

מערך שיעור – זיהום אור

פיתוח – אורית אנגלברג-ברעם.

עזר בעריכה ובתחקיר – יואב שרעבי.

קהל היעד: חטיבה עליונה

אורך הפעילות: שעה וחצי (שיעור כפול)

מטרות השיעור:

- 1) התלמידים יכירו את המושג "זיהום אור".
- 2) התלמידים יבינו כי אור יכול להיות גורם מזיק עבור הטבע והאדם.
- 3) התלמידים יאפיינו דרכים בהן זיהום אור פוגע באדם ובסביבה.
- 4) התלמידים ייחשפו לרלוונטיות של זיהום אור לשגרת חייהם.
- 5) התלמידים ילמדו כלים לצמצום של זיהום אור.
- 6) התלמידים יעמדו על חשיבות ניהול מערך התאורה.

נקודות חיבור של הפעילות לתכנים הנלמדים במדעי הסביבה:

תכנית הלימודים במדעי הסביבה חושפת את התלמידים לסוגיות מרכזיות ביחסי אדם-סביבה והשפעתן על המערכות האקולוגיות, תוך התמקדות במשאבים העיקריים: האוויר, המים וכד'. דגש חשוב ניתן על פגיעה או צמצום משאבים אלה, ובכלל זה סוגי זיהום שונים (זיהום אוויר, זיהום מים) וכן רעש וקרינה. בתוך מכלול זה אנו רוצים לשלב סוג נוסף של זיהום - אור, אשר פחות מוכר בציבור כגורם מזיק, בעיקר מתוקף העובדה כי אור אינו חומר. בעדכון משנת 2014 לתוכנית הלימודים במדעי הסביבה עולה הצורך לשלב מערכי שיעור בנושא זיהום אור, שלא היו בתכנית הלימודים לאורך השנים, הודות למודעות ההולכת וגוברת לנושא.

פעילות זו חושפת את התלמידים באופן מעמיק לסוגיית זיהום האור באמצעות חקר, שילוב תכנים אקטואליים מהארץ והעולם וחשיבה משותפת על פתרונות לבעיה, כחלק ממטרה כוללת המכוונת להטמעת אורח חיים מקיים ולאקטיביזם חברתי.

טבלה מסכמת למערך השיעור המוצע

פעילות	משך	עזרים דרושים
שיעור ראשון (45 דק')		
חלק א'	10 דק'	לתלמידים - דפים וכלי כתיבה טוש ללוח מצגת
חלק ב'	30 דק'	להקרנת המצגת והסרטונים: לפטופ, מקרן, רמקולים, אינטרנט
חלק ג'	5 דק'	סיכום השיעור הראשון
שיעור שני (45 דק')		
חלק א'	30 דק'	כרטיסיות משימה (נספח א') דפים טושים ועפרונות צבעוניים
חלק ב'	10	מצגת
חלק ג'	5	סיכום השיעור – מה למדנו + משימה הביתה

שיעור ראשון – היכרות עם המושג זיהום אור

במהלך שיעור זה נחשוף את התלמידים למושג "זיהום אור". בהשוואה לשאר סוגי הזיהום המוכרים יותר בעולם, כגון זיהום מים, זיהום אוויר, פסולת וכו', זיהום אור מוכר פחות, בעיקר כיוון שקשה לתפוס אור כגורם זיהום. יחד עם התלמידים ננתח את המושג, תוך הבנה מעמיקה של מהות המילה "זיהום", נבין כיצד נוצר זיהום אור ונראה באילו דרכים יכולה תאורה לזהם ולהשפיע על האדם והסביבה.

שקופית 1

השקופית הפותחת של השיעור. מוצג תצלום של כדור הארץ בלילה, שהוכן ע"י NASA (סוכנות החלל האמריקאית) בשנים 1994-1995 מחיבור תצלומי לילה של חלקים שונים בכדור הארץ. בתצלום זה ניתן לראות את הדפוס של השטחים האורבניים ואת צפיפותם, ובמיוחד את העובדה שתאורת כדור הארץ ניתנת לזיהוי מהחלל!

נפתח את השיעור בדיון קצר אודות התמונה בו נשאף לשמוע את דעתם של התלמידים עליה. להלן מספר שאלות מנחות שניתן ורצוי להעלות במסגרת הדיון:

- אילו חלקים מוארים, ומדוע?
 - האם ציפיתם לראות כסות אור רחבה יותר, או דלה יותר? ומה לגבי עוצמת התאורה?
 - כיצד הייתה נראית התמונה במידה והייתה מצולמת לפני 50 שנה? 100 שנה? 500 שנה? וכן הלאה...
 - מה לדעתכם ההשלכות של העובדה שרואים את אורות כדור הארץ מהחלל?
 - כיצד קשורה התמונה לנושא השיעור – זיהום אור?
- בתום הדיון נספר כי השיעור הקרוב הולך לעסוק במושג "זיהום אור", ובמהלכו ננסה להבין כיצד אור יכול בכלל להיות גורם מזעזע, וכיצד הוא משפיע על גורמים שונים בסביבה.

שקופית 2

כעת נבקש מהתלמידים להצטוות בזוגות בכדי לקיים תחרות – על כל זוג למצוא כמה שיותר שירים העוסקים באור, חושך, יום ולילה. נקדיש לתחרות 5 דקות, ובסופה נאפשר לתלמידים לשתף בשמות של השירים שמצאו. מן התחרות תעלה המסקנה כי קל לנו למצוא יותר שירים על יום ואור מאשר על לילה וחושך, ובמיוחד שירים בסגנון "באנו חושך לגרש". בחברה האנושית נתפסים הלילה והחושך כדברים שליליים שיש "להתגבר" עליהם, בעוד שהאור הינו סמל לטוב. תפיסה תרבותית זו הינה הגיונית ונשענת על כך שבני האדם הינם, מבחינה אבולוציונית וגופנית, "פעילי יום" שכמעט ואינם מותאמים לחיים בלילה.

שקופית 3

לכן, לאורך השנים חיפשו לעצמם בני האדם דרכים "לגרש את החושך". בשקופית מוצגים אמצעים שונים בהם השתמש האדם כדי להאיר בלילה – מדורה, מנורות שמן, מנורות חשמל ולבסוף גם תאורת רחוב מאסיבית (בתצוגת מגיש, כל אחד מן האמצעים מופיע לאחר לחיצה). חשוב להדגיש כי ברגע שהצליח האדם להאיר את הלילה, הוא הצליח גם להאריך לעצמו את שעות הפעילות, מה שהגדיל את סיכויי ההישרדות שלו בטבע ואפשר לו להתפתח ולשלוט בעולם.

נשאל – מתי הייתה ההתפתחות המשמעותית ביותר מבחינת תאורה? לאחר איסוף תשובות התלמידים, נענה כי ההתפתחות המשמעותית ביותר חלה בעקבות המצאת הנורה החשמלית, שכן עד אז תאורה התבססה על אש (בין אם מדורה, לפיד, מנורת שמן וכו'). החשמל מנגיש את האור בצורה פשוטה, בטוחה, קלה וזמינה.

שקופית 4

עד עכשיו עסקנו במילה "אור" ובהשפעתה על בני האדם. כעת ננסה להתעמק במונח "זיהום", ונשאל את התלמידים – אילו סוגי זיהום הם מכירים? סביר להניח שבמהלך השיחה יעלו סוגי הזיהום המוכרים:

- זיהום אוויר – מופיעה תמונה של ארובות המוציאות עשן לאוויר. העשן מכיל חלקיקים וגזים שונים הפוגעים בהרכבו הטבעי של האוויר אותו אנו נושמים.
 - זיהום מים – בא לידי ביטוי בנחלים, אגמים, מאגרי מים תת-קרקעיים, בים ועוד. ניתן לזהות בתמונה סוגים שונים של זיהום הים – בין אם בפסולת, נפט הנשפך ממכליות או שפכים.
 - פסולת ואשפה – רלוונטי בכל אזור. ניתן לראות בתמונה פח העולה על גדותיו ומוקף בפסולת המזמנת בעלי חיים שמחפשים מזון. דבר זה יכול לגרום לשיבוש דפוסי ההזנה של בעלי חיים מסוימים, אך גם להוביל להרעלה, לחנק ולפציעה משקיות פלסטיק, קופסאות שימורים וכו'. כמובן קיים גם המפגע הנופי.
- נשאל – האם רעש מהווה "זיהום"? ומה לגבי פרסומות ברשתות החברתיות, או דואר זבל? (תמונה המייצגת כל אחד מהנ"ל מופיעה במצגת במצב "תצוגת מגיש", לאחר לחיצה). לא נשאף לתשובה חד-משמעית, אלא להצפת הסוגיה אותה התלמידים יוכלו לקחת כנקודה למחשבה (זה אינו מוקד השיעור, ועל כן אין צורך להתעכב על כך יתר על המידה).

שקופית 5

נתבונן בהגדרה המילונית של זיהום המופיעה בשקופית: "הימצאות של חומר או גורם זר במקום בו אין הוא צריך להיות"¹. האם תחת הגדרה זו ניתן להכליל אור כגורם מזהם? נספר כי לשימוש האינטנסיבי בתאורה בעולם המודרני קיימות מספר השלכות בסיסיות:

- שינוי דפוסי התאורה הטבעיים של כדור הארץ, בעצם הכנסת אור למקום מסוים בזמן מסוים בו הוא לא אמור להיות מבחינה טבעית.
- שינוי העוצמה והספקטרום הטבעיים של התאורה בכדור הארץ.
- כניסה של אורות מהבהבים ומרצדים, דבר שכמעט ואינו קיים באופן טבעי.
- שימוש באמצעי תאורה מאסיביים, המאירים למרחק רב ומייצרים שטחים מוארים גדולים יותר מהנדרש.

ולכן, מדובר בסוג של זיהום. לאחר לחיצה נוספת תופיע תמונה של העיר פריז, המכונה גם "עיר האורות", ובה ניתן לראות כמה חזק האור הבוהק ממנה בלילה, כה חזק שניתן לתעד אותו מהחלל!

שקופית 6

שקופית זו מציגה את מפת זיהום האור בישראל, שבה הסקאלה היא: שחור – זיהום אור נמוך מאוד, ורוד – זיהום אור גבוה מאוד. נזהה ביחד עם התלמידים את מוקדי התאורה המרכזיים – גוש דן, ירושלים, חיפה, באר-שבע ואילת, בהם זיהום האור גבוה. כמו כן נוכל לראות כי כמעט ולא קיימים בישראל מרחבים שלא סובלים כלל מזיהום אור. הבודדים שקיימים, נמצאים בעיקר ברחבי הנגב. מסיבה זו, כאשר שוהים בלילה בנגב, ניתן להעריך את מהותו של זיהום האור בצורה הטובה ביותר. נערוך ביחד עם התלמידים הדמיה, ונזמין אותם להתנסות מאוחר יותר בבית – במידה ואתבונן בלילה מחלון ביתי על השמים, כמה כוכבים אראה? כמעט ולא אראה כוכבים. תופעה זו מכונה "זהירות רקיע", והיא נובעת מכך שהאור הנפלט מהמרחב הבנוי מסנוור את שמי הלילה וממסך את הכוכבים. בעקבות כך, אסטרונומים וצופים בכוכבים מחפשים מקומות מבודדים בהם יוכלו לצפות בצורה מיטבית בשמים לא מסנוורים. בהקשר זה נספר כי לאחרונה הוכרז מכתש רמון כ"שמורת אור כוכבים בינלאומית", הראשונה במזרח התיכון, שמכירה בחשיבותו של לילה נטול זיהום אור, ובכך מעלה את המודעות לתופעה. בשקופית מצוי קישור לכתבה בנושא.

¹ מתוך: אתר [ויקימילון](#).

שקופית 7

כעת, ננסה להבין באילו דרכים משפיע זיהום אור על האדם והסביבה, תוך מתן דוגמאות שונות. הדוגמה הראשונה הינה **שיבוש השעון הביולוגי**. נסביר – מרבית האורגניזמים בטבע מונעים על ידי מחזוריות צירקדית של 24 שעות המשפיעה על תפקודם הפיזיולוגי. מחזוריות זו נשענת על מחזוריות האור והחושך הטבעיים של כדור הארץ באמצעות חישה, הפרשת הורמונים ותגובה עצבית המתבטאת בשינויי תפקוד. מנגנון זה משפיע, בין היתר, על דפוס שעות הפעילות של האורגניזם – "פעיל יום" או "פעיל לילה", כדוגמה אצל בעלי חיים.

זיהום אור בהקשר זה פוגע בסנכרון הטבעי של הגוף עם מחזוריות ההארה, דבר המוביל לפגיעה בתפקוד הפיזיולוגי בשלל דרכים: עייפות, שינויים בטמפרטורת הגוף ובחילוף חומרים ואף נטייה לחלות במחלות כגון סכרת, השמנת יתר ועוד.

שקופית 8

שקופית זו מתמקדת בהשלכות של שינוי השעון הביולוגי על צמחים. אורך שעות היום (=האור) הנו האות העיקרי עבור צמחים, המשפיע על תגובת הצמח למעבר בין העונות. התגובה מתבטאת בשינויים תפקודיים כגון שלכת ופריחה. צמחים אשר נכנסים לשלכת חורף, למשל, עושים זאת בתגובה לחישה התקצרות שעות היום. זיהום אור משבש חישה זו ו"מבלבל" את הצמחים, מה שעלול לגרום לחוסר תגובה תואמת. בתחומי ישובים המוארים בלילה, ניתן לראות עצי שלכת שכלל אינם מבצעים שלכת, או מבצעים שלכת חלקית, בעקבות ההארה האינטנסיבית. כמו כן, עודפי אור בשעות החשכה יכולים לגרום לצמח לבצע פוטוסינתזה גם בלילה ובכך לגרום לשינוי פיזיולוגי מהותי.

שקופית 9

הדוגמה השנייה הינה השפעה על בעלי חיים "פעילי לילה". בעלי חיים רבים בוחרים לפעול בלילה משלל סיבות – טמפרטורות נוחות יותר, הקטנת הסיכוי שבעלי חיים אחרים יבחינו בהם (בין אם הם טורפים או נטרפים) ועוד. זיהום אור משפיע לרעה על דפוסי הפעילות שלהם, חושף אותם לטורפים או לנטרפים, משפיע על יכולת ניווט ותקשורת ודוחק אותם למקומות פחות חשוכים. התופעה האחרונה מכונה "השפעת שוליים", ומתייחסת להשפעות של נקודת התיישבות הממוקמת במרחב על סביבתה, גם מעבר לשטח הבנוי בפועל. תאורה הבוקעת מיישוב מבודד במדבר, למשל, יכולה להאיר למרחק של קילומטרים! כך למעשה, נוכחות של שטח בנוי בלב אזור שאינו בנוי מקטינה עוד יותר את השטח הפתוח הטבעי סביב לו. באופן דומה, מפעלים תעשייתיים או תחנות כוח הממוקמים על גבול שמורות טבע מאירים חלקים מהשמורה בכל שעות הלילה ובכך פוגעים ביכולתה לממש את ייעודה כשמורת טבע עבור בעלי החיים והצמחים החיים בה

בשקופית מוצגת תמונה של גרית מצויה, טורף ממשפחת הסמוריים, נפוצה מאוד בארץ ופעילת לילה. זיהום אור עלול להשפיע על כושרה בלכידת טרף וכן על אזורי השוטטות והציד שלה.

שקופית 10+11

בשקופית זו מוצג תרשים של זליגת אור ממקורות תאורה לשטחים הפתוחים, וההשלכות הנגרמות מכך. התרשים מובא בהקשר השקופית הקודמת, בה דובר על פגיעה של זליגת אור בבעלי חיים בשטחים הפתוחים, וממחיש כיצד האזורים הסובלים מזיהום אור "חלשים" יותר ופגיעים.

שקופית 12

שקופית זו מציגה נקודה ספציפית המשתייכת להשפעת האור על פעילות בעלי חיים בלילה, והפעם בהתייחסות לפגיעה בכושר הניווט הלילי. בשקופית מוצג אבקוע – צב ים שזה עתה בקעו מהביצה. נספר כי צבי הים חיים בים, אך מטילים ביצים ביבשה, בחוף חולי. הצבה עולה לחוף בלילה קיצי חשוך (כפי שהזכרנו בשקופית הקודמת, היא עושה זאת בכדי לא להתגלות), חופרת בור באדמה ומטילה לתוכו כמה עשרות ביצים. לאחר כחודשיים בוקעים האבקועים, ובכדי לשרוד עליהם להגיע אל המים. זהו החלק הקריטי ביותר בחייהם, כאשר האור הבהיר המוחזר מקצף הגלים מסמן להם את הדרך אל הים. בחופים בהם קיימים מקורות אור סמוכים אחרים ביבשה, עלולים האבקועים לעשות את הדרך ההפוכה, ובעצם כך להיחשף לסכנות רבות (טריפה, דריסה וכו').

כדי למנוע זאת, רשות הטבע והגנים מפעילה מערך איתור בורות הטלה של צבות הים, והעברת הביצים לחוות קינון מוגנות וייעודיות. מעקב צמוד נערך על הקן, ובשבוע הבקיעה מתייצבים הפקחים מדי ערב ללוות את האבקועים לקו המים ולהעלות את סיכוייהם לשרוד. בחופים אלו מוצנעת גם התאורה, ולכך מצטרף חוק החופים האוסר על נסיעה בקו החוף. בקיץ, ניתן גם להצטרף ל"סיורי בקיעה" שמקיימת רשות הטבע והגנים ולראות כיצד האבקועים בוקעים מן הביצים והולכים אל הים.

שקופית 13

בעלי חיים נוספים שכושר הניווט הלילי שלהם נפגם בעקבות זיהום אור הם הציפורים. גורדי השחקים המוארים מסנוורים את בעלי הכנף וגורמים להם להתנגש בהם, ולמות. בשקופית מוצגת תמונה של כעשרים בני אדם סביב יריעה ועליה מאות עופות מתים שנאספו בבוקר אחד באיזור של גורדי שחקים בארצות הברית, בעקבות התנגשויות עם הבניינים המוארים.

שקופית 14

דוגמה נוספת להשפעה של זיהום אור היא על אלמוגים. נספר כי אלמוגים הינם ממלכה של חסרי חוליות ימיים, כלומר בעלי חיים ולא צמחים (זוהי טעות נפוצה). האלמוגים מקיימים סימביוזה עם אצות חד-תאיות מיקרוסקופיות המקנות להם את צבעם. רביית האלמוגים תלויה במופע הירח ובעוצמת הארתו. כפי שבני האדם ידעו בימי קדם לתרגם את מופע הירח ללוח שנה עם חילופי עונות, כך גם האלמוגים "יודעים" לתרגם את מופע הירח לשקלול של תנאי סביבה מיטביים לרבייה. זיהום אור משפיע על חישת תנאי הסביבה באלמוגים, משבש את דפוס הרבייה ובכך עלול לפגוע בכושר ההישרדות שלהם. שונות האלמוגים באילת, לדוגמה, חשופה לזיהום אור רב מבתי המלון הרבים הנמצאים בקרבת החוף, וכנראה שזהו אחד מהגורמים המובילים להצטמצמות המתמדת.

שקופית 15

הדוגמה האחרונה בה נתמקד להשלכות של זיהום אור קשורה בהשפעה כלכלית חברתית. נסביר כי בעבר, כאשר החשמל היה יקר ולא נגיש כמו היום, תאורה הייתה סימן לפאר, לשפע ולחברה הגבוהה. ראוי להזכיר כאן שוב את פריז, עיר האורות (מופיעה בשקופית), שהתקבעה לאורך השנים כסמל ליוקרה והדר. מצב זה מלווה אותנו גם כיום, כשלמעשה מקומות ציבוריים רבים משתמשים בתאורה חזקה מאוד, גבוהה באופן משמעותי מרמה המאפשרת תפקוד סביר בחשכה. כיום החשמל לא יקר כמו בעבר, אך לשימוש ההולך וגובר בתאורה מלאכותית יש מחיר: מעבר לעלות הכספית, ייצור החשמל מבוסס עדיין, ברובו, על תעשיות מזהמות. בכך הדרישה לתאורה מגדילה באופן עקיף את ההשפעות הסביבתיות על שינויי אקלים, זיהום אוויר ועוד.

שקופית 16

בשקופית זו נערוך סיכום קצר של השיעור הראשון. נחזור ביחד עם התלמידים על הנושאים בהם עסקנו – שאלנו האם אור יכול להיות גורם מזהם, וראינו באילו דרכים יכולה תאורה להשפיע על האדם והסביבה – צמחים ובעלי חיים. נכין את הכיתה לשיעור הבא בו נחשוב יחדיו כיצד ניתן לצמצם זיהום אור.

שיעור שני – כיצד מפחיתים זיהום אור?

לאחר שבשיעור הראשון עסקנו בעיקר בהשפעות של זיהום אור, שיעור זה יתמקד בדרכים בהן ניתן לצמצם ויזמן את התלמידים לקחת חלק פעיל בחשיבה על דרכים לצמצם זיהום אור. התלמידים יתנסו בתכנון חכם של תאורה בסיטואציות שונות, ולאחר מכן יציגו את התוצרים לכלל הכיתה. לבסוף נציג דוגמאות עדכניות מן העולם לצמצום זיהום אור.

שקופית 17

נחלק את הכיתה לקבוצות של ארבעה תלמידים. כל קבוצה תקבל פתק ובו משימה אחרת (מופיע בנספחים), בה יצטרכו לתכנן גוף תאורה חכם המפחית זיהום אור, או לחלופין להציע מדיניות תאורה חכמה למרחב ציבורי כלשהו. קיימות 4 משימות, ניתן לחלק ל- 2 קבוצות את אותה המשימה ובכך להשוות בין שתי דרכים שונות לפתרון סוגיית זיהום האור העולה מן המשימה. נקדיש 15 דקות לעבודה המשותפת, כשבסופן על כל קבוצה לעמוד בפני הכיתה ולהציג את התוצר. גם להצגת התוצרים נקדיש 15 דקות. מטרת התרגיל הינה הטמעת המושגים שנלמדו בשיעור הראשון, תוך ביסוס עמדה אישית על סוגיית זיהום האור. חשיבה על פתרונות אפשריים לצמצום זיהום אור מפתחים את ההבנה ש"אפשר גם אחרת" – תאורה המאפשרת את מרקם החיים המודרני, אך עם השפעות מזיקות פחותות. נקודה שחשוב להבהיר לתלמידים היא שאין כוונה למנוע תאורה כליל – צעד דרסטי שכזה אינו ישים ולא רלוונטי. ברצוננו לחשוב על תאורה ממוקדת, בזמן ובמרחב, שתהיה חפה מהשפעות שוליים, או במילים אחרות: תאורה שתאיר רק את מה שהיא צריכה

בשקופית מופיעים תמונה ואיור של "זליגת אור" – סיטואציה שבה תאורת רחוב מאירה דירה חשוכה לגמרי, ומייצרת אור לא רצוי. זוהי סיטואציה שהתלמידים ככל הנראה מכירים מהיומיום ויוכלו להזדהות איתה. תאורת רחוב חכמה מאירה את המדרכות אך לא מייצרת זליגת אור.

שקופית 18

הצגת התוצרים. נאפשר לכל הקבוצות להציג את תוצריהן ולקבל אותן בצורה בונה, מחזקת ומכבדת. ניתן להשוות בין תוצרים של קבוצות שונות שקיבלו את אותה המשימה, ולפתח דיון קצר בכיתה על היתרונות והחסרונות של כל פתרון. נוודא, כמובן, שבמסגרת דיון זה אין אנו "מורידים" מן היצירות והמחשבה שהפגינו הקבוצות השונות.

שקופית 19

לאחר שהתלמידים העלו רעיונות, והציעו פתרונות אפשריים לסיטואציות זיהום אור שונות, נציג דרכים בהן משתמשים כיום בעולם לצמצום זיהום אור, ובהן:

- תכנון גופי תאורה חכמים המאירים כלפי מטה ורק לטווח ייעודי.
- תכנון שעות הארה ושעות חשכה במרחבים ציבוריים.
- הפחתת עוצמת ההארה תוך חסכון כספי והפחתה של פליטת גזי חממה.
- הפחתת ריצוד וגלי אור שנמצאו כמסוכנים יותר לאדם, לחי ולצומח.
- איתור אזורים רגישים לתאורה (שטחים פתוחים ושמורות טבע) וניהול מדויק של התאורה המשפיעה עליהם.
- חקיקה, תקינה והסדרה בנושאי תאורה תוך הכרה בזיהום אור כמפגע סביבתי.
- המשך מחקר אודות השפעה של זיהום אור על האדם והסביבה.

בשקופית מופיעה תמונה של מדרג גופי תאורה מיטביים לסביבה חופית ובה פוטנציאל קינון של צבי ים. גוף התאורה המועדף ביותר הינו נמוך ומחופה, באופן כזה שמאיר רק על מקום אחד במגרש החנייה וכלל לא לעומק הרצועה החולית.

שקופית 20

בשקופית זו נראית הדמיה של תכנון גופי תאורה עירוניים, גם בצורת החיפוי, גם בזווית וגם בעוצמה. המסקנה העולה מהדמיה זו הינה שגוף תאורה נכון, יכול לחסוך חשמל רב ללא פגיעה באיכות ההארה הרלוונטית.

שקופית 21

נספר כי בשנת 2017 התפרסם דו"ח של האגודה הישראלית לאקולוגיה ומדעי הסביבה, הפורט את סוגיית זיהום האור לפרקיה השונים, ובכללם השפעות שונות של זיהום אור ודרכים אפשריות לצמצומו. ניתן לפתוח עם התלמידים בקישור המצורף בשקופית את הדו"ח ולראות את המלצות ועדת המומחים לצמצום זיהום אור בישראל.

שקופית 22

לאחר שערכנו סקירה על דרכים לצמצום זיהום אור בארץ ובעולם, נראה דוגמה לפעילות בית-ספרית להפחתת זיהום אור עירוני. בשקופית מוצגת תמונה של המלצות להפחתת זיהום אור שהוגשו לראש העיר מעלה אדומים. המלצות אלה נכתבו על ידי בתי הספר בעיר, בעקבות מסגרת חינוכית של רשות הטבע והגנים בנושא.

שקופית 23

סיכום השיעור. נחזור ביחד עם התלמידים על הנקודות העיקריות בהם עסקנו בשני השיעורים האחרונים: ההבנה כי הצורך האנושי בתאורה הוליד מצב שבו כיום, השימוש בתאורה הינו מופרז, וחלק ניכר מהתאורה לא מאיר בצורה חכמה את השטח אותו נועד להאיר אלא מפיץ אור לסביבה ומייצר "זליגת אור". נבין כי בתכנון נכון של מדיניות תאורה, גופי תאורה, עוצמת תאורה וכו', ניתן להקטין משמעותית את ההשפעות הסביבתיות של זיהום אור, ואף לחסוך כסף.

לקראת סיום נשלח את התלמידים הביתה עם משימה: לאחר שנחשפנו לדרכים לצמצום זיהום אור ברמה הציבורית, אנא חשבו על שלוש דרכים לפחות בהן ניתן לצמצם זיהום אור גם במרחב הביתי.

שקופית 24

בשקופית האחרונה מופיעה תמונה ובה 2 שבילי אופניים בפארק – הימני בתאורה לא חכמה, והשמאלי בתאורה חכמה. ניתן לראות באופן מובהק את ההבדל בעוצמת האור הרלוונטי, כלומר כמה מואר כל אחד מהשבילים עצמם לעומת הסביבה. תמונה זו ממחישה יותר מכל כמה פוטנציאל גלום בתכנון נכון של גופי תאורה, וכמה ניתן לשפר לטובה את המצב הקיים היום.

ביבליוגרפיה²

- האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, "זיהום אור וצמצומו – רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות", 2016. <http://www.isees.org.il/committee/light-pollution/>
- העמוד "זיהום האור בישראל – מפות ומידע" באתר Deep Sky Watch. <http://www.deepskywatch.com/light-pollution-israel.html>
- האתר Pixabay. <https://pixabay.com/>
- אתר רשות הטבע והגנים. <https://www.parks.org.il>
- ויקימילון. <https://he.wiktionary.org/wiki/>

² עשינו כמיטב יכולתנו לאתר את בעלי הזכויות של כל החומר ממקורות חיצוניים. אנו מתנצלים על כל השמטה או טעות. אם יובא הדבר לידיעתנו נפעל לתקנו.

נספחים

נספח א' – כרטיסיות משימה, פתרונות לזיהום אור

<u>משימה מס' 1</u> הנכם ראשי מועצה ביישוב קהילתי קטן, הממוקם בלב שטח פתוח טבעי. את היישוב מקיף כביש טבעתי מואר, באמצעות עמודי תאורה גבוהים. התושבים הגרים בסמוך לגבולות היישוב התלוננו על כך שהם חייבים לסגור את התריסים גם בלילה, בכדי שהבית יהיה חשוך והם יוכלו לישון בנחת. תכננו גוף תאורה חכם שיאפשר את המשך הנסיעה הבטוחה בכביש, אך ימנע זליגת אור לבתים ומחוץ לגבולות היישוב. ציירו והציגו לכיתה.	<u>משימה מס' 2</u> אתם עובדי תאורה בעיריית פריז. בעקבות השריפה הלא צפויה שפרצה בקתדרלת הנוטרדאם, הוסט תקציב עירייה נכבד מתאורת העיר לצורך עבודות השיקום. בעקבות כך, נתבקשתם להציע דרכים לחסוך בעלויות ההארה הכבדות של העיר. עליכם לזכור כי פריז הינה מערי התיירות החשובות בעולם, שתנועת הרכבים והאנשים לא פוסקת בה גם בלילה (אך יורדת משמעותית בשעות 24:00 – 06:00). נסו לחשוב על פתרון משולב המשקלל כמה מתודות אפשריות והציגו לכיתה.
<u>משימה מס' 3</u> הנכם פקחים של רשות הטבע והגנים, האחראים על שמורת חוף בצת, שבה קיימת חוות קינים של צבי ים. מדי קיץ אתם עושים לילות כימים בהגנה על ביצי הצבים ובליויי האבקועים חזרה אל הים. כחלק מהעלאת המודעות לצבי ים, ברצונכם להנגיש את החוף לציבור במסגרת סיורים. תכננו גופי תאורה חכמים למגרש החנייה ולנקודת היציאה לסיורים, כך שהמבקרים יוכלו להרגיש בבטחה בהגיעם למקום, אך עם זאת כאלו שלא יטעו את האבקועים בדרכם אל המים בימים בהם אינכם נמצאים בשטח ללוותם. ציירו והציגו לכיתה.	<u>משימה מס' 4</u> הנכם מפקד בסיס חיל הים בחוף באילת. בצלילה שגריתית לפני מספר חודשים התגלה מקטע קטן של שונית אלמוגים, בסמוך לקו החוף של הבסיס. כמו כן ידוע כי בשונה משוניות אלמוגים אחרות בעולם, באילת אין עונת רבייה אחת וכל אלמוג נוהג להתרבות בזמן הייחודי לו. חשבו באילו דרכים תוכלו להפחית את זיהום האור הנפלט מהבסיס. יש לציין כי הבסיס נבנה לפני עשרות שנים, וגופי התאורה בו לא הוחלפו מאמצע שנות ה-80. כמו כן נסו לחשוב על דפוס התאורה בבסיס – באילו שעות התאורה עובדת.