



תאורת גדר

תאורה היא אחד המרכיבים המרכזיים ביישומי ביטחון בכלל ובגדר ביטחון בפרט, ולעיתים היא אף מהווה חלק בלתי-נפרד מרכיבי ביטחון נוספים, כגון מצלמות במעגל סגור, מערכות כניסה וזיהוי אוטומטיות, גלאי ביטחון למיניהם וכדומה. הבטחת תאורה אופטימלית ליישומי ביטחון גדר חשובה לשם יצירת רמות גבוהות של ביטחון, ואף בטיחות כלילה. מאמר זה מציג קווים מנחים כלליים ליישום תאורת גדר.

- צריכת אנרגיה נמוכה.
- תחזוקה מינימלית.
- אמינות גבוהה.
- אורך חיים ארוך.
- חיסכון אנרגטי וכספי בגין ירידה בעלויות צריכת החשמל והתחזוקה.

דרישות הלקוחות לתאורת גדר אינן אחידות, וישנם כאלו הדורשים רמות הארה גבוהות במרחקים שונים מהגדר. מילוי כל הדרישות עשוי במקרים מסוימים להכתיב התקנה של יותר מגוף תאורה אחד, כדי לענות על היעדים שמציב הלקוח.

תאורת גדר התבססה עד היום ברחבי העולם על נורות הלוגן, נתרן או מטאל-הלייד. הנחיות פיקוד העורף בישראל הכתיבו גוף תאורה מסוים שישמש כתאורת גדר, אשר כלל עדשת פרנל ונורת נל"ג 150W, אך ביצועיו של גוף תאורה זה אינם עונים על כל הצרכים שאמורה למלא תאורת הגדר (כפי שיתואר בהמשך המאמר).

בזכות טכנולוגיית הLED, שהתפתחה בצורה מרשימה בשנים האחרונות, מציעים כיום יצרני גופי תאורה גופים שיהוו פתרון הולם ליעדי תאורת גדר. היתרונות הבולטים בשימוש בטכנולוגיית LED בכלל וביישומי תאורת גדר בפרט הם אלה:

איור 1: הארת כביש/שביל הסיוור בסמוך לגדר איור 2: תאורת סינוור כנגד מתקרבים לגדר



(מקור: Security Lighting – CPNI - Centre for the Protection of National Infrastructure)

כיום אין בישראל תקנים או הנחיות מסודרות לגבי תאורת גדר, ולמעשה קיימות רק ההנחיות הכלליות הישנות של פיקוד העורף בקשר לגופי תאורת גדר, שכאמור אינן ממלאות את יעדי תאורת הגדר.

לתאורת גדר שלושה תפקידים עיקריים:

- הארה של כביש/שביל סיוור (פטרול) הנמצא בסמוך לגדר (איור 1).
- סינוור של אנשים אשר מתקרבים לגדר מצידה החיצוני (איור 2).
- הארה של שטחים רחוקים מעבר לגדר (כ-30 מטרים ומעלה), ויצירת תאורה טובה גם עבור מצלמות המותקנות על עמודי התאורה (איור 3).

מבנה אופייני של איזור גדר

המבנה הטיפוסי של איזור הגדר מורכב משני אזורים עיקריים: איזור התקפה מחוץ לגדר שיכול להכיל לעיתים כביש סיוור נוסף, ואיזור שבו מצוי כביש הסיוור, שרוחבו נע בין שני מטרים ל-5 מטרים (כמתואר באיור 4)

כביש הפטרולים מכתוב למעשה את הדרישות העיקריות לגבי תאורת הגדר וניטור האיזור. תאורת הגדר אמורה ברוב המקרים לכסות גם את איזור ההתקפה, שממנו עלולים המפגעים להגיע, והוא נחשב לשטח ציבורי.

- אור לכן לד מאפשר הארת שטח טובה, תוך שמירה על אחידות פיזור אור גבוהה, דבר שמרטיע אנשים מהתקרבות לגדר, מחשש שיתגלו.

איור 3: תאורת גדר עבור מצלמות



(מקור: Lighting for Perimeter Security Applications – Fiber Sensys)

דרישות תכנון כלליות

בעיקרון, ניתן להשתמש בגופי תאורת-חוץ הקיימים בשוק לצורכי תאורת גדר, אך לעיתים יש לדרוש שיעמדו בתכונות מכאניות או אופטיות מסוימות. לדוגמה, חוזק גוף התאורה צריך להיות כזה שיעמוד בפני ונדליזם. במקרה כזה, אם משתמשים בזכוכית במערכת האופטית, צריך למנוע גישה אליה.

כיום אמנם אין בארץ התייחסות לרמות הארה מומלצות לתאורת גדר, אך ניתן להסתמך על חלק מהתקן הישראלי ת"י 13201, תאורת דרכים, כדי להגדיר רמות שכאלה. בתכנון תאורת גדר רצוי להגדיר רמות הארה מינימליות, יחד עם הגדרת ערך מקסימלי לאחידות פיזור האור. הגדרה מושכלת של רמות ההארה הנכונות יכולה להתבצע על פי הקריטריונים הבאים:

- הגדרת השטח שצריך להיות מואר.
- ציון רמת ההארה המינימלית הרצויה.
- ציון רמת אחידות פיזור האור המקסימלית הרצויה.
- הגדרה של גובה העמוד והמרחק בין העמודים.
- ציון הדרישות לגבי ההספק והבקרה הנדרשים.

בנוסף לקריטריונים אלו יש להתחשב בתנאי הסביבה, ולהביא בחשבון גם שיקולי ביטחון ותחזוקה.

בהיעדר דרישות מיוחדות ניתן לאמץ את ההנחיות הבאות:

- הערך המקסימלי של אחידות האור במישור האופקי הוא 3:1 (יחס ערך ממוצע לערך מינימום). הערך המקסימלי של אחידות האור במישור האנכי (לקירות או גדרות) הוא: 4:1.
- הערך המינימלי של רמת ההארה הוא 5 לוקס. אם נביא בחשבון את ירידת תפוקת האור של הנורה, אזי ערך כזה עשוי להבטיח רמת ההארה מינימלית תפעולית בשיעור של 3 לוקס.
- רמות ההארה מתייחסות למישור מדידה של כ-10 סנטימטרים מעל הקרקע, כדי להימנע מבעיות העלולות להיווצר עקב הצמחייה הגדלה בשטח.
- גובה העמוד והתקנת גוף התאורה יהיה כ-8 מטרים.

יש לציין רמת הארה מינימלית במצב של כשל בנורה בגוף התאורה. במצב של כשל נורה לא יהיה ניתן לשמור על רמת אחידות פיזור אור, דבר שיקשה על גילוי אנשים המתקרבים לגדר. רמת הארה מינימלית של 0.5 לוקס במצב כזה היא ערך סביר עד לתיקון התקלה.

בהסתמך על תקן תאורת רחובות הישראלי - ת"י 13201 חלק 1, ניתן להגדיר את סיווג האזור המואר בסמוך לגדר כ-E2. הגדרה זו משמעותה, שהולכי הרגל הם המשתמשים העיקריים בשטח זה, ושכלי הרכב ורוכבי אופניים נעים בה באיטיות. חלוקה עדינה יותר, אשר מתחשבת בכמות הולכי הרגל משתמשים בה, וכן ברמת הפשיעה באזור, מוצגת בטבלה 1, הלקוחה אף היא מתקן זה (טבלה A.10)

בטבלה 2 (לקוחה מטבלה 3 בת"י 13201 - חלק 2) מוצגות את רמות ההארה המינימליות הנדרשות במישור האופקי, בהתאם

טבלה 1: סיווג מצב התאורה (s)

תנועת הולכי רגל		זיהוי פנים	רמת פשיעה
גבוה	נורמלי		
S3	S4	לא הכרחי	נורמלי
S2	S2	הכרחי	
S1	S1		גבוה מהנורמלי

איור 4: מבנה אופייני של איזור הגדר



דרישות כלליות מתאורת ביטחון

הדרישות הכלליות מתאורת ביטחון הן אלה:

- אסור שהתאורה תהווה סכנה לנהגי הדרכים הסמוכים לגדר.
- אסור שהתאורה תהווה מיטרד לשכנים המצויים בקירבת הגדר.
- על התאורה להתאים לדרישות, ולסייע לכוח המפטרל מסביב לגדר.
- תאורת הביטחון אמורה להיות אמינה מאוד, ודרישה זו מכתיבה את מדיניות התחזוקה.
- תאורת ביטחון אמורה להיות מבוססת על גופי תאורה ונורות ידידותיים לסביבה, ובכך מובטח שהתאורה לא תהווה סכנה לסביבה הקרובה לגדר והרחוקה ממנה (כלומר לא תיצור זיהום אור).
- תאורת הביטחון אמורה לענות על צורכי הלקוח והגופים הביטחוניים, שמכתיבים לעיתים דרישות מיוחדות.
- התאורה אמורה להיות יעילה מבחינה אנרגטית וכלכלית בכל האמור בתחזוקה ובהפעלה.

סיווג מישורי הארה לתאורת גדר

מגדירים שני מישורי הארה בתכנון תאורת גדר (איור 5):

איור 5: מישורי הארה לתאורת גדר



(מקור: Lighting for Perimeter Security Applications – Fiber Sensys)

- המישור האופקי של פני השטח שמסביב לגדר. הארה זו נמדדת ביחידות lux. יש לציין את מיקום המדידה המדויק כדי שניתן יהיה בעתיד להשוות בין רמות ההארה בנקודות המדידה. נקודת המדידה צריכה להיות בגובה של 10 סנטימטרים מהקרקע, על מנת להתגבר על בעיות העלולות לנבוע מהצמחייה הגדלה באזור.
- הארה במישור האנכי, המשמשת לגילוי אנשים המתקרבים לגדר באמצעות מצלמות אבטחה. נוסף על רמת ההארה ביחידות lux ומיקום נקודת המדידה, יש לציין גם את הכיוון שממנו התבצעה המדידה. נקודת המדידה צריכה להיות בגובה של 30 סנטימטרים מהקרקע - גובה של ראש אדם ממוצע אשר זוחל לעבר הגדר.

הארה מתאימה תתקבל בעקבות הקפדה על קיום הכלל האומר, שהמרחק בין עמודי התאורה אינו עולה על שלוש פעמים מרחק גובה גוף התאורה מהקרקע.

באיור 6 מוצגת הארה של תאורת גדר באמצעות גופי תאורת הצפה עם נורות נתון לחץ גבוה (נ"ג) בהספק 100W, המותקנים בגובה 8 מטרים. ניתן להבחין באיור זה בשתי בעיות אופייניות לתאורת גדר: האחת, מתקבל איזור חשוך בתחום שבין העמודים; השנייה, מתקבלת הארה של הגדר עצמה, ופחות הארה של האיזור שמעבר לגדר.

הארת סינוור

מטרת הסינוור הוא ליצור הרתעה באמצעות הארה כיוונית ישירה על האנשים המתקרבים לגדר. לצורך הסינוור ניתן להשתמש בגוף תאורה בעל עוצמת הארה גבוהה (לאו דווקא גוף תאורה בעל הספק גבוה). עוצמת האור הנקודתית בגוף זה היא שגורמת סינוור, ולא תפוקת האור הכוללת.

על מנת ליצור תאורת סינוור יש למקם גופי תאורה בגובה של מטר עד מטר וחצי מהקרקע, ובמרחק 6-7 מטרים זה מזה. זהו פתרון יקר מבחינה כלכלית, ולכן ברוב המקרים מותקנים גופי התאורה אשר גורמים סינוור על עמודי התאורה הקיימים. תאורת סינוור טובה נמדדת ברמת הארה במישור האנכי במרחק של כ-10 מטרים ובגובה של 30 סנטימטרים מהקרקע (כאמור, זהו גובה ראש ממוצע של אדם אשר זוחל על הקרקע ומתקרב לגדר). רמת הארה מינימלית רצויה היא 4 לוקס, ואחידות פיזור האור היא 5:1 (יחס ערך ממוצע לערך מינימום).

הארת שטחים גדולים סמוכים

מטרת ההארה של שטחים גדולים היא להגן על ציוד שמאוחסן מסביב לגדר, או לאפשר הגנה על איזור תפעולי חיוני. לשם כך ניתן להשתמש בגופי תאורה לתאורת הצפה, אשר מיועדים

איור 7: דוגמא להארת שטחים נרחבים הסמוכים לגדר



(מקור: Security Lighting – CPNI - Centre for the Protection of National Infrastructure)

מלכתחילה להאיר שטחים נרחבים בצורה חסכונית. רמת ההארה הרצויה המינימלית היא 3 לוקס, ואחידות פיזור האור הרצויה היא 3:1 (יחס ערך ממוצע לערך מינימום).

באיור 7 מוצגת הארת שטח גדול סמוך לגדר באמצעות גופי תאורה עם נורות נ"ג.

תאורה תלויית-אירוע

רצוי לגבש פתרון להעלאת רמת ההארה בשטחים המוארים ברגע של זיהוי מפגע המתקרב לשטח הגדר. פתרון כזה מצריך כמובן שימוש בגלאי PIR (אינפרא-אדום פאסיביים), שיוקנו על

למצבי התאורה S השונים. ניתן להגדיר מצבי תאורה נוספים ES כאשר זיהוי הפנים הוא הכרחי.

הערות:

- אסור שרמות הארה אלה, בערכים הממוצעים והמינימליים, יעמדו בסתירה לדרישות לאחידות פיזור האור.
- אזורי בידוק לאורך

הגדר, בהם נכנסים אנשים, מוגדרים על פי התקן כ-conflict areas, ובהם יש רמות הארה שונות וגבוהות יותר מהמצוין בטבלה.

מקדם מסירת צבע (CRI) הוא גורם חשוב נוסף בשיקולי תכנון תאורת גדר. במצב רגיל, ללא אמצעי בקרה או אבטחה מיוחדים, ניתן לדרוש ערך מינימלי של 60. אם מותקנות מצלמות אבטחה או ישנן נקודות בדיקה, יש לדרוש CRI מינימלי בשיעור של 80. נתונים אלו באים לידי ביטוי בעת בחירת סוג הנורה המיועדת להארת הגדר.

הארה של השטח הקרוב לגדר

לצורך הארה של שטח הקרוב לגדר אך נמצא מחוץ לה (רצועה של כ-10 מטרים) ניתן להשתמש בגוף תאורה המשמש להארת רחובות בעל CUT-OFF חד, אשר לא יאפשר הארה של הגדר עצמה או השטח הקרוב לגדר מבפנים, ובכך גם יאפשר לכוח הפיטרול לבצע את עבודתו בצורה בטוחה ונוחה. כדי להשיג הארה נכונה של שטח הקרוב לגדר ונמצא מחוץ לה, מבלי להאיר אזורים אחרים, ניתן להשתמש בזרוע מתאימה אשר תמקם את גוף התאורה על קו הגדר או קצת מעבר לה.

כזכור, העמודים אמורים להיות מותקנים בתוך השטח הפנימי של הגדר, במרחק מינימלי מסוים (בדרך כלל כשני מטרים לפחות מהגדר) - על מנת להוות מכשול נוסף לטיפוס על הגדר. יש להקפיד על קבלת אחידות פיזור האור ברמה של 3:1 (היחס בין הממוצע למינימום) כאשר כל הגופים מאירים. כאשר משתמשים במצלמות אבטחה במעגל סגור (CCTV), יש לשמור על אחידות פיזור אור של 10:1 כאשר אחד הגופים יוצא מכלל פעולה.

רמת ההארה במישור האופקי צריכה להיות מתוכננת לרמה של 5 לוקס. ניתן להגדיל רמת הארה זו לרמת הארה גבוהה יותר, שתאפשר ניקוי גוף התאורה, החלפת מקור האור, או ירידה אפשרית במתח האספקה.

איור 6: דוגמא להארת גדר לקויה



(מקור: Security Lighting – CPNI - Centre for the Protection of National Infrastructure)

איור 8: דוגמא לתאורת מתחם בידוק מכוניות



מקור: Security Lighting – CPNI - Centre for the Protection (of National infrastructure)

עמודי התאורה פתרון זו יוצר הרתעה, ומאלץ מפגעים להתרחק מהגדר ברגע שרמת ההארה עולה. במקרה זה נדרש להגביר את התאורה בכח אחת ובאופן מיידי. ניתן להפעיל את מערכת התאורה גם באופן ידני, באמצעות פעולה יזומה של השומרים. מקור האור המתאים ביותר להפעלה הוא נורות פלואורסצנטיות קומפקטיות או מקור לד. החיסרון בשימוש בנורות פלואורסצנטיות קומפקטיות הוא בכך, שאורך חיי הנורה מתקצר כתוצאה מהפעלה תכופה שלה.

תאורת כניסה/נקודת ביקורת

רמות ההארה סביב נקודות בידוק או כניסה צריכות להיות גבוהות מרמת ההארה סביב לגדר, עקב סיבות מובנות. כמו כן, נדרש מקור אור בעל מקדם מסירת צבע (CRI) גבוה לצורך זיהוי צבעי מכוניות ואנשים. רמות הארה מומלצות נעות בין 50 לוקס לבין 150 לוקס.

באיור 8 מוצג שימוש בתאורת סינוור בנקודת ביקורת, המאלצת את הנהגים להאט בהתקרבם לנקודת הכניסה למתחם.

לעיתים נוצר צורך לבדוק באופן קפדני את כל המכוניות, כולל חלקן התחתון. לשם כך יש לדאוג לרמת הארה מספקת, שתהיה בעלת מקדם מסירת צבע גבוה, לצורך זיהוי נכון של צבעים בשעות החשיכה.

הארה הנדרשת בעת שימוש במצלמות אבטחה

מצלמות האבטחה המותקנות לאורך עמודי התאורה מהוות גורם מרתיע בפני מסתננים, ומשמשות לגילוי ולזיהוי אנשים המתקרבים לגדר. בטכנולוגיית ייצור מצלמות האבטחה התחולל שינוי משמעותי בשנים האחרונות, והמצלמות החדשות אינן זקוקות לרמות הארה גבוהות כדי לזהות אנשים בקירבת הגדר. המצלמות הנפוצות בשימוש הם מצלמות טלוויזיה במעגל סגור (CCTV), אשר מספקות תמונות באיכות טובה גם בתנאי לילה. לצורך פעולתן נדרש לספק להן הארה בתחום האינפרא-אדום, שהוא מחוץ לתחום האור הנראה. כיום ניתן לייצר אור אינפרא-אדום בצורה מיטבית באמצעות שימוש בטכנולוגיית לד. כיום אין תקן בינלאומי המכתיב את הספק המקור של האור האינפרא-אדום, וערכו נקבע על פי ניסיון העבר ומחקרים שונים שבוצעו במהלך השנים.

עמודי התאורה ממוקמים בדרך כלל במרחק מינימלי של 2.5 מטרים מהגדר. עמודי התאורה אינם מותקנים על הגדר, כדי למנוע ממפגעים מלטפס עליהם ולחצות את הגדר. מרחק

טיפוסי בין העמודים לצורך הארה כללית נע בין 25 ל-30 מטרים. מצלמות האבטחה יכולות להיות מותקנות במירווחים של 50 מטר. הניסיון מלמד, כי מומלץ להתקין על כל עמוד תאורה גם מצלמת אבטחה, ובכך מובטח שלא יהיו אזורים חשוכים שבהם המצלמה לא תזהה אנשים המתקרבים לגדר. בדרך כלל, בעמוד תאורה שגובהו 8 מטרים מותקן גוף התאורה בראש העמוד, ובגובה 6 מטרים מותקנת מצלמת האבטחה.

כפי שתואר לעיל, תכנון התאורה עבור המצלמות שונה מתכנון תאורה להארת שטחים (הארה במישור האופקי): התכנון חייב להתייחס למישור האנכי לשטח הרצפה, על מנת לקלוט מפגעים המתקרבים לגדר.

שימוש בטכנולוגיית לד ליצירת הארה עבור המצלמות מבטיח, נוסף על היתרונות שבשימוש בלד, שהוזכרו קודם לכן, גם הארה אופטימלית לשם קבלת תמונות מעולות באמצעות מצלמות אבטחה במעגל סגור. כדאי לזכור שטכנולוגיית אינפרא-אדום לד מאפשרת מעקב סמוי למרחקים ארוכים.

בקרת תאורה

תאורת גדר היא חשובה, ותורמת לביטחון של האנשים הנמצאים באתר. כל תקלה בגוף תאורה תגרום להפחתה מיידית ברמת

ההארה, ובמיוחד תפגע ברמת אחידות פיזור האור, ותקשה על ההגנה מפני מסתננים. לאור זאת, רצוי לשקול הקמת מערכת בקרה ברמת גוף התאורה הבודד, כך שהיא תתריע על כל תקלה בגוף התאורה. בכך היא תסייע לשמור על רמת ביטחון גבוהה, ותשפר את רמת התחזוקה של תאורת הגדר. למערכת בקרה זו ניתן לצרף את מערך מצלמות האבטחה, אשר מותקנות אף הן על עמודי התאורה.

הערך המזערי של רמת הארה בסמוך לגדר יהיה 5 לוקס והערך המרבי של אחידות במישור ההארה האופקי יהיה ביחס 3:1 בין ערך ממוצע לערך מינימום

אמינות אספקה לתאורת גדר

הפעלה תקינה של תאורת הגדר מחייבת אספקת החשמל באמינות גבוהה, ולכן רצוי לשים דגש בתכנון נכון של מערכת ההזנה לתאורת גדר. לשם השגת מטרה זו ניתן לפעול בכמה דרכים:

- יש לבצע תכנון הזנת תאורת הגדר באמצעות כבלים תת-קרקעיים המחוברים בצורת טבעת. במקרה של תקלה בכבל, ניתן לנטרל את הקטע הפגוע ולהזין את הכבלים מהצד השני של הטבעת.
- יש לבצע תכנון להזנת גופי התאורה באמצעות כבל המחובר ישירות למקור ההזנה הראשי התלת-פאזי, כאשר הכבלים המזינים את גופי התאורה מפוצלים לשלוש הפאזות לשם קבלת עומס מאוזן.
- יש להפעיל גנרטור חירום במקרה של הפסקת חשמל. גיבוי באמצעות סוללות אינו מעשי, עקב ההספק הרב שצורכת מערכת תאורת הגדר.

היבטים סביבתיים

אחד השיקולים הסביבתיים החשובים ביישום מערכת תאורת גדר הוא מניעת זיהום אור (Light Pollution). הדבר מושג בעיקר באמצעות בחירה נכונה של גופי התאורה. לעניין זה ניתן לקרוא את המאמר שכתב מהנדס שלומי לוי בנושא זיהום אור, ופורסם בגיליון פברואר 2011 של מידעון "פאזה אחרת".

יתרה מזאת, יש להתחשב בבעלי החיים המצויים בקירבת הגדר. ידוע כי בעלי החיים רגישים לאור בצורה משמעותית לעומת בני אדם. לכן, יש לשקול התקנת נורות בגוון לבן חם (3,000 קלווין), ובמקרים מסוימים ניתן גם להאיר בנורות בעלות טמפרטורת צבע של 4,000 קלווין.