

זאב שטסל

לילית זדיהן

איילת ניצחון

# מסע זאבים משאננים

האוניברסיטה העברית בירושלים, המרכז להוראת המדעים  
משרד החינוך, הסוכנות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים  
סגה פזינג, המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט  
תשס"ד 2004



# משאבים וסביבה

זאב שטסל

לילית זריהן

איילת ויצמן

יצא לאור במימון האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים במשרד החינוך  
ומטה המרכז לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך תשס"ד/2004

האוניברסיטה העברית בירושלים, המרכז להוראת המדעים  
משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים  
מטה מלי"מ, המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



**אחראי אקדמי:** פרופ' אריאל כהן

**ייעוץ מדעי**

**בתחום המים:** פרופ' משה גפן, ד"ר אריה בן צבי, ד"ר דוד רובין,

קובי הרוסי

**בתחום האוויר:** פרופ' אריאל כהן, ד"ר רונית פלד, ענת אייזן,

אבי מושל, כאמל קזאמל

**בתחום חומרים בשימוש האדם:** יעל אורן, אלעד עמיחי

**קרא והעיר:** ד"ר נטע עורבי

**עריכת הלשון:** בלהה נחמן

**הקלדות:** סיגי אלאוף

**איורים ועיצוב:** גדעון דן, אליהו ראטנר, פיגה זסלבסקי,

יוליה אגרנוביץ' - סטודיו דן



© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך תשס"ד/2004

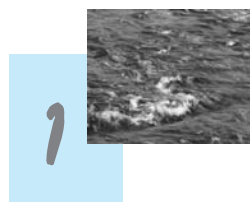
מסת"ב: 0-027-295-965 ISBN

# תוכן העניינים



## חלק א': מים

- 9 חיים ומים**
- 10 זמינות המים בעולם •
  - 11 השפעת האדם על מחזור המים •
  - 13 צריכה ואספקת מים בעולם •
  - 15 מדדים לאיכות מים •
  - 16 - מדדים פיזיקליים
  - 17 - מדדים כימיים
  - 26 - מדדים ביולוגיים
  - 28 - מדדים רדיולוגיים



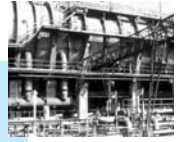
- 31 משק המים בישראל**
- 32 היצע וביקוש למים •
  - 41 מי התהום •
  - 41 - המערכת הטבעית
  - 48 - השפעת האדם
  - 52 - מי התהום בישראל
  - 55 הכינרת •
  - 56 - מאזן המים
  - 59 - מליחות המים
  - 62 - תהליכים ביולוגיים באגם
  - 68 - השפעות אגן ההיקוות
  - 74 • נחלי ישראל
  - 74 - שיקום נחלים
  - 75 - סיפורו של נחל אלכסנדר



## ההתמודדות עם בעיות המים

- 81
- 82 • מי השתייה
  - 82 - הטיפול במים
  - 84 - ניטור מי השתייה
  - 86 • שפכים ביתיים
  - 87 - סיכוני בריאות ומפגעים סביבתיים הנובעים משפכים
  - 87 - תהליכי טיהור בשפכים ביתיים
  - 98 - שימוש בקולחים
  - 101 • שפכים תעשייתיים
  - 103 • שפכים חקלאיים
  - 104 • איגום מי שיטפונות
  - 105 • התפלה
  - 105 - שיטות התפלה
  - 109 - יתרונות וקשיים בהתפלת מים
  - 111 • הגברת משקעים
  - 113 • חיסכון
  - 116 • ייבוא מים
  - 116 • חקיקה וניהול במשק המים
  - 117 - פעילות נציבות המים בהתמודדות עם המחסור במים

3



## חלק ב': אוויר

125

### האטמוספירה

- 126 • הרכב האטמוספירה
- 128 • שכבות האטמוספירה
- 130 • עננים ומשקעים
- 130 - היווצרות עננים
- 131 - משקעים - גשם, שלג וברד

4



135

### איכות האוויר

- 136 • מקורות זיהום האוויר
- 137 • תהליכים היוצרים זיהום אוויר
- 137 - מזהמים ראשוניים
- 140 - מזהמים שניוניים

5



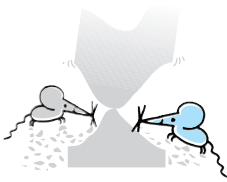
- 143 • סילוק פירוק ופיזור של מזהמי אוויר
- 143 - סילוק ופירוק של מזהמים
- 143 - פיזור מזהמים
- 155 • מזהמי האוויר והשפעתם על האדם והסביבה
- 156 - השפעה על בריאות האדם
- 161 - עישון סיגריות
- 164 - השפעת זיהום האוויר על הצומח
- 165 - השפעת זיהום האוויר על חומרים
- 167 • תחבורה וזיהום אוויר
- 169 - מנוע המכונת
- 171 - תהליכים הגורמים לזיהום מרכב
- 174 - התמודדות עם בעיית הזיהום מרכב
- 182 • מזהמי אוויר בתעשייה
- 183 - זיהום אוויר בתהליך ייצור החשמל
- 184 - תהליכים תעשייתיים אחרים
- 185 - התמודדות עם בעיית זיהום האוויר שמקורו בתעשייה
- 189 • זיהום אוויר במבנים
- 189 - מזהמים ומקורות זיהום במבנים
- 190 - התמודדות עם זיהום במבנים
- 193 • איכות האוויר בישראל - תמונת מצב ודרכי טיפול
- 193 - המערכת המוסדית לטיפול בנושא זיהום האוויר

## השפעת האדם על האקלים ועל האטמוספירה העולמית

- 199
- 200 • השפעת האדם על אפקט החממה
- 200 - מהו אפקט החממה?
- 204 - השפעת האדם
- 207 - דרכי התמודדות
- 213 • השפעת האדם על האקלים המקומי
- 213 - אי החום העירוני
- 215 - השפעה על כמות העננים והמשקעים
- 216 • הידלדלות האוזון בסטרטוספירה
- 217 - תהליכים טבעיים בשכבת האוזון
- 217 - כיצד מידלדלת שכבת האוזון
- 219 - השפעות ההידלדלות של שכבת האוזון
- 220 - דרכי התמודדות
- 222 • משקעים חומציים

6





# חלק ג': חומרים בשימוש האדם

229

## חומרים כמשאב לאדם

229

- מחזור החומרים במערכת טכנולוגית
  - השפעת רמת החיים וגודל האוכלוסייה על ייצור
- 232
- מוצרים והיווצרות פסולת

7



237

## בעיית הפסולת

238

- מקורות הפסולת והרכבה

244

- תהליכי פירוק הפסולת

246

- הפסולת כמפגע

247

- מפגעים במזבלות

248

- מפגעים מהשלכת פסולת ברשות הכלל

8



251

## התמודדות עם בעיית הפסולת

251

- אמצעים לטיפול בפסולת

251

- הפחתה במקור

252

- שימוש חוזר במוצרים

253

- מיחזור

255

- קומפוסט - מפסולת לדשן

260

- הטמנה

261

- הפקת אנרגיה מפסולת

265

- הטיפול בפסולת מסוכנת

267

- בחירת שיטת הטיפול בפסולת

270

- הטיפול המשולב

273

- המדיניות ודרכי הטיפול בפסולת בישראל

9



277

- נספח - מסיסות החמצן במים

278

מפתח

283

קיצורים ומידות

## מפתח

### אקוויפר (ראו אקווה)

אקוויקלוד 44-41  
 ארובות 187, 150-148  
 ארסן 242  
 אשלג 257

### ב

בוצה 264, 97-94  
 בוצה משופעלת 97-94  
 בורון (B) 110  
 בזלת 52, 44  
 בניזן 177, 172-169  
 בנזן 173  
 ברום 242  
 בריכת חמצון 93-91  
 בתי שקים 186

### ג

גפרית דו-חמצנית ( $SO_2$ ) 153, 143, 139  
 223-222, 195, 187-184  
 השפעה על האדם 158-157  
 השפעה על צמחים 165  
 גז טבעי 231, 185, 183  
 גזי חממה 269, 211-208, 204  
 גיר 223, 184, 110, 53-52, 44, 23  
 גפ"מ (גז פחמימני מעובה) 177  
 גשם חומצי (ראו משקעים)  
 גשם מלאכותי (ראו משקעים)

### ד

דגים 222, 83, 67, 65-62, 25-24, 20-19  
 דולומיט 52, 44  
 דיאליזה חשמלית (אלקטרודיאליזה) 109  
 דיוקסינים 263

### א

אגמון החולה 70-69  
 אגן היקוות 71-68, 56-55, 38  
 אוגר בלתי פעיל 34, 32  
 אוגר תפעולי 34-33  
 אוזון ( $O_3$ ) 126  
 בסטרטוספירה 221-216, 204, 129-127  
 בסמוך לקרקע 142-139, 136, 127  
 195  
 השפעה על האדם 158-157  
 השפעה על צמחים 166-165  
 חיטוי מים 82  
 אוסמוזה הפוכה 108-106  
 אזבסט 189  
 אטמוספירה בלתי יציבה 145  
 אטמוספירה יציבה 145  
 אי החום העירוני 215-213  
 איטרופיקציה 69-68, 22, 20-18  
 אינברסיה 146  
 אינברסיית קרקע 151, 148-146  
 אינברסיית רום 151, 150-149, 146  
 אלקטרוליזה 109-108  
 אסתמה 158-157  
 אפקט החממה 263, 248, 213-200  
 אפר עילי 263  
 אפר תחתית 263  
 אצות (פיטופלנקטון) 220, 83, 22, 20-19, 17  
 בכינרת 66-63  
 בשפכים 93-91, 88  
 אקווה (אקוויפר) 72, 61-60, 55-41  
 אקווה חופשית 247, 53, 49, 46, 42  
 אקווה כלואה 53, 49, 46, 42  
 אקווה לכודה 42  
 אקווה שעונה 42



**חלקיקים** 127, 138-139, 143, 152-153,  
189, 194-195, 215, 263  
השפעה על האדם 155-158, 162  
השפעה על צמחים 165  
השפעה על עננים ומשקעים 130, 215  
פליטה מרכב 168, 172  
פליטה מהתעשייה 168, 184-186, 187  
**חמצן** 126-127  
בכינרת 62-63  
במים 21-23, 26-27, 277  
בפעולת מנוע המכונית 172, 179  
בשכבת האוזון 217-218  
בשפכים 87-88, 91-94  
בתהליכי זיהום אוויר 138-139, 140-142  
**חנקות** 18-19, 97, 109  
במי התהום 41  
בכינרת 66, 68-69  
השפעה על האדם 18-19  
**חרטית** 17, 44, 260  
**חשמל (ייצור)** 96, 106, 182-186, 207,  
261-262, 264  
**ט**  
**טיפול משולב** 270-272  
**טרופוספרה** 128  
**טריהלומתנים** 82, 85  
**י**  
**יחס עירוב** 171-172  
**ייבוא מים** 116, 117, 119  
**כ**  
**כבול** 69-70  
**כחוליות** 66  
**כינרת** 32-34, 39, 55-72, 82-83  
**כלור (Cl)** 17, 65, 82, 85, 217-219, 242  
**כספית** 25, 85, 157, 242, 247

**דניטריפיקציה** 92  
**דשנים** 69

**ה**

**הגברה ביולוגית** 24  
**הגברת משקעים (ראו משקעים)**  
**הטמנה (ראו מטמנה)**  
**הכלרה** 82  
**המוביל הארצי** 56, 58, 65, 72, 83-84  
**הפלרה** 83  
**התפלה** 105-110, 116, 119

**ז**

**זואופלנקטון** 19, 24, 63-64  
**זיהום תרמי** 16-17  
**זרחות** 18-19, 62, 66, 90, 257

**ח**

**חול** 44-45, 52, 54, 136  
מסנן חול 82, 95  
**חולה** 69-70  
**חומרי הדברה** 24, 189, 239, 241, 265  
**חומרים מומסים** 15, 89  
**חומרים סינתטיים** 24, 217, 244  
**חוקים**  
בנושא המים 15, 37, 57, 59, 82,  
84-85, 114, 116-117  
בנושא איכות האוויר 163-164, 177,  
187-188, 193  
בנושא הפסולת 266, 274-275  
**חיטוי מים** 24, 82-83, 90  
**חיידקים** 19, 22, 26-28, 64, 205  
במי השתייה 82-85  
בפסולת 244-246, 248, 256, 264-265  
בשפכים 88-99, 102-103, 126  
השפעה על האדם 157, 162  
השפעה על צמחים 165



**מסננים** 267, 263, 185  
**מעיינות מלוחים** 60, 58, 56  
**מעין** 46  
**מפרקים** 264, 139, 22, 20-19, 11  
 בכיורת 63  
 בשפכים 97-96, 92, 88-87  
 בפסולת 248  
 בקומפוסט 257-255  
**משאבים מתחדשים** 231  
**משאבים מתכלים** 230  
**משקע אלקטרוסטטי** 185  
**משקעים** 128, 45, 34, 32-31, 11, 10  
 215, 143, 133-130  
 הגברת משקעים 112-111  
 משקעים חומציים 223-222, 153, 23  
**מתיל ברומיד** 218  
**מתכות כבדות** 165, 157, 101, 87, 85, 24  
 265, 247, 166  
**מתן (CH<sub>4</sub>)** 204, 139-138, 96, 19  
 בפסולת 264-263, 261, 248, 244, 237  
 269



**נגר עילי** 104, 46, 12  
**נהר** 222, 119, 87, 56, 40-36, 22, 12-11, 9  
 נהר בינלאומי 36  
**נחל** 237, 117-116, 104, 79-74, 56, 39  
**ניטריפיקציה** 93  
**נסועה** 180-179  
**נציבות המים** 118-116  
**נשימה** 127, 23  
 בבני אדם 160-156, 140, 135, 18  
 189, 163-162  
 במפרקים 244, 242, 97, 94, 91, 87, 26  
**נתבים (ראו סמנים)**

**מדד איכות אוויר** 196  
**מדינה עילית** 38-37  
**מדינה תחתית** 38-37  
**מוביל מלוח** 61-60  
**מוצקים מרחפים (TSS)** 97-89, 17, 16-15  
**מזבלה** 273, 269, 248-246, 237  
**מזהמים ראשוניים** 139-136  
**מזהמים שניוניים** 165, 153, 141-140, 136  
 222  
**מזוט** 185, 184  
**מזוספרה** 128  
**מחזור המים** 11  
**מחזור חומרים** 231-229  
**מטמנה** 274-268, 266, 264-263, 261-260  
**מיחזור** 274, 272-268, 263, 261, 255-253  
**מים**  
 מי שתייה 205, 101, 85-82, 41, 28, 15  
 מי תהום 247, 205, 55-41  
 מים מלוחים 61-60, 54, 50-49, 47, 10  
 109-105  
 מים מליחים 108, 105, 54, 49  
 מים מתוקים 10  
 מים עיליים 32  
 מים שפירים 117, 75, 32  
**מימן גפריתי (H<sub>2</sub>S)** 19  
**מליחות** 102, 99, 18-17  
 במי התהום 54, 50-49, 47  
 בכיורת 61-59  
 בקולחים 99  
 בשפכי תעשייה 102  
**ממיר קטליטי** 177-174  
**מנוע**  
 מנוע בנזין 183, 177-169  
 מנוע דיזל 177, 173-169  
 מנוע חשמלי 178-177

פסולת עירונית 241-238

פראונים (CFC) 220, 217

פרידיניום 66-63

פריצה רב-דרגתית 106

## צ

צח"ב (BOD) 27-26,

בשפכים 99, 97-96, 94-92, 90

צח"כ (COD) 27-26

ציקלונים 186

## ק

קדמיום 242, 195, 165, 161, 157, 101

קו אדום 57, 34-33

קולואידים 89

קולחים 247, 223-222, 85, 23-22, 86, 82, 75, 34, 97-96, 93, 90

99-98, 117, 105

קוליפורמים 99, 28-27

קומפוסט 258-255, 97

קירטון 104, 51, 44

קרינה 202-200

קרינה אולטרה סגולה (UV) 127, 82

218-216, 200

קרינה אינפרא אדומה (IR) 204-200

קרינה רדיואקטיבית 29-28, 15

265, 191-190

קרסט 52, 45-44

קשיות 110, 85, 23

## ד

דון 191-190

דירות 257, 248, 246, 244, 192, 88, 74, 19

## ש

שיטפונות 117, 105-104

שימוש חוזר במוצרים 253-252, 101

שכבת העירוב 151-149

## ס

סולר 189, 183, 177, 170

סטרטוספירה 219-216, 204, 129-128, 127

סלעים חדיריים 44-43

סמנים (נתבים) 166, 28

סקרבר 186

סרטן 219, 191-189, 173, 162, 157

## ע

עופרת 231, 194, 176, 174, 165, 157

עישון 190, 165-161, 160

עכירות 85, 17

במי המוביל הארצי 84-83

עלויות חברתיות (עלויות חיצוניות) 269-268

ערך הגבה (pH) 247, 223-222, 85, 23-22

ערך היסק 262

ערפיח 140

ערפיח לונדון 140

ערפיח פוטוכימי 149, 141-140

## פ

פוטוסינתזה 204, 165, 127, 92-91, 21, 17

220

פחמימנים 194, 174-172, 165, 157, 138

פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>) 127-126, 23, 15, 11

263, 245, 244, 184, 179, 171, 168, 138

267

באפקט החממה 209, 207, 205-203

248, 211

בשפכים 94-92

פחמן חד-חמצני (CO) 196, 194, 173, 168

השפעה על האדם 163, 161, 157

פיח 138

פיטופלנקטון (ראו אצות)

פן ביני 50-49, 47-46

פסולת ביתית 240-239

פסולת מסוכנת 263, 242-241, 102

267-265

- שפכים 11-12, 18, 27, 54, 66, 69, 74-75, 77, 86-99, 120, 239, 255
- שפכים חקלאיים 18, 87, 103
- שפכים תעשייתיים 25, 51, 87, 101-103
- שרפה 137-139, 172, 174, 177, 182-184, 189, 204, 207
- שרפת פסולת 261-265, 267
- ת**
- תכנית מתאר ארצית (תמ"א) 71, 273
- תחמוצות גפרית ( $\text{SO}_x$ ) 23, 168, 194
- ראו גם גופרית דו חמצנית ( $\text{SO}_2$ )
- תחמוצות חנקן ( $\text{NO}_x$ ) 136, 139-141, 143, 153, 168, 194-195, 263
- ברכב 172-174
- בתעשייה 184-185
- השפעה על האדם 157-158
- השפעה על צמחים 165
- ואפקט החממה 204
- ומשקעים חומציים 222
- תמלחת** 60-61
- תקן**
- איכות האוויר 28, 82, 84-85
- איכות המים 177, 192-193
- תרכובות אורגניות נדיפות (VOC)** 138-139,
- 141, 157, 184, 263
- תרמוספירה** 129
- תשטיפים** 247, 260, 263

הספר "משאבים וסביבה" בוחן בהרחבה את ההיבטים העיקריים של השפעת האדם על משאבי הטבע: מים, אוויר וחומרי גלם. לגבי כל אחד מהמשאבים מתמקד הדיון בתכונות המשאב, בתפקידיו בסביבה הטבעית ובחברה האנושית, וכן בבעיות ובדילמות הסביבתיות הנוצרות בעקבות השימוש בו על ידי האדם. כמו כן נדונות דרכי ההתמודדות עם בעיות אלו בדגש על עקרונות הקיימות. הנושאים לדיון נבחרו בעיקר מנקודת מבט ישראלית, אך נדונים גם היבטים כלל עולמיים.

הספר מיועד לתלמידי החטיבה העליונה הלומדים מדעי סביבה. הוא המשך לספרים "חיים וסביבה" ו"אדם וסביבה" שנכתבו גם הם במסגרת תכנית לימודים זו.