרו שאכילת הבשר היא

מעשה לא מוסרי, שכן הריגת בעלי החיים מכאיבה להם וכי הנאת האדם מאכילת הבשר אינה מצדיקה כאב זה. ואילו אחרים יאמרו שלבעלי החיים יש זכות שווה לזכותם של בני האדם לחיות חיים של רווחה.

על זכויות בעלי החיים - העשרה

הפילוסוף האוסטרלי, **פיטר סינגר**, פרסם בשנת 1975 את הספר, **"שחרור בעלי חיים"**, העוסק בזכויות בעלי חיים. סינגר טוען כי לפני שפוגעים בבעל חיים כלשהו צריך לשאול

את השאלה: האם בעל החיים יכול לחוש כאב? לטענתו המדע הוכיח שבעלי חיים מקבוצת בעלי החוליות יכולים לחוש כאב והנאה ולכן אסור לפגוע בהם למטרות הנאה בלבד. עם זאת סינגר מתיר לבצע פעולות כגון ניסויים בבעלי חיים (אם אי אפשר לגלות תרופות בדרך אחרת) שכן התועלת שהן מביאות לרבים (בני האדם או בעלי חיים אחרים) גוברת על הפגיעה במעטים (בעלי החיים בהם בוצעו הניסויים).

טום ריגן – זכויות בעלי החיים תום ריגן טוען כי לבעלי חיים (כגון יונקים) שיש להם מודעות עצמית לרווחתם יש גם זכויות. לא ניתן לפגוע בהם לצורכי רווחתו של האדם, גם לא בנימוק של פגיעה לטובת תועלתם של רבים. ריגן מתנגד באופן מוחלט לניסויים בבעלי חיים והוא דוגל בצמחונות מוחלטת.

הגישה האקוצנטרית – הבית (האקולוגיה) במרכז

(אקו – בית, צנטרי – מרכז)

על פי הגישה האקוצנטרית יש להציב במרכז ההתייחסות המוסרית את המערכת האקולוגית כולה ולא רק את הפרטים החיים בה. גישה זו מתאפיינת בתפיסה הוליסטית (כוללנית) של העולם ורואה בו מערכת אקולוגית אחת הכוללת שני מרכיבים עיקריים: יצורים חיים וסביבה פיזית – הרים, נהרות וכד'. לכל אחד ממרכיבי המערכת יש ערך פנימי משלו, אבל למערכת השלמה יש ערך גדול הרבה יותר. על פי גישה זו האדם הוא פרט אחד מתוך המערכת השלמה והוא אינו נמצא מעליה. התערבותו של האדם בסביבתו צריכה להיות מינימלית, רק למילוי צרכיו הבסיסיים, ומבלי להפריע לתפקודה של המערכת האקולוגית השלמה.

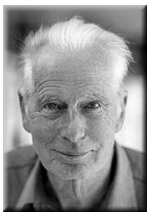
נחזור שוב לדילמת הצמחונות שהצגנו לעיל. על פי הגישה האקוצנטרית ייתכנו מספר תשובות לדילמה, לדוגמה על פי תפיסתו של אלדו ליאופולד מותר לאדם לצוד בעל חיים מסוים, לדוגמה צבי, כל עוד המעשה אינו פוגע בכלל אוכלוסיית הצבאים ובתפקודה של המערכת האקולוגית. ואולם כיום, עם הגידול בצריכת הבשר העולמית, תצדד הגישה האקוצנטרית בצמחונות, כיוון שגידול חיות בחוות לצורכי הפקת בשר פוגע במערכות אקולוגיות: הוא גורם זיהום סביבתי קשה (משקי החי הם מקור לשפכים המזהמים את המים והקרקע) וצורך משאבים רבים (קרקע, מים ומקורות אנרגיה).

אלדו ליאופולד (1887-1948) - העשרה

היה יערן שעבד בשירות מחלקת היערות האמריקאית. המחלקה נוסדה בתחילת המאה ה-20 במטרה לפתח את היערות לתועלת האדם ולמטרות ציד של צבאים

וכדומה. אחת הדרכים המקובלות לשימור אוכלוסיית אוכלי העשב ביער (לצרכי ציד) היתה פגיעה בטורפים פוטנציאליים, בעיקר זאבים. במהלך עבודתו התוודע ליאופולד להרס המערכת האקולוגית של היער שנבעה ממדיניות זו. ליאופולד, שהושפע ממהלך העניינים, החל לפתח ידע אקולוגי בתחום של שימור והשבה לטבע של אוכלוסיות בר. באותה עת התגבשה אצלו תפיסת עולם שונה מזו שהייתה מקובלת בזמנו כלפי הטבע. הוא פרסם את רעיונותיו במאמרים שונים, ובספרים שהידוע ביותר מביניהם הוא, "יומנו של מחוז החול" (המכיל את המאמר "אתיקת האדמה") שפורסם בשנת 1949 (לאחר מותו משבץ לב). ליאופולד קרא לאימוץ גישה חדשה של האדם כלפי הטבע – האדם אינו עוד כובש הטבע אלא חלק מקהילת האדמה (המערכת האקולוגית). התערבות האדם בסביבתו צריכה להיות זהירה ומדודה ובאופן שלא יפגע **בשלמות, ביציבות וביופי** של המערכת האקולוגית, ומתוך יחס של כבוד והערצה כלפי הטבע.

אקולוגיה עמוקה – העשרה



אקולוגיה עמוקה היא גישה פילוסופית שפיתח הפילוסוף הנורווגי, ארנה נס (Arne Næss) (1912-2009) בשנות ה-70 של המאה ה-20, כתוצאה מההכרה במשבר הסביבתי ובמקורותיו התרבותיים. נס מבחין בין שתי גישות להתמודדות עם המשבר. הוא מכנה את הגישה הראשונה והרווחת יותר בשם, "אקולוגיה שטחית," משום שלטענתו היא עוסקת במציאת פתרונות טכניים ונקודתיים לבעיות זיהום הסביבה והידלדלות המשאבים. בניגוד לכך, גישת "האקולוגיה העמוקה" בוחנת את הסיבות לבעיות ושואלת כיצד צריך האדם לשנות את אורחות חייו ואת הרגליו כדי שלא לפגוע בסביבה. נס רואה במדע האקולוגיה כבסיס מרכזי להבנת הטבע, אולם מכיר במגבלות המדע ועל כן טוען שיש לנקוט משנה זהירות בעת קבלת החלטות.

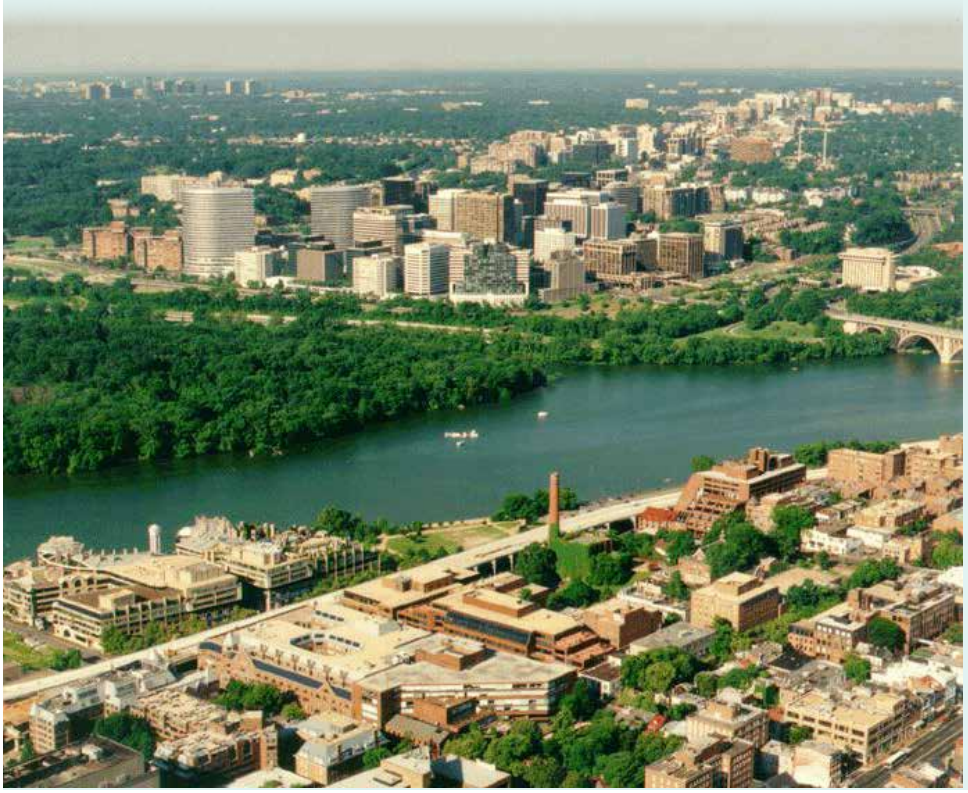
בתורתו מגדיר נס שני עקרונות יסוד ולאורם הוא קובע כיצד יש לנהוג:

מימוש עצמי (self realization) - מונח המבטא שינוי בהבנת מקומו של האדם בעולם. האדם הוא חלק בלתי נפרד מהטבע והוא ותלוי בו לקיומו. יש זהות אינטרסים בין האדם לטבע שכן טובת הטבע היא גם טובתו של האדם.

שוויון ביוטי - לכל הישויות בעולם יש ערך פנימי, ליצורים החיים ולמרכיבי הסביבה הפיזית גם יחד.

הגישה של "אקולוגיה עמוקה" דוגלת באורח חיים צנוע ובהשפעה סביבתית מועטה ככל האפשר, למילוי צרכים חיוניים בלבד. תרבויות הילידים המסורתיות (לדוגמא האינדיאנים בדרום אמריקה) יכולות לשמש דוגמה לאורח חיים אידיאלי כזה. כדי לממש את עקרונות האקולוגיה העמוקה יש ליצור קהילות קטנות המתקיימות מן המשאבים הקיימים בסביבתן הקרובה בלבד.

פרק 2
המערכת האחראית לניהול ולתכנון סביבתי בישראל והבסיס המשפטי לפעולתה



מבוא

תשובות לשאלות בעמוד 30

1. בישראל נוצר מחסור חמור בקרקעות בעיקר במרכז המדינה, עקב הצטופפות חלק גדול מתושבי המדינה באזור זה. בכל המדינה הביקוש הגדל לקרקע עקב הגידול הטבעי ועליית רמת החיים וכן עקב בנייה בזבזנית בקרקע. לעתים קרובות נוצר ניגוד עניינים בין גורמים שונים: יזמים שיש להם עניין כלכלי בפיתוח הקרקע לשימושים שונים לעומת רווחת התושבים שעבורה ייעול השימוש בקרקע או שמירה על שטחים פתוחים רבים ככל האפשר הו מטרות רצויות. בנוסף קיימים בארץ לחצים שמקורם במערכת הביטחונית התופסת שטחים נרחבים במדינה.
2. משרד הפנים בראשות שר הפנים אחראיים על תכנון השימושים בכל הקרקעות במדינה. במסגרת משרד הפנים פועל מינהל התכנון שהוא הגוף העיקרי העוסק בתכנון ארוך טווח בישראל.
3. מבנה זה מחייב את הבאת כל האינטרסים בפני מוסדות התכנון, שם נקבעים מרבית הייעודים בקרקע, הן לטווח קצר והן לטווח ארוך. כאשר ישנן השפעות פוליטיות או כלכליות בלתי מאוזנות, או שאינטרס כלשהו אינו מיוצג כראוי (כמו העדר שיתוף ציבור או התעלמות מהשיקול הסביבתי) נפגע התכנון לטווח ארוך ולמעשה הפיתוח התקין של הארץ.

מערכת התכנון בישראל ואופן פעולתה

מערכת התכניות – ברמה המקומית, המחוזית והארצית

תשובות לשאלות בעמוד 33

1. המערכת המורכבת לקבלת היתרים יוצרת הליך ביורוקרטי מורכב שמעורבים בו גורמים רבים. כתוצאה מכך נדרש לעתים זמן רב לקבלת ההיתרים. יש לכך השלכות המתבטאות בעלויות כלכליות לא מבוטלות עקב הצורך להיעזר בבעלי מקצוע שונים ולשלם אגרות לרשויות בשלבים שונים בתהליך.
2. היתרון העיקרי הוא הכנסת סדר בשימושי קרקע. בלי מערכת ההיתרים כל אדם היה נוהג על פי תפיסתו בשטח השייך לו ועלול היה להיווצר אי סדר גדול, פגיעה בשכנים ובצרכים ציבוריים אחרים.

מהי "תכנית" לייעודי קרקע?

הערה לעמוד 34

קישור להוראות תכנית לשכונת מגורים בכפר סבא, ממנו ניתן להתרשם כיצד בנויות הוראות התכנית, מה הן מכילות וכיצד הן משמשות ככלי לקביעת הפיתוח בפועל:

http://www.mmi.gov.il/IturTabotData/takanonim/merkaz/4016304.pdf

תשובות לשאלות תחת הוראות התכנית למתחם ארלוזורוב בעמוד 36

1. מוצג המידע הבא: אופי המרחב שהתכנית עוסקת בו – מקומי, אזורי וכד'
המיקום הגיאוגרפי המדויק של אזור התכנית – מבחינת חלוקה לאזורים ורחובות המצויים מסביבה, רשויות שהתכנית נוגעת להן.
מקום התכנית מוצג בסעיף 1.5.
2. סעיף 2.1 –מטרת התכנית היא התחדשות עירונית: תכנית פינוי-בינוי הכרוכה בהריסת ארבעה מבנים קיימים והקמת חדשים במקומם.
3. מוצגים שלושה שימושי קרקע: מגורים, מסחר, מוסדות ציבור. ניתן השטח הכולל שהתכנית עוסקת בו, השטח המוקצה לכל שימוש לפני ביצוע התכנית ואחרי ביצועה.
הפירוט מופיע אחרי סעיף 2.2 העוסק בעקרונות התכנית.

סוגי תכניות לשימושי קרקע – תכנית אב ותכנית מתאר

הערות לעמוד 36-37

1. מההבדלים בין התכניות ניתן ללמוד על היקף התכנון בכל אחת מהן ועל הצורך לשמור על עקרונות כמו מניעת מפגעים סביבתיים, שמירה על תבנית היישובים הקיימים, אספקת שירותים כמו תחבורה ועוד. כמו כן ניתן ללמוד על השינויים בפיתוח הארץ וההשפעה של מגמות עולמיות כמו מתן דגש יותר גדול לתחבורה ציבורית, הוספת אתרי פסולת למיחזור ועוד.
2. הערה למערך תכנית המתאר הארציות
הסבך התכנוני נובע משום שהוא כולל לעתים כפילויות ואף סתירות פנימיות, לא תמיד מעודכן ביחס לנסיבות שהשתנו (עד כדי חוסר ישימות) - גורמים היוצרים קושי רב לזהות בקלות וביעילות את המדיניות התכנונית שנמצאת בתוקף במקום מסוים, על מלוא רבדיה והיבטיה.
3. קישור להחלטת הממשלה על הכנת תכנית מתאר אחת לכל הארץ:
http://www.pmo.gov.il/Secretary/GovDecisions/2012/Pages/des4434.aspx

תכנית מתאר ארצית לשדות תעופה

תשובה לשאלה 1 בעמוד 39

לחלופה במגידו קמה התנגדות גדולה מצד הרשויות המקומיות, תושבי האזור וארגוני הסביבה. לחלופה בנבטים, שיש לה יתרונות רבים משום שהיא יכולה למשוך לאזור אוכלוסייה ותחבורה מתקדמת, יש תומכים רבים ברשויות המקומיות. אך יש התנגדות מצד המגזר הבדואי והתנגדות גדולה במיוחד מצד מערכת הביטחון, בגלל הקרבה לשדה תעופה צבאי קיים שם.

תכנית לתשתית לאומית

הערה לעמוד 40

קישור לדף התכניות באתר משרד הפנים, ממנו ניתן להתרשם מהן התכניות שקודמו כ"תשתית לאומית:

http://mavat.moin.gov.il/MavatPS/Forms/SV3.aspx?tid=31&bid=30

תכנית מתאר מחוזית (תמ"מ)

הערה לעמוד 40

קישור לדף תכניות המתאר המחוזיות באתר משרד הפנים, שם ניתן לראות את מספר התכניות והשינויים השונים הנערכים בכל מחוז:

http://mavat.moin.gov.il/MavatPS/Forms/SV9.aspx?tid=92&esid=20

תכנית מתאר מקומית

הערה לעמוד 41

מבחינה מוניציפלית רוב הקרקעות של המדינה נמצאות בתחומי המועצות האזוריות. דונו בכיתה בהשלכות של שליטה זו על חוסנן הכלכלי של הערים. לדוגמה, הקשר בין מועצה אזורית תמר, שמפעלי ים המלח ומתחם המלונאות נמצאים בשטחה, לבין מצבה של ערד.

קישור לנתונים של מועצה אזורית תמר

http://www.mhh.org.il/680/291.htm

תכנית מפורטת

הערה לעמוד 43

קישור לתקציר דו"ח מבקר המדינה שעסק באופן אישורם או אי חוקיות קיומם של גני אירועים במרכז הארץ:

http://www.mevaker.gov.il/serve/showHtml.asp?bookid=444&id=184&frompage=11&contentid=8244&parentcid=8244&bctype=2&startpage=10&direction=1&sw=1440&hw=830&cn=תקציר

הקלה

תשובות לשאלות בנושא מתן הקלות בעמוד 47

1. להקלות יש השלכות כלכליות והן יכולות להשפיע במידה ניכרת על עלויות הביצוע של התכנית. לכן יש לוועדה כוח רב מאחר שהיא מורשית לתת הקלות כאלה.
2. צריך לשתף את הציבור בהליך קבלת ההחלטות ולהבטיח שבוועדה יושבים נציגים של הציבור באופן קבוע.

מוסדות התכנון

תשובות לשאלות על התרשים המציג את מערכת התכנון בישראל בעמוד 48

עיינו בתרשים המציג את מינהל התכנון במשרד הפנים:

1. בראש מערכת התכנון נמצאת המועצה הארצית לתכנון ובנייה והיא זו שאחראית על המתרחש בכל דרגי התכנון בארץ. במועצה הארצית יש ייצוג למגוון רחב של גופים – ממשלתיים ולא-ממשלתיים, שיש להם ראייה כוללת של מערך התכנון הארצי. מבנה כזה יכול להבטיח שמירה על עקרונות ועל מדיניות הנקבעת על ידי הממשלה ומוסדותיה.
2. במקביל למועצה הארצית נמצאת הוועדה לתשתיות לאומיות שיש לה מעמד דומה לזה של המועצה הארצית והיא נועדה לזרז את הליכי התכנון (וקיומה מעורר מחלוקות רבות).
כן נמצאת במקביל הוועדה לשמירה על הסביבה החופית – שמקומה הגבוה בהיררכיה מראה את החשיבות שמייחסים לשמירה על החופים בישראל.
3. שטחי החוף העומדים לרשות הציבור בישראל מצומצמים בהיקפם ורבים מהם נתפסו לצרכים שונים ובהם תחנות כוח ושטחים ביטחוניים. כן נתפסו שטחים לצורך הקמת אזורי נופש ובתי מלון. החשש מפני תפיסת רוב השטח לצרכים שאינם משרתים ישירות את הציבור גרמה להקמת הוועדה. המצוקה שנוצרה גרמה למעמד החשוב של ועדה זו.
הוועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים נועדה להבטיח שמירה על שטחים פתוחים בחלקי ארץ שונים. באזור המרכז בארץ מופעל לחץ פיתוח גדול מאוד על השטחים הפתוחים ויש מקום לתת לוועדה זו משקל רב ככל האפשר.
4. בכל אזור יש ועדות ערר המאפשרות להעלות התנגדויות לתכנית לאחר אישורה בוועדה המתאימה ולפני ביצועה. מאחר שאין שקיפות גבוהה לחלק נכבד מהליכי התכנון, האפשרות לערער מבטיחה שמירה יעילה יותר על האינטרסים של הציבור ושל בעלי הקרקעות.

תכנון ברמה הארצית - הוועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים (הוולקחש"פ)

תשובות לשאלות על חקר מקרה: קביעת התוואי של כביש 461 בעמוד 50

1. עלות פיתוח של הכביש במרחב הצפוני הפגיע יותר, הייתה נמוכה במידה ניכרת מזו שבמרחב הדרומי, שכללה גם חפירת תעלה. כלומר, התועלת החיצונית של הגנה על הסביבה עמדה מול עלות סלילה גבוהה יותר.
2. החיסכון בעלות סלילת הכביש בטווח הקצר יגרום לפגיעה חמורה באזור שיש בו ערכי נוף וטבע, פגיעה שאי אפשר לתקנה.
3. אחד הגורמים לקבלת החלטה שהעדיפה פיתוח על פני שימור נובעת מהרכב החברים בוות"ל. ייתכן שיש לשקול להכניס שינוי בהרכב חברי הוועדה. יש גם מקום לתת משקל גדול יותר לשיקולים של ועדות המתמחות בבעיה הנדונה כמו הוולקחש"פ.

הוועדה לשמירה על הסביבה החופית (הולח"וף)

הערה על חקר מקרה: תכנית להרחבת קיבוץ נווה ים שמדרום לעתלית בעמוד 51

אפשר לבקש מהתלמידים לבדוק מאבקים נוספים על הסביבה החופית כמו זה שהתקיים בחוף פלמחים, ולהשוותם למאבק על החוף הסמוך ליישוב נווה ים.

הוועדה לתשתיות לאומיות

תשובות לשאלות על חקר מקרה: תת"ל 2 - "התחנה הפחמית" בעמוד 53

1. א. הבעיה שניצבה בפני הוות"ל הייתה האם לאשר הקמת עוד תחנת כוח פחמית או להעדיף מעבר לשימוש בגז טבעי. בשנת 2004, מועד הכנת התכנית, עוד לא התגלו מאגרי הגז הגדולים מול חופי ישראל אבל כבר הייתה קיימת המגמה של צמצום הפליטה של גזי חממה. שרפת פחם גורמת פליטת כמויות גדולות יחסית של פד"ח.

   ב. עלות זולה יותר של הקמת התחנה וזמינות פחם (כאמור, עם גילוי המאגרים של גז טבעי גם הוא נעשה זמין). העדפה של שיקולים כלכליים על פני שיקולים סביבתיים.

   ג. מה הביא לשינוי ההחלטה?

   התנגדות ציבורית נמרצת וגם התנגדות משרדי ממשלה ובראש ובראשונה – המשרד להגנת הסביבה. הצטרף לכך הצורך בצמצום פליטת גזי חממה ומעבר לשימוש בדלקים ידידותיים יותר לסביבה. שרפת הפחם גם גורמת לפליטת מזהמים הפוגעים בבריאות הציבור, גם כאשר ננקטים אמצעי זהירות נאותים.

2. רק בתכניות שנועדו לענות על צורך דחוף כמו טיפול במפוני יישובי חבל עזה. גם אז יש מקום למצוא פתרונות ארעיים ולתכנן תכניות בראייה ארוכת טווח.

3. שיתוף הציבור הוא אמצעי יעיל למניעת מקרים דומים וגם – הבנה שלזירוז הליכים יש מחיר יקר בטווח הארוך.

הערה

אפשר לדון בכיתה בבעיה שמעלה פעולה של הוות"ל, במתכונת של דיון בדילמה.
מוצגת כאן דוגמה נוספת לבעייתיות באופן פעולתן של ועדות עוקפות הליכי התכנון הרגילים.
תוכלו להציען לתלמידים בנוסף על שתי הדוגמאות המוצעות לעיל או במקומן.

<u>חקר מקרה: הקמת ועדות "עוקפות הליכי תכנון רגילים" והוועדה לדיור לאומי</u> (הווד"ל)

דוגמה להשפעות פוליטיות וכלכליות על מערכת התכנון ניתן לראות בהקמתה של הוועדה לדיור לאומי, אשר הוקמה בהוראת שעה בקיץ 2011, על רקע מצוקת הדיור והעלייה הגדולה במחירי הדיור.

ביום 3.8.2011 אושר בכנסת חוק הליכי תכנון ובנייה להאצת הבנייה למגורים (הוראת השעה) (התשע"א- 2011), החוק פורסם ברשומות ביום 11.8.2011 (להלן: "חוק הווד"לים").

בדברי ההסבר להצעת החוק שהוגשה ביוזמת הממשלה נאמר, בין היתר, כי בשנתיים האחרונות קיים איום כלכלי וחברתי בישראל, שנוצר בשל עלייה קיצונית במחירי הדיור. עליית מחירים זו נוצרה, בין היתר, בשל ירידה חדה בהתחלות בניה ובשל צמצום משמעותי של היצע הדיור לציבור.

על רקע זה קובע חוק הוו"לים הסדרים מיוחדים, שנועדו לזרז את הליך אישור תכניות בנייה למגורים, במטרה לסייע בפתרון מצוקת הדיור באמצעות הגדלת היצע הדירות למגורים. במסגרת זו הוקצו משאבים לרבות תקני כוח אדם ויועצים וכן נקבעו כלים מנהליים ותכנוניים חדשים שנועדו לאפשר השגת מטרות אלו.

ההתנגדות להוראת השעה הגיעה בעיקר מכיוונם של ארגונים חברתיים וסביבתיים. הראשונים התנגדו על רקע העובדה כי הוראת השעה לא התייחסה לפתרון למצוקת הדיור של המעמדות הנמוכים יותר ולא קבעה חובה להקצות "דיור בר השגה" ו "דיור ציבורי" במסגרת התכניות שיקודמו ע"י הוועדות לדיור לאומי. הארגונים הסביבתיים התנגדו משום האפשרות שתכניות אלו יגברו על הוראות וייעודי קרקע שנועדו להגן על השטחים הפתוחים הבינעירוניים.

אלו וגם אלו טענו כי הוראת השעה מאפשרת הקמה של יישובים חדשים או הרחבות יישובים לאוכלוסייה בעלת יכולת כלכלית ואינה המענה הנכון למצוקת הדיור בארץ. טענות אלו לא התקבלו ע"י עורכי החוק במשרד המשפטים בדיונים שהתקיימו במהלך קיץ 2011, עקב העובדה כי באותו זמן הוכן על ידם חוק ל"דיור בר השגה" ונטען כי בחוק זה תיכלל החובה להקצות את יחידות הדיור הנדרשות. ביולי 2011 אושרה הוראת השעה בלא חובה להקצות דיור בר השגה, כלומר, ללא הישג חברתי לארגונים שפעלו נגדה. מבחינה סביבתית, עצם יכולתם של חברי הוועדות לאשר תכניות למגורים בשטחים פתוחים ערכיים, בניגוד להגנות שניתנו להם בתכניות מתאר מחוזיות או ארציות, מהווה סכנה לשטחים הפתוחים ולרצף שלהם.

קישור לדף הוועדה לדיור לאומי במשרד הפנים, בו מופיעים דו"חות הפעילות התקופתיים של הוועדה:

http://www.moin.gov.il/Subjects/HazatBniya/Pages/default.aspx#10;#Subjects/HazatBniya/Pages/Report.aspx

"גלגוליה" של תכנית - הליכי תכנון ואישור תכניות

שלב 4: הפקדת התכנית לעיון הציבור ומתן אפשרות להתנגד לתכנית – זכות ההתנגדות

תשובות לשאלות על חקר מקרה: שלט המודיע על הפקדת התכנית באתר בעמוד 62

1. מהי החשיבות של הפקדת תכנית לעיון הציבור?

הפקדת התכנית מאפשרת לציבור לעיין בתכנית ולהתייחס אליה. אם ימצא שהתכנית פוגעת בציבור בדרך כלשהי קיימת אפשרות להגיש התנגדות לתכנית שתוביל לדיון חוזר ויכולה להביא לשינוי התכנית ואף לביטולה.

2. במקרים רבים הציבור כלל לא מודע לקיומה של תכנית שיכולה להיות לה השפעה רבה עליו. מאחר ששלב ההפקדה הוא היחיד שבו יש לציבור אפשרות לעיין בתכנית ולהתייחס אליה, יש חשיבות רבה לפרסומה בערוצים שהציבור עושה בהם שימוש כדי להבטיח שדבר קיומה של התכנית והפקדתה לציבור יובא לידיעתו. מוגדר פרק זמן מוגבל לעיון בתכנית ולהצגת התנגדויות אליה אם יש, לכן חשוב שהציבור לא יחמיץ הזדמנות זו.

3. הפסיקה מראה שבית המשפט מייחס חשיבות רבה להצבת שלט כנדרש בחוק. השלט מוצב במקום שבו עתידה להתבצע התכנית וחשוב שציבור שיש לו זיקה כלשהי לאזור זה ידע עליה

ויוכל ללמוד את פרטיה לפני שאישורה הושלם. הפסיקה מראה שבית המשפט דורש לבצע את מהלך הצבת השלט כלשון החוק ללא כל אפשרות להתחמקות כלשהי.

4. רוב הסיכויים שאנשים ישימו לב לשילוט בולט המצוי בסמוך למקום מגוריהם או עבודתם, אף יותר מפרסומים בעיתונות. לכן חשוב מאוד להקפיד על הצבת השלטים בגודל ובמקום המתאימים ולמשך הזמן המוגדר בחוק.

שלב 5: דיון בהתנגדויות והחלטה אם לאשר את התכנית

תשובות לשאלות בעמוד 65

1. מעורבות הציבור תורמת לשיפור תכניות שעלולות לפגוע באינטרסים שלו והיא גם מובילה לשיתוף פעולה של הציבור כך שבסופו של דבר יש סיכוי טוב הרבה יותר להצלחת התכנית ולתרומתה לקהילה. יש לשיתוף הציבור כמה יתרונות (כפי שמפורט בהערת השוליים):
   - ♥ שיפור התכנית כך שתתאים טוב יותר לקבוצות אוכלוסייה שונות
   - ♥ להגביר את המעורבות של הציבור בסביבתו ואת מעורבותו בסביבה
   - ♥ להפחית התנגדויות בשלבים מתקדמים יותר של אישור התכנית
2. המטרה היא כנראה לא לסרבל עוד יותר הליך שגם כך הוא מורכב ומסורבל. עם זאת, יש תחושה של ניסיון להסתיר דברים מהציבור משיקולים של גופים אינטרסנטיים ועל זה צריך הציבור למצוא דרך להתגבר.

תשובות לשאלות על שני חקרי מקרה העוסקים בשיתוף הציבור בהכנת תכניות – בירושלים ובתל אביב בעמוד 69

1. עיריית תל אביב שכרה יעוצמת חיצונית מומחית בנושא של שיתוף הציבור והוקם צוות ליווי מקצועי שכלל אדריכל, אדריכל נוף ויועץ תחבורה. העירייה פרסמה ברחבי העיר את התכנית ומטרותיה והוקמה קבוצה של בעלי עניין (גופים מסחריים, נציגי שכונות הגובלות בשטח התכנית, נציגי ארגונים סביבתיים ונציגי העירייה). הצוות נפגש באופן סדיר פעם בחודש ודן בפרטי התכנית.
2. רמת ההתנגדות לתכנית הייתה נמוכה הרבה יותר מאשר לתכניות בעלות אופי דומה הודות למעורבות הציבור בתכנון.
3. א. בתל אביב הובילה העירייה מהלך נרחב של שיתוף הציבור והקימה צוות מומחים מקצועי לצד נציגי ציבור שונים.

   עיריית ירושלים הכינה תכנית בשטח רגיש מבחינה סביבתית בלי להתייעץ עם הציבור ובניסיון לכפות עליו את רצונה. ההתנהלות עוררה התנגדות ציבורית עזה שהביאה לגניזת התכנית. העירייה גם לא בחנה ברצינות חלופות טובות אחרות שיכולות להשיג את המטרה בלי לפגוע בשטחים פתוחים ערכיים.

   ב. איזו הכנה והשקעה נדרשות מהעירייה בכל הליך?

   הציגו עלות-תועלת בכל מקרה.

   עיריית תל אביב השקיעה משאבים רבים בהקמת צוות מקצועי לליווי התכנית, ביצירת מסגרת לדיונים סדירים בתכנית ולפרסומה ברחבי העיר.

ההליך הוביל להשגת חלופה טובה שנתנה מענה מתאים לקבוצות אוכלוסייה שונות בלי לעורר התנגדויות כך שהתכנית אושרה בסופו של דבר בהליך קצר יותר.
כך שבסופו של דבר השתלם התהליך לעירייה ויחס עלות-תועלת הוא חיובי.
בירושלים השקיעה העירייה משאבים בהכנת תכנית רחבת היקף בעלות לא מבוטלת. התנגדות הציבור הובילה לגניזת התכנית ולצורך לתכנן תכניות חלופיות, כך שאפשר לומר שההשקעה ירדה לטמיון.

ג. מוטב לשתף את הציבור בתכניות שיש להן השלכות רבות על קבוצות שונות באוכלוסייה. מעורבות הציבור תוביל להסרת התנגדויות וגם לשיפור התכניות לאור הדיונים המעמיקים יותר עם מגוון אנשי מקצוע וגופים בקהילה.

משרד הבינוי והשיכון

תשובות לשאלות על חקר מקרה: היישוב חריש בעמוד 75

1. תכנון עיר בסדר גודל של 150,000 עם בתים צמודי קרקע, גורם לתפיסת שטחים גדולים מאוד ולפגיעה נרחבת בערכי טבע ונוף. עיר כזו גם הייתה בולעת יישובים רבים אחרים שכבר קיימים באזור, רבים מהם מהמגזר הערבי.
2. תכנון עיר המיועדת לחרדים בלבד מעוררת כמה קשיים:

א. היא גורמת אפליה חמורה בכך שהיא מספקת דיור זול למגזר מסוים באוכלוסייה בלי להתחשב בצרכים של אוכלוסיות אחרות שנצרכות לדיור זול.

ב. היא מתעלמת מתושבים שכבר גרים במקום ושייכים למגזרים שונים באוכלוסייה.

המשרד להגנת הסביבה

תשובות לשאלות על חקר מקרה: "פארק אריאל שרון (פארק איילון)" בעמוד 82

1. רשות מקרקעי ישראל רצה להשיג רווח כלכלי מרבי על חשבון תכנון הדואג לרווחת תושבי האזור בכך הוא יוצר שטח פתוח התורם לאיכות הסביבה באזור. הקמת שכונות מגורים חדשות הייתה יוצרת רצף אורבני צפוף עם האזורים העירוניים הצפופים שכבר קיימים מסביב לפארק ומפחיתה במידה ניכרת את השטחים הפתוחים באזור.
2. המשרד להגנת הסביבה ומשרד הפנים קידמו במקרה זה תכניות המבטיחות פיתוח בר קיימא ולכן הקמת שכונות מגורים במקום נוגדת את תפיסתו. רשות מקרקעי ישראל נתנה עדיפות לרווח בטווח הקצר על פני ראיית טובת הציבור בטווח הארוך. מצב זה יוצר קונפליקטים בין שתי תפיסות מנוגדות.
3. הצרכים המידיים נותנים עדיפות להקמת שכונות מגורים הנותנים מענה למצוקת הדיור הקיימת באזור המרכז ולמחסור בקרקעות. אך היא אינה מביאה בחשבון עלויות חיצוניות הכרוכות בהגברת זיהום האוויר, רעש וגורמים אחרים הפוגעים באיכות החיים של תושבי האזור בכך שלא שומרים עבורם שטח פתוח המאפשר גם פעולות נופש ופנאי.
4. היתרונות – נשקלים היבטים שונים של השימוש בקרקע באזור כה מבוקש וניתן ביטוי לצרכים בטווח הארוך. החיסרון הוא הארכת תהליכים תכנוניים המעכבים לפעמים תהליכי פיתוח למשך זמן רב.

תשובות לשאלות על חקר מקרה: מיקום תחנת גז לקליטת גז מהים בעמוד 84

1. המשרד להגנת הסביבה העדיף את החלופה של הקמת התחנה בצפון הארץ באזור מישור החוף במחצבה מול מושב אין איילה על פני הקמתה בשטח פתוח ליד תחנת הכוח "חגית" על הר הכרמל, כפי שקבעה המועצה הארצית
2. היישובים הסמוכים למקום המיועד של התחנה גילו התנגדות עקב הקמתה על שטחים פתוחים וערכיים.

חוקים סביבתיים וחוקים אחרים הקשורים למלאכת התכנון והבנייה בארץ

תקנות תסקירי השפעה על הסביבה

הערה לעמוד 86

תקנות חדשות לעניין תסקירי השפעה על הסביבה הוכנו, אך טרם השלימו את תהליך האישור בעת הכנת הספר (אמצע שנת 2013).

העשרה לעמוד 85

מקרים נוספים שבהם חלה חובה להכין תסקיר השפעה על הסביבה <u>או</u> לבחון את הצורך בתסקיר (בנוסף לפירוט המוצע לעיל,) כוללים:

- ♥ תכנית דרך לפי סעיף 119ג לחוק;
- ♥ תכנית לפי חוק אזורים חופשיים לייצור בישראל, תשנ"ד 1994-;
- ♥ דרך פרברית מהירה, דרך מהירה בשטח בנוי ודרכים אחרות לפי תמ"א 3;
- ♥ תכנית לתחנת כוח קטנה לפי תמ"א 10;
- ♥ תכנית מפורטת לפי תמ"א 11 לאיגום, החדרה ולניצול מים עיליים;
- ♥ תכנית בתחום תחולת תמ"א 13 לחופי הים התיכון;
- ♥ תכנית מפורטת לאתר כרייה וחציבה לפי תמ"א 14;
- ♥ תכנית מפורטת לאתר סילוק אשפה ואתר לטיפול באשפה לפי תמ"א 16;
- ♥ תכנית לתשתית לאומית לפי סעיף 76ג לחוק התכנון.

חשיבות רבה יש באפשרות לדרוש תסקיר השפעה על הסביבה גם לתכניות אחרות. מוסד תכנון או נציג שר במוסד תכנון (בדרך כלל נציג השר להגנת הסביבה) רשאים לדרוש הכנת תסקיר השפעה על הסביבה בכל שלב של דיון בתכנית אשר נראה להם כי "יש בביצועה כדי להשפיע השפעה ניכרת על הסביבה" (תקנה 3).

<u>הליך הכנת תסקיר והדיון בו כוללים כמה רכיבים</u>:

1. קביעת הצורך להכין תסקיר השפעה על הסביבה;
2. הכנת הצעה להנחיות להכנת התסקיר (בד"כ ע"י המשרד להגנת הסביבה);

3. אישור ההנחיות הנ״ל ע״י מוסד התכנון ;
4. הכנת התסקיר, באחריות מגיש התכנית ;
5. התייחסות מוסד התכנון לדו״ח על תסקיר שהתקבל מהמשרד להגנת הסביבה ;
6. דיון והחלטה בתכנית המוצעת בהתייחס לממצאי והמלצות התסקיר.

<u>כאשר בוחנים תסקיר השפעה על הסביבה, ראוי להתייחס לארבע סוגיות</u> :

האם מוסד התכנון דרש הכנת תסקיר היכן שהדבר מתחייב?

האם הנחיות הכנת התסקיר מספקות?

האם התסקיר תואם את ההנחיות?

האם התכנית המוצעת מגלמת את המסקנות המתבקשות מהתסקיר?

לא פעם ניתן לעיין בהנחיות להכנת התסקיר ובתסקיר עצמו במשרדים המחוזיים של המשרד להגנת הסביבה, אשר עובדיו מגלים בדרך כלל פתיחות מבורכת ככל שמדובר במסירת מידע, ואף מוכנים לעתים לשמוע הערות וחוות דעת של הציבור.

פקודת היערות ותיקון 89 לחוק התכנון והבנייה

תשובות לשאלות בעמוד 90

1. היתרון העיקרי הוא שמירה על עצים בעלי ערך מיוחד מבחינה היסטורית (עצים שניטעו במקומות ייחודיים כמו למשל במקווה ישראל או על ידי אישים מסוימים) ומבחינה בוטנית (עצים ותיקים כמו למשל עצי זית בני מאות שנים), שרשויות מקומיות עוקרת לא פעם משיקולים נדל״ניים.

   החיסרון נעוץ שוב בהליכים ביורוקרטיים שמקשים על ביצוע תכניות פיתוח, ולא תמיד יש להם הצדקה.
2. אנשים פרטיים לא מודעים לעתים קרובות לערכם הביולוגי וההיסטורי של עצים הגדלים בחצרותיהם, במיוחד אם הם לא אלה שגם נטעו אותם. לכן נטייתם היא לעקור עצים המפריעים להם לביצוע פעולות שונות בחצר בלי מחשבה נוספת. לעתים קרובות אנשים לא מייחסים חשיבות רבה לעצים והשמירה אליהם היא צעד נוסף בפיתוח מודעות לשמירת הסביבה.

פרק 3
תכנון סביבתי ברמה הארצית

עקרונות מרכזיים בתכנון סביבתי-פיזי של משאב הקרקע

הנחות מוסכמות בתכנון שטחים פתוחים

תשובות לשאלות תחת איור 3.1 בעמוד 100

1. מסדרונות אקולוגיים חיוניים לקיומם של יונקים, בעיקר הגדולים שבהם, הזקוקים לטריטוריות נרחבות כדי להתקיים. עופות לעומת זאת הם בעלי כושר תעופה וקל להם יותר "לדלג" מעל אזורי קיטוע.
2. מסדרונות אבני קפיצה מתאימים ליונקים גדולים שיכולים לדלג בקלות רבה יותר על פני מרווחים גדולים.

מסדרונות קווי ומסדרון נופי יוצרים רצף והם נחוצים ליונקים קטנים יותר שזקוקים לרצף של מסדרון אקולוגי כדי לעבור מאזור לאזור.

מגמות והתפתחויות בתחום שימור שטחים בעולם

תשובות לשאלות תחת גרף 3.1 בעמוד 103

1. רוב השטחים המוגנים מצויים בארצות המערב – באירופה ובצפון אמריקה.

יש מספר גדול של שטחים מוגנים גם בדרום אוסטרליה ובארצות בדרום אפריקה, שיש בהן שמורות טבע נרחבות המאכלסות שפע של יונקים.

שטחים מוגנים רבים יש גם בחלקה הצפוני של יבשת דרום אמריקה.

2. באזורי מדבר (חול וקרח) יש רק מעט שטחים מוגנים כפי שאפשר לראות בחלקה הצפוני של אפריקה שם מצוי מדבר סהרה, בצפון קנדה ובגרינלנד.
3. המטרה היא לתת ביטוי למגוון השטחים מסוגים שונים הקיימים באזורים שונים בעולם.
4. קיים עדיין פער גדול בין אחוז השטחים המוגנים ביבשה ובים על פי המתוכנן לבין המצב בפועל. אמנם חלה עלייה גדולה בשטחים המוגנים הימיים בשנים 2005-2010 אבל היא רחוקה מלהדביק את המתוכנן. בשטחי היבשה כמעט שאין עלייה בשנים 2005-2010.
5. לאור השתלטות האדם על שטחים נרחבים על פני כדור הארץ, בהעדר שטחים מוגנים ייכחדו מערכות אקולוגיות רבות על המינים של החי המתקיימים בהם.

רצוי שבקביעת השטחים המוגנים ייקחו חלק מומחים אך גם תושבי כל אזור משום שמעורבות חיובית שלהם תביא לתמיכתם הפעילה בשימור.

מאפיינים ייחודיים לבעיות הסביבה בישראל

גודל האוכלוסייה בישראל וצפיפותה

הערה תחת גרף 3.2 בעמוד 106

ניתן לדון עם התלמידים בדילמה העוסקת בעידוד הילודה בישראל.

דיון בדילמה – האם צריכה מדינת ישראל להמשיך לעודד את הילודה?

למרות צפיפות האוכלוסייה הגדולה שכבר קיימת בארץ עדיין מקובלת אצלנו התפיסה הדוגלת בהגברת הילודה בהשפעות הדת, ההיסטוריה של העם היהודי והתנאים הגיאופוליטיים של

המדינה. נוסף, יש בישראל חלוקה בולטת למגזרים שונים באוכלוסייה, אשר לכל אחד מהם אחוז ילודה אחר.

פריסת הפיתוח במרחב

מגמות בפריסת הפיתוח – תכנית "ישראל 2020"

תשובות לשאלות תחת איור 3.4 בעמוד 110

1. רוב האוכלוסייה מתרכזת בחלקה הצפוני של המדינה, ובמיוחד באזור המרכז וירושלים. מוקדים נוספים – המטרופולין של חיפה ואזור המפרץ.
2. ריכוז האוכלוסייה בעיקר באזור המרכז גורם לדלדול ניכר של השטחים הפתוחים באזור ופוגע באיכות החיים של התושבים באזור בגלל תופעות של זיהום אוויר ומחסור בשטחים פתוחים. יש לכך גם השלכות כלכליות עקב יוקר הדירות למגורים. יש פערים באיכות החיים בין תושבי המרכז לבין תושבי הפריפריה בעיקר מבחינת הנגישות של שירותים שונים, אפשרויות התעסוקה וגם עלויות של מצרכים שונים. עם זאת, המחסור בדירות מגורים במרכז ופיתוח אמצעי תחבורה יעילים עוזרים מכוון אוכלוסיות רבות יותר לפריפריה ועוזר לגשר על פערים אלה.

תכנון סביבתי בישראל – רקע היסטורי

תכנית ישראל 2020 ותכניות מתאר ארציות שתוכננו בעקבותיו

תשובות לשאלות על ציר הזמן בעמוד 113

1-2. בשנים הראשונות המוקד הוא בפיתוח הארץ על חשבון השטחים הפתוחים. אין תפיסת שימור מסודרת. פרויקט החולה הוא נקודת מפנה שהביא להקמת שמורת הטבע הראשונה ובהמשך – להקמת החברה להגנת הטבע.

מגמת השמירה על הסביבה מתחזקת לאחר מכן עם הקמת גופים שמטרתם לשמור על הסביבה, חקיקה תומכת ובעקבותיה – אישור תכניות מתאר ארציות נושאיות להגנת שטחים פתוחים מסוגים שונים.

בשנות ה-70 – הירידה במעמד החקלאות ותפיסת הקרקע כנכס כלכלי גורמת להפשרת קרקעות חקלאיות בהמשך בקלות רבה יותר.

בשנות ה-90 – בנייה מסיבית לקליטת העלייה מבריה"מ ועליית ערכי הנדל"ן גורמות לתפיסת שטחים פתוחים רבים במרכז הארץ.

פיתוח תכנית "ישראל 2020" ותמ"א 35 – מנסות לאזן בין המגמות של שימור ופיתוח. עיקר הפיתוח עדיין במרכז הארץ והבנייה בצפיפות נמוכה יחסית.

ציר זמן היסטורי לתיאור התפתחות התכנון הסביבתי בישראל

1948-1923 תקופת המנדט: הנחת תשתית ראשונית: פקודת בניין ערים, פקודת היערות,

1948 הקמת מדינת ישראל: מדיניות סביבתית חלשה, המתמקדת בשמירה על משאבי טבע באזורים מוגדרים

פיתוח מואץ המוביל להקמת אגודות מקצועיות (בוטניקה, זואולוגיה) לחקר הסביבה ושימור

1949 מיפוי ראשוני של שטחים הראויים להגנה ולשימור

1951 תכנית שרון לפארקים לאומיים

פרויקט ייבוש החולה

1954 הקמת החברה להגנת הטבע

הכרזה על חלק משטח אגם החולה כשמורת הטבע הראשונה בישראל

1963 הקמת רשות הגנים הלאומיים ורשות שמורות הטבע

חוק הגנים הלאומיים, שמורות טבע ואתרי לאום

שנות ה-70 הקמת השירות לשמירת איכות הסביבה

במקביל – ירידה במעמד החקלאות, התייחסות לקרקע כנכס כלכלי יותר מנכס רב ערך לתושבי המדינה

1981 הקמת המשרד לאיכות הסביבה

אישור תמ"א 8: תכנית המתאר הארצית לשמורות טבע, גנים לאומיים ושמורות טבע

1983 אישור תמ"א 13 להגנת על אזור הכנרת

1989 התחלת העלייה הגדולה מברית המועצות לשעבר

שנות ה-90 בנייה רחבת היקף והפשרת קרקעות חקלאיות בהיקף חסר תקדים בהליכי אישור מקוצרים

ציפוף ניכר באזור המרכז, מחסור בשטחים פתוחים

גיבוש מסמך "ישראל 2020" – תכנון כולל של הפיתוח והשימור בישראל

1998 אישור תמ"א 31 - תכנית המתאר לבנייה, פיתוח וקליטת עלייה

2005 אישור תמ"א 35 שהחליפה את תמ"א 31 וכותרתה "לבניה, לפיתוח ולשימור"

תכנון סביבתי בישראל – כלים, עקרונות ואתגרים לעתיד

כלים לשמירה על השטחים הפתוחים

הערה לחקר מקרה: בקעת תמנע – מכלול נופי בעמוד 125

אפשר לקיים בנושא דיון במתכונת של דילמה – עמדות בעד ונגד התכנית וקבלת הכרעה כיתתית.

משאב הקרקע בתכנון הלאומי: פריסת ההתיישבות וחיזוק הערים, תכנון תחבורה ומשאב המים

עקרונות התכנון הלאומי בתמ"א 35 - פריסת ההתיישבות וחיזוק הערים

תשובות לשאלות תחת גרף 3.4 בעמוד 131

1. א. קיימת עלייה הולכת וגדלה בצפיפות האוכלוסייה מצפון לבאר שבע.
   ב. יש עלייה מתמדת בצפיפות האוכלוסין גם מדרום לבאר שבע, אבל עדיין האוכלוסייה באזור דלילה מאוד.
   ג. עלייה חריגה מובחנת בשנות ה-90 בעקבות העלייה הגדולה מברית המועצות לשעבר.
   ד. רוב האוכלוסייה בארץ מתרכזת בתחום שבין גדרה לחדרה בעיקר בגלל מקורות תעסוקה רבים יותר ונגישות גבוהה יותר לשירותים. לכן באזור זה חלה עלייה גדולה הרבה יותר בצפיפות האוכלוסייה עם השנים.
2. הצפיפות הממוצעת בארץ דומה לזו שבאנגליה, גבוהה מזו שבאיטליה ונמוכה מזו שבהולנד. אבל מצפון לבאר שבע – הצפיפות היא גבוהה יותר במידה ניכרת מכל שלוש המדינות האלה.
3. עלייה מתונה מדרום לבאר שבוע ועלייה תלולה מצפון לה.
4. העברת מחנות צה"ל לנגב תביא בעקבותיה מעבר של אוכלוסייה של משפחותיהם של משרתי הקבע בצה"ל ושל גורמים המספקים שירותים שונים לצבא. מעניין לציין, שבשנים האחרונות גם מתפתח מרכז פיתוח טכנולוגי בבאר שבע שמושך אליו אוכלוסייה ברמה גבוהה. אך ספק אם שינויים אלה יגרמו למאזן שונה של אוכלוסייה בין מרכז הארץ לדרומה.
5. קיים חשש שהגידול בצפיפות יפגע בתושבים באזור וכמובן בסביבה. מבאר שבע צפונה חיים 90% מתושבי המדינה וללא תשתית של תחבורה ציבורית, כמות ואיכות מספקת של שטחי ציבור ושמירה על השטחים הפתוחים איכות החיים תרד.

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: הקמת תחנות דלק על כביש החוף בצמוד למושב הבונים בעמוד 132

1. התכנית מציעה לפתח שתי תחנות דלק משני צדי כביש חיפה-תל אביב בשטחים פתוחים שלא על פי התפיסה של פיתוח "צמוד דופן" בתמ"א 35, למרות שיש כבר באזור תחנות דלק ולמרות שהתחנות יוצרות מפגע נופי.
2. הוועדה לא נימקה את החלטתה לאשר את התכנית וגם לא דרשה כל הוכחה לנחיצות הקמתן של שתי תחנות דלק נוספות לאלה שכבר קיימות באזור.
3. המסקנה המרה העולה מדחיית ההתנגדויות היא שהמועצה הארצית והוועדות הכפופות לה מעדיפות לעתים יוזמות הפוגעות בסביבה על פני שמירה על ערכי טבע ונוף. יש כאן העדפה ברורה לשיקולים כלכליים על פני שימור של שטחים פתוחים, בניגוד לרוח של תמ"א 35.

המסר הוא מנוגד לתכנית המתאר ומנצל פרצה שנועדה לאפשר גמישות בתכנון, באופן שפוגע בעקרונות התכנית.

יישום עקרונות התכנון הלאומי בתכניות מתאר שונות

עקרונות לאומיים בתכנון תחבורה

תשובות לשאלות על החלטת הממשלה בנושא עידוד השימוש בתחבורה ציבורית בעמוד 134

כדאי לנסות לחפש את המידע בכתובת:

http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DecisionStockpileGovernment/Pages/2013/Decision165.aspx

1. ההחלטה עוסקת בתכניות להפחתת השימוש ברכב פרטי בנסיעות לעבודה. לצורך זה התקבלה החלטה להקים צוות בין-משרדי שיכין תכנית למתן תמריצים שיעודדו שימוש בתחבורה ציבורית במקומות עבודה במקום בכלי רכב פרטיים. תכנית התמריצים אמורה לפעול בין השנים 2013-2018 והוקצה לה תקציב מיוחד.
   א. כדי לעודד מעסיקים להפנות את עובדיהם לתחבורה הציבורית, מוצע להם לשתף פעולה ביניהם ולארגן הסעות מתחנות ציבוריות אל מרכזי תעסוקה. מאמץ מיוחד יינקט באזורי תעסוקה שיש בהם גודש תחבורה.
   המאמץ יכלול הכנסת שינויים במערך התחבורה הציבורית ובמימון עלויות השימוש בתחבורה הציבורית על ידי המעבידים
   ב. במתן התמריצים תינתן עדיפות להעדפת השימוש בתחבורה ציבורית על פני שימוש בכלי רכב פרטיים אך גם מאמץ להקטין גודש תחבורה יזכה לתמריצים (למשל – גישה של car pool שתפחית את מספר כלי הרכב המגיעים למקומות העבודה).
   ג. החלטת הממשלה היא אופרטיבית והצוות הבין-משרדי היה אמור להציג את התכנית שגיבש לפני שר האוצר, שר הכלכלה ושר התחבורה בתוך 90 יום ממועד פרסום ההחלטה.
2. ועדת השרים לענייני חקיקה נדרשה לעניין עידוד השימוש בתחבורה ציבורית כבר משנת 2009. יש תיעוד של כמה ישיבות שהיא קיימה בעניין. במועד כתיבת הספר – הפגישה האחרונה של הוועדה בנושא התקיימה ב-29.7.2013.
   בשנת 2013 נבחרה העיר אשדוד כעיר ירוקה בתחרות בין ערים ירוקות בארץ במסגרת ועידת קלינטק השנתית. שלושת המדדים לבחירת ערים ירוקות בתחרות המתקיימת בכל שנה – התייעלות אנרגטית, מיחזור פסולת ועידוד השימוש בתחבורה ציבורית. גם ערים גדולות אחרות כמו חולון, ראשון לציון וכפר סבא הוכתרו כערים ירוקות, לצד ערים קטנות רבות אחרות. התנהלות הערים מראה שהחלטת הממשלה נפלה על קרקע פורייה.
3. שלושה גורמים שיכולים להשפיע על יישום ההחלטה:
   א. שיתוף פעולה מצד המעסיקים, העובדים וגם הרשויות המקומיות.
   ב. ייעול התחבורה הציבורית כדי שתוכל לתת שירות יעיל מבחינת תנאי הנסיעה ועמידה בלוחות הזמנים.

ג. היבט כלכלי – חיסכון בעלויות שיהיה כדאי לכל הגורמים המעורבים.

לעובדים קשה מאוד לוותר על רכב פרטי וזו אחת ההטבות שרבים מהם מקבלים ממקום העבודה. ייתכן שיש מקום למסות את ההטבה כדי להפחית את היעילות הכלכלית שלה ולעומת זאת – לתת תמריצים לעובדים המגיעים בתחבורה ציבורית או באמצעי אחר (רכיבה על אופניים למשל).

תמ"א 23 - תכנית המתאר הארצית למסילות ברזל

תשובות לשאלות תחת איור 3.12 בעמוד 135

1. רוב קווי הרכבת עד שנת 2012 מתמקדים במרכז המדינה ובציר לאורך החוף.
   הקו לירושלים עדיין מיושן ופתיחת הקו החדש תושלם לפני 2020.
   יש קו אחד לבאר שבע ולישובים בדרך אליה.
2. עד שנת 2020 מתוכננת פתיחת קו הרכבת החדש לירושלים שיקצר מאוד את משך הנסיעה אליה ויכול להקל על העומס בכבישים המובילים לירושלים.
   כן מתוכננת סלילת קו מאשקלון לבאר שבע.
   במפה מוצגת גם רכבת העמק שמגיעה עד בית שאן. למרות מחלוקת קשה עקב חוסר הכדאיות הכלכלית שלה היא נסללה.
3. פריסת הרכבת יכולה לתת מענה טוב לצרכים במרכז הארץ.
   היא גם יוצרת קשר טוב עם באר שבע והדרום.
   אלא שבפריסת הקווים לא די, צריך גם להבטיח רמת שירות מתאימה ומספר רכבות העונה על הצרכים המשתנים בשעות שונות ביממה. ובכך לוקה הרכבת נכון לתחילת 2013.

הערה

כדאי לעקוב אחר השינויים בפריסת מסילות הברזל בעיקר באזור אשדוד ואשקלון והשפעתם על נוחות הגישה לתל אביב וסביבתה.

פרק 4
תכנון סביבתי עירוני

תהליכי העיור ומאפייני הערים

רקע היסטורי-דמוגרפי: הגידול באוכלוסיית הערים בעולם החל מהמאה ה-19

תשובות לשאלות תחת גרף 4.1 בעמוד 144

1. בכל האזורים , למעט אוקיאניה, חלה עלייה באחוז התושבים שחיים בערים.
במרכז אמריקה הייתה עלייה תלולה במחצית השנייה של המאה ה-20 והיא התמתנה בתחילת המאה ה-21.
בצפון אמריקה – נמשכת עליה מתונים כבר מאמצע המאה ה-21.
באסיה ובאפריקה יש עליה מהירה מאמצע המאה ה-21.
באירופה הייתה עלייה ניכרת במחצית השנייה של המאה ה-20, שתמתנה בין השנים 1980-2000, ובעשור הראשון של המאה ה-21 יש שוב עלייה גדולה יותר.
המגמה הכללית היא אם כן עלייה בעיור בכל חלקי העולם, כשבאסיה ובאפריקה הגידול הוא המהיר ביותר.

2. אחוז העיור בשנים שונות באזורים שונים בעולם על פי הגרף:

האזור / השנה	1950	1970	1990	2000
אמריקה הצפונית	64%	74%	75%	78%
מרכז אמריקה	41%	57%	70%	75%
אירופה	51%	57%	68%	70%
אסיה	17%	23%	33%	37%
אפריקה	14%	23%	33%	35%
אוקיאניה	63%	71%	71%	70%

במדינות מפותחות התחילו תהליכי העיור כבר במחצית הראשונה של המאה ה-20 ולכן העלייה במחצית השנייה של המאה ה-20 היא מתונה יותר. לעומת זאת במדינות מתפתחות התחילו תהליכי העיור בשלב מאוחר יותר והם הואצו בסוף המאה ה-20 ובתחילת המאה ה-21.

3. עלייה מהירה באפריקה ובאסיה, עלייה מתונה באמריקה ובאירופה, עלייה מעטה באוקיאניה. חשוב לציין שכבר בשנת 2000 ברוב מדינות המערב התגורר חלק גדול מהאוכלוסייה (מעל 70%) בערים בעוד שבאפריקה ובאסיה רק כשליש מהאוכלוסייה התגורר בערים.

שינויים במאפייני הערים: מהעיר התעשייתית לעיר הבתר תעשייתית

השפעת הגלובליזציה על הערים

הערה לעמוד 145

להרחבה בנושא מומלץ לקרוא את ספרה של נעמי קליין (2002), "ללא לוגו" .

מאפיינים דמוגרפיים ומרחביים של תהליך העיור

ערי ענק (Mega Cities)

תשובות לשאלות תחת טבלה 4.1 בעמוד 151

1. שנה יבשת	1970	1990	2011	2025
אמריקה הצפונית	ניו יורק	ניו יורק לוס אנג'לס	ניו יורק לוס אנג'לס	ניו יורק לוס אנג'לס שיקגו
מרכז אמריקה	-	מקסיקו סיטי	מקסיקו סיטי	מקסיקו סיטי
דרום אמריקה	-	סן פאולו בואנוס איירס	סן פאולו בואנוס איירס ריו דה ז'נרו	סן פאולו בואנוס איירס ריו דה ז'נרו לימה בוגוטה
אסיה	טוקיו	טוקיו אוסקה כלכותה סיאול	טוקיו לדהי שנחאי מומבי בייג'ין דהקה קארצ'י מנילה אוסקה איסטנבול שנז'ו	טוקיו לדהי שנחאי מומבי בייג'ין דהקה קארצ'י מנילה אוסקה איסטנבול שנז'ו כלכולה בנגלור ג'קרטה צ'נאי ונהאן היידרבאד בנגקוק להורה
אפריקה			לגוס קהיר	לגוס קהיר קינשאסה
אירופה			מוסקבה פריז	מוסקבה פריז לונדון

2. ערי הענק הראשונות הופיעו בארה"ב וביפן כפי שאפשר לראות בשנת 1970. אך מאז מסתמן גידול ניכר בעיקר באסיה – המדינות המובילות הן סין והודו.
באירופה ובאפריקה יש רק ערים מעטות שהן ערי ענק.

3. ההתפתחות הכלכלית המואצת במדינות מתפתחות בעיקר בדרום מזרח אסיה (סין והודו) ובדרום אמריקה, גורמת למעבר של התושבים מתעסוקה בחקלאות לחיפוש מקורות

תעסוקה שמבטיחים הכנסה גבוהה יותר, ואלה מצויים בעיקר בערים. לכן חל במדינות אלה תהליך עיור מתגבר, בדומה לתהליך שהתרחש במדינות המערב במהלך המאה ה-20.

תשובות לשאלות תחת גרף 4.2 בעמוד 152

1. מספר התושבים שהתגוררו בערים בגודל שונה בשנים 1970, 2011, במיליונים

גודל העיר	1970	2011
עד 500,000	833	1,849
עד מיליון	128	365
עד 5 מיליון	244	776
עד 10 מיליון	109	283
מעל 10 מיליון	39	359

מספר התושבים שגרו בערים שמספר תושביהן אינו עולה על 500,000 :

בשנת 1970 – 833 מיליון מתוך 1,353 מיליון – 61.5%

בשנת 2011 – 1,849 מיליון מתוך 3,632 מיליון – 51%.

יש אם כן מגמת ירידה במספר התושבים הגרים בערים קטנות יחסית.

מבין הערים הגדולות יותר - בערים שמספר התושבים בהן נע בין 1-5 מיליון גרו תושבים רבים יותר מאשר בשלוש הקבוצות האחרות.

2. מספר התושבים הכולל בערים בשנת 2025 יהיה – 4,643 מיליונים.

אחוז תושבי הערים הקטנות – 41%.

3. בשנת 1970 – 833 מתוך 1,353 – 61.6%

בשנת 2011 – 1849 מתוך 3662 – 50.5%.

4. אחוז התושבים המתגוררים בערים קטנות שמספר תושביהן אינו עולה על 500,000 יורד בהתמדה אם כי קצב הירידה גובר אחרי שנת 2011.

5. הגידול הרב ביותר צפוי בערים שמספר תושביהן 1-5 מיליון ואחריהן – בערי הענק שמספר תושביהן מעל 10 מיליון. עם זאת, עדין מספר התושבים הגדול ביותר יגורו בערים שמספר תושביהן אינו גדול מ-500,000.

תכנון מערך השטחים הפתוחים בעיר

עקרונות לתכנון שטחים ציבוריים פתוחים בערים

תשובות לשאלות בפינת העשרה : גינון קהילתי בעמוד 167

1. מהם היתרונות של גינה קהילתית?

יתרונות הגינה הקהילתית :

א. מסגרת לפעילות קהילתית המשלבת חברים בקהילה המקומית בגילים שונים ובעלי רקע תעסוקתי שונה. מעודד גם קשרי משפחה בין-דוריים.

ב. יצירת אזור ירוק בשכונות.

ג. פיתוח מודעות לדרכים שונות לשמירה על הסביבה העירונית.

2. הקשיים נובעים בעיקר מחוסר התמדה של אנשים שמצטרפים להקמת הגינה אבל מתעייפים ונוטשים את הגינות.

החזקת הגינה וטיפוחה דורשים גם השקעה כספית לא מעטה (היא לא כדאי כלכלית), וצריכים להיות ערוכים לכך.

יכולים להתעורר גם קשיים בין האנשים הלוקחים חלק בגינה הקהילתית אם הם אינם מצליחים להתארגן וליצור יחסים טובים ביניהם.

עירוב גורמים עירוניים מקצועיים גם המחלקה האחראית על שיפור פני הנוף וגורמים במחלקת הרווחה שמסוגלים לתמוך ולהדריך חברים בגינות קהילתיות, יכול לסייע.

ייתכן שגם קשר עם גינות אחרות יכול לסייע.

מכסות להקצאת שטחים ציבוריים פתוחים

תשובות לשאלות בפינת חקר מקרה: שכונת פלורנטין בתל אביב בעמוד 170

1. אישור להגדלה ניכרת של השטחים הבנויים בשכונת פלורנטין במסגרת תכנית "פינוי ובינוי" כתוצאה מאישור לתכנית שניתן על ידי הוועדה המחוזית לתכנון ובנייה בתל אביב.
2. נראה שהוועדה מעדיפה את טובת העניין של העירייה (הגדלת הכנסות) ושל היזמים על פני טובת העניין של תושבי השכונה.
3. לעירייה יש שיקולים שלא תמיד עולים בקנה אחד עם השיקולים של הוועדה המחוזית לתכנון ובנייה. רווחת התושבים חשובה לה וייתכן שהיא גם העריכה שבית המשפט יתמוך בהתנגדות התושבים. שני אלה הובילו אותה לפתוח במשא ומתן כדי לפתור את המחלוקת באופן שלא יפגע ברווחת התושבים.

אתגרים לתכנון העתידי

הערה לעמוד 177

מוצעות להלן כמה דוגמאות שיכולות לשמש לדיון בכיתה במתכונת של דילמה.

♥ **הקמת איים מלאכותיים**

למן הקמתה של המדינה מתעורר הרעיון של הקמת איים מלאכותיים אל מול חופי הים התיכון כאמצעי להגדלת שטח המדינה. כבר בימיו של בן גוריון סברו כי יהיה צורך בכך.

באמצע שנות ה-90 החל רעיון זה ללבוש צורה, כאשר נמצא מימון ביוזמת שמעון פרס וצוות ישראלי-הולנדי ערך סקר היתכנות גדול בנושא. מסקנותיו של סקר זה היו ברורות – עלות הקמתם של האיים עצומה ופגיעתם בסביבתם בחופים גם היא גדולה. לאור זאת הומלץ לבחון שיטות אחרות מלבד הקמת איים על גבי מילוי ולדחות את מימוש הרעיון לשנים קדימה. עוד נקבע כי אין היתכנות לאיים למגורים אלא רק לתשתיות.

ברוח זו נערכו עבודות נוספות, ביניהן מסמך מדיניות של מנהל התכנון (http://moin.gov.il/SubjectDocuments/Chof27.pdf).

הפגיעה הסביבתית הגדולה היא בהליך הסעת החולות. החול המזין את חופינו מגיע ממצרים במחזוריות שנתית – מוסע אליהם בקיץ ונלקח בחורף. הצבת מכשולים בים בדמותם של מזחים, שוברי גלים וכמובן איים, גורם לפגיעה בהסעת החולות, כך שהחול נלקח מהחופים

בעוצמה רבה יותר ולמעשה אינו מוחזר. דוגמא להתרחשות של הליך זה ניתן לראות בחופים מצפון להרצליה, שם נמדדה השפעתה השלילית של מרינה הרצליה ונקבע כי גריעת החולות הגיעה ל 60%. ניתן לראות זאת בברור בחופי צפון הרצליה וכן באפולוניה, שם עתיקות החלו ליפול לים לאור כרסום המצוק ע״י גלי הים.
לאור ניסיונות אלו נקבע כי יש להרחיק את האיים מהחוף ככל הניתן ולבנותם כ״איים צפים״ או מעוגנים לקרקע ע״י עמודי ענק (כלונסאות) ולא להשתמש בטכניקה של מילוי.
קביעות אלו מייקרות את עלות בנייתם של האיים באופן משמעותי, עלות שמגיעה לכמה מיליארדי דולרים לאי בגודל של מאות דונמים, אשר יכול לשמש כשדה תעופה.
יש הסוברים כי ניתן לבנות איים בטכניקה של מילי ולדאוג להעביר את החול המצטבר מדרומו של האי לצפונו, כפי שנעשה בנמל אשדוד.

דונו בכיתה האם המדינה צריכה להשקיע באיים מלאכותיים או למצוא חלופות אחרות והאם ניתן לסמוך על האדם כי ינהל את הסעת החולות באופן מלאכותי לאורך שנים על מנת שלא לעצור את אספקת החולות לאורך חוף הים התיכון בעתיד.

♥ **הקמת מתקני גז**

גילוי מצבורי הגז בים התיכון לא היה הליך שהמדינה תכננה את צעדיה בנוגע אליו. כמו בנוגע לגובה המיסוי שנקבע רק לאחר התערבות , כך גם התכנית לקווי האספקה של הגז ומיקום מתקנים לטיפול בגז מתוכננים תחת לחץ של הצורך בשימוש בגז מהר ככל הניתן, על מנת למתן את השפעות זיהום האוויר של שימוש ליצירת אנרגיה באמצעים אחרים.
הכול מסכימים כי מעבר לייצור אנרגיה מגז הינו נדרש ובעל השלכות חיוביות על משק האנרגיה של ישראל, בהיותו זול יותר ובעל השלכות של כשני שליש משימוש בנפט/מזוט או פחם על הסביבה.
אולם, בדומה למתקני ההתפלה, שמהווים אמצעי לאספקת מי שתיה אך הינם בעל חותם שלילי על סביבתם, כך גם המתקנים לייצור אנרגיה מגז. נכון ל 2013, תכנית המתאר הכוללת למתקני גז עדיין לא אושרה עקב בעיות פוליטיות וסביבתיות.
במסגרת עריכתה של תמ״א 37 ח נבחנו חלופות רבות למתקני קליטת הגז. הבעיות רבות.
אחת מהן היא דרישת קבוצות רבות של בעלי עניין לבחון את הקמתן של המתקן כולו בים, למניעת השלכות על יישובים ביבשה ולמניעת השלכות על הסביבה.
עקב העובדה כי טרם קיים מתקן מסוג זה, נוטים מקבלי ההחלטות לפצל את הטיפול לחלקו בים ולחלקו ביבשה. החלופות, אשר כל אחת מהן היא בגודל כ 100-200 דונם לערך, נבחנו לאורך חופי הארץ ומישור החוף. צפיפות היישובים בארץ גורמת לכך שכמעט כל חלופה קרובה ליישוב כלשהו או פוגעת אנושות בשטחים ערכיים שעוד נותרו ביניהם.

מסמך החלופות העדכני נמצא באתר :

http://www.moin.gov.il/OfficeUnits/PlanningAdministration/masterplan/Pages/tama%2037%208.aspx