



Mediterranean
Action Plan
Barcelona
Convention



מדריך לתכנון תאורה ידודתית לסביבה במרחב החופי

יוני 2026



תוכן עניינים

1	חלק א - זיהום אור והמרחב החופי
1	רקע
1	מהו זיהום אור
4	ייחודו של המרחב החופי
6	חלק ב - תאורה ידידותית לסביבה
7	חלק ג - הנחיות לתכנון תאורה במרחב החופי
7	סיווג אזורי רגישות לתכנון תאורה בחוף
9	תאורה מכוונת - מניעת זליגת אור
11	עוצמת הארה מינימלית
12	גוון אור וספקטרום
13	פרמטרים משלימים לאיכות התאורה
14	תאורה מנוהלת
15	חלק ד - תאורת מבנים, מתקנים ושילוט
18	חלק ה - הנחיות תאורה לשימושים לאורך החוף
18	מסעדות ובית קפה בקו החוף
18	טיילת בקו החוף
19	מתקנים בחוף: סוכת מציל, מלתחות ומבני שירות
20	אתרי בניה, שטחי התארגנות ומחנות קבלן זמניים
21	מתקני ספורט בחוף
22	חלק ו - כלים ומנגנונים ליישום ובקרה
22	מדיניות מקומית למניעת זיהום אור
23	הנחיות מרחביות
24	הטמעה בתכנון ובדרישות סטטוטוריות
25	שילוב במפרטים ובמכרזים
25	תכנון מערכות בקרה חכמות
28	חלק ז – נספחים
29	נספח 1 – רקע המרחב החופי בים התיכון בישראל
37	נספח 2 – חקיקה, תקינה והנחיות
40	נספח 3 – הגבלת עוצמות הארה וזליגת אור לפי התקן
45	נספח 4 – גוון האור והספקטרום
46	נספח 5 – מקדם מסירת צבע, בהיקות, ריצוד, סיכון פוטוביולוגי
49	נספח 6 – עוצמות הארה בהתאם לשימושים
61	נספח 7 – רשימות תיוג
66	נספח 8 - רקע על פרויקט CAMP – Israel

כתיבה ועריכה - ד"ר אינה ניסנבאום - הנדסת חשמל ותאורה, ד"ר אביב אבישר, ד"ר תמר מרכוס – אקולוגיה, אדר' דניאלה וטין – תכנון סביבתי.

ריכוז והנחיה - יהודית מוסרי, מתכננת היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה

חלק א - זיהום אור והמרחב החופי

בחלק זה:

- זיהום אור והיבטיו המרכזיים
- התועלות בתכנון תאורה ידידותית לסביבה במרחב החופי
- הרגישות האקולוגית של רצועת החוף בישראל

1. רקע

מדריך זה נכתב על רקע ההכרה כי מרחבי החוף והים הם מהאזורים הרגישים ביותר לזיהום אור בישראל. הוא נועד לסייע בצמצום זיהום האור, תוך קידום האיזון בין צרכי הפיתוח והשימושים האנושיים לבין שמירה על הטבע והסביבה.

המדריך מציע כלים והנחיות לתכנון תאורה "ידידותית לסביבה", המשלבת מענה לצרכי תפעול, בטיחות וביטחון בשעות החשיכה, בד בבד עם מזעור הפגיעה בערכי הטבע ובמערכות האקולוגיות, בבריאות האדם, בחשכת הלילה ותוך התייעלות אנרגטית.

המדריך נכתב במסגרת פרויקט CAMP – ישראל, תוכנית בינלאומית לניהול משולב של אזורי חוף, הפועלת תחת אמנת ברצלונה להגנת הסביבה הימית והחופית של הים התיכון. מאחר שישראל חתומה על אמנה זו מאז 1995, היא מחויבת לנקוט צעדים למניעת זיהום ולהגנה על הים התיכון. הפרויקט נועד ליישם את פרוטוקול ה-ICZM (Integrated Coastal Zone Management) העוסק בניהול משולב ומקיים של המרחב החופי לאורך כל 195 הק"מ של חופי הים התיכון בישראל.

מדריך זה מכון למתכננים, לרשויות ולכלל בעלי העניין העוסקים בתכנון ובשדרוג המרחב החופי. מטרתו העיקרית היא הנגשת ידע לתכנון תאורה במרחב החופי, באופן המצמצם את הפגיעה בבריאות האדם, בערכי הטבע ובמערכות האקולוגיות באזור החוף. הוא מהווה חלק ממערך רחב של כלים שנועדו להבטיח כי הפיתוח והנוכחות האנושית במרחב החופי יתבצעו תוך שמירה על איכויות אקולוגיות, חברתיות ותכנוניות גם יחד.

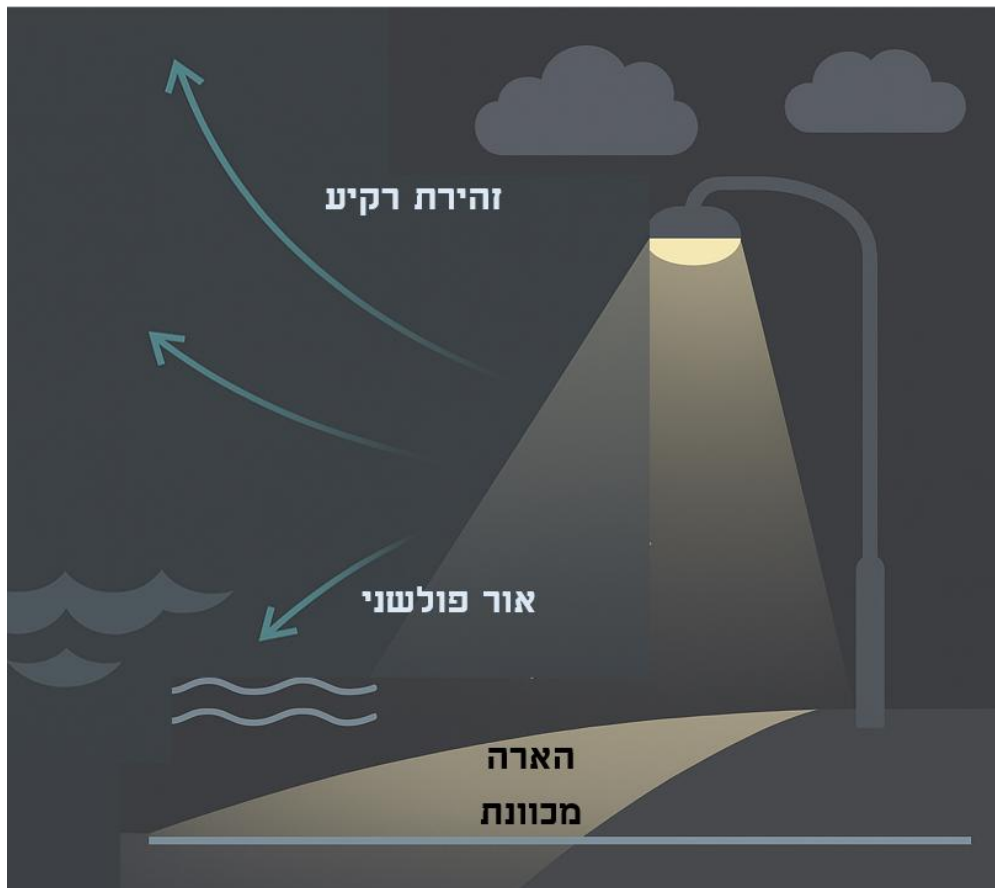
יודגש כי עקרונות תכנון תאורה ידידותית לסביבה רלוונטיים לכל מרחבי התכנון, אף שהמדריך הנוכחי מתמקד במרחב החופי.

2. מהו זיהום אור

תופעת "זיהום אור" היא מכלול ההשפעות השליליות של תאורת חוץ מלאכותית בשעות החשיכה. היא כוללת הארה שאינה נחוצה מבחינת צורך, מיקום, זמן, עוצמה או גוון וספקטרום האור.

זיהום אור מתבטא ב**אור פולשני** או **בזליגת אור** מלאכותי לכיוונים שאינם נחוצים, וכן ב**זהירות רקיע**, זוהר הנוצר מעל אזורים מוארים ומסתיר את שמי הלילה והכוכבים. עוצמה של 0.27 לוקס משקפת את רמת האור של ירח מלא, וכל ערך גבוה מכך נחשב תוספת אור מלאכותית.

תופעות אלו עלולות לגרום לפגיעה בסביבה, בבריאות ובחוויה האנושית. תאורה מלאכותית היא לעיתים הכרחית, אך בתכנון שאינו אחראי היא עלולה לגרום לנזק.



3. חשיבות תכנון תאורה ידידותית לסביבה במרחב החופי

החי והצומח במרחב החופי והימי רגישים במיוחד מבחינה אקולוגית. מתקיימות בו קבוצות רבות ומינים הרגישים לשינויים באור, כגון רכיכות וסרטנים, דגים, צבי ים, עופות חוף וים וכן יונקים ימיים. הימנעות מהארה מלאכותית תורמת לקיום תקין של מחזורי החיים, שומרת על תנאי חשיכה החיוניים לפעילי יום, ומאפשרת למינים ליליים, התלויים בחושך לניווט, להזנה ולרבייה, לפעול כטבעם. מניעת זיהום אור מסייעת בשמירה על שלמות המארג האקולוגי כולו.	ערכי טבע ומגוון ביולוגי
חוף הים מאפשר לציבור חוויה ייחודית של שמי לילה חשוכים, מוארים באור הירח במרחב פתוח. מניעת הארה מלאכותית שומרת על חשכת השמים, מאפשרת צפייה בכוכבים ומשמרת את יופיו הטבעי של החוף והים.	חזות ומורשת הלילה
חשכת לילה היא תנאי לבריאות הפיזית והנפשית של האדם. מזעור הארה מלאכותית, ובמיוחד קרינה קצרת גל, ותכנון תאורה מוקפד מפחיתים את הפגיעה בשעון הביולוגי ותומכים בשמירה על הבריאות. תכנון תאורה נכון מאפשר גם להפחית חשיפה לקרינה קצרת גל (האור הכחול), אשר מומלץ לצמצם חשיפה אליה¹.	בריאות האדם
לכל אדם הזכות הבסיסית לחשכה בתוך ביתו בשעות הלילה. עם זאת, לעיתים שילוט פרסום מואר או מקורות אור אחרים מונעים זאת. תכנון תאורה מדויק ומוגבל במרחב הציבורי יכול למנוע מטריד סביבתי של חדירת אור מלאכותי אל תחום הבית הפרטי.	זכות לחשיכה
תאורה ידידותית לסביבה היא תאורה המתוכננת בקפידה כך שתתרום לבטיחות ולתחושת הביטחון, באמצעות הארה מדויקת של אזורים נחוצים בלבד, כגון כבישים הסמוכים לחוף. תאורה אחידה בעוצמה נמוכה, תוך צמצום סנוור והסחות דעת (למשל משילוט מואר), משפרת את היעילות, הנראות והנוחות לכלל המשתמשים.	בטיחות וביטחון
תאורה ידידותית לסביבה שואפת ליעילות תפעולית באמצעות שילוב מערכות בקרה, כגון חיישנים וטיימרים, לעמעום, לכיבוי ולקביעת שעות פעולה. כך מובטחת הארה רק בעת הצורך ובעוצמה הנדרשת. גישה זו מובילה לחיסכון באנרגיה ובהוצאות ולהפחתת פליטות מזהמים התורמים למשבר האקלים.	אקלים והתייעלות אנרגטית

¹ ראה נייר עמדה: קרינה קצרת גל – החלק הכחול של ספקטרום האור הנראה, משרד הבריאות, מרץ 2019.

4. ייחודו של המרחב החופי

המרחב החופי והימי בישראל מאופיין ברגישות אקולוגית גבוהה. רצועת החוף כוללת בתי גידול מגוונים, בהם חופים חוליים, שפכי נחלים, מצוקי כורכר, טבלאות גידוד, שוניות ולגונות רדודות. בתי גידול אלו מהווים בית למגוון הביולוגי ומספקים שירותי מערכת חיוניים, כגון הגנה על קו החוף ותמיכה במארגי מזון.

מחזוריות טבעית של אור וחושך היא תנאי בסיסי לקיום מארג החיים.

כיום כמעט כל חופי הים התיכון בישראל חשופים לתאורת לילה מלאכותית ולעוצמות הארה שאינן טבעיות². מצב זה מחייב מענה תכנוני ייחודי לצמצום חשיפת בתי הגידול והמינים לזיהום אור, והקפדה על יישומו בפועל. לצד האתגר, הפתרונות פשוטים יחסית. באמצעות מדיניות ברורה, תכנון מוקפד והנחיות יישומיות ניתן לשפר את המצב באופן משמעותי.

בחלק ב' מוצגים עקרונות לפרקטיקות מיטביות לתכנון תאורה ידידותית לסביבה למניעת זיהום אור. עקרונות אלו רלוונטיים לכל מקום, אך מקבלים משנה חשיבות במרחב החופי הרגיש. פירוט הפרמטרים הספציפיים מובא בחלק ג' ובהרחבה בנספחים.



² ראה החברה להגנת הטבע - אתר טבע ביז - זיהום אור בחזית הים - tevabiz.org.il/tool/ight-pollution-sea

זיהום אור וערכי טבע במרחב החופי

האור הוא הסמן העתיק ביותר בטבע, ושינויים בעוצמתו, בהרכבו ובכיוונו מאפשרים לבעלי חיים להתמצא ולסנכרן את פעילותם. זיהום אור משבש את המארג האקולוגי העדין במרחב החופי ופוגע במגוון הביולוגי. להלן דוגמאות מייצגות להשפעות שנצפו:

- **צבי ים – צבי ים מצויים** בסכנת הכחדה עולמית. צבות נרתעות מהטלת ביצים בחופים מוארים ועלולות להטיל ביצים בלית ברירה. אבקועים הבוקעים בחוף מבלבלים בין אור הירח לאור מלאכותי מהיבשה, נעים אל החוף המואר במקום אל הים וסובלים מתמותה מוגברת.
- **עופות ים – זיהום אור מפר את דפוסי הנדידה**, התזונה והשעון הביולוגי של עופות ים ולעיתים גורם להתנגשויות במבנים מוארים.
- **פלנקטון – בעקבות זיהום אור נצפית ירידה בהיקף הפרטים המשתתפים** בנדידה יומית אנכית, שבה עולה פלנקטון בעמודת המים בלילה ויורד לעומק ביום. תנועה זו חיונית למארג המזון הימי וליציבות המערכת, לרבות בהיבטי שינוי אקלים.
- **טבלאות גידוד – חשיפה לתאורה מלאכותית משבשת את דפוסי הפעילות של רכיכות**, סרטנים ודגים בטבלאות גידוד ומעלה את לחץ הטריפה.
- **שוניות האלמוגים במפרץ אילת – שוניות האלמוגים במפרץ אילת הן בעלות חשיבות** אקולוגית בינלאומית, ונמצא כי הן רגישות במיוחד לזיהום אור.

יודגש כי בשלב זה המדריך אינו כולל התייחסות פרטנית למאפייניו הייחודיים של מפרץ אילת. למידע נוסף בנושא [ראו נספח 1](#) המפרט את רגישותו האקולוגית של המרחב החופי בים התיכון בישראל, וכן את המסמכים הבאים:

- [זיהום אור וצמצומו – רקע מדעי ודרכי פעולה אפשריות](#), ועדת מומחים, האגודה הישראלית לאקולוגיה וסביבה, 2017.
- [קוד אקולוגי – תאורה ידיונית לסביבה: מדריך למתכנן](#), שמירה על חשכת הלילה בשטחים פתוחים, המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים, 2022.
- [המלצות מדיניות למזעור זיהום ופלישת אור במרחב העירוני בישראל](#), המשרד להגנת הסביבה, 2025.

חלק ב - תאורה ידידותית לסביבה

1. עקרונות מרכזיים בתכנון תאורה

לא חייבים להאיר. במרחב החופי עדיף לשמר את החושך – ממנו יש להתחיל בתכנון. אם מתוכננת תאורה, עליה להיות מוגדרת למטרה פונקציונלית ברורה ומוצדקת, למשל לצורכי התמצאות, בטיחות, ביטחון או תפעול. חופים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה במיוחד יישמרו, ככל הניתן, כ"אזורים חשוכים לשימור".	תאורה מוצדקת	
יש לכוון את התאורה רק למקום שבו היא נדרשת, ואין לאפשר זליגת אור לאזורים שאינם מיועדים להארה, כגון שטח החוף, הים, האופק או הרקיע. למניעת זליגת אור וסנוור יש לתכנן את עוצמות התאורה בהתאם ולבחור בגופי תאורה בעלי זווית הארה ופיזור אלומת אור מוגבלים.	תאורה מכוונת	
כאשר נדרשת הארה במרחב החופי, יש לתכננה בהתאם לעוצמות המינימליות הנדרשות לשימוש ולא מעבר לכך. התאורה תתוכנן על פי תקינה מקובלת ועל בסיס חישובים פוטומטריים במישור האופקי והאנכי.	עוצמת הארה מינימלית	
יש לנהל את התאורה באמצעות מערכות בקרה (למשל עמעום, כיבוי, טיימרים וחיישנים). הגדרת מטרות ההארה מראש תאפשר לתכנן ולנהל את משך הזמן הנדרש וכן לדרג את עוצמות ההארה והגוון בהתאם לשימוש ולצמצמן למינימום ההכרחי בהתאם לרצועות זמן בשעות החשיכה.	תאורה מנוהלת	
יש להשתמש בגופי תאורה בעלי ספקטרום מתאים (קרינה קצרת גל נמוכה ככל האפשר) ובעלי גוון צהוב "חם" (בניגוד לגוון האור הקר הלבן). כמו כן, יש להעדיף גופי תאורה בעלי פרמטרים מיטביים לבריאות האדם והסביבה, המגבילים רמת סיכון פוטוביולוגי, רמת ריצוד ובהיקות נמוכה ככל האפשר.	גוון, ספקטרום ופרמטרי איכות	
תכנון, ביצוע ובקרת תאורה ייעשו על ידי מתכנן תאורה. בפרויקטים במרחב החופי יש להתייעץ עם מומחה בעל ניסיון במניעת זיהום אור. תכנון התאורה יתבסס על חישובים פוטומטריים מלאים לצורך בחינת ההשפעה הסביבתית טרם הקמה.	מתכנן תאורה	

חלק ג - הנחיות לתכנון תאורה במרחב החופי

בחלק זה:

- תקינה לתכנון תאורה
- אזורי רגישות לזיהום אור בבסיס לתכנון
- הנחיות מפורטות לכל אחד מעקרונות התכנון

1. רקע

סוגי המבנים, המתקנים והשימושים לאורך החוף ובים שבהם קיימת תאורת חוף מגוונים ורבים: מתשתיות ציבוריות כגון כבישים וטיילות, דרך מגורים, מוסדות ציבור, מתקני ספורט, מסחר ותיירות ומתקני חוף רחצה, ועד תשתיות לאומיות כגון מתקני התפלה, נמלים ומתקנים ימיים כגון אסדות גז.

הנחיות לתכנון תאורה במרחב החופי ימי נשענות בעיקר על חקיקה ותקינה ישראלית ואירופית קיימות, המספקות מענה טכני מפורט לרוב העקרונות בהתאם לסוג המרחב, השימוש ופרמטרים נוספים. מדריך זה מוסיף המלצות משלימות לתכנון ידידותי לסביבה ומנגיש את המושגים המרכזיים גם למי שאינם מומחים, ובכך מאפשר הצבת דרישות ברורות ובקרה אפקטיבית. הרחבות טכניות מפורטות מובאות בנספחים.



2. סיווג אזורי רגישות לתכנון תאורה בחוף

מניעת פגיעה במערכות אקולוגיות כתוצאה מזיהום אור מתחילה כבר בשלב התכנון המוקדם, באמצעות הכוונת הפיתוח לאזורים פחות רגישים. בשלבי התכנון הבאים נדרשת בחינת מיקום ופריסת השימושים המחייבים תאורה, תוך התייחסות להשפעה מעבר לתחומם, ובפרט לעבר שטחים רגישים.

ככל שנדרשת תאורה וישנה הצדקה תפעולית, בטיחותית או ביטחונית לכך, יש לתכנן את מאפייניה בהתאם לסיווג המרחב. לצורך כך, התקן הישראלי (ת"י) 12464³ מגדיר ארבע רמות סיווג מרחבי (E1–E4) בהתאם לרמת החשיכה והרגישות האקולוגית של הסביבה, ולכל רמה נקבעו ערכי סף מחייבים. ככל שהסביבה חשוכה או רגישה יותר, כך מחמירות הדרישות למניעת זיהום אור.

³ ת"י 12464 : תכנון תאורה במקומות עבודה (חלק 1 - פנים, חלק 2 - חוץ). תקן זה מחייב בישראל ומופיע גם בתקנות התכנון והבנייה (בטיחות המשתמש), 2019 – כך שהוא חל על שטחים ציבוריים לסוגיהם. ראו פירוט בנושא בנספח 2 ונספח 3.

בהתאם לעקרונות אלה, המדריך מגדיר את המרחב הימי והחופי והאזור הסמוך לו⁵, כמרחב טבעי אשר במהותו חשוך ובעל רגישות אקולוגית מירבית, שבו תחול הרמה המחמירה ביותר – E1. יחד עם זאת, במרחב החופי קיימים אזורים אקולוגיים ייחודיים ורגישים במיוחד, כגון חופים שבהם מתקיימת הטלת ביצי צבי ים, בהם יש להמנע לחלוטין מתאורה, ככל הניתן. כמו כן, באזורים חופיים המצויים במרחב עירוני מואר מראש ניתן, במקרים מוצדקים, לשקול סיווג מתון יותר (E2–E3), בהתאם לנסיבות, בשיקול דעת הרשות ובתיאום עם הגורמים האמונים על ערכי הטבע. לעניין קביעת הסיווג, מומלץ כי הסיווג (E1–E4) ייקבע כמדיניות ברמה הרשותית על בסיס מיפוי מרחבי (ראו פרק ו'). בהיעדר מיפוי רשותי, ייקבע הסיווג באופן פרטני בהתאם למיקום הפרויקט ולמאפייני סביבתו, כמפורט בטבלה הבאה:

תקן ישראלי 12464 - סיווג האזורים E1 – E4

סיווג	רמת רגישות אקולוגית	תיאור המרחב בהתבסס על ת"י 12464 ⁴	שטחי חופים ימיים והחופי ובסמיכות להם
E1	רגישות מירבית	אזורים חשוכים	שטחי חופים ימיים והחופי ובסמיכות להם
E2	רגישות אקולוגית גבוהה	סביבה בעלת הארה נמוכה	פיתוח בעורף המרחב החופי, כגון יישוב, מסחר, מתקני ספורט וטיילת (בכפוף להיעדר רגישות אקולוגית מרבית)
E3	רגישות אקולוגית בינונית	סביבה בעלת הארה בינונית	מתחמים עירוניים פעילים הסמוכים למרחב החופי (בכפוף להיעדר רגישות אקולוגית גבוהה ומרבית)
E4	רגישות אקולוגית נמוכה	סביבה בעלת הארה גבוהה	מוקדים בערים ראשיות שמאופיינים בפעילות לילית אינטנסיבית (בכפוף להיעדר רגישות אקולוגית)

חלקו הבא של המדריך מפרט את העקרונות ליישום בתכנון תאורה, ובהם: תאורה מכוונת למניעת זליגת אור; קביעת עוצמת הארה מינימלית נדרשת; בחירת גוון אור וספקטרום קרינה מתאימים; הגדרת פרמטרים משלימים לאיכות התאורה; ויישום מנגנוני תאורה מנוהלת.

⁴ התקן הישראלי המצוטט כולל את הניסוח הבא באנגלית:

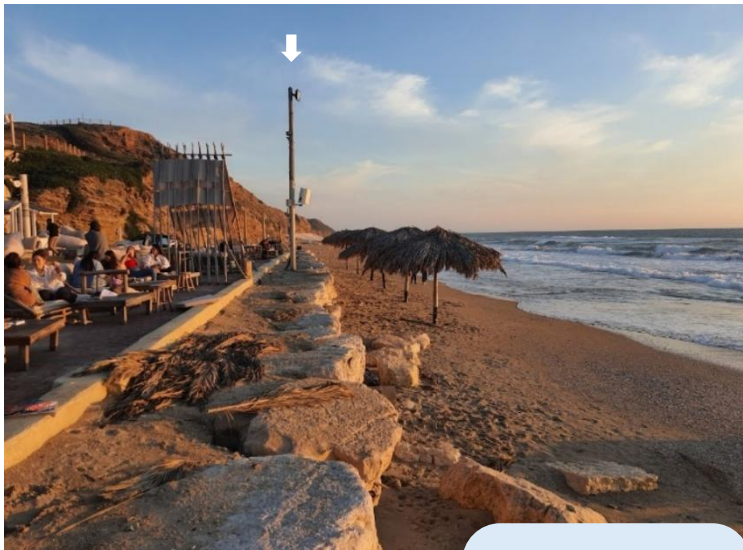
E1 represents intrinsically dark areas, such as national parks or protected sites; E2 represents low district brightness areas, such as industrial or residential rural areas; E3 represents medium district brightness areas, such as industrial or residential suburbs; E4 represents high district brightness areas, such as town centers and commercial areas.

⁵ המונח "הסמוך לו" מכון למזעור השפעות זיהום אור משימושים סמוכים לעבר החוף. המדריך אינו מגדיר מרחק מדיד או רוחב חיץ קבוע במטרים בשל השונות בין מאפייני החופים, רמות הרגישות האקולוגית של המרחב וסוג והיקף יעודי ושימושי הקרקע הקיימים והמתוכננים בסמוך לחוף. לפיכך, נדרש לבחון כל מקרה לגופו.

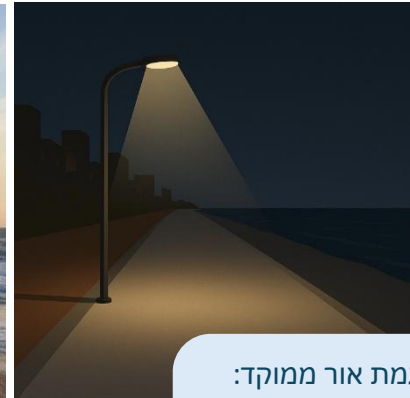
3. תאורה מכוונת - מניעת זליגת אור

העיקרון: יש לבחור, למקם ולהתקין גופי תאורה באופן שימקד את האור לשטח הייעודי בלבד וימנע זליגת אור לאזורים סמוכים שאינם מיועדים להארה.

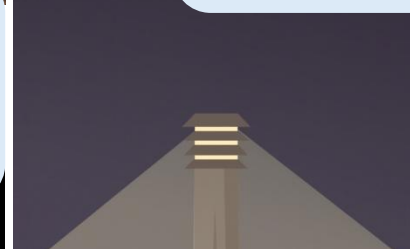
הרציונל: גופי תאורה עלולים להאיר שטח רחב מהנדרש בפועל. אור המופנה לשטח החוף, לים, לאופק או לרקיע חורג מהתחום לו הוא מיועד ויוצר זליגת אור ומטרד סביבתי. זליגת אור פוגעת במגוון הביולוגי היא משבשת דפוסי פעילות של בעלי חיים ועלולה להטעות מינים פעילי לילה, כגון אבקועים, ולגרום להם לנוע ליבשה במקום לים.



דוגמת זליגת אור :
האור מופנה לעבר
הים ומאיר את האופק
ואת הרקיע.



דוגמת אור ממוקד:
כאשר גוף התאורה
מוותקן בכיוון, במקום
ובהטיה המונעים
זליגת אור.



הצד טכני:

רמות אור פולשני (Intrusive Light) המותרות מוגדרות בת"י 12464-2, המחייב בהתאם לסיווג המרחבי (E1-E4) המתאר את רמת הרגישות האקולוגית.

התקן מגדיר לכל רמת רגישות את שיעור ההארה המרבי המותר כלפי הרקיע, את עוצמת האור המרבית לכיוון נכס שכן ואת המרחק מגבול המגרש שבו מותרת זליגת אור.



הנחיות תכנוניות:

- חישוב פוטומטרי יכלול את המרחב הסובב את הפרויקט, כדי לוודא כי תאורת החוץ אינה גורמת לאור פולשני החורג מהערכים המוגדרים בת"י 12464 חלק 2, או מערכי ת"י 13201 לדרכים או הנחיות משרד התחבורה הרלוונטיות. הבדיקה תכלול עוצמות הארה אופקיות ואנכיות בגבולות המגרש או ממסעת הדרך לשטח הפתוח.

- יש לתכנן ולמקם עמודי וגופי תאורה כך שיאירו מכיוון הים אל היבשה, ולא להפך.

- ככלל, יש לתכנן גובה התקנת עמודים וגופי תאורה נמוך ככל האפשר.

- לא יותרו גופי תאורה המאפשרים חשיפה ישירה של מקור האור לעיני אדם או סביבה רגישה (אור גלוי).

- רצוי להשתמש בגופי תאורה מסוככים (Full Cut Off), מקבוצת דירוג G6, ללא הארה מעל קו האופק. יש לוודא התקנה וקיבוע כך שלא תתקיים זליגה אופקית (Tilt 0).

- תאורה הזולגת מחלונות או ויטרינות מבנים מוארים עשויה להשפיע על הסביבה, ולכן יש להתייחס גם לתאורת הפנים של מבנים הסמוכים לאזור רגיש. יש לבחון אמצעים למניעת מעבר אור מתוך המבנה החוצה, כגון שימוש בציגוג בעל מקדם העברת אור נראה (LT) נמוך ככל האפשר, שילוב מערכות הצללה או תריסים מבוקרים וכדומה.



4. עוצמת הארה מינימלית

העיקרון: יש להאיר בעוצמה המינימלית הנדרשת לצורך הפעילות המתוכננת ולא מעבר לכך.

הרציונל: הארה עודפת מגבירה את זיהום האור ופוגעת במערכות האקולוגיות החופיות והימיות לפיקר, במרחב החופי יש לשמור על החשכה ככל האפשר. הארה תותר רק כאשר קיימת מטרה פונקציונלית ברורה המצדיקה זאת, כגון התמצאות, בטיחות, ביטחון או תפעול. במקרים אלה יש לקבוע את עוצמת ההארה במינימום הנדרש בלבד.



הצד טכני: עוצמת ההארה (E) נמדדת בלוקס (lx). התקנים מגדירים ערכי מינימום לעוצמת הארה ממוצעת מתוחזקת ($\bar{E}_m$) בהתאם לייעוד המרחב. ערך זה מייצג עוצמה ממוצעת המביאה בחשבון ירידה בביצועים לאורך חיי המערכת.

מישורי הבדיקה: מישור אופקי (שביל, רציף); מישור אנכי (פני הולך רגל, חזית, שילוט), וכן בחינת זליגה כלפי הרקיע והחזרים.

הנחיות טכניות:

- תכנון התאורה ייעשה בידי יועץ תאורה מנוסה ויתבסס על חישובים פוטומטריים מלאים לכלל השטח המתוכנן, הן במישור האופקי והן במישור האנכי.
- עוצמת ההארה תיקבע עבור השימוש הנדרש בהתאם למינימום המוצדק, בהתאם לתקנים הרלוונטיים ולערכים המרביים המתוחזקים המפורטים בהמשך.
- יש לוודא כי גם תאורת פנים במבנים המצויים באזורים רגישים תתוכנן בעוצמה המינימלית ההכרחית למניעת זליגת אור לעבר החוף.
- תאורת דרכים תתוכנן למינימום הנדרש על פי ת"י 13201 - תאורת כבישים, בהתאם לעומס התנועה הצפוי, ובתיאום עם דרישות משרד התחבורה.
- ת"י 12464 (טבלה 2 בתקן) מגדיר גם את עוצמות ההארה המרביות המותרות של מקור האור ביחס לסביבתו ויש להסתמך עליו כגורם מנחה בתכנון פרויקט תאורה חדש או בשדרוג תאורה קיימת.



5. גוון אור וספקטרום

העקרון: יש להשתמש בגופי תאורה בעלי גוון אור חם (צהבהב), בעל רכיב קרינה קצרת גל נמוך ככל האפשר.

הרציונל: קרינה קצרת גל, האופיינית לגוון אור כחול (סביב 460 ננומטר), משבשת שעונים ביולוגיים ותהליכים פיזיולוגיים בבני אדם, בבעלי חיים ובצמחייה. קרינה זו חודרת לעומק עמודת המים יותר מקרינה באורכי גל ארוכים יותר, ותורמת במידה רבה יותר להיווצרות זוהר רקיע.



הצד טכני:

הנחיות טכנוניות:

גוון האור בתאורת חוץ יותאם לסיווג אזור הרגישות:

- **אזור רגישות E1:** עד 2,200K.
- **אזור רגישות E2:** עד 2,700K.
- **אזורי רגישות E3-E4:** עד 3,000K.

בתכנון תשתיות לאומיות באזור E1, במקרה של צורך ביטחוני או בטיחותי מוכח, ניתן לשקול להשתמש בגופי תאורה בעלי גוון אור מקסימלי של 2700 K. באזורים רגישים במיוחד, כגון חופי הטלת צבי ים, יותרו אך ורק גופי תאורה בגוון "אמבר".

בתאורת פנים במבנים סמוכים לאזור רגיש מומלץ להשתמש בגוון של עד 3000 K, ובכל מקרה לא יותר מ- 4000 K (ובתנאי שקיים רכיב אדום מספק בספקטרום).

ספקטרום מאוזן: בתחום 420–500 ננומטר לא תעלה העוצמה על 50% מעוצמת השיא הספקטרלי, כך שסך ההספק בתחום הכחול (380–500 ננומטר) לא יעלה על 25% מההספק הכולל.

טמפרטורת צבע מתואמת

(Correlated Color Temperature - CCT) היא מדד לגוון האור ונמדדת בקלווין (K). התקינה הישראלית אינה קובעת מגבלות מחייבות בנושא זה, אולם במדינות שונות קיימת חקיקה ומסמכי מדיניות הממליצים על שימוש בגוונים חמים.

ככל שערך ה-CCT נמוך יותר, כך האור חם יותר: 2200–3000 K נחשב גוון חם, ו-4000 K ומעלה גוון קר. תאורה עם תכולה נמוכה של קרינה קצרת-גל ("אור כחול") מדרשת גם לספקטרום מאוזן המתאר את אופן התפלגות העוצמה הספקטרלית, אותה בוחנים לפי השיא הספקטרלי ביחס לשאר תחום הספקטרום, ולרכיבים בתחום האדום והירוק.



6. פרמטרים משלימים לאיכות התאורה

העקרון: מעבר למיקוד האור, עוצמת ההארה ולגוון האור, תכנון תאורה יכול כלול בחינה של פרמטרי איכות משלימים, המשפיעים על בריאות האדם והסביבה

הרציונל: איכות התאורה אינה נמדדת רק בעוצמת ההארה, גוון וספקטרום אלא גם בהשפעתה על איכות הראייה, בריאות האדם והסביבה, בין היתר בהיבטים הבאים:

- מקדם מסירת צבע (CRI): מדד המבטא עד כמה צבעים נראים טבעיים תחת התאורה; ערך גבוה תורם לאיכות הראייה, לנוחות ולסביבה.
- בהיקות: בהיקות יתר עלולה לגרום לסנוור ולפגיעה ברשתית.
- ריצוד (Flicker או הבהוב/רטט אורי): בעיקר בתאורת LED, ריצוד עלול להשפיע על בני אדם, לרבות כאבי ראש, מיגרנות והפרעות נוירולוגיות כגון התקפי אפילפסיה, וכן על בעלי חיים.
- סיכון פוטוביולוגי: נמצא כי חשיפה לקרינה מזיקה עלולה לגרום לפגיעה ב-DNA, בעור ובעיניים.

הנחיות תכנוניות:

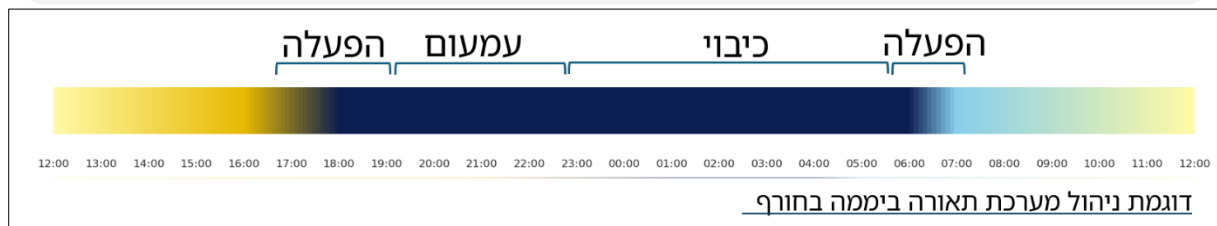
- מקדם מסירת צבע (CRI) - בתאורת חוץ ופנים יהיה 70 לפחות, ומומלץ 80 ומעלה. הרכיב האדום (R9) יהיה 50% לפחות.
- בהיקות - שטף האור לנורת LED בודדת יוגבל ל-300 לומן לכל היותר.
- ריצוד (Flicker / רטט אורי) - רמת הריצוד לא תעלה על הדרישות המפורטות במסמך ההמלצות IEEE 1789 בתחום No-Effect Region.
- בטיחות פוטוביולוגית - יש להתקין גופי תאורה שאינם עולים על קבוצת סיכון אפס (RG0) בהתאם לת"י 62471.



7. תאורה מנוהלת

העקרון: יש להפעיל תאורה רק בעת צורך ממשי ולהמנע מהארה עודפת. מערכות בקרה מאפשרות שליטה בעוצמה.

הרציונל: שימוש במערכות בקרה מאפשר חיסכון באנרגיה ומזעור הפגיעה הסביבתית, תוך צמצום ההשפעה



הצד טכני: ניהול תאורה מתבצע באמצעות מערכות בקרה, כגון שעון אסטרונומי, חיישני אור וחיישני תנועה, המאפשרות שליטה בעוצמות ההארה ובזמני ההפעלה בהתאם לנוכחות אנשים או לשעת היממה. לדוגמה, ניתן לעשות שימוש בפרוטוקול תקשורת DALI - Digital Addressable Lighting Interface. התקינה הקיימת מבחינה בין "שעות פעילות" לבין "זמן שמעבר לשעות פעילות", אך אינה מגדירה שעות מדויקות; מדריך זה מציע הגדרות ליישום בפועל.

הנחיות טכניות:

- ניהול ההארה יאפשר עמעום מלא (או 90% לפחות) תוך שמירה על יציבות ההארה והגוון.
- ככל שנדרשת תאורה, יש לסנכרן את שעות הפעלתה עם זמני השקיעה והזריחה, תוך התאמה עונתית. ניתן לעשות זאת באמצעות שעון אסטרונומי, המחשב את זמני השקיעה והזריחה בהתאם למיקום ולעונת השנה. בהתאם, תכנון התאורה יתייחס לטווח הזמן שבין 15 דקות לאחר השקיעה ועד 15 דקות לפני הזריחה ולשעות הפעילות.
- אם נדרשת הארה מומלץ לתכנן משטר ההפעלה כדלקמן:
 - הארה עד לעוצמה מקסימלית, רק במידה ונדרשת, במשך שעות האור הטבעי.
 - עד כ-40% מהעוצמה המרבית בשעות הערב (רבע שעה אחרי שקיעה ועד 23:00).
 - עד כ-10% מהעוצמה המרבית בשעות הלילה (23:00 ועד רבע שעה לפני זריחה).
- בתאורת פארקים וגנים כיבוי האור יהיה לא יאחר מהשעה 01:00. רצוי לתכנן עמעום או כיבוי שהוא אחיד לכל השטח, ולא כיבוי חלקי (שיטה המכונה 'כיבוי פאזה').
- בתאורת חוץ מסחרית כיבוי האור יהיה לא יאחר משעה לאחר סיום הפעילות.

חלק ד - תאורת מבנים, מתקנים ושילוט

בחלק זה:

מוצגות מגבלות ודרישות יישומיות לתכנון תאורה במבנים, מתקנים ושילוט במרחב החופי והימי.

נושא	כללי עשה – דרישות תכנוניות	כללי אל תעשה – איסורים
שילוט מואר ומסכי LED	- שילוט חוצות מואר יותר מן היתר בהתאם לחוק העזר העירוני ויחייב רישיון כדין. - בתחום העירוני יותר שילוט מואר אשר הכרחי לפעילות לילית (בתי מלון, בתי חולים, משטרה וכו'), אך שילוט פרסומי יכובה אחרי 23:00 או בהתאם לדרישות הרשות. - כאשר ישנה הצדקה להארת שילוט ישולב מנגנון עמעום של 90% לפחות, תוך שמירה על יציבות עוצמה וגוון. מומלץ לתכנן משטר הפעלה באופן מדורג: 100% בשעות היום (אם נדרש), 40% בשעות הערב (מרבוע שעה אחרי השקיעה עד 23:00), ועד 10% או עד כדי כיבוי בשעות הלילה (23:00 עד רבע שעה לפני זריחה למחרת) או בהתאם לדרישות הרשות. - במרחב העירוני, השילוט לא יגרום לתאורה פולשנית מעבר לערכים המוגדרים בת"י 12464. בכל מקרה, ההארה לא תגדיל ביותר מ-20% את רמת התאורה הסביבתית (עוצמה	- אין להתיר שילוט חוצות מואר במרחב החופי ומחוץ לתחום העירוני, כגון לאורך כבישים בין-עירוניים. - אין להתיר שילוט מואר על גבי אובייקטים נעים, כגון אוטובוסים. - לא תותר הצבת גופי תאורה חיצוניים להארת שילוט; שילוט מואר יהיה מואר מבפנים בלבד. במקרים חריגים, ובהיעדר אפשרות להאיר את השלט מבפנים, ניתן יהיה, באישור הרשות המקומית, להתקין גופי תאורה חיצוניים מעל השלט, ובלבד שיכוונו ויאירו את השלט בלבד, ללא זליגת אור וללא סנוור לסביבה.

	וגוון). הבדיקה תתבצע בעוצמת הארה של 200 לוקס לפחות.	
• אין להתיר שלטים בעלי מסר נע, מהבהב או משתנה בתדירות גבוהה, או שלטים היוצרים אשליית תנועה באמצעים אלקטרוניים, חשמליים או אלקטרו־מכניים, למעט שלט המבוסס על מסך LED בלבד, בבהיקות מרבית של 250 cd/m^2. • אין להתיר שילוט הגורם לסנוור, לריצוד או להפרעה למרחב הציבורי או למבנים סמוכים.	• בחלונות ראווה בתוך מרכזים מסחריים סגורים יותר שימוש במסכי LED או בשילוט בעל מסר נע, מהבהב או מתחלף, ובלבד שהשלט יותקן בתחום פנים בית העסק, בצדו הפנימי של חלון הראווה ובנסיגה של לפחות 50 ס"מ ממישור החלון, שינויי התוכן והבהובים יהיו איטיים.	שילוט דינמי, מהבהב, מתחלף
• אין להתיר הארת מבנים בעלי חזית מבריקה או שקופה העלולה לשקף אור לרקיע. • אין להתיר זליגת אור מחלונות ראווה, ההארה תהיה מכוונת פנימה בלבד. • אין להתיר תאורה דקורטיבית הגורמת לסנוור או להפרעה לעוברים ושבים. • מתקני התאורה וההארה לא יחרגו מתחום המבנה.	• תאורה אדריכלית תכונן אל המבנה בלבד, ללא זליגת אור מתחום המבנה וללא גרימת הסחת דעת להולכי רגל או לנהגים. • גופי תאורה דקורטיביים או גופי תאורה לסימון מיקום יהיו בהספק של עד 50 לומן לואט, ולא יותר מ-2 וואט לגוף תאורה. • הארת פסלים ודגלים תותר למשכי זמן קצובים בלבד, לא תחרוג מגבולות האובייקט, לא תגרום לזיהום אור סביבתי בהתאם לת"י 12464 חלק 2, ותוגבל לעוצמת הארה של עד 50 לוקס.	תאורה אדריכלית וסביבתית
• אין להתיר שימוש תדיר או קבוע בתאורת זרקורים לשמיים (Sky Beams), בתאורת לייזר או במערכות תאורה הפונות לרקיע או לים.	• תאורה מסוג לייזר או תאורה דומה תותר רק באישור נקודתי לאירועים וחגים בלבד, למשך זמן מוגבל, ובתנאי שאינה מהווה מפגע בטיחותי, תעבורתי או חזותי, אינה	סוגי תאורה

	גורמת לסנוור ואינה יוצרת מכשול נגישות.	
אין להאיר גופי מים או משטחים מחזירי אור, למעט לצורך הארה פונקציונלית חיונית.	- התקנה ותחזוקה יבוצעו בידי חשמלאי מוסמך בעל רישיון מתאים. - יש לוודא התאמת השלט המואר לדרישות הבטיחות בהתאם לת"י 20. - ריצוד (Flicker /רטט אורי) - רמת הריצוד של השלט בכללותו תעמוד בדרישות מסמך ההמלצות IEEE 1789 בתחום No-Effect Region.	בטיחות ותקנים של שילוט מואר
- אין להתיר תאורה או שילוט המהווים מפגע בטיחותי, תעבורתי או חזותי, לרבות הסתרת תמרור, פגיעה בנגישות או הסחת דעת. - בסמוך לדרכים, בשעות הלילה, אין להפעיל שילוט בעל מסר נע, מהבהב, משתנה או מתחלף.		



חלק ה - הנחיות תאורה לשימושים לאורך החוף

בחלק זה:

- מוצגות ההנחיות עבור שימושים ספציפיים במרחב החופי. להרחבה עבור שימושים נוספים ראונספח 6.

1. מסעדות ובתי קפה בחוף ובסמיכות לו

תכנון מסעדות ובתי קפה במרחב החופי מחייב תכנון תאורה מוקפד, בהתאם לעקרונות, להנחיות התכנון ולתקנים שפורטו לעיל. בנוסף, יחולו ההנחיות הפרטניות הבאות:

- **הפרדה בין אזורי תכנון:** תכנון התאורה והחישובים הפוטומטריים ייערכו בנפרד לכל אחד מאזורי הפעילות: חלל הפנים, שטח חוץ מבונה (דק או רחבה) ואזור ישיבה על החול.
- **עוצמות הארה ממוצעות מרביות:**
 - פנים המבנה: בהתאם להגדרות ת"י 12464 חלק 1, עוצמת ההארה הממוצעת באזורי הישיבה לא תעלה על 200 לוקס.
 - אזורי ישיבה בשטח חוץ מבונה (כגון רחבה): עד 30 לוקס.
 - אזורי ישיבה בשטח רצועת החוף החולית: עד 5 לוקס.
- **מאפייני גופי התאורה:**
 - טמפרטורת הצבע לא תעלה על 2200K, או גוון אמבר, באזור הישיבה על החול.
 - טמפרטורת הצבע בשטח החוץ המבונה יקבע בהתאם לרגישות האזור, ולא יותר מ 2700 K.
 - הספקטרום, הריצוד והבטיחות הפוטוביולוגית יותאמו לדרגת הרגישות האקולוגית באתר.

2. טיילות בחוף ובסמיכות לו

בתכנון תאורה לטיילות, עוצמות ההארה ייקבעו תוך הקפדה על כיווניות האור ואיכותו, ולא יעלו על הערכים המוגדרים בת"י 12464 ובת"י 13201, בהתאם לרגישות המרחב ולאופי השימוש בשביל. יש לצמצם את עוצמות ההארה למינימום הנדרש.

- **עוצמות הארה ממוצעת מירביות:**

- בטיילת שאינה צמודה לדרך מוארת, אלא במפלס החוף או בשטח ציבורי פתוח בסמיכות לחוף, עוצמת ההארה תצומצם למינימום הנדרש ולא תעלה על 5 לוקס, ומומלץ שלא תעלה על 3 לוקס.
- יש לשלב מערכת בקרה לתאורה המאפשרת עמעום או כיבוי בשעות החשיכה.

- **מאפייני גופי התאורה:**

- טמפרטורת הצבע לא תעלה על 2200 K או גוון אמבר.
- הספקטרום, הריצוד והבטיחות הפוטוביולוגית יותאמו לדרגת הרגישות האקולוגית באתר.

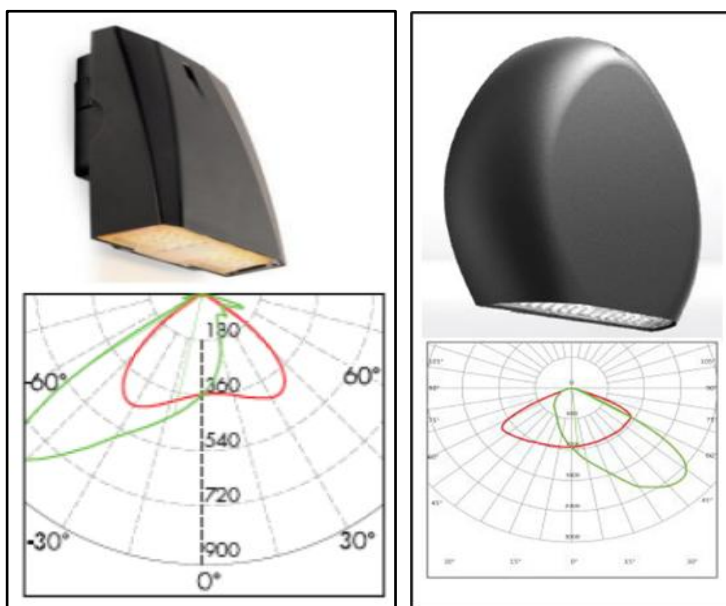
- **כיוונית ומיקום:**

- יש להשתמש בגופי תאורה המאירים כלפי מטה (דוגמת Full Cut-off), למניעת זליגת אור אופקית לחוף ולים או כלפי השמיים.
- הגופים יותקנו בגובה נמוך ככל הניתן, תוך מיקוד האור בשטח הרצוי בלבד ותוך צמצום נראות האור למרחוק.

3. מתקנים בחוף: סוכת מציל ומבני שרותי חוף

התקנת תאורה במתקני חוף תותר אך ורק במקרים בהם נדרשת פעילות לילית המחייבת תאורה לצרכי ביטחון או בטיחות. התכנון יושתת על המינימום ההכרחי, בכפוף לעקרונות והתקנים שפורטו לעיל ובהתאם להנחיות הבאות:

- **כיוונית ומיקום:** יש להשתמש בגופי תאורה המאירים כלפי מטה בלבד, מסוג Full Cut-off או שווה ערך, למניעת זליגת אור אופקית או כלפי השמים.
- **גובה ההתקנה:** הגופים יותקנו בגובה נמוך ככל הניתן, לשם מיקוד האור בשטח הרצוי בלבד ומזעור נראותו למרחוק.
- **בקרה ושעות פעילות:** תותקן מערכת בקרה המבטיחה כיבוי מלא של התאורה מיד בתום הפעילות במתקן, ככל שלא נדרשת הארה לצורכי ביטחון או בטיחות.
- **מאפייני גופי התאורה:**
 - טמפרטורת הצבע לא תעלה על 2200K, או גוון אמבר.
 - הספקטרום, הריצוד והבטיחות הפוטוביולוגית יותאמו לדרגת הרגישות האקולוגית באתר.



איור : דוגמת גופי תאורה המותקנים על מבנה ומאירים כלפי מטה

4. אתרי בניה, שטחי התארגנות ומחנות קבלן זמניים

ככלל, חל איסור על הארת שטחי התארגנות ואתרי בנייה ברצועת החוף, למעט במצבי חירום.

במקרים שבהם אושרה עבודה בשעות החשיכה, תכנון התאורה יהיה חלק בלתי נפרד מתנאי ההיתר ויבוצע בקפדנות למזעור הפגיעה בסביבה. במקרים אלה, הבקשה להיתר תכלול תכנית תאורה מפורטת ואמצעים פיזיים למניעת זיהום אור. התאורה תכונן אך ורק אל פנים האתר ותמוקד באזור העבודה הפעיל בלבד.

עוצמות ההארה יתוכננו בהתאם לנדרש לבטיחות בעבודה, אך לא יחרגו מהערכים הקבועים בת"י 12464 חלק 2, אשר ישמשו כרף עליון, בהתאם לפירוט בטבלה להלן:

עוצמת הארה Lux, Em	סוג האזור, המשימה או הפעילות
15	פינוי, חפירה והעמסה
30	אזורי בנייה, צנרת ניקוז, הרכבה, שינוע ועבודות עזר
75	הרכבת אלמנטים (כגון קונסטרוקציית פלדה)
150	עבודות חשמל, מכונות וצנרת הדורשות דיוק

5. מתקני ספורט בחוף

הארת מגרשי ספורט ברצועת החוף יוצרת קונפליקט מובנה בין הצורך הבטיחותי והתפעולי בהארה לבין השמירה על סביבה חשוכה. לפיכך, התכנון באזורים אלה מחייב הקפדה יתרה ומגבלות ייעודיות.

ראשית, יש להמנע מתכנון מגרשי ספורט מוארים בסמיכות לשטחים בעלי רגישות אקולוגית מירבית עם זאת, ככל שתוכנן מגרש בסמיכות לחוף, תכנון התאורה יושתת על המינימום הנדרש, בכפוף לעקרונות ולתקנים שפורטו לעיל ובהתאם להנחיות הפרטניות הבאות:

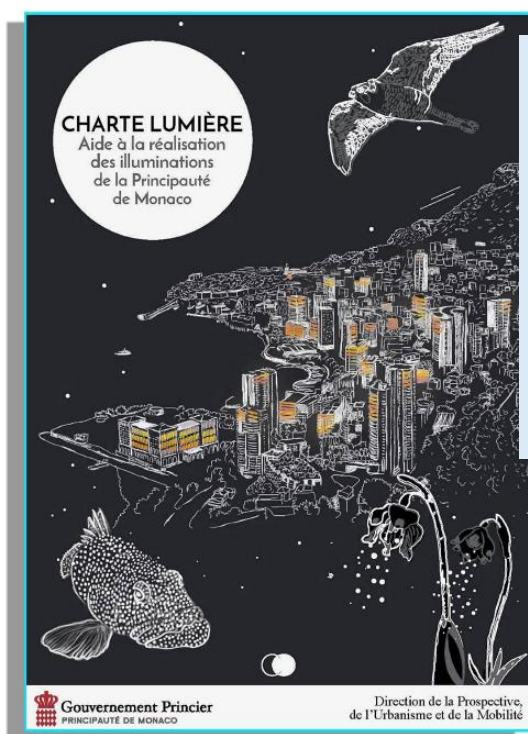
- **תקן מחייב ודרגת הארה:** תכנון התאורה יבוצע בהתאם לתקן 12193, תאורה למתקני ספורט. ככלל, התכנון יתבסס על רמה III (פעילות מקומית או אימונים), **כמפורט בטבלאות בנספח 6**. ובהתאם לסיווג סביבתי E1 (אזור חשוך). במקרים חריגים שבהם נדרשת רמת הארה גבוהה יותר, למשל לתחרויות ארציות, תותקן מערכת נפרדת או נוספת שתופעל אך ורק בזמן האירוע הרלוונטי ותהיה כבויה בשאר הזמן.
- **מאפייני גופי התאורה:** במגרש הממוקם בסמוך לחוף או עליו, טמפרטורת הצבע לא תעלה על K 2200 בספקטרום מאוזן (בהתאם לפירוט בנספח 4).
- **עוצמות הארה ממוצעת מירביות:** במגרש הממוקם על גבי החוף החולי, או בסמיכות מיידית אליו, עוצמת ההארה המרבית לא תעלה על 50 לוקס, ותהיה בהתאם למינימום האפשרי לפי התקן.

חלק ו - כלים ומנגנונים ליישום ובקרה

בחלק זה:

- מוצגים כלים אופרטיביים להטמעת עקרונות המדריך במדיניות מקומית, בתכנון סטטוטורי, במכרזים וברישוי, וכן במנגנוני בקרה ואכיפה.

1. מדיניות מקומית למזעור זיהום אור



דוגמא:

אמנת
האור
מדיניות
לתאורה
בחופי
מונקו

תשתית חוקית ותקינה:

על אף שאין בישראל חוק ייעודי למניעת זיהום אור, קיימת מסגרת רגולטורית רחבה הכוללת חקיקה סביבתית, דיני תכנון ובנייה ותקנים רלוונטיים, אשר יכולים לשמש בסיס ליישום בפועל של מניעת זיהום אור.

[ראו פירוט בנספח 2.](#)

מומלץ לקבוע מדיניות עירונית ביחס לתאורה באזור החוף, אשר תכלול מיפוי מרחבי והבחנה בין אזורים לפי רגישותם לזיהום אור (ראו טבלה בחלק ג'). האזורים יסומנו במפה וישויכו לרמות הסיווג E1–E4. לדוגמה, אזור E1 (רגישות מרבית) יכול את המרחבים הרגישים ביותר, כגון הים והחוף. באזורים אלה ייקבעו הוראות מחמירות, לרבות הארה מינימלית בלבד, טמפרטורת צבע עד 2200 K וכיבוי בשעות הלילה המאוחרות. ניתן לעגן מדיניות זו בחוק עזר עירוני, בהנחיות מרחביות או במסמכי מדיניות מחייבים.

2. הנחיות מרחביות

ניתן לקבוע הנחיות מרחביות למזעור זיהום אור – להלן דוגמא:

הנחיות אלו חלות על כל תאורת חוץ, שילוט מואר והארת חזיתות. מטרתן צמצום זיהום אור ושמירה על חשכת הלילה.

- **נספח תאורה – בכל פיתוח הכולל תאורת חוץ בתחום הסמוך לשטח פתוח רגיש או לחוף הים, יוגש נספח תאורה המציג פתרונות למניעת זיהום אור ומוכיח עמידה בהנחיות המשרד להגנת הסביבה, כפי שמתפרסמות מעת לעת. הנספח יכלול תכנית תאורה מלווה בחישובים פוטומטריים ומפרט גופי תאורה, לרבות התייחסות לכיוונויות, עוצמת הארה, גוון וספקטרום האור ופרמטרים משלימים בהתאם להנחיות. ערכי ההארה, הזליגה, הסנוור והבהיקות יוגדרו, יחושבו ויבדקו בהתאם לת"י 12464 חלק 2 (בגרסתו העדכנית), לפי סיווג האזור E1–E4. באזור E1 לא תותר הארה מלאכותית, למעט הארה פונקציונלית הנדרשת לתפעול, ביטחון או בטיחות.**
- **כיוון ומניעת זליגת אור :** גופי התאורה יהיו מסוג ללא זליגת אור מעל האופק (Tilt $0^{\circ} \pm 5^{\circ}$); בתחום החופי יכוונו הגופים כלפי היבשה באופן המונע פלישת אור לים ולחוף.
- **גוון אור :** טמפרטורת הצבע (CCT) לא תעלה על הערכים הבאים:

E4	E3	E2	E1
K3000		K2700	K2200 או אמבר

- **עוצמות הארה:** עוצמות ההארה יתוכננו בהתאם למינימום הנדרש בתקן, ויחושבו הן במישור האופקי והן במישור האנכי.
- **שעות פעילות:** יש לתכנן שעות הפעלה ואמצעי כיבוי או עמעום בהתאם לשעון אסטרונומי: החל מ-15 דקות לאחר השקיעה ועד 15 דקות לפני הזריחה.

3. הטמעה בתכנון ובדרישות סטטוטוריות

תכנון חושב תאורה: בעת תכנון מבנה או מתקן, ובפרט בסמיכות לאזורים רגישים לזיהום אור, יש לשלב שיקולי תאורה כבר בשלבי התכנון המוקדמים.

התכנון יתייחס לפריסת השימושים הדורשים תאורה לילית באופן שימזער את השפעתם על הסביבה, כגון הרחקת מוקדי פעילות עתירי-תאורה מאזורים רגישים.

נספח נופי-סביבתי ותסקיר השפעה על הסביבה: בשטחים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה, כדוגמת חוף הים, קיימת חשיבות רבה למניעת זיהום אור. לפיכך, כל נספח נופי-סביבתי או תסקיר השפעה על הסביבה יכולול ניתוח מפורט של השפעות התאורה המתוכננת, לצד המלצות לפתרונות טכנולוגיים ותכנוניים למזעור ההשפעה על הסביבה. יש להסתייע ביועץ תאורה ולהכין מסמכים מקדימים, כגון נספח תאורה עקרוני, כבר בשלבי התכנון הראשוניים, כדי להטמיע את עקרונות התאורה הסביבתית כחלק אינטגרלי מהתכנית.

הטמעה בהוראות תכניות מפורטות (תב"ע): בתכנון מפורט יש להתאים את ההוראות לתכנית ולרגישות השטח ולמאפייניו. בהתאם, מומלץ לקדם תכנית מפורטת יחד עם נספח תאורה בעל מעמד מחייב. כאשר התכנית כוללת נספח תאורה שאינו מחייב, ובמסגרת בחינה סביבתית מקדימה או תסקיר השפעה על הסביבה גובשו תנאים, הסכמות או ידע ספציפי למזעור זיהום אור במרחב רגיש אקולוגית, יש לכלול בהוראות התכנית הוראות מפורטות ומחייבות. הוראות אלה יתייחסו לערכים תפקודיים כגון תאי שטח ספציפיים ויגדירו "גבול עליון" לפרמטרים כגון סיווג רגישות המרחב (E1), גוון האור, כיווניות, גובה עמודים מירבי וגבול עוצמת הארה, בהתאם למקרה ובתיאום עם רשות הרישוי.

כאשר תכנון התאורה המפורט אמור להתבצע רק בשלב הרישוי (היתר או נספח עיצוב ופיתוח), יש לכלול בתכנית הוראה כללית למזעור זיהום אור בהתאם למקרה, לדוגמה: "תאורת המתקן/ המבנים/ הטיילת /תאורת החוף⁶ תתוכנן באופן שימזער זיהום אור לשטח הפתוח/ למצוק/ לחוף/ לרקיע/ לאופק ולים⁷".

בשני המקרים לעיל יש לקבוע בהוראות דרישה להגשת נספח תאורה במסגרת הליך הרישוי, למשל: "תנאי להגשת בקשה להיתר יהיה נספח תאורה הכולל הצגת פתרונות למניעת זיהום אור, המוכיחים עמידה בהנחיות המשרד להגנת הסביבה למניעת זיהום אור. הנספח יכולול תכנית תאורה המלווה בחישוב פוטומטרי, ומפרט

⁶ יש לכלול התייחסות לפי המקרה.

⁷ יש לכלול התייחסות לפי המקרה.

גופי תאורה הכולל התייחסות לכיוונית ועוצמת הארה, גוון וספקטרום האור, ופרמטרים נוספים בהתאם להנחיות".

תקן בנייה ירוקה: על פי ת"י 5281 (בנייה ירוקה), צמצום זיהום אור מזכה בניקוד ותורם להשגת דירוג של כוכב אחד ומעלה. יש לוודא כי פתרונות התאורה עומדים בדרישות התקן הן בשלב התכנון והן בשלב הבקרה, ולכלול יעד מפורש להשגת ניקוד בתחום זה.

4. שילוב במפרטים ובמכרזים

במפרטים הטכניים ובמכרזי הרשות המקומית ניתן לכלול סעיפים המגדירים דרישות למניעת זיהום אור.

להלן הצעה לסעיפים אפשריים אותם ניתן לכלול במפרטים:

- חישובים פוטומטריים: יש לכלול חישוב פוטומטרי מלא, לרבות חישובי זליגת אור אופקית ואנכית, כלפי הים וכלפי השמים, וכן להגיש קובץ חישוב תואם תוכנה, כגון קובץ AGI.
- דרישות אקולוגיות לגופי תאורה: יש לדרוש תעודות בדיקה המעידות על עמידה בדרישות בטיחות פוטוביולוגית, ריצוד (Flicker/רטט אורי), ביצועים פוטומטריים ובהיקות, התפלגות ספקטרלית, גוון האור ומקדם מסירת צבע.
- תכנון מערכות בקרה חכמות: יש לתכנן שילוב חיישנים, שעונים אסטרונומיים או מערכות בקרה חכמות המאפשרות כיבוי או הפחתת עוצמה בשעות הלילה.

5. רישוי עסק

ניתן להטמיע דרישות למניעת זיהום אור במסגרת רישוי עסקים, בהתאם לחוק רישוי עסקים, התשכ"ח-1968, אשר נועד, בין היתר, למניעת מפגעים סביבתיים, וביחס לעסקים הטעונים רישוי מכוח צו רישוי עסקים, התש"פ-2020. בהתאם לחוק רישוי עסקים, רשות הרישוי המקומית רשאית לגבש "מפרט רשותי"⁸ ולפרסם בשקיפות את דרישותיה הסביבתיות מעסקים. במסגרת זו יכולה הרשות לכלול הנחיות למניעת זיהום אור, ובפרט במרחב החופי. מוצע כי הדרישות שישולבו יתבססו על העקרונות וההנחיות המפורטים במסמך זה. בשונה מהנחיות מרחביות החלות בשלב הקמת העסק, המסגרת המחייבת של רישוי עסקים מאפשרת פיקוח שוטף לאורך תקופת פעילותו.

⁸ מבנה מוצע לאתר רישוי עסקים והמפרט הרשותי, משרד הפנים, אגף בכיר רישוי עסקים, 2021. https://www.gov.il/BlobFolder/guide/training-materials1/he/home_main_business-licensing_training_020.pdf



6. תכולת נספח תאורה

להלן המלצה לתכולת נספח תאורה:

- **מידע מינהלי:** נספח התאורה יכלול לכל הפחות את פרטי התכנית ואת פרטי מתכנן התאורה.
- **ציון הדרישות החלות על התכנית:** יש לציין את סיווג תחום התכנית וסביבתה לרמות E1, E2, E3 או E4, בהתאם לטבלה המוצגת במדריך זה (ראו פרק ג'). מומלץ לפרט את הדרישות הרלוונטיות בהתאם להוראות התכנית, לתקנים מחייבים, להנחיות המשרד להגנת הסביבה או הרשות המקומית, להנחיות מרחביות או לכל הנחיה אחרת בנושא זיהום אור החלה על השימוש או המרחב הספציפי.
- **הסבר תכנוני:** יש לפרט בכתב את האמצעים שננקטו למזעור זיהום אור, הן בהיבטי תכנון התאורה והן בבחירת גופי התאורה.
- **תשריט המרחב הסמוך:** יש לכלול תשריטים המציגים שימושי ויעודי קרקע סמוכים אשר עלולים להיות מושפעים מהתאורה המוצעת.
- **תכנית תאורה ומיפוי פוטומטרי:** יש להציג תשריט הכולל מפות הארה אופקיות ואנכיות, להמחשת פיזור האור ולאומות היעדר זליגת אור מעבר לגבולות המגרש, השימוש, המתקן או המבנה. החישובים יכללו בחינת זליגת אור לשמים ולסביבה (ראו נספח 7 – המלצה לנוהל בקרת תכנון פוטומטרי).
- **מפרט טכני לגופי התאורה:** תוצג טבלה מפורטת לכל סוג גוף תאורה הכוללת את סוג הגוף, הספק (W), שטף אור (lm), גובה וזווית התקנה, גוון אור /טמפרטורת צבע CCT (K), התפלגות ספקטרלית SPD, מקדם מסירת צבע CRI, עמידה בדרישות ריצוד (Flicker /רטט אורי) בהתאם למסמך ההמלצות IEEE 1789:2015, וסיווג בטיחות פוטוביולוגית. יש לצרף תעודות בדיקה ממעבדות מוסמכות עבור הגופים המתוכננים.
- **תכנית ניהול בקרה והפעלה:** תוצג תכנית לניהול משך זמן, עוצמת וגוון ההארה בהתאם לשימוש, שעות ולטווח זמן ההפעלה בשעות החשיכה, באמצעות מערכות בקרה (כגון טיימרים, חיישנים, שעון אסטרונומי ועוד).
- **תכנון מקצועי:** תכנון תאורה בפרויקטים ציבוריים יבוצע על ידי מתכנן תאורה או מהנדס בעל רישיון חשמלאי מתאים, עם ניסיון מוכח (מומלץ לפחות 5 שנים) בתכנון מתקני תאורה מורכבים, בחישובים פוטומטריים, ומניעת זיהום אור.

7. בקרת תכנון וביצוע

מומלץ לבצע בקרת תאורה בשני שלבים: בשלב הראשון, בקרת תכנון במסגרת הליך הרישוי; בשלב השני, בקרת ביצוע בשטח לאחר ההתקנה. מומלץ לקיים הדרכה ייעודית לבודקי תכניות, ליועצי סביבה ולמפקחי הרשות, לשם איחוד שפה מקצועית, קריטריונים ושיטות בדיקה.

בקרת התכנון:

בקרת התכנון תתבצע במסגרת הליך הרישוי. בשלב זה תיבחן עמידת נספח התאורה בדרישות למזעור זיהום אור, לרבות: התייחסות לרגישות האקולוגית בתחום התכנית ובסביבתה; סיווג אזורי הרגישות לפי רמות E1-E4, ככל שהוגדרו על ידי הרשות המקומית או בהתאם לטבלת הסיווג בחלק ג'; פרמטרים סביבתיים של גופי התאורה, ובהם ספקטרום, טמפרטורת צבע, מקדם מסירת צבע, כיווניות, סנור או בהיקות וריצוד (Flicker /רטט אורי); וכן עוצמות ההארה המתוכננות בתחום התכנית ועוצמות ההארה הנמדדות או המחושבות בסמוך לה.

בקרת שלב הביצוע:

הבקרה תבוצע בשטח בהתאם לתכנון המאושר, ותוודא התאמה מלאה של מערכת התאורה לנספח התאורה המאושר, לרבות מיקומי וגובהי התקנה, דגמי הגופים כפי שאושרו, עוצמות הארה, כיוון וזווית הטיה (Tilt) וגוון האור. בנוסף, תיערך בקרה כמותית באמצעות מד־אור וספקטרומטר בנקודות מייצגות, לצורך אימות כי עוצמות ההארה והמאפיינים הספקטראליים תואמים את התכנון. לרשות המפקחים מצורפות רשימות תיוג בנספח 7.

חלק ז - נספחים

29	נספח 1 – רקע המרחב החופי בים התיכון בישראל
37	נספח 2 – חקיקה, תקינה והנחיות
40	נספח 3 – הגבלת עוצמות הארה וזליגת אור לפי התקן
45	נספח 4 – גוון האור והספקטרום
46	נספח 5 – מקדם מסירת צבע, בהיקות, ריצוד, סיכון פוטוביולוגי
49	נספח 6 – עוצמות הארה בהתאם לשימושים
61	נספח 7 – רשימות תיוג
66	נספח 8 - רקע על פרויקט CAMP – Israel

1. נספח 1 – רקע המרחב החופי בים התיכון בישראל

פרק זה נערך ע"י ד"ר אביב אבישר וד"ר תמר מרכוס

1. חוף חולי

המרחב היבשתי: בית הגידול הנפוץ ביותר לאורך חופי הים התיכון בישראל הוא חוף הים החולי. בית גידול זה מאופיין בתנאים א-ביוטיים קיצוניים הנגרמים מתזוזת התשתית החולית, רוחות חזקות המסיעות איתן רסס ים מלוח וגרידי חול מחוספסים, משרעת טמפרטורה רחבה בין יום ללילה והיעדר מים זמינים וניוטריאנטים על פני השטח. בפועל, בבית גידול זה שוררים תנאים המזכירים את אלו של מדבר קיצוני.

בשל התנאים הא-ביוטיים הקיצוניים, לצד הקרבה לרצועת המדבריות העולמית, החוף החולי של ישראל עשיר מאוד במינים אנדמיים, הן של בעלי חיים הן של צמחים, המסוגלים להתמודד עם תנאים ייחודיים אלו. כך למשל, כ-40% מהצמחים האנדמיים בארץ הם מיני חולות חוף ושלושה מתוך חמישה מיני יונקים אנדמיים לישראל ייחודיים לחולות גם הם. עם זאת, מרחב החוף החולי בישראל סובל מהפרעות רבות ביותר בשל פיתוח. כ-13% משטח בית גידול זה מוגן סטטוטורית, אך גם השטחים המוגנים סובלים מהפרעות בשל פעילות אנושית, חוסר קישוריות בין השטחים המוגנים ונוכחות ניכרת של מינים פולשים.

הצומח: בשל הגעת הרוחות מכיוון הים, הצומח בבית גידול זה לרוב מסודר בחגורות ההולכות ומתרחקות מקו המים. החגורה הקרובה ביותר לים היא הרצועה הסטרילית של חול הנקי מצמחים ברוחב של עד כ-150 מ' מקו המים. החגורה הראשונה של הצומח היא חגורת הרסס ובה צמחים פזורים ונמוכים בעלי התאמות המאפשרות להם להתמודד עם הרוחות החזקות, פציעת הרקמות הנגרמת משפשוף מתמיד עם החול והמלח המוסעים ברוח, המליחות הגבוהה, היעדר מים זמינים על פני השטח ומחזורים של כיסוי של הצמח ומנגד חשיפת שורשי הצמח עם תנועת החול. דוגמאות למינים של חגורת הרסס הם חבצלת החוף, לפופית החוף, קרתימון ימי, דרדר נמוך, ומלחית אשלגנית. ככל שמתרחקים מקו המים, שיעור המינים הייחודיים לחוף הים יורד והחולות מתייצבים ומתכסים בצומח. יש לציין שברצועה הסטרילית ובחגורת הרסס הצמחייה הנמוכה והמעטה אינה יכולה לחסום אור ולמזער את ההשפעה של זיהום אור.

החי: אף שהרצועה הסטרילית נקייה מצמחים, גדלות בה אצות וחומר אורגני הנפלט מהים, והם מהווים בסיס למארג המזון. אצות אלו משמשות כמקור מזון לחסרי חוליות כגון תולעים וסרטנים, שמהווים בתורם מקור מזון לעופות וטורפים אחרים. לרצועה הסטרילית חשיבות מיוחדת כאתר הטלה של צבות ים ירוקות וחומות שעולות לחוף להטיל את ביציהן.

בעלי החיים השוכנים בחוף החולי זקוקים להתאמות ייחודיות להתמודדות עם התנאים הא-ביוטיים הקשים של החוף החולי שצוינו לעיל. בשל היעדר מים זמינים ומשרעת הטמפרטורות הגבוהה, רבים ממיני בעלי החיים המצויים בחוף החולי הם מינים מדבריים, שמגיעים לקצה גבול התפוצה הצפוני שלהם לאורך מישור החוף. כמו כן רבים מהם פעילי לילה ובשל כך רגישים לזיהום אור. לבעלי החיים בחוף החולי יש גם התאמות ייחודיות להתחפרות ולתנועה בתוך או מעל החול הלא-מיוצב או המיוצב למחצה. על אף התנאים הקשים אפשר למצוא בבית גידול זה חסרי חוליות כמו תיקנחול, זוחלים כגון נחש חולות והלטאה נחושת החולות, יונקים כגון מריון החולות וקיפוד חולות ועופות. חלקם מקננים בחול ובצומח החולות כגון כרוון וחוגלה, וחלקם ניזונים בחולות החוף, כגון עורבני ותנשמת.

החוף החולי הוא מרחב פתוח ורפלקטיבי שבו הצמחייה נמוכה ואינה חוסמת אור, ולכן כל הארה מלאכותית נראית למרחוק. פעילות לילה מובהקת של צבי-ים בחודשי מאי עד אוגוסט, עופות חוף ויונקים נוקטרגליים הופכת את המערכת רגישה במיוחד למשיכה, בלבול כיוונים והגברת טריפה סביב שקיעה-זריחה. כתוצאה, אפילו הארה חלשה סמוכה לקו המים יכולה לשבש הטלות, מסלולי תנועה ודפוסי שיחור לאורך הרצועה הסטרילית וחגורת הרסס.

המרחב הימי: בחוף הרדוד לאורכו של מרבית חוף הים הישראלי, קרקעית הים מכוסה במצע רך שמורכב מחומרים שונים, ובהם חול, טין, חרסית, שברים קטנים של שלדי בעלי חיים וחצץ. מדרום לעכו, המצע מורכב בעיקר מטיין, מחול ומחרסית שמקורם בתוצרי בלייה של הרים באתיופיה ובסודן, שהוסעו לים התיכון באמצעות הנילוס. מצפון לעכו, מרבית המצע הוא חול ביוגני, כלומר שלדי אצות ובעלי חיים אחרים מפוררים. בשל התשתית הרכה, אין בעלי חיים ישיבים בבית הגידול הזה, והוא נעדר מורכבות מבנית. עם זאת לעיתים פזורים על קרקעית הים עצמים קשיחים בגדלים שונים, כגון שברי צדפות, סלעים שמקורם ביבשה ואף עצמים אנתרופוגניים כפסולת וספינות טרופות. על עצמים אלה מתפתחים בעלי חיים ישיבים יחידים ומושבתיים, כמו איצטלנים, חי-טחבים וצורבים, שבתורם מהווים מקום מחיה ומסתור למינים אחרים.

כמו במרחב היבשתי, החיים במרחב הימי מסודרים בחגורות בהתאם למרחק מקו המים ובהתאם לתנאים הפיזיים המשתנים. כמו כן בכל מרחק מהחוף ניתן לחלק את בית הגידול לשלושה חלקים – החיים בתוך המצע, החיים על פני הקרקעית והחיים בעמודת המים, ויש השפעות הדדיות בין החלקים. לדוגמה, החפירות של שוכני הקרקעית מחדירות מים וחמצן לתוך שכבת החול, חומר אורגני ונוטריינטים שוקעים מעמודת המים לקרקעית ובעלי חיים רבים חיים בעמודת המים בשלבים הדרווליים שלהם, ולאחר מכן מתיישבים בקרקעית או בתוך המצע כבוגרים.

על-כרית: אזור העל-כרית הוא האזור היבשתי שנשטף לעיתים בגלים. אזור זה מתואר בסעיף של המרחב היבשתי.

כרית: אזור הכרית הוא החוף שמתכסה במים ובגלים ונחשף לסירוגין במהלך הגאות והשפל. בעלי חיים המצויים באזור הכרית, ובהם מיני צדפות, סרטנים וחסרי חוליות אחרים, נדרשים להיות מותאמים גם לחיים מתחת למים וגם באוויר ולהתמודד עם תנאי א-ביוטיים קיצוניים, כגון קרינה חזקה, מליחות גבוהה, משרעת טמפרטורות גדולה ופגיעה פיזית משבירת הגלים. לרוב הם עושים זאת על ידי התחפרות בחול, שמאפשרת להם להתגונן מהתנאים המשתנים ומהתייבשות. נוסף על בעלי חיים שחיים באזור הכרית, בעלי חיים אחרים, ובראשם עופות, באים לאכול באזור זה.

תת-כרית: אזור התת-כרית כולל את כלל האזור שאינו נחשף לאוויר, לרבות בזמני שפל. אזור התת-כרית כולל בתי-גידול רבים, המסודרים בהתאם לעומק מהקו התחתון של הגלים ועד לים העמוק. לאורך גרדיאנט העומק התנאים הפיזיים משתנים – עוצמת האור יורדת וטווח אורך הגל החודר מצטמצם עד להיעלמות האור, הטמפרטורה יורדת ומתייצבת ויש פחות ערבול של המים ושל הקרקעית ולכן יש ירידה בגודל הגרגר של המצע. באזור התת-כרית, לאורך כל גרדיאנט העומק, ניתן למצוא בעלי חיים מקבוצות רבות, כגון דגים, ספוגים, סרטנים, תולעים, רכיכות, צורבים ועוד.

המרחב הימי הרדוד והאזורים הכריתיים רגישים במיוחד לאור מלאכותי ובמיוחד אור קצר גל (כחול): השתקפויות מפני המים והחול הרך מגבירות נראות למרחק ומעצימות זוהר שמיים מעל הים. בעמודת המים, דגים בשלבי חיים צעירים מגיבים מאוד לאור ולעיתים נדרשת חשכה כמעט מלאה כדי שתהליכי בקיעה והתפתחות יתנהלו כראוי. גם הפלנקטון, ובעיקר הזואופלנקטון, מגיב לאור ומשנה את ההגירה האנכית הלילית שלו, מה שעלול להשפיע על זמינות המזון במעלה מארג המזון. כתוצאה, תאורה סמוכה לקו המים עשויה לשנות תנועת דריימים ודפוסי שיחור של דגים וחסרי-חוליות, ובאזור הכרית להשפיע גם על עופות חוף הניזונים שם. לכן תאורה כזו עלולה לשבש את הקישוריות בין "בתוך המצע-קרקעית-עמודת המים", במיוחד סביב שקיעה-זריחה.

2. שפכי נחלים

שפך הנחל הוא אזור המפגש בין הנחל לים והוא מושפע משניהם. על פי רוב, המים בשפך הנחל עמוקים למדי ואורכו יכול להגיע עד כמה קילומטרים. בשפך הנחל, מים מתוקים שמקורם בנחל ובנגר מתערבבים עם מים ים שנכנסים לאפיק הנחל עם הגאות והשפל. בשל ההפרשים בצפיפות בין שני סוגי המים, לרוב המים המלוחים שוקעים מתחת למים המתוקים ונוצר שיכוב, אך עובי השכבות ומידת הערבול ביניהן משתנה לעיתים תכופות, בהשפעת הגאות והשפל ושינויים בזרימת המים המגיעים מהמעלה. עקב כך בית גידול זה מאופיין בשינויים גדולים במליחות המים ברמה היומית והעונתית, והמינים השוהים בו לרוב מותאמים לעמוד בטווח רחב של מליחות ושינויים תכופים בה. שפכי הנחל בישראל סובלים רבות מאיכות מים ירודה בשל מזהמים שמגיעים מהמעלה ומתרכזים במי שפך הנחל, עקב שיקוע שמתרחש לאורך השהות הארוכה של

המים באזור זה. בשל ריכוזי המלח הגבוהים, מתפתחים לעיתים תנאי מלחה באזורים היבשתיים של שפכי נחל, בית גידול שמתואר מטה.

בשאר האזורים היבשתיים יש שילוב של צמחיית גדות נחלים ושל צמחיית חולות, בהתאם לתנאי הקרקע. בדומה למים עצמם, שפך הנחל מהווה נקודת מפגש לבעלי חיים ומתקיימים בו יחד מינים ימיים לצד מינים שמקורם במים היבשתיים. בשפכי הנחל ניתן למצוא בעלי חיים מכל הקבוצות המצויות במים, לרבות סרטנים, חרקים, חלזונות, דגים ועוד. שפכי נחל גם מהווים בית גידול מועדף לשיחור מזון, לקינון ולמנוחה למיני עופות רבים, בעיקר עופות מים. לדגים ימיים רבים שפך נחל מספק תנאים מיטביים להטלה ולהתפתחות של צעירים, בשל ההגנה מהגלים וריבוי מזון ומקורות המסתור שהוא מספק. הצומח בשפכי נחלים הוא שילוב של מיני צומח אופייניים לגדות נחלים ולחולות, בהתאם לתנאי הקרקע.

שפכי נחלים מושכים בלילה עופות מים, חרקים, דגים צעירים וחסרי חוליות ולכן אור מלאכותי עלול לשנות מסלולי תנועה, אזורי לינה ושיחור מזון, ולחזק טריפה בקרבת המים. ההשתקפות על פני המים "מגדילה" את האור ומרחיבה את שטח ההשפעה. גם תאורה חלשה סמוך לקו המים יכולה להפריע למנוחה ולקינון ולהקהות אזורים שצריכים להישאר חשוכים.

3. מלחות החוף

מלחה היא אזור שבו ריכוז המלח בקרקע גבוה מאוד לצד נוכחות של מים. מלחות מתפתחות לרוב בעקבות אידיוי של מים בעלי ריכוזי מלח גבוהים, למשל בשל הצפה תקופתית של מים מליחים, מפלס גבוה של מי תהום מליחים, קרבה למעיינות מליחים ועוד. בית גידול זה הוא מהנדירים בישראל, וניתן למצוא אותו בנקודות מעטות בקרבת הים התיכון בצפון הארץ, באזור ים המלח ובערבה. עקב ריכוז המלח הגבוה, המינים החיים במלחה, ובייחוד הצמחים, החיידקים והפטריות, הם בעלי התאמות ייחודיות להתמודד עם תנאי קיצון אלו. נוסף על הימצאותם של מינים ייחודיים במלחות, יש בהן גנוטיפיים ייחודיים, כלומר המלחות הן בעלות מגוון מינים ומגוון גנטי ייחודי.

מרבית המלחות הטבעיות בישראל נפגעו קשות מפעילות האדם, חלקן נעלמו כליל והיחידות שנותרו מאוימות על ידי לחצי פיתוח והשפעות אנושיות אחרות. באזור חופי הים התיכון נותרו מלחות ספורות, כולן במצב ירוד ויש בהן בעיקר שרידים של צומח מלחות ונעלם מהם מבנה החיגור הייחודי המאפיין את הצומח של בית גידול זה. כ-4% בלבד משטח מליחות החוף מוגן סטטוטורית. כיום יש איום ממשי להמשך קיום המלחות בישראל ויש חשש שמני המליחות והמגוון הגנטי הייחודי המצוי בבית גידול זה ייכחדו.

חלק מהמלחות בחוף נמצאות בקרבת מוצא של נחלים לים, במקומות שמי הים שוטפים ומציפים את הגדות במהלך הגאות והשפל. כאלה הן לדוגמה מלחת הנעמן ומלחת הקישון. מלחות אחרות התפתחו במקומות

נמוכים של קרקע חולית ושכבות חרסיות בקרבת הים או בקרבת מי נחל מלוחים, שבהם מים תת-קרקעיים מלוחים מייצרים את תנאי המליחות הגבוהים במקום. בחלק מהמקרים השקע שבו נמצאת המלחה הוא טבעי, כמו במלחת הבונים, ואילו במקומות אחרים הוא נוצר בעקבות פעילות האדם, כמו במלחת עתלית. עופות מים, רגישים להפרעות תאורה שכן הם משתמשים באזורים אלו לשיחור מזון ומנוחה.

הצומח: כאמור, הצומח במלחה חשוף לריכוזי מלח גבוהים מאוד ולכן בעל התאמות ייחודיות לכך. באופן טבעי, הצומח במלחות מסודר בחגורות מעגליות סביב מקור המלח, בהתאם לרמת המליחות שיורדת והולכת. יש מיני מלחות שיכולים להתקיים בתוך מלחות בלבד, כגון פרקן עשבוני ושרשר שיחני, ואילו מינים אחרים יכולים להתקיים בבתי גידול נוספים ואינם מוגבלים למלחות, כגון בן-טיון בשרני ומינים שונים של אשל.

החי: מעט מאוד ידוע על החי במלחות, אך מגוון המינים הנמצאים במלחות דל ביחס לבתי גידול לחים בשל התנאים הא-ביוטיים הקיצוניים. חלק מהמינים החיים במלחות החוף הם מינים שמקורם מהים, בעיקר תולעים רב-זיפיות וסרטנים, וחלקם מינים האופייניים לשפכי נחלים בעלי התאמות לריכוזי מלח גבוהים, בעיקר סרטנים, רכיכות וחרקים. לצד אלה המלחות משמשות אתר קינון ושיחור מזון לחולייתנים, בעיקר עופות ובהם הפלמינגו ומיני שחפיות. כמו כן במלחת עתלית ישנם פרטים של הדג נאוויית המלחות, מין שהיה אנדמי למלחות המדבר והועבר למלחת עתלית.

מלחות הן בתי גידול נדירים, פתוחים ולחים, ולכן האור המלאכותי בולט בהן ומוחזר מהמים והקרקע המלוחה. עופות מים משתמשים במלחות למנוחה ושיחור מזון בלילה ותאורה יכולה להפריע להתכנסות, להגביר חשיפה לטריפה ולשנות דפוסי תנועה. גם חסרי-חוליות ודגים הקשורים למלחות מגיבים לאור, מה שעלול לשנות זמינות מזון ומערכות יחסים אקולוגיות עדינות. בשל מצב השימור הירוד, כל הארה סביבתית נוטה לקבל משקל עודף בהשפעה המצטברת.

4. מצוקי החוף

לאורך כמה מחופי ישראל מתרומם מצוק כורכר, עד גובה של כ-50 מ'. רכס זה הוא הראשון בסדרה של רכסי הכורכר היבשתיים שפרוסים במקביל לחוף לאורך כמה עשרות ק"מ מתוך 190 ק"מ של חופים בישראל, בעיקר בין חדרה בצפון לאשקלון בדרום. רכסים אלה אינם רציפים, אלא מקוטעים על ידי נחלי החוף. מצוקי החוף בנויים משכבות של כורכר, דיונות חול שהתאבנו, של חול ושל חמרה, כולם בדרגות שונות של ייצוב והתלכדות. חשוב לציין כי הכורכר ומצוקי הכורכר הם תופעה נדירה בקנה מידה עולמי, והיא מוגבלת לחופים מזרחיים של הים התיכון.

החלק התחתון של המצוק נקרא בוהן המצוק והוא חשוף מאוד לרסס ים ולבליה מהרוח ואף על ידי גלי הים במצוקים הקרובים מאוד לקו המים. מרבית המצוק הוא המדרון, החלק המצוקי שמתרומם בתלילות ולרוב

חשוף אף הוא לרסס. גג המצוק השטוח חשוף לרוחות חזקות מאוד, ולרוב מכוסה בחול שמעורב בכתמים של כורכר חשוף. מעבר לנקודת הגובה נמצא עורף המצוק, שהוא בעל שיפוע מתון לכיוון מזרח. בדומה לחוף הים החולי, מים מתחלחלים מהר מאוד ברכסי הכורכר וחשופים לקרינה חזקה ולרסס ים, כך ששוררים במקום תנאים מדבריים במרחב של אקלים ים תיכוני.

רכסי הכורכר הוא אחד מבתי הגידול הנדירים והמאוימים בישראל. כיום כ-5% מהשטח של רכסי הכורכר והקרקעות הקלות בשרון ובמישור החוף מוגנים סטטוטורית, ופחות מאחוז אחד בלבד נותר במצבו הטבעי. לצד הפרעות כגון פיתוח מוגבר ונוכחות של מינים פולשים, מרבית מצוקי הכורכר בישראל סובלים מנסיגה מואצת ומהתמוטטויות שנגרמות משילוב של תהליכים טבעיים כמו בליית בוחן מצוק על ידי הגלים, ותהליכים אנתרופוגניים כגון חתירת ערוצונים בחזית המצוק. אלה נוצרו בעקבות שינויים בכיוון הנגר בגג המצוק בשל פעילות האדם, שינויים בזרמי הים בשל בניית מבנים ימיים וירידה בהסעה של חול לחופים בעקבות בניית סכר אסואן.

הצומח: יש דמיון רב בתנאים הא-ביוטיים בין החוף החולי לרכסי הכורכר, ורבים מהמינים הגדולים בבתי גידול אלו משותפים. באזור החולי למרגלות המצוק ובבוהן המצוק ניתן למצוא מיני צומח המותאמים לחול, כמו חבצלת החוף, ידיד-החולות המצוי, לוטוס מכסיף וגלעינון החוף. במדרון עצמו הרכב הצומח מושפע מהמרחק מהים וממאפייני המסלע כמו מידת התלכדותו. בשל תלילותו, לרוב המדרון די מוגן מהפרעות אנושיות, ולכן משמש מפלט למיני החולות והחוף כגון מד-חול דוקרני, לפופית החוף, לוטוס מכסיף, אספסת ימית ועוד. גג המצוק מוגן למדי מרסס אך חשוף לרוחות חזקות, ולכן גדלים בו בעיקר מיני בני-שיח שרועים כמו קורנית מקורקפת, שמשון סגלגל ומתנן שעיר. עורף המצוק כבר מוגן למדי מרוחות ומרסס, ולכן גדל בו מגוון די גדול של מינים האופייניים לבתי גידול של קרקעות קלות במישור החוף.

החי: מצוק הכורכר מאוכלס במגוון רחב של בעלי חיים, חלקם מותאמים לחיים בחולות לצד מינים אופייניים למישור החוף הנמצאים בחלקים המלוכדים יותר של המצוק. בשל רכות הסלע וכתמי החול במצוק החופי, נפוץ למצוא בו מחילות חפורות של בעלי חיים כגון גרביל חוף ושועלים. כמו כן על קירות המצוק יש מושבות קינון של שרקרק מצוי, מקנן קיץ שחופר חורים במצוק ובונה בהם את הקינים.

המצוקים בולטים ונראים למרחוק, ופני סלע בהירים עלולים להחזיר אור ולהבליט זוהר שמיים בגובה. הארה לילית על פני המצוק או בראשו עלולה לשבש התנהגות של מינים נוקטרגניים במחילות (למשל גרבילי חוף ושועלים) ולהפריע למושבות קינון בקירות (כגון שרקרק). בשל קווי הראייה הפתוחים, גם מקורות אור מרוחקים נראים היטב ומגדילים חשיפה. רגישות עשויה להתגבר בעונות קינון ופעילות לילה אינטנסיבית.

5. טבלאות גידול, שוניות רדודות ולגונות רדודות (חוף סלעי)

לצד חוף הים החולי, לאורך כ-10% מחופי ישראל, ישנם בתי גידול סלעיים, בעיקר בצפון הארץ ובמרכזה. רוב בתי הגידול הסלעיים בארץ נוצרו כאשר מצוק כורכר על קו המים עבר בליה עד שהפך לטבלת גידול, כלומר משטח סלע אופקי בגובה פני המים, באזור הכרית. במהלך השפל, משטח טבלת הגידול נחשף לאוויר ועליו בריכות ושקעים הנותרים במים. אף שהן חשופות לתנאים א-ביוטיים קשים בשל השינויים הקיצוניים האופייניים לאזור הכרית, כגון חשיפה לאוויר במהלך השפל, משרעת טמפרטורות גבוהה, שינויים בריכוזי מליחות ופגיעה פיזית על ידי הגלים, טבלאות הגידול הן בעלות מורכבות מבנית גבוהה ומספקות בית גידול יציב, עשיר במקומות מסתור ומוגן מזרמי הים ומתנועת הגלים. נוסף על כך בין טבלאות הגידול ובין החוף נוצרות לגונות רדודות המוגנות מהשפעת הגלים. בשל כך בבית גידול זה נמצא מגוון רחב מאוד של בעלי חיים ישיבים וניידים, כגון אצות, שושנות ים, רכיכות, בלוטי ים, סרטנים, רכיכות, דיונונים ותמנונים, דגים ועוד. כמו כן, בשל ההגנה הפיזית וריבוי מקומות המסתור, טבלאות הגידול הם אזור רבייה מועדף על מינים רבים.

אחד המינים המתיישבים על טבלאות הגידול הוא צינוריר הבונה, חילזון ימי ישיב מושבתי המייצר מושבות צפופות בשולי טבלת הגידול שפונים לים. הצטברות של הקונכיות הגירניות של המושבה לאורך הדורות מייצרת מעין שפה מוגבהת לאורך הקצה החיוני של טבלת הגידול, וכך נותרים מים על מרבית המשטח של טבלת הגידול גם כאשר הוא נחשף בזמני השפל. המעטה הגירני הקשה גם מונע את המשך הבליה של טבלת הגידול ואת קריסתה. גובה טבלת הגידול נשמר באזור הכרית הודות לפעילות של מין נוסף של צינוריר שמייצר גם הוא מעטה גירני, הפעם על פני משטח טבלת הגידול. בנייה זו מגינה על שחיקה של המשטח על ידי הגלים והרוח ומאזנת את השחיקה שבכל זאת מתרחשת.

בשנים האחרונות נרשמה ירידה באוכלוסיות של שני המינים הבונים את השוניות על טבלאות הגידול. יש חשש כי ללא המשך בניית השוניות יישחקו וייפגעו טבלאות הגידול ובראשן השפה המוגבהת, שקריטית למניעת התייבשות של משטח ההטבלה במהלך השפל ומונעת את ההתמוטטות של הטבלאות בעקבות פעילות הגלים. נוסף על אובדן של בית גידול עשיר במיוחד במינים, הן מספקות הגנה פיזית לרכסי הכורכר היבשתיים. כמו כן, בית גידול זה נדיר ביותר בקנה מידה עולמי, ונמצא לאורך החופים המזרחיים של הים התיכון בלבד, היכן ששוכנים רכסי כורכר.

בתי גידול סלעיים נוספים באזור הכרית ומתחתיו, אף הם עשירים מאוד בשל המורכבות המבנית שלהם ואפשרות האכלוס על ידי בעלי חיים ישיבים, כוללים את הקירות האנכיים של טבלאות הגידול, רכסי כורכר תת-ימיים והחלקים תת-קרקעיים של רכס ראש הכרמל ורכס ראש הנקרה שנמשכים לתוך הים.

החוף הסלעי רגיש במיוחד לאור לילה: משטחי הסלע הרטובים והלגונות הרדודות מחזירים אור ומגדילים את שטח ההשפעה. אזור הכרית מארח פעילות לילית ורבייה של מינים רבים (ישיבים וניידים), ותאורה עלולה למשוך או להרחיק יצורים, לשנות דפוסי תנועה ושיחור ולהגביר חשיפה לטריפה. בתקופות רבייה וגדילה בלגונות, גם אור חלש סמוך למים עלול לשבש תהליכים עדינים ולהצטבר להשפעה משמעותית לאורך המקטע.

2. נספח 2 – חקיקה, תקינה והנחיות

נספח זה מרכז את המסגרת הנורמטיבית הרלוונטית לנושא מניעת זיהום אור, לרבות חקיקה, תקנים ומסמכי הנחיה. אף שטרם נקבעה בישראל חקיקה ייעודית לשמירה על חשכת הלילה, קיימים דברי חקיקה, תקינה והנחיות בנושאים משיקים, המהווים בסיס משפטי ומקצועי להתייחסות לסוגיה זו, כמפורט להלן.

חקיקה המקושרת למניעת זיהום אור:

- חוק הקרינה הבלתי מייננת, התשס"ו - 2006
- חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה - 1965
- תקנות תסקירי השפעה על הסביבה 2003 - מאפשרות לדרוש התייחסות להיבטי תאורה בתכנית.
- תקנות התכנון והבניה (תכן הבנייה), (בטיחות המשתמש), תש"פ 2019 - מחייבות תאורה שאינה מסנוורת ושאינה חודרת למבנים, תוך עמידה בתקנים כמו ת"י 12464 חלק 2 ו-1.
- תקנות התכנון והבניה (תכן הבנייה), (בנייה בת-קיימא), תש"פ 2020 - מחייבות עמידה בת"י 5281 אשר כולל סעיפים למזעור זיהום אור.
- פקודת הנזיקין, תשכ"ח - 1968
- חוק הדרכים (שילוט), תש"ם - 1980
- חוק שמירת הסביבה החופית, תשס"ד 2004 - אוסר על ביצוע פעולות שעלולות להוות פגיעה בסביבה החופית, מבלי שנקט את האמצעים שנקבעו באישור, ברישיון, בהיתר או בתכנית כדי לצמצם את הפגיעה בסביבה החופית, ובכלל זה פגיעה במערכות אקולוגיות המתקיימות בסביבה החופית וגרימת סיכון או נזק לאזורי מחיה של מיני צומח או בעלי חיים ולרבייתם.
- חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח 2004 - מטיל חובה למנוע פגיעה בערכי טבע מוגנים, כולל הפרעה למהלך התפתחותם הטבעית או לרבייתם, כאשר זיהום אור נחשב לפגיעה כזו.
- תקנות הנמלים (מעגנות), התשע"א - 2010

תקינה בנושא תכנון תאורה:

קיימים תקנים רבים מאוד העוסקים בחשמל ותאורה. להלן מספר תקנים הנוגעים ישירות לנושא זליגת אור ובטיחות האור לאדם ולחי.

- ת"י 12464 – תקן מחייב
- חלק 1 - תאורה למקומות עבודה: מקומות עבודה בתוך מבנים (2017)
- חלק 2 - תאורה למקומות עבודה: מקומות עבודה מחוץ למבנים (2017)
- ת"י 13201 - תאורת דרכים: דרישות ביצועים (2010) - תקן וולנטרי
- ת"י 1838 - יישומי תאורה - תאורת חירום (2009, פרסום 2021) – תקן וולנטרי
- ת"י 20 - בטיחות חשמלית של גופי תאורה.
- ת"י 62471 חלק 2 - בטיחות פוטו-ביולוגית של נורות ושל מערכת תאורה: הנחיות לדרישות ייצור הנוגעות לבטיחות קרינה אופטית שאינה קרינת לייזר (2013).
- ת"י 12193 - תאורת ספורט (Sports lighting).
- IEC 61892 - Mobile and fixed offshore units

מסמכי הנחיות:

להלן פירוט מסמכי הנחיה העוסקים, בין היתר, במניעת זיהום אור ונערכו עבור מרחבי תכנון או גופים ספציפיים. מסמכים אלה מחייבים בחלקם, בהתאם למקרה. הם עשויים לשמש לעיון ולהתרשמות עבור גופים המבקשים לאמץ הנחיות, אולם לא בכולם מובאים כלל ההיבטים הנדרשים למניעת זיהום אור באופן שבו הם מוצגים במדריך זה.

- קוד אקולוגי – תאורה ידידותית לסביבה, מדריך למתכנן, שמירה על חשכת הלילה בשטחים פתוחים, מניעת ומזעור זיהום אור בתכנון תשתיות, הגנ"ס, חלה"ט ורשות הטבע והגנים. יולי 2022.
- המפרט הטכני עבור גופי תאורה מבוססי לד לדרכים ושטחים פתוחים, משרד הבינוי והשיכון, יולי 2018.
- המפרט הכללי לעבודות בנייה, משרד הביטחון ("הספר הכחול"), פרק 8 – מתקני חשמל, תיקון 2022 – מסמך עריכת מכרזים עבור גופי הממשלה ואחרים.
- מסמך עמדת הממונה על הקרינה, הגנ"ס, 2022.
- מסמך עמדה בנושא קרינה קצרת-גל של המועצה הלאומית לבריאות העובד, משרד הבריאות, 2019.

- דרישות תכנוניות למזעור זיהום אור ופלישת אור במרחב העירוני, 2024, המשרד להגנת הסביבה.

מסמכים בין-לאומיים:

- **ISO/CIE TR 21783:2022** – Light and lighting — Integrative lighting — non-visual effects.
- **CIE 150:2017** – Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations (2nd ed.).
- **IEEE Std 1789-2015** – Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.
- **Croatia — Law on Protection against Light Pollution** (Narodne novine NN 14/19); implementing regulations: NN 128/20; NN 22/23.

3. נספח 3 – הגבלת עוצמות הארה וזליגת אור לפי התקן

נספח זה מבאר את הוראות ת"י 12464 חלק 2 ות"י 13201 בנושא עוצמות הארה, הארה פולשנית וזליגת אור. הנספח מרכז את ערכי הסף והפרמטרים הרלוונטיים ומבהיר את אופן יישומם בתכנון, בבקרה ובמדידה של מערכות תאורה. מובהר כי התקן המקורי, על תיקוניו ועדכוניו, הוא הקובע והמחייב.

1. ת"י 12464 חלק 2 – אור ותאורה: מקומות עבודה מחוץ למבנים

ת"י 12464 חלק 2, על תיקוניו, מגדיר דרישות תאורה למקומות עבודה חיצוניים לצורכי נוחות חזותית, בטיחות וביצוע מטלות. בישראל התקן מחייב מכוח תקנות התכנון והבנייה (בטיחות המשתמש), התשע"ט–2019, ולפיכך משמש בסיס לקביעת דרישות תאורה בשטחים ציבוריים.

התקן מנחה את מתכנן התאורה בקביעת כמות ואיכות האור הנדרשות לכל שימוש. לכל שימוש נקבעים ארבעה פרמטרים עיקריים: עוצמה ממוצעת מתוחזקת, אחידות מינימלית, בהיקות מרבית ואיכות צבע מינימלית, כמפורט בטבלה להלן.

מאפיין	סימון	פרמטר
עוצמת הארה	E_m	עוצמת ההארה המתוחזקת הממוצעת ⁹ בלוקס (LUX)
אחידות הארה	U_0	אחידות הארה מינימלית ¹⁰
בהיקות	R_{GL}	בהיקות מרבית (מידת הסנוור), לומיננס ¹¹
איכות צבע	R_a	מקדם מסירת צבע (CRI) ¹²

⁹ עוצמת הארה ממוצעת מתוחזקת היא עוצמת הארה ממוצעת המביאה בחשבון ירידה בביצועים לאורך חיי המערכת. הירידה יכולה לנבוע מבלאי החומר, מזיהום סביבתי, ממבנה גוף התאורה ועוד

¹⁰ היחס בין עוצמת ההארה המינימלית לעוצמת ההארה הממוצעת (במישור נתון)

¹¹ היחס בין עוצמת האור של מקור אור או של משטח מחזיר בכיוון מסוים, ובין המשטח האלמנטרי שממנו מוחזר או מוקרן האור

¹² מקדם מסירת הצבע הוא יחס (באחוזים) בין מקור האור למקור המפיק אור, שבאמצעותו נראה את צבע האובייקטים בצבע הנכון והאמיתי. הערך הגבוה ביותר של CRI שניתן להגיע אליו הוא CRI=100 (ספקטרום של אור יום)

2. ת"י 12464 חלק 2 - הגבלת הארה פולשנית וזליגת אור

בת"י 12464 חלק 2 (טבלה 2 בתקן) נקבעים גבולות להארה פולשנית ולזליגת אור באזורי סביבה E1–E4, בהתאם לסיווג המרחבי לפי רגישות לזיהום אור. ההגבלות חלות על עוצמת ההארה בחזיתות נכסים ובגבולות מגרש, וכן על בהיקות מרבית של שילוט (מקור האור ביחס לסביבתו). כל מקור תאורה הפועל בשעות הערב והלילה נדרש לעמוד במגבלות אלה. להלן טבלה 2 מתוך התקן, בטבלאות הבאות בפרק זה מופרדים הנושאים ומתורגמים לצורך ההסבר והתמצאות פשוטה.

Table 2 — Maximum obtrusive light permitted for exterior lighting installations

Environmental zone	Light on properties		Luminaire intensity		Upward light ratio	Luminance	
	E_v lx		I cd			R_{UL} %	L_b cd·m ⁻²
	Pre-curfew ^a	Post-curfew	Pre-curfew	Post-curfew		Building facade	Signs
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

להלן מוצגות עוצמות ההארה המרביות המותרות על חזית מבנה ובגבולות המגרש בשעות הערב והלילה, כפי שנקבעו בתקן (בתרגום לעברית). בהתאם לכך, בקרת התכנון והמדידה תבוצע במישורים האופקי והאנכי ולאורך כל גובה החזית. ערכים אלה מהווים רף עליון מחייב בתכנון פרויקט תאורה חדש או בשדרוג קיים, ויש לשאוף לצמצמם ככל האפשר. במרחב החופי יש למנוע זליגת אור אל נכסים סמוכים (נכס שכן), שהם במקרה זה הים והחוף הפתוח.

עוצמת בהיקות ממוצעת מרבית מותרת, Cd/m ²		עוצמת הארה מרבית מותרת על נכס שכן, LUX		סיווג אזורי רגישות לזיהום אור
תאורה שמקורה בשילוט מואר	על חזית מבנה	בלילה "אחרי שעות הפעילות"	בערב "בשעות הפעילות"	
50	0	0	2	E1
400	5	1	5	E2
800	10	2	10	E3
1 000	25	5	25	E4

כדי למקד את אלומת האור לאזור הנדרש, יש להשתמש בגופי תאורה המגבילים את פיזור האור כלפי מעלה ולצדדים. גופים אלה מוכרים בשם Full Cut Off. הטבלה להלן מציגה את ספי המגבלות להארה כלפי השמים

וכלפי נכסים סמוכים, בהתאם לסיווג אזורי הסביבה E1–E4 כפי שנקבע בת"י 12464 חלק 2 (בתרגום לעברית).

עוצמת האור המרבית בכיוון נכס שכן (מהגורם המסנוור), cd		אחוז ההארה המרבי כלפי הרקיע Upward light ratio R_{UL} %	סיווג אזורי רגישות לזיהום אור
בשעות הפעילות	אחרי שעות הפעילות		
0	2 500	0	E1
500	7 500	5	E2
1 000	10 000	15	E3
2 500	25 000	25	E4

בכבישים ובשטחים פתוחים יותרו אך ורק גופי תאורה מסוג Full Cut Off, בדירוג סנור G6, או גופים ללא פליטה מעל קו האופק. דרישת אפס עוצמת הארה מעל האופק תחול על כלל המתקן, ולא על כל גוף בנפרד. עמידה בדרישה תאומת באמצעות חישוב פוטומטרי הבוחן את עוצמות ההארה על משטח אופקי בגובה הנקודה הגבוהה ביותר של המתקן.

אופן ההתקנה וכיוון גוף התאורה הם קריטיים: יש להתקין בהתאם לזווית התכנון ולכוון כך שלא תתקבל פליטה מעל האופק, כלומר במקביל לקרקע ובזווית $\leq 90^\circ$ ביחס לעמוד, במצב $Tilt\ 0^\circ$. סטייה מותרת לצורכי יישום היא עד $\pm 5^\circ$. בגופי תאורה מתכווננים יש לשלב אמצעי קיבוע למניעת שינוי בכיוון ובפיזור האור לאחר פעולות תחזוקה.

בטבלה הבאה מוצג המרחק שבו מוגבלת זליגת אור אל מחוץ למגרש, לפי אזורי רגישות לזיהום אור כפי שנקבעו בת"י 12464 חלק 2 (בתרגום לעברית).

סיווג האזור	מרחק מגבול המגרש	הנחיה לזליגת אור (במישור האופקי והאנכי)
E1	0	לא תותר כל זליגת אור מעבר לתחום המגרש
E2	3	לא תותר זליגת אור מעבר ל-3 מ' מתחום המגרש
E4 / E3	5	לא תותר זליגת אור מעבר ל-5 מ' מתחום המגרש

3. ת"י 12464 חלק 2- עוצמות אור

בתקן מוגדר "ערך ממוצע מתוחזק" לעוצמת ההארה ($\bar{E}_m$, בלוקס). דרגות ההארה התקניות נקבעות על פי המדרגות הבאות: 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,000 לוקס. התאמות בדרגה (העלאה או הפחתה) מותרות בכפוף להצדקות המפורטות בת"י 12464 חלק 2, כגון תנאי ראייה, אופי ומשך הפעילות וכדומה. בדרך כלל ניתן לכוון את הדרגה לפי שיקול דעת המתכנן ובהתאם לדרישות המטלה הוויזואלית.

בחוף ובסביבתו האקולוגית הרגישה, תכנון ההארה ייעשה למינימום ההכרחי בלבד. בנספח 6 מובאות דוגמאות לערכי $\bar{E}_m$ מרביים מתוחזקים לשימושים שונים לאורך החוף. ערכים אלה נגזרו ממסמכי מדיניות שונים, ועל כולם חל עיקרון של הגבלת ההארה לרף המינימלי הנדרש.

4. ת"י 13201 – תאורה דרכים

ת"י 13201, על חלקיו ועדכוניו, מגדיר את פרמטרי התכנון לתאורת דרכים בהתאם לסיווג משתמשי הדרך ולעומס התנועה. עמידה בערכי הארה ובהיקות כנדרש מפחיתה סנור והחזרים לסביבה. נוסף על הגבלת הארה פולשנית בגבולות מגרש ובחזיתות, התקן קובע סף סנור מרבי מותר (TI – Threshold Increment) ממקורות אור, לרבות שילוט מואר הפונה לדרך. תכנון לפי התקן מבטיח תאורה מספקת ומונע הארת יתר.

להלן טבלת ספי הסנור (TI) לפי סיווג ת"י 13201:

סיווג רמת הדרך לפי ת"י 13201	סף סנור (TI-Threshold Increment) בקנדלה למ"ר
ME2 / ME1	15% בהתאם לרמת לבהיקות 5
ME3 / ME 4	15% בהתאם לרמת לבהיקות 2
ME 5	15% בהתאם לרמת לבהיקות 1
דרך ללא תאורה	15% בהתאם לרמת לבהיקות 0.1

להלן טבלה המסכמת את הבדיקות הנדרשות לצורך עמידה בדרישות התקן בנושא עוצמות הארה וזליגת אור אל מחוץ לתחום המגרש, לנכס שכן או לרקיע:

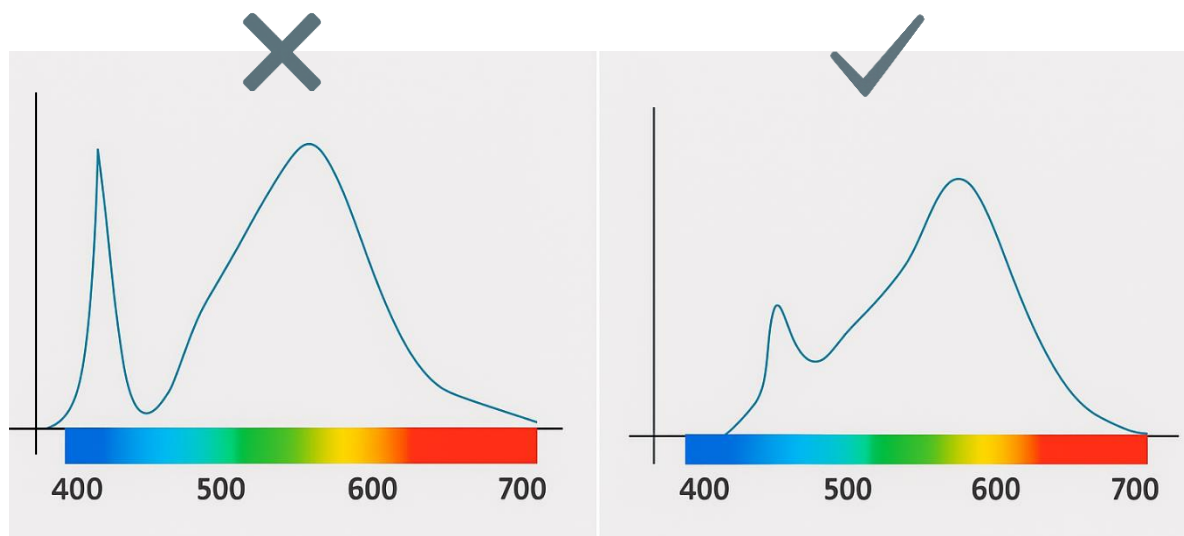
מטרה	איפה מודדים	מה בודקים	קריטריון וערכי סף
עמידה בדרישות התקן בתחומי האתר	בתוך המגרש עד קו הגבול במישור אופקי.	עוצמת הארה ממוצעת מתוחזקת, אחידות מינימלית, בהיקות/ TI לפי סוג השימוש/הדרך	בהתאם לת"י 12464/13201
בדיקת זליגה מחוץ לתחום האתר (אופקי)	מגבול המגרש והחוצה במישור אופקי. במרחק בקרה 0/3/5 מ' - לפי הרגישות E1/E2/E3-E4	עוצמת הארה אופקית	0 לוקס בקו הבקרה; לבדיקת דעיכה ניתן להיעזר ב-0.27 לוקס
צמצום זליגה לנכסים שכנים (אנכי)	על גבי נכס שכן (או שטחי ערכי טבע מוגנים)	עוצמת הארה אנכית ו/או בהיקות שילוט מואר על החזית	לפי הרמה שהוגדר לסף שכנים בתקן (ערב/לילה)
מניעת פליטה לשמיים (Upward spill)	בגובה הנקודה הגבוהה של המתקן	עוצמת הארה אופקית במישור העליון	0 לוקס

4. נספח 4 – גוון האור והספקטרום

נספח זה מרחיב ומפרט את ההיבטים הספקטראליים של מקורות תאורה, לרבות גוון האור, התפלגות העוצמה בין אורכי הגל ועקרונות מנחים לבחירת מקורות אור מתאימים. עם המעבר לשימוש בתאורת LED העשירה בקרינה קצרת גל בתחום הכחול, גברו העדויות להשפעות בריאותיות ואקולוגיות שליליות. לפיכך, יש לבחון לא רק את צבע האור הנתפס, אלא גם את התפלגות העוצמה הספקטרלית (במדריך התייחסנו לכך במושג "ספקטרום מאוזן"). איכות מקור אור נבחנת לפי צורת הספקטרום, מיקום השיא הספקטראלי (פיק), רוחב הפס והתפלגות העוצמה בין אורכי הגל. יש להעדיף גופי תאורה בעלי ספקטרום מאוזן, שבו הפיק הכחול מתון ואינו דומיננטי, כך שהערך היחסי המרבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום לא יעלה על 50% מהערך היחסי המרבי בשאר תחומי האור הנראה. לפיכך, **מומלץ להגביל את תכולת הקרינה בתחום הכחול, בטווח 420–500 ננומטר, ולבחור מקורות אור בעלי פיק כחול מתון ורוחב פס שאינו מרוכז בתחום זה.**

לתאורת חוץ: בתחום 420–500 ננומטר תותר עד 50% מהעוצמה המרבית (פיק) הנפלטת הכוללת, כך שהערך היחסי המרבי של הקרינה בתחום הכחול לא יעלה על 50% מהערך היחסי המרבי בשאר תחומי האור הנראה, וכך שסך הספק התאורה בתחום 380–500 ננומטר לא יעלה על 25% מסך הספק התאורה בתחום האור הנראה.

לתאורת פנים: כאשר קיימת הצדקה לשימוש בגוון 4,000 קלווין, הערך היחסי המרבי של הקרינה בתחום הכחול לא יעלה על 70%. מקדם מסירת הצבע (CRI) יהיה 90 לפחות, עם רכיב R9 (הרכיב האדום) של 50% לפחות.

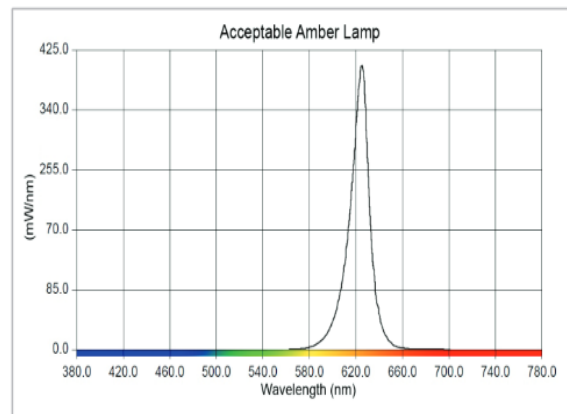
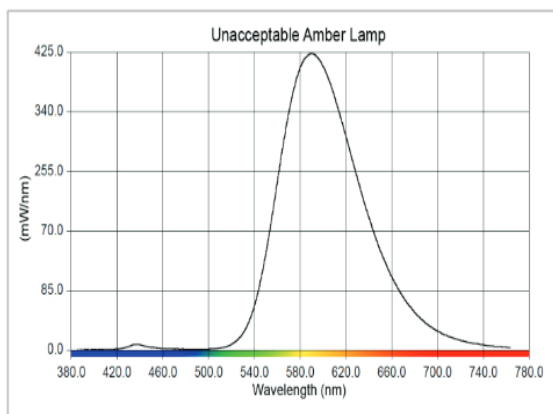


איור מס. 1: תרשים המדגים התפלגות של הספק ספקטראלי (ציר ה Y) ליחידת אורך גל, בננומטר (ציר ה X). הגרפים מייצגים מקור אור ובו "פיק" בתחום האור הכחול (לא רצוי) לעומת מקור אור מופחת אור כחול (רצוי).

איור 1 ממחיש את עקרון התפלגות העוצמה הספקטרלית. בגרף הימני מוצג ספקטרום תקין של מקור אור, שבו עיקר הפליטה מצוי בטווח שמעל 500 ננומטר. בגרף השמאלי מוצג ספקטרום שאינו תקין, הכולל רכיבים משמעותיים ו"פיק" (שיא) בתחום 420–500 ננומטר.

בבית גידול של צבי ים בחופים שבהם צבות ים מטילות את ביציהן, במקרה וקיים הכרח מוצדק בהארה, יש להתקין רק גופי תאורה מסוג אמבר (Amber). תאורה זו צריכה להיות צר־פס, כלומר בעלת משרעת ספקטרלית מצומצמת, בניגוד לתאורת LED סטנדרטית בטמפרטורת צבע של 2,200K, שלרוב מאופיינת בהתפלגות ספקטרלית רחבה יותר.

איור 13² מציג בגרף הימני ספקטרום תקין של מקור אור ארוך־גל (Amber), שבו עיקר הפליטה מצוי בתחום שמעל 560 ננומטר. לעומתו, הגרף השמאלי מציג ספקטרום שאינו תקין, הכולל רכיבי קרינה בתחום הכחול-ירקרק, שאינם רצויים בשל השפעות סביבתיות ואקולוגיות.



איור מס. 2: תרשים המדגים התפלגות ספקטרלית של מקור אור ארוך־גל מסוג אמבר (Amber). מימין דוגמה רצויה בה עיקר הפליטה מצוי בתחום שמעל 560 ננומטר וברוחב צר.

¹³ מקור: <https://www.agcled.com>

5. נספח 5 – מקדם מסירת צבע, בהיקות, ריצוד, סיכון פוטוביולוגי

נספח זה מבהיר את הפרמטרים האיכותיים והבטיחותיים של מקורות תאורה, המשפיעים על איכות הראייה, נוחות המשתמש והשלכות בריאותיות וסביבתיות.

1. מקדם מסירת צבע, CRI

מקדם מסירת צבע (CRI או Ra) הוא מדד בטווח 0–100, המשקף את נאמנות הופעת הצבעים תחת מקור אור ביחס למקור ייחוס באותה טמפרטורת צבע (אור יום תקני או גוף שחור). ערך 100 מציין נאמנות צבע הקרובה ביותר למקור הייחוס. נורות ליבון והלוגן מתקרבות לערך זה, וכך גם אור יום. ככל שהערך גבוה יותר, כך נאמנות הצבע טובה יותר.

- תאורת חוץ במפלס החוף: מינימום $CRI \geq 80$. מומלץ $CRI \geq 90$.
- תאורת פנים: מינימום $CRI \geq 80$. מומלץ $CRI \geq 85$, כאשר הרכיב האדום (R9) יהווה 50% לפחות.

2. בהיקות

מקור אור בעל בהיקות גבוהה עלול לגרום לסנוור ולהוות מטרד סביבתי, וכן להשלכות בריאותיות. בהיקות היא גודל פוטומטרי (cd/m^2) המתאר את כמות האור הנפלטת או המוחזרת ליחידת שטח בכיוון נתון, ומשמש גם לאפיון השתקפויות ממשטחים. סנוור נוצר כאשר בהיקות גבוהה וניגודיות חדה פוגעות בנוחות הראייה או ביכולת הראייה.

בהיקות קשורה גם לחשיפה לאור קצר-גל, ובפרט לרכיב הכחול, העלולה להגביר השפעות פוטוכימיות ברשתית. לפיכך, יש להעדיף תכנון המצמצם בהיקות בשדה הראייה ומפחית פליטה בתחום האור הכחול.

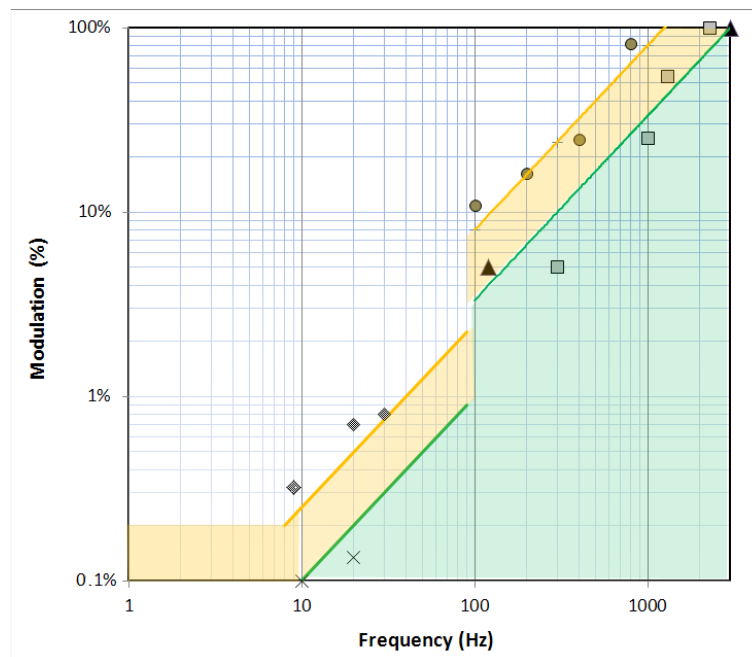
- **דגשים לתאורת פנים וחוץ:** בגופי תאורה מבוססי LED, שטף האור של כל נורית בודדת המותקנת בגוף התאורה לא יעלה על 300 לומן.

3. ריצוד (Flicker/רטט אורי)

ריצוד (פליקר, רטט או הבהוב אור) מתארים שינוי מחזורי בעוצמת האור, תנודה מהירה או בלתי יציבה בעוצמת האור, גלויה או סמויה לעין, העלולה לגרום אי-נוחות חזותית, מטרד סביבתי ואף להשפיע על המערכת הנוירולוגית. חשיפה להבהוב עלולה לגרום לכאבי ראש, מיגרנות, עייפות עיניים ורגישות נוירולוגית. באוכלוסיות רגישות, כגון ילדים ובני נוער, אנשים עם רגישות לאור, על הרצף האוטיסטי או בעלי נטייה

למיגרנות או לאפילפסיה. בנוסף, לריצוד עשויות להיות השלכות אקולוגיות, לרבות השפעה על התנהגות ותפקוד של בעלי חיים הרגישים לשינויים מחזוריים באור.

לפיכך, יש לתכנן ולבחור גופי תאורה בהתאם למסמך ההמלצות הבין-לאומי IEEE 1789:2015 המגדיר גבולות בטיחות לריצוד לפי תדירות (Hz) ועומק המודולציה, כלומר שיעור השינוי המחזורי בעוצמת האור. בתרשים הבא מוצג התחום הירוק, המייצג את רמות ריצוד המומלצות שאין לחרוג מהן.



איור מס. 3: התחום הירוק מציין גבול בטיחות לריצוד; הכתום מציין סיכון נמוך.

4. צמצום סיכונים פוטוביולוגיים

ת"י 62471 – בטיחות פוטוביולוגית של נורות ומערכות תאורה, עוסק בבטיחות קרינה אופטית שאינה לייזר ומגדיר גבולות חשיפה מזיקים לעיניים ולעור, שיטות מדידה ושיטת סיווג לקבוצות סיכון של מקורות אור חשמליים, לרבות נורות LED. לצמצום סיכונים, יש להעדיף גופי תאורה המסווגים בקבוצת הסיכון הנמוכה ביותר האפשרית (RG0).

- **דגשים לתאורת פנים וחוץ:** במרחב הציבורי יש להתקין גופי תאורה שאינם חורגים מקבוצת סיכון $RG = 0$ לבטיחות פוטוביולוגית, בהתאם לת"י 62471.

6. נספח 6 – עוצמות הארה בהתאם לשימושים

נספח זה מרכז את ערכי עוצמות ההארה לשימושים השונים במרחב הבנוי והפתוח אשר עלולים להיות סמוכים לחוף ולים. הערכים המוצגים בטור "ערך ממוצע לתכנון" מבוססים על הערך המינימלי בהתאם לשימושים המוגדר בת"י 12464 בתוספת 20%. אלו משמשים רף תכנוני, תוך שאיפה לצמצום הארת יתר, ככל האפשר.

General requirements for areas and for cleaning at outdoor workplaces

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.1.1	Walkways exclusively for pedestrians	3	0,25	50	
5.1.2	Traffic areas for slowly moving vehicles (max. 10 km/h), e.g. bicycles, trucks and excavators	5	0,40	50	
5.1.3	Regular vehicle traffic (max. 40 km/h)	10	0,40	45	At shipyards and in docks, R_{GL} may be 50
5.1.4	Pedestrian passages, vehicle turning, loading and unloading points	30	0,40	50	
5.1.5	Cleaning and servicing	30	0,25	50	All relevant surfaces

Canals, locks and harbours

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.4.1	Waiting quays at canals and locks	5	0,25	50	
5.4.2	Gangways and passages exclusively for pedestrians	5	0,25	50	
5.4.3	Lock control and ballasting areas	15	0,25	55	
5.4.4	Cargo handling, loading and unloading	20	0,25	55	For reading labels: — $E_m = 50 \text{ lx}$
5.4.5	Passenger areas in passenger harbours	30	0,40	50	
5.4.6	Coupling of hoses, pipes and ropes	30	0,40	50	
5.4.7	Dangerous part of walkways and driveways	30	0,40	45	

Off-shore gas and oil structures

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.8.1	Sea surface below the rig	20	0,25	50	

5.8.2	General outdoor areas	30			IEC 61892-2: Minimum illuminance 20 lux. Maximum illuminance 100 lux
5.8.3	Ladders, stairs, walkways	75	0,25	45	On treads
5.8.4	Boat landing areas / transport areas	75	0,25	50	
5.8.5	Helideck	75	0,40	45	Direct light in the direction of the control tower and landing aircraft shall be avoided. Direct light emitted above horizontal from floodlights should be restricted to the minimum.
5.8.6	Derrick	75	0,50	45	
5.8.7	Treatment areas	75	0,50	45	
5.8.8	Pipe rack area / deck	100	0,50	45	
5.8.9	Test station, shale shaker, wellhead	150	0,50	45	
5.8.10	Pumping areas	150	0,50	45	
5.8.11	Life boat areas	150	0,40	50	
5.8.12	Drill floor and monkey board	200	0,50	40	Special attention to string entry is needed
5.8.13	Mud room, sampling	200	0,50	40	
5.8.14	Crude oil pumps	200	0,50	45	
5.8.15	Plant areas	200	0,50	40	
5.8.16	Rotary table	300	0,50	40	

Parking areas

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.9.1	Light traffic, e.g. parking areas of shops, terraced and apartment houses; cycle parks	3	0.25	55	
5.9.2	Medium traffic, e.g. parking areas of department stores, office buildings, plants, sports and multipurpose building complexes	5	0,25	50	
5.9.3	Heavy traffic, e.g. parking areas of major shopping centres, major sports and multipurpose building complexes	15	0,25	50	

Power, electricity, gas and heat-plants

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.11.1	Pedestrian movements within electrically safe areas	3	0,25	50	
5.11.2	Handling of servicing tools, coal	15	0,25	55	
5.11.3	Overall inspection	30	0,40	50	
5.11.4	General servicing work and reading of instruments	75	0,40	45	

5.11.5	Repair of electric devices	150	0,50	45	Use local lighting
--------	----------------------------	-----	------	----	--------------------

Railways and tramways

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	U ₀	RGL	Specific requirements
General	Railway areas include light railways, tramways, monorails, miniature rails, metro, etc.				
5.12.1	Open platforms, very small number of passengers, e.g. train stops	3	0,20	55	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/10$
5.12.2	Tracks in passenger station areas, including stabling	5	0,25	50	$U_d \geq 1/8$
5.12.3	Railway yards: flat marshalling, retarder and classification yards	5	0,40	50	$U_d \geq 1/5$
5.12.4	Hump areas	5	0,40	45	$U_d \geq 1/5$
5.12.5	Freight track, short duration operations	5	0,25	50	$U_d \geq 1/8$
5.12.6	Open platforms, small number of passengers, e.g. rural and local trains,	5	0,25	50	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/8$
5.12.7	Walkways in railway areas, open footbridges	5	0,25	50	
5.12.8	Level crossings	15	0,40	45	

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.12.9	Open platforms, medium number of passengers, e.g. suburban or regional trains or inter-city services	15	0,30	45	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/6$
5.12.10	Freight track, continuous operation	15	0,40	50	$U_d \geq 1/5$
5.12.11	Open platforms in freight areas	15	0,40	50	$U_d \geq 1/5$
5.12.12	Servicing trains and locomotives	15	0,40	50	$U_d \geq 1/5$
5.12.13	Railway yards handling areas	20	0,40	50	$U_d \geq 1/5$
5.12.14	Coupling area	20	0,40	45	$U_d \geq 1/5$
5.12.15	Stairs, small number of passengers	30	0,40	45	
5.12.16	Open platforms, large number of passengers, e.g. inter-city services	30	0,40	45	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/5$
5.12.17	Covered platforms, small number of passengers, e.g. suburban or regional trains or inter-city services	30	0,40	45	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/5$
5.12.18	Covered platforms in freight areas, short duration operations	30	0,40	45	$U_d \geq 1/5$
5.12.19	Covered platforms, large number of passengers, e.g. inter-city services	75	0,50	45	1. Special attention to the edge of the platform 2. $U_d \geq 1/3$
5.12.20	Stairs, large number of passengers	75	0,50	45	

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	U ₀	RGL	Specific requirements
5.12.21	Covered platforms in freight areas, continuous operation	75	0,50	45	$U_d \geq 1/5$
5.12.22	Inspection pit	75	0,50	40	Use low-glare local lighting

Shipyards

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	U ₀	RGL	Specific requirements
5.14.1	General lighting of shipyard area, storage areas for prefabricated goods.	15	0,25	55	
5.14.2	Short-term handling of large units	15	0,25	55	
5.14.3	Scraping, cleaning and painting of ship hull	30	0,25	50	
5.14.4	Painting and welding	75	0,40	45	
5.14.5	Mounting of electrical and mechanical components	150	0,50	45	

Water and sewage plants

Ref. no.	Type of area, task or activity	ערך ממוצע לתכנון LUX	Uo	RGL	Specific requirements
5.15.1	Handling of service tools, utilization of manually operated valves, starting and stopping of motors, piping packing and raking plants	30	0,40	45	
5.15.2	Handling of chemicals, inspection of leakage, changing of pumps, general servicing work, reading of instruments	75	0,40	45	
5.15.3	Repair of motors and electric devices	150	0,50	45	

5. קביעת פרמטרים לעוצמת ההארה במגרשי ספורט פתוחים

התאורה תתוכנן בהתאם להנחיות גורמים רלוונטיים (FIFA, UEFA, FIBA, התאגדות הכדורגל וכו') ובהעדר כאלה, תתוכנן בהתאם לתקן EN 12193 ובהתבסס על רמת הפעילות הצפויה.

תקן EN 12193 מסווג לרמות בהתאם לאופי המגרש (ארצי, מקומי, אימון וכו') כמוצג בטבלה מטה:

רמת הארה			רמת התחרויות במגרש
III	II	I	
		+	לאומי ובין-לאומי
	+	+	מחוזי
+	+	+	מקומי

+	+		אימונים
+			לפנאי ואימוני חוגים ובתי ספר

רמת הארה אופקית		עוצמת ההארה במגרשי בדורגל ובדורסל עלפי תקן EN12193, מתוכננת על פי רמת התחרות הנדרשת הצפויה בהם:רמת התחרויות במגרש
אחידות הארה E_{min} / E_m	עוצמת ההארה הממוצעת E_{min}	
0.7	500	I
0.6	200	II
0.5	75	III

אין להאיר בעוצמה גבוהה מעבר למוגדר בהנחיות EN 12193.

6. תאורת שטחים ציבוריים פתוחים, מעברי הולכי רגל ושבילי אופניים

תאורת שטחים ציבוריים פתוחים (שצ"פים), טיילות, שבילי הולכי רגל ושבילי אופניים תתוכנן בהתאם להנחיות משרד הבינוי והשיכון ובהתבסס על ת"י 13201, כמפורט להלן:

הערות	אחידות הארה אופקית E_{min}/E_{av}	עוצמת הארה לתכנון		סוג הדרך
		אנכית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$	אופקית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$	
	0.5	1.5	4	שביל להולכי רגל בלבד בפארק
	0.5	4	8	שביל להולכי רגל מדרכה בצמוד לדרך תחבורתית
	0.5	4	7.5	שביל להולכי רגל משולב עם שביל אופניים

סוג הדרך	עוצמת הארה לתכנון		אחידות הארה אופקית E_{min}/E_{av}	הערות
	אופקית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$	אנכית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$		
שביל הולכי רגל בחציית דרך תחבורתית	25	15	0.5	עוצמת ההארה האופקית תיקבע לפי הנחיות למעבר חציה.
שביל באזור מרכז עירוני דרך מעורבת עם כלי רכב	25	10	0.5	
שביל באזור מרכז עירוני דרך לא מעובדת עם כלי רכב	17	5	0.5	
שביל באזור מרכז מסחרי מעורב עם כלי רכב	20	8	0.5	
שביל באזור תעשייתי ללא פעילות לילית	5	2	0.5	
מעבר תת קרקעי	30	15	0.5	עוצמת תאורה כפולה מאשר בשבילים הנכנסים למעבר ולא פחות מ-30 לוקס.
שביל/דרך לאופניים בלבד	3	0.5		
שביל/דרך לאופניים במקביל לדרך לתחבורה לרבות ציבורית	7.5	0.5	לא פחות מערך הנדרש לקבלת 0.5 = RS לפי	

הערות	אחידות הארה אופקית E_{min}/E_{av}	עוצמת הארה לתכנון		סוג הדרך
		אנכית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$	אופקית ממוצעת $E_{av} \text{ lux}$	
	קריטריונים של הכביש.			
	לפי הערך הנדרש במעבר חציה.	0.5	10	הצטלבות דרך לאופניים עם דרך לתחבורה
		0.5	10	שביל/דרך משולב לאופניים והולכי רגל
		0.5	10	מעבר תת קרקעי או גשר עילי לאופניים
	300	50	100	מעבר תחת ביום
	120	20	40	מעבר תחת בלילה
בהתאם לתקן 12464, חלק 2	0.5	8	5	מגרש חנייה תנועה קלה
			10	מגרש חניה לתנועה בינונית
			20	מגרש חניה לתנועה כבדה
		30	100	משטח גליליות
		20	30	מתקני משחק
	0.5	10	25	שביל לאמפיתיאטרון

7. תאורה במגרשי חניה פתוחים (שאינם מקורים)

אזור בחניה	ממוצע לתכנון	R_{GL}	U_o
עומס נמוך (דוגמת חניית שצ"פים, בתי מגורים)	3	55	0.25
עומס בינוני (דוגמת חניוני חנויות, בנייני משרדים, מפעלים)	5	50	0,25
עומס כבד (דוגמת אזורי מרכזי קניות ראשיים, מגרשי ספורט מרכזיים)	15	50	0,25

7. נספח 7 – רשימות תיוג

1. המלצה לנזהל לבקרת תכנון תאורה

#	נושא	כן/לא
	הוגדרו "שטחים טבעיים/פתוחים שאינם מיועדים להארה	
	הוגדרו רמות רגישות של האזורים המתוכננים	
	נבחנו דרישות ביטחוניות אם קיימות, ודרישות תאורה ספציפיות. פירוט הדרישות:	
	אפיון השטחים על פי הרגישות האקולוגית – וסיווג עוצמות ההארה הנדרשות ביחס לתקן	
	הוצגו כמה שיטות הארה לכל סוג שימוש במתקן	
	נעשה שילוב של כל הפרמטרים הסביבתיים ¹⁴ , לרבות:	
	כיוון ההארה וסנזור	
	המנעות מתאורת הצפה שאינה רצויה	
	שילוב בקרת תאורה/ משטרי הדלקה	
	תעודות בדיקה של גופי תאורה: גוון/ספקטרום/בטיחות פוטו-ביולוגית/ריצוד (רטט אורי)	
	המנעות מתאורה צבעונית/מרצדת/דינמית	
	הגדרת מרחקי הארה	
	בחינת הארת הרקיע	
	הוצעו גופי תאורה המתאימים לסוגי השימושים הקיימים במתקן	
	שימושים זהים מוארים בשיטה זהה	
	גופי תאורה נבחרו ממאגר הגופים הרשומים (באם קיים)	
	נבחרו התקנים ומקדמי ההארה המתאימים	

¹⁴ בהתאמה להנחיות המרחביות של הרשות באם קיימות, לרמת הרגישות של האזור, ובהתאמה לשימושים השונים בתחומה.

#	נושא	כן/לא
	חישובי תאורה	
	בוצע תכנון תאורה מפורט אשר כלל:	
	שרטוטים	
	חישובי תאורה על פי הנדרש (הן במישור האופקי, הן במישור האנכי)	
	מפרט טכני	
	כתב כמויות	
	חתימה על תוכנית ע"י מתכנן בהתאם לדרישות	
	נבדקו תוכניות התאורה אל מול תוכניות המזמין	
	נעשה ניסוי תאורה, אם נדרש	
	אישור הגופים	
	נעשה פיקוח עליון על הביצוע, לרבות בדיקת הגופים בהספקה	

2. המלצה לנוהל בקרת תכנון פוטומטרי

יבוצע לאחר חישוב התאורה – לכל אזור/שימוש מייצג, יש לסמן על רקע תוכנית האזור

מס'	דרישה	תוצאה
1.	דגם גוף התאורה (לספק קטלוג טכני מקורי)	
2.	מק"ט יצרן	
3.	הספק צריכה בהעמסה מלאה	
4.	גון האור	
5.	גובה התקנת גוף התאורה	
6.	מרחק בין העמודים	
7.	כמות הפנסים לקטע הנתון	
8.	הספק צריכה בהעמסה מלאה לקטע הנתון	
9.	תפוקת האור של גוף התאורה	Lumen=
10.	מקדם הפחתה	%=
11.	עוצמת הארה אופקית ממוצעת מינימלית	$E_{av,h}=$
12.	אחידות פיזור E_{max}/E_{min}	$U_1 =$
	אחידות פיזור E_{av}/E_{min}	$U_2 =$
13.	בהיקות ממוצעת מינימלית	$L_{av}=$
14.	אחידות מינימלית	$U_0=$
	אחידות אורכית מינימלית	$U_L=$
15.	סף סנוור מרבי	$TI=$
16.	Lighting of surrounding	$SR=$
17.	עוצמת הארה אנכית מרבית (בהתאם למקרה): חזית המבנה, לאורך השביל/כביש, איזולוקס	$E_{av,v}=$
18.	עוצמת הארה אופקית מרבית במפלס העליון של המגרש/מבנה	$E_{max,h}=$
19.	בחינת רמת הסנוור במקרה הצורך (השילוט/ג"ת)	$L_{av}=$ $L_{max}=$

3. המלצה לנוהל קבלת מתקן

בדיקה זו נועדה לאמת כי הגופים על רכיביהם המסופקים בשטח מתאימים למאושר ע"י המזמין

#	דרישה	תשובה
1.	שם ספק גוף התאורה	
2.	שם יצרן גוף התאורה	
3.	דגם גוף התאורה	
4.	שם יצרן הלד	
5.	שם יצרן הדרייבר	
6.	פרטי איש קשר של הספק	
7.	מפרט טכני של גוף התאורה (מיצרן)	
8.	שטף האור הנפלט מגוף התאורה (לומן)	
9.	ת"י 20, לרבות פירוט הרכיבים הקריטיים (לד, דרייבר ועוד)	
10.	קבוצת סיכון על פי ת.ב. ת"י/IEC 62471, RG0	
11.	IP	
12.	ספקטרום האור	
13.	CRI	
14.	טמפרטורת צבע	
17.	הוראות התקנה ותחזוקה	

4. המלצה לנהל מדידות ההארה בסיום הביצוע

המדידות ייעשו על פי תוכנית מדידה מאושרת מראש. את המדידות יעשה בודק מוסמך, בעל ניסיון במדידות תאורה במתקנים דומים (מומלץ של 5 שנים לפחות), שלא היה שותף בתכנון המתקן. ייעשה שימוש במכשיר מכויל, עם כיול בר תוקף בהתאם לפרמטרים שימדדו (עוצמות הארה/בהיקות/ספקטרום/פליקר). יוצג דוח בעל תיעוד מלא, לרבות תיעוד וצילומים, ובהשוואה לחישובים פוטו-מטריים, ככל שקיימים.

8. נספח 8 - רקע על פרויקט CAMP – Israel

אמנת ברצלונה להגנה על הים התיכון היא מסגרת ההתארגנות החשובה ביותר למדינות הים התיכון. ישראל חתומה על האמנה משנת 1995 והמשרד להגנת הסביבה משמש כנציג המדינה מול גופי האמנה ופועל ליישומה לאורך השנים. לאמנה שבעה פרטוקולים, המפרטים את הצעדים המעשיים שמוטל על המדינות לנקוט כדי למנוע את זיהום הים התיכון ולהגן עליו.

פרטוקול מספר 7 הוא פרטוקול ICZM (Integrated Coastal Zone Management) שעוסק בניהול משולב של אזורי החוף. מטרתו העיקרית היא לוודא כי המדינות מסביב לים התיכון מבצעות ניהול אינטגרטיבי של הסביבה החופית, הכולל הן את הים הן את החוף. על יישום הפרטוקול אמון גוף בשם PAP/RAC, אחד מששת מרכזי הפעילות האזוריים ליישום אמנת ברצלונה. מדינת ישראל אשררה את פרטוקול ICZM בשנת 2014.

תוכנית CAMP - Coastal Areas Management Program, שבמסגרתה מבוצע פרויקט CAMP-Israel, היא חלק מתוכנית UNEP/MAP לאזור הים תיכון אשר אושרה בשנת 1989, ונועדה לעודד יישום של פרטוקול ICZM. הפרויקט הישראלי מתואם על ידי מרכז PAP/RAC ומלווה על ידי המשרד להגנת הסביבה, המשמש נציג של מדינת ישראל לפרטוקול ICZM בפרט ולאמנת ברצלונה בכלל.

תחום הפרויקט מקיף את כל הרשויות המקומיות הישראליות לאורך חוף הים התיכון, מהמועצה האזורית מטה אשר בצפון ועד למועצה האזורית חוף אשקלון בדרום. בסך הכול, קו החוף הישראלי של הים התיכון הוא ביתם של כשני מיליון תושבים המחולקים ל-21 רשויות מקומיות (7 מועצות אזוריות, 13 עיריות ומועצה מקומית אחת). רשויות החוף מקיפות אזור המשתרע על פני 195 ק"מ מצפון לדרום, ו-15 ק"מ בנקודה הרחבה ביותר.

מטרת הפרויקט היא יצירת מנגנונים ופיתוח היכולת ליישום ניהול משולב של אזור החוף (ICZM) ברשויות המקומיות בישראל. הפרויקט מתמקד בשלושה מישורי פעולה:

- בניית יכולת ליישום גישת ICZM לרשויות וקהילות חופיות
- שילוב כלים ואסטרטגיות חדשות לקידום הסתגלות לשינויי אקלים ותיירות חופית ומתקני חוף בני קיימה, במספר גדול של רשויות חוף
- שותפויות בין קהילות חוף לקידום פיתוח ושימור חופים בני קיימה

מקורות

- 1) אהירון-פרומקין ת' וחוב' (2003). שימור חולות מישור החוף – מסמך מדיניות. המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים, קרן קיימת לישראל, השירות ההידרולוגי ומכון ירושלים לחקר מדיניות.
- 2) בין ע' וחוב' (2010). התמוטטות המצוק החופי בישראל – דרכים להתמודדות והמשמעויות הכלכליות, הציבוריות והסביבתיות. המשרד להגנת הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל.
- 3) בן נתן ג' (2013). מלחות בישראל – סביבת חיים קיצונית ומיוחדת. החברה להגנת הטבע.
- 4) ברוקוביץ' ע' וחוב' (2015). טבלאות הגידוד בישראל – תמונת מצב, חשיבות סביבתית ודרכי פעולה אפשריות לשיקום טרם היעלמותן. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- 5) ברוקוביץ' ע' וחוב' (2017). זיהום אור וצמצומו – רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- 6) ברנע א' (2016). עולם חבוי בין גרגירי החול – המצע הרך בים התיכון. החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים.
- 7) גזית א' והרשקוביץ י' (2007). שלוחת שפך הקישון וסביבתה – סקר אקולוגי. אוניברסיטת תל אביב, מוגש לרשות נחל הקישון.
- 8) גולדזין ד' וחוב' (2024). אקולוגיה של מלחות החוף בישראל וכלים לשיקומן. יחידת המחקר, מכון דש"א. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. הוגש למשרד להגנת הסביבה.
- 9) המארג (2022). דוח מצב הטבע – כך מגמות ואיומים. פרק ו' – זיהום אור בישראל: היבטים אקולוגיים ומרחביים.
- 10) וטין ד' וחוב' (2022). שמירה על חשיכת הלילה בשטחים הפתוחים. המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים.
- 11) כהן ע' וחוב' (2011). חולות מישור החוף – חשיבות ואתגר השימור. החברה להגנת הטבע.
- 12) לבנוני ט' (2011). בתי הגידול של הכורכר והחמרה – נקודות החן של מישור החוף. החברה להגנת הטבע.
- 13) סוערי י' וחוב' (2023). האסטוארים של נחלי החוף בישראל – המלצות לניטור וניהול. המרכז האקדמי רופין, האוניברסיטה העברית בירושלים והתחנה לחקר הסחף.
- 14) סלע ע' וחוב' (2017). ארגז כלים להטמעת שיקולים אקולוגיים בתכנון וביצוע מיגונים ימיים ויבשתיים להגנה על מצוקי החוף. החברה הממשלתית להגנת מצוקי הים התיכון, החברה להגנת הטבע והמשרד להגנת הסביבה.
- 15) פרומקין ר'. מסמך מדיניות בנושא התמוטטות המצוק החופי – היבטים אקולוגיים.

- 16) רותם ד' וחוב' (2016). מידת ייצוגן של יחידות אקולוגיות טבעיות בשטחים המוגנים בישראל. אקולוגיה וסביבה 7(1): 23-16.
- 17) רילוב ג' (2014). שוניות סלעיות בים התיכון – אוצרות הטבע החבויים של הים. החברה להגנת הטבע וחקר ימים ואגמים לישראל.
- 18) חקיקה, תקינה והנחיות רלוונטיים, פי שמפורט בנספח 2.
- 19) Brayley ODM et. al. (2022). The biological effects of light pollution on terrestrial and marine organisms. *International Journal of Sustainable Lighting* 24(1): 13-38.
- 20) Davies D. et al (2014). The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(6):347-355.
- 21) Drake N. (2019). Our nights are getting brighter, and Earth is paying the price. *National Geographic*.
- 22) Falchi F. et al (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances* 2.(6)
- 23) Marangoni LFB et. al. (2022). Impacts of artificial light at night in marine ecosystems – a review. *Global Change Biology* 28:5346-5367 .
- 24) Rotem D. and Weil G. (2014). Natural ecosystem units in Israel and the Palestinian Authority – representativeness in protected areas and suggested solutions for biodiversity conservation. *Journal of Landscape Ecology* 7(1): 91-109.
- 25) Hazards of Light, J.Cronly-Dillon, E.S. ROSEN, J.Marshall
- 26) Human Factors in Lighting, Peter R. Boyce
- 27) Artificial lighting and wildlife, Interim Guidance: Recommendations to help minimise the impact artificial lighting
- 28) Lichtopnatuur - Impact of artificial light on flora and fauna in The Netherlands - <http://www.lichtopnatuur.org/>
- 29) Institution of Lighting Professionals (ILP) — www.theilp.org.uk
- 30) Bats and Lighting Research project — www.batsandlighting.co.uk/index.html.
- 31) <https://nioo.knaw.nl/nl/licht-op-natuur>
- 32) Campaign for Dark Skies (CfDS) — www.britastro.org/dark-skies
- 33) Bat Conservation Trust (BCT) — www.bats.org.uk ,Bats and artificial lighting in the UK Guidance 2018

- 34) Craig Groves ,Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors, International Union for Conservation of Nature (IUCN), IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA) 2020
- 35) Bruce-White C and Shardlow M (2011) A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates - See more at: <http://www.buglife.org.uk/advice-and-publications/publications/campaigns-and-reports/review-impact-artificial-light#sthash.s7GPA1vL.dpuf>
- 36) Principles of Wildlife Corridor Design , Monica Bond Center for Biological Diversity 2003
- 37) The role of green corridors for wildlife conservation in urban landscape: A literature review, H A Aziz and M H Rasidi 2014
- 38) Conservation Corridor Planning at the Landscape Level—Managing for Wildlife Habitat 2004
- 39) Pollard A. (2009) Visual constraints on bird behaviour. University of Cardiff
- 40) Rodriguez A., Garcia A.M., Cervera F. and Palacios V. (2006) Landscape and anti-predation determinants of nest site selection, nest distribution and productivity in Mediterranean population of Long-eared Owls, *Asio otus*. Ibis, 148(1), pp. 133-145
- 41) http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/technical_prescriptions_wildlife_crossing_tcm7-437077.pdf
- 42) Paul Beier, Dan Majka, Shawn Newell, Emily Garding, Northern Arizona University 2008 ,Best Management Practices for Wildlife Corridors
- 43) CBD Technical Series No. 23, review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones 2006
- 44) COST 341, Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure WILDLIFE AND TRAFFIC , A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions 2003
- 45) <https://tevabiz.org.il/>, 2021
- 46) ועדת מומחים, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, 2016, זיהום אור וצמצומו – רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות
- 47) CIE Position Statement on Non-Visual Effects of Light RECOMMENDING PROPER LIGHT AT THE PROPER TIME, 2019
- 48) Lighting and Power Upgrade Recommendations for U.S. National Park Service Caribbean Units, Prepared in support of the DOE Solid-State Lighting Technology Program, 2019

- 49) Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W., & Hopkins, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological reviews*, 88(4), 912-927.
- 50) Donners, M., van Grunsven, R. H., Groenendijk, D., van Langevelde, F., Bikker, J. W., Longcore, T., & Veenendaal, E. (2018). Colors of attraction: Modeling insect flight to light behavior. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 434-440.
- 51) Davies, T. W., Bennie, J., Inger, R., De Ibarra, N. H., & Gaston, K. J. (2013). Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? *Global change biology*, 19(5), 1417-1423
- 52) Longcore, T., Rodríguez, A., Witherington, B., Penniman, J. F., Herf, L., & Herf, M. (2018). Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 511-521.
- 53) Alaasam, V. J., Kernbach, M. E., Miller, C. R., & Ferguson, S. M. (2021). The diversity of photosensitivity and its implications for light pollution. *Integrative and comparative biology*, 61(3), 1170-1181.
- 54) Foster, R. G., & Follett, B. K. (1985). The involvement of a rhodopsin-like photopigment in the photoperiodic response of the Japanese quail. *Journal of comparative physiology A*, 157(4), 519-528
- 55) Hatori, M., Gronfier, C., Van Gelder, R. N., Bernstein, P. S., Carreras, J., Panda, S., ... & Tsubota, K. (2017). Global rise of potential health hazards caused by blue light-induced circadian disruption in modern aging societies. *npj Aging and Mechanisms of Disease*, 3(1), 1-3
- 56) Kelber, A., & Roth, L. S. (2006). Nocturnal colour vision—not as rare as we might think. *Journal of Experimental Biology*, 209(5), 781-788
- 57) International Dark-Sky Association Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with blue-rich white outdoor lightning, 2010.
- 58) Cashmore, A. R., Jarillo, J. A., Wu, Y. J., & Liu, D. (1999). Cryptochromes: blue light receptors for plants and animals. *Science*, 284(5415), 760-765
- 59) Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., & Hopkins, J. (2012). Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1256-1266

- 60) Dimovski, A. M., & Robert, K. A. (2018). Artificial light pollution: Shifting spectral wavelengths to mitigate physiological and health consequences in a nocturnal marsupial mammal. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 497-505
- 61) Walsh, C. M., Prendergast, R. L., Sheridan, J. T., & Murphy, B. A. (2013). Blue light from light-emitting diodes directed at a single eye elicits a dose-dependent suppression of melatonin in horses. *The Veterinary Journal*, 196(2), 231-235
- 62) Salmon, M. (2006). Protecting sea turtles from artificial night lighting at Florida's oceanic beaches. *Ecological consequences of artificial night lighting*, 141-168.
- 63) Mazor, T., Levin, N., Possingham, H. P., Levy, Y., Rocchini, D., Richardson, A. J., & Kark, S. (2013). Can satellite-based night lights be used for conservation? The case of nesting sea turtles in the Mediterranean. *Biological Conservation*, 159, 63-72
- 64) Brei, M., Pérez-Barahona, A., & Strobl, E. (2016). Environmental pollution and biodiversity: Light pollution and sea turtles in the Caribbean. *Journal of Environmental Economics and Management*, 77, 95-111
- 65) Kernbach, M. E., Cassone, V. M., Unnasch, T. R., & Martin, L. B. (2020). Broad-spectrum light pollution suppresses melatonin and increases West Nile virus-induced mortality in House Sparrows (*Passer domesticus*). *The Condor*, 122(3), duaa018
- 66) Alaasam, Valentina J., et al. "Light at night disrupts nocturnal rest and elevates glucocorticoids at cool color temperatures." *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* 329.8-9 (2018): 465-472
- 67) Pawson, S. M., & Bader, M. F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecological Applications*, 24(7), 1561-1568
- 68) Wakefield, A., Broyles, M., Stone, E. L., Jones, G., & Harris, S. (2016). Experimentally comparing the attractiveness of domestic lights to insects: do LED s attract fewer insects than conventional light types? *Ecology and evolution*, 6(22), 8028-8036
- 69) Van Langevelde, F., Ettema, J. A., Donners, M., WallisDeVries, M. F., & Groenendijk, D. (2011). Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological conservation*, 144(9), 2274-2281
- 70) Owens, A. C., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K., & Seymoure, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241, 108259

- 71) Davies, T. W., Bennie, J., Cruse, D., Blumgart, D., Inger, R., & Gaston, K. J. (2017). Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages. *Global Change Biology*, 23(7), 2641-2648
- 72) Eccard, J. A., Scheffler, I., Franke, S., & Hoffmann, J. (2018). Off-grid: Solar powered LED illumination impacts epigeal arthropods. *Insect Conservation and Diversity*, 11(6), 600-607
- 73) Longcore, T., Aldern, H. L., Eggers, J. F., Flores, S., Franco, L., Hirshfield-Yamanishi, E., ... & Barroso, A. M. (2015). Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140125
- 74) Stone, E. L., Harris, S., & Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mammalian Biology*, 80(3), 213-219
- 75) Zhang, F. S., Wang, Y., Wu, K., Xu, W. Y., Wu, J., Liu, J. Y., Xiao-Yin W. & Shuai, L. Y. (2020). Effects of artificial light at night on foraging behavior and vigilance in a nocturnal rodent. *Science of The Total Environment*, 724, 138271
- 76) Hoffmann, J., Schirmer, A., & Eccard, J. A. (2019). Light pollution affects space use and interaction of two small mammal species irrespective of personality. *BMC ecology*, 19(1), 1-11
- 77) Bedrosian, T. A., Fonken, L. K., Walton, J. C., Haim, A., & Nelson, R. J. (2011). Dim light at night provokes depression-like behaviors and reduces CA1 dendritic spine density in female hamsters. *Psychoneuroendocrinology*, 36(7), 1062-1069
- 78) Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., & Gaston, K. J. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, 104(3), 611-620
- 79) Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., & Fontaine, C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, 548(7666), 206-209
- 80) Oliveira, C., Ortega, A., López-Olmeda, J. F., Vera, L. M., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2007). Influence of constant light and darkness, light intensity, and light spectrum on plasma melatonin rhythms in Senegal sole. *Chronobiology international*, 24(4), 615-627.
- 81) Luehrmann, M., Cortesi, F., Cheney, K. L., de Busserolles, F., & Marshall, N. J. (2020). Microhabitat partitioning correlates with opsin gene expression in coral reef cardinalfishes (Apogonidae). *Functional Ecology*, 34(5), 1041-1052.

- 82) Levy, O., Appelbaum, L., Leggat, W., Gothliff, Y., Hayward, D. C., Miller, D. J., & Hoegh-Guldberg, O. (2007). Light-responsive cryptochromes from a simple multicellular animal, the coral *Acropora millepora*. *Science*, 318(5849), 467-470
- 83) Tidau, S., Smyth, T., McKee, D., Wiedenmann, J., D'Angelo, C., Wilcockson, D., ... & Davies, T. W. (2021). Marine artificial light at night: An empirical and technical guide. *Methods in Ecology and Evolution*.
- 84) Grubisic, M., Haim, A., Bhusal, P., Dominoni, D. M., Gabriel, K. M. A., Jechow, A., ... & Hölker, F. (2019). Light pollution, circadian photoreception, and melatonin in vertebrates. *Sustainability* 11: 6400.
- 85) חסמים רגולטוריים לטיפול בזיהום אור בישראל והשוואה לתקנות באירופה וארה"ב, אבישר אביב, אורן עג'מי ואמיר דורה
- 86) Svehkina, A., Portnov, B. A., & Trop, T. (2020). The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecology*, 35(8), 1725-1742.
- 87) eu-cost action es 1204 lonne protected areas in europe: essential for safeguarding the nighttime environment2016
- 88) Moaraf , Artificial light at night affects brain plasticity and melatonin in birds2019
- 89) Noam Leader, Yaniv Levy, Oğuz Türkozan : Artificial light at night on nesting beaches of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the eastern Mediterranean and its possible effect on populations , *Turkish Journal of Zoology*, Volume 48 Number 4, 2024
- 90) Thomas W. Davies and Tim Smyth (2018). Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Global Change Biology* 24(3):872-882.