

# השפעות מערכת החשמל במערכות עמעום לנורות

## פריקה .

אינג' תורג'מן דוד

אפיון של מערכות עמעום ( Dimming Systems ) יכול להיות היום מבלבל לאור האינפורמציה הרבה המתקבלת מיצרני ציוד העמעום , ומההשפעות של מערכת החשמל על תפוקת האור , שינוי צבע נורות הפריקה בתלות במתח , אורך החיים של הנורות . לעיתים אי הבהירות נובע גם מהאינפורמציה ומההמלצות של יצרני הנורות . במאמר זה ננסה לישב את הקונפליקט בין יצרני מערכות העמעום ויצרני הנורות . הגרפים הנתונים והתוצאות אשר יוצגו במאמר זה הם מתוך נתוני נורות של חברת ג'נרל אלקטריק ( GE Lighting Systems ) , וכן מתוך בדיקות של ( National Lighting Product Information Program ) NLPPIP .

### מהם היתרונות של מערכות עמעום בנורות פריקה ?

היתרונות של מערכות העמעום בראש וראשונה בחיסכון באנרגיה , הורדת עוצמת הדרישה לחשמל בשעות עומס , אפשרות לשימוש נכון של מרחבים בתאורת פנים תוך שימוש בעוצמת אור שונה . החיסכון באנרגיה נובע מהורדת מתח האספקה למערכות התאורה , במערכות פנים החיסכון הוא גם כתוצאה מהורדת העוצמה של המזגנים שכן יש פחות פיזור חום מנורות הפועלות במצב של עמעום . מערכות עמעום בנורת HID מאפשרות גמישות בשימוש בחללים סגורים למשל באולם ספורט ניתן ע"י שימוש ברמות תאורה שונות ליעד את החלל למטרות שונות כגון אירועי ספורט , אירועים ציבוריים , אירועים חברתיים ועוד .

לצורך ההפעלה של נורות פריקה אנו נדרשים למערכת הצתה ( Ignitor ) וכן למשנק ( Ballast ) אשר שומר על נתוני זרם תקינים לנורה . ע"מ לקבל תפוקת אור מלאה יש צורך להפעיל את הנורות לפרק זמן מוגדר במתח נומינלי – תהליך זה נקרא חימום מוקדם . בהפסקת מתח הנורות כבות וחוזרות לתפוקה מלאה רק לאחר התקררות של הנורות ומתן מתח נומינלי לחימום מוקדם שוב . הזמן הנדרש להצתה חוזרת תלוי בסוג הנורה ומוגדר כ Restrike time - טבלה 1 – מראה נתונים של נורות פריקה שונות עם נתונים נוספים :

Lamp Type	Power (Watts)	Initial System Efficacy (LPW)	Lumen Depreciation (%)	Average Rated Life (hours)	Warm-up Time (minutes)	Restrike Time ( minutes)
High-Pressure Sodium	35-1000	50-150	9-12	7500-55000	3-4	0.5-1
Mercury Vapor	40-1250	24-60	11-25	12000-24000+	5-7	3-6
Metal Halide	35-2000	69-120	20-23	5000-20000+	2-5	10-20

Operating characteristics of HID lamps and ballasts  
טבלה 1–

העובדה שבחלק מנורות הפריקה זמן ההצתה החוזרת הינו ארוך מגביל את השימוש בנורות אילו ביישומים רבים אחרים .  
 אולם נורות הפריקה מציעות יתרונות אחרים כגון יעילות אורית גבוהה ביחס לנורות ליבון או פלואורסנטים . כמו כן נורות פריקה הינם בעלי מימדים קטנים יותר מנורות פלואורסנט ליניאריות ולכן ניתן להתקינם במגוון רחב של רפלקטורים למטרות שונות .  
 השימוש בנורות פריקה קטנים מאפשר שליטה על פיזור האור תוך שימוש במגוון רפלקטורים גדול המוצע היום .  
 יתרון נוסף הקיים בנורות פריקה ביחס לנורות פלואורסנט הינו בעובדה שנורות פריקה אינם מושפעות כמו הפלואורסנטים מטמפרטורת הסביבה .

### **מהי הטכנולוגיה המשמשת לעמעום נורות פריקה ?**

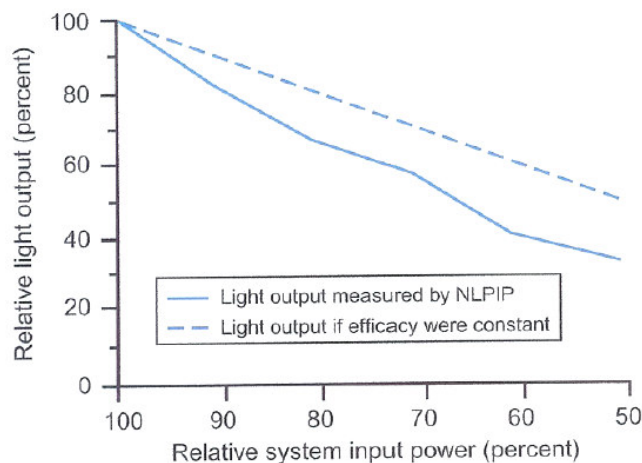
כיום קיימות שתי שיטות לביצוע עמעום של נורות פריקה , שיטה ראשונה נקראת Two level , והשנייה Continuous systems . השיטה הראשונה הינה שיטה זולה יחסית , משתמשים בה בעזרת משנקי ( Constant Wattage Autotransformer ) CWA , ביצוע העמעום מתבצע ע"י הוספת מעגל חשמלי עם קבל נוסף , המאפשר הורדת ההספק ותפוקת האור לרמה נמוכה יותר . בשיטה השנייה ( Continuous systems ) – קיימות שלוש שיטות :

- שימוש במערכת המאפשרת הורדת המתח המסופק למערכת המשנק . בשיטה זו ניתן להוריד את ההספק של הנורה עד ל 60% .
- שימוש במשנק ראקטור נוסף במעגל החשמלי , המאפשר שינוי הזרם לנורה ללא שינוי במתח , שיטה זו מאפשרת הורדת הספק הנורה על ל 30% מההספק .
- שימוש במעגלים מוכללים ( Solid State ) המאפשרים שינוי של המתח והזרם המסופקים למשנק , שיטה זו מאפשרת הורדת הספק הנורה עד ל 50% .

כל השיטות המצוינות לעיל מיועדות למערכות המשתמשות במשנקים מגנטיים . כיום נכנסו לשימוש גם משנקים אלקטרוניים לנורות פריקה , המאפשרים ביצוע עמעום תוך שמירה על מתן תנאים אופטימלים לנורות הפריקה .  
 שיטות העמעום המצוינות לעיל ניתנים לשליטה מקומית או לשליטה מרחוק , הפעלת המערכת יכולה להתבצע הן ע"י שרון מתוכנת והן ע"י פוטו-צל . המערכות מסוגלות לשלוט באזור אחד של המתקן או שליטה במספר אזורים בו זמנית .

### **איך מערכות העמעום משפיעות על תפוקת האור ועל ההספק המערכת ?**

הורדת ההספק של המערכת מוריד את תפוקת האור אך הירידה של תפוקת האור אינה ליניארית ביחס להורדת ההספק .  
 כאשר נורות פריקה נמצאות במצב עמעום תפוקת האור שלהם הינה נמוכה יותר ביחס להורדת ההספק של המערכת .  
 בגרף 1- מציג תוצאות בדיקה אשר בוצעה ע"י ה NLPPIP לבחינה של השפעת התפוקה של האור בנורות מטל היילד 400 ואת מצופות ציפוי פלואורני כאשר מבצעים עמעום של הנורה במערכת עמום רציפה .



גרף 1- ( Light output vs. system input power for a 400-watt ,coated metal halide lamp )

בטבלה 2 – מראה את השינוי של יעילות הנורה במצבי הספק משתנים כפי שנמדדו ע"י NLPIP

### Changes in efficacy for a 400-watt, coated metal halide lamp

System Input Power (watts)	Relative Efficacy (%)*
439	100
393	91
354	82
302	79
260	67
247	59

\* Relative light output divided by relative system input power.

טבלה 2 –

NLPIP ביצעה גם בדיקות בנורות נל"ג 400 ואט, תוך שימוש במערכת עמעום Two level, הפעילו את הנורות בהספק מלא 100% עד שהנורות התייצבו, ולאחר מכן הורידו את ההספק ל 30%, לאחר התייצבות הנורות במצב זה רמת התאורה שהתקבלה הייתה רק 10% ביחס לרמה בהספק המלא. והיעילות של הנורות ירדה ל 39% מהיעילות בהספק המלא.

חלק מהמערכות עמעום המיוצרות היום אינם מצליחות לייצב את רמת האור באופן מיידי עם שינוי רמת המתח, ונדרש זמן להתייצבות האור. כאשר מורידים את ההספק ממקסימום למינימום האפשרי במערכת העמעום, יותר ממחצית השינוי מתבצע תוך מספר שניות אך יציבות המערכת מגיעה רק לאחר 3 עד 10 דקות. בחלק אחר של מערכות העמעום היציבות מתקבלת תוך זמן קצר יותר. חלק מיצרני הנורות מודעים לשינוי ב LLD (Lamp Lumen Depreciation) אשר עולה עם השימוש במערכות עמעום, בנורות כספית ונורות מטל היילד, שכן הפעלת הנורות בהספק חלקי מונע הפעלת עומס יתר על האלקטרודות בנורות (מונע השחרה של השפופרת הפנימית בנורות). ע"מ לשמור על רמה טובה של LLD המלצת היצרנים הינה לא לבצע עמעום של יותר מ 50% מהספק הנורה. המלצה זו טובה גם ע"מ לשמור על חיי הנורה וצבע האור של הנורה. לגבי נורות נל"ג יצרני הנורות טוענות כי אין שינוי ב LLD של הנורות כתוצאה לביצוע עמעום.

### איך משפיע העמעום על צבע שהנורה מפיקה ?

מבין שלושת הסוגים של נורות הפריקה, נורות מטל היילד הינם הרגישות ביותר מבחינת הצבע שהם מפיקות כאשר מבצעים עמעום. העמעום גורם להורדת הטמפרטורה של השפופרת הפנימית עד למצב שבו חלק מהגזים אינו מצליח לבצע עירור, דבר הגורם לשינוי ספקטרלי של הנורה.

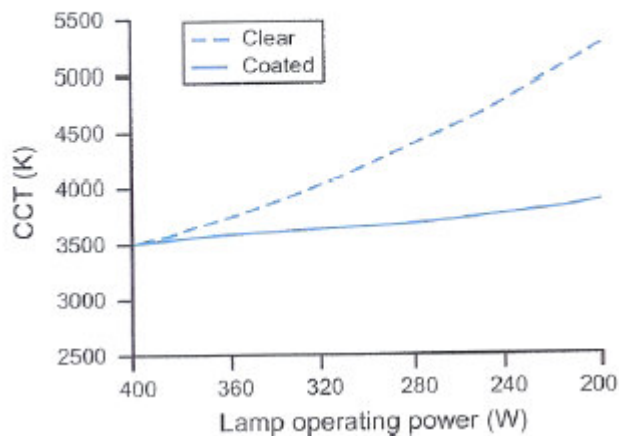
חלק מיצרני הנורות מצהירים כי CCT (Correlated color temperature) הינו מזערי כאשר מדובר בנורות מטל היילד שעליהם מבוצע עמעום של 80%. בכל מקרה מצהירים יצרני הנורות כי יש שינוי מהותי בצבע עם ביצוע עמעום של מעבר ל 60% והצבע המתקבל החנו בתחום הכחול יותר.

האפקט של העמעום על CCT ועל ה CRI (Color rendering index) בנורות עם ציפוי פלוארני הינו קטן יותר מאשר בנורות שקופות ללא מעטה פלוארני. כאשר מבצעים עמעום בנורות מטל היילד שקופות לרמה של 50% מההספק גורם התאמת הצבע CRI יורד מ65 לרמה של 45 וCCT יכול לעלות ב 1500 K. לעומת זאת בנורות מטל היילד עם ציפוי פלוארני כאשר מבצעים עמעום לרמה של 50% מההספק משתנה ה CRI מ 70 ל 60 וה CCT עולה רק ב 400 K.

איור 3 ו איור 4 מראה את האפקט של העמעום על ה CCT ועל ה CRI בנורות מטל היילד. זאת הסיבה שחלק מיצרני הנורות אינם ממליצות לבצע עמעום בנורות מטל היילד מתחת ל 50% מההספק הנקוב שלהם.

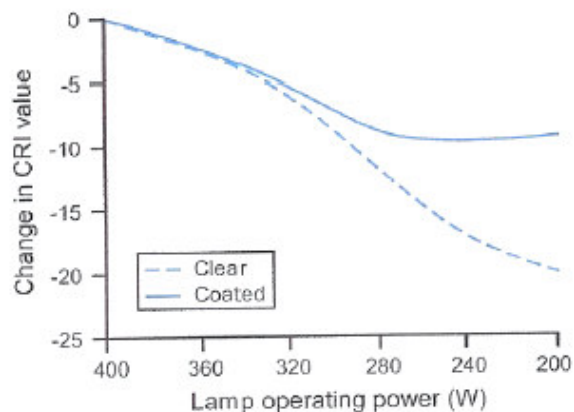
בנורות HPS – נתון לחץ גבוה השינוי ב CCT יכול לרדת ב 50 K עד 200 K עם ביצוע עמעום, האור נוטה להיות יותר צהוב, יש לציין כי מבחינת ה CRI השינוי הינו מזערי בלבד.

**Effects of dimming on the CCTs of 400-watt, clear and coated metal halide lamps** (Adapted from Gibson 1994)



איור - 3

**Effects of dimming on the CRI values of 400-watt, clear and coated metal halide lamps** (Adapted from Gibson 1994)



איור - 4

## איך משפיע העמעום על חיי הנורה ?

ה NLLPIP לא פרסם את תוצאות ההשפעה של העמעום על אורך חיי הנורה , אולם מפרסומים אחרים עולה כי נורות אשר הופעלו בהספק מלא לפרק זמן של כ 15 דקות ולאחר מכן בוצע העמעום לא התגלה שינוי מהותי באורך החיים של הנורה .  
אולם חלק מיצרני הנורות טוענות כי הפעלה לאורך זמן של נרות הפריקה במצב של עמעום נמוך במיוחד וללא בקרה על קצב העמעום מקצרות את חיי הנורה וכי יש פגיעה בתפוקת האור מהנורה.  
חלק מהיצרנים טוענות כי ביצוע עמעום מתחת ל 50% בנורות כספית יקצר את חיי הנורה בחצי , ובנורות נל"ג ומטל היילד ב 90% .  
אולם אם מבצעים עמעום לפי ההנחיות כלומר מתן חימום מוקדם לנורות – כ 15 דקות , קצב הורדת המתח לנורות יהיה איטי ובנורות מטל היילד מומלץ שימוש בנורות עם תנוחה עלית ( Base-up ) , לא נצפתה ירידה באורך חיי הנורה .  
כמובן שבמידה ויש הפסקה רגעית של המתח כאשר הנורה הינה במצב עמעום האפשרות להצתה חוזרת הינו נמוך ולכן יש צורך לבצע חימום מוקדם של הנורה לפני ביצוע עמעום מחדש .

## סיכום :

השימוש במערכות עמעום יכול להיות הן בתאורה חוץ כגון מגרשי חניה , כבישים , מעברים עליים ותחתיים , נמלי תעופה והן בתאורת פנים כגון סופר מרקט , קניונים , מחסנים . בתאורת פנים ניתן להשתמש גם במערכות המזהות תנועה ומבצעות הגברת עוצמת האור , וכאשר אין תנועה מבצעות המערכות הורדה של רמת האור ( Two level dimming systems ) . השליטה מבוצעת ע"י תאי פוטו-צל .

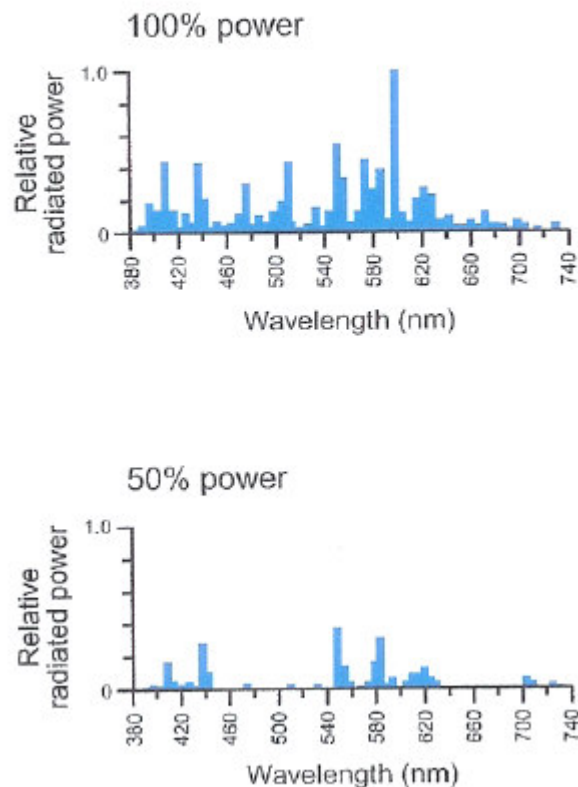
השימוש במערכות עמעום כמכשיר לחיסכון באנרגיה הינו חשוב מאוד כל עוד מבוצע העמעום בצורה נכונה , תחת בקרה ובהתאם להמלצות של יצרני הנורות ובידיעה ברורה על השפעות העמעום על הפרמטרים השונים כפי שפורט לעיל .

מומלץ לקבל אישור מיצרני הנורות לשימוש במערכות עמעום הן כדי לקבל הנחיות לביצוע העמעום בהתאם לסוג הנורה והן ע"מ לקבל אחריות של הספק על הנורות , ציוד ההפעלה ומערכות העמעום .

## נספח – השפעת העמעום בנורות HID על הספקטרום :

העקום הספקטרלי-SPD ( Spectral power distribution ) של הנורות משקף את הפליטה של הנורה בתדרים שונים. ה-NLPIP ביצע מדידות של העקום הספקטרלי בנורות HID במצב שבו הנורות פועלות בתפוקה מלאה ובמצב של עמעום. בשני הגרפים הבאים ניתן לראות את העקום הספקטרלי של נורות מטל היילד 400 ואת מצופות בציפוי פלואורוני בשני מצבים, האחד במצב של 100% מהעוצמה והשני ב 50% מהעוצמה.

**SPD curves for a 400-watt, coated metal halide lamp**



ניתן לראות ירידה של העקומה הספקטרלית בכל התדרים, במצב עמעום ה-CCT של הנורה השתנה מ 4310 K ל 3850 K.

בשני הגרפים הבאים ניתן לראות את ההשפעה של עמעום בנורות נלייג 400 ואת אגסיות ומצופות ציפוי פלואורני . הגרף העליון כאשר הספק הנורה היה 100% והגרף התחתון כאשר הספק הנור הינו 30% . CCT של הנורה השתנה מ 1990 K ל 2070 K .

### SPD curves for a 400-watt, coated high-pressure sodium lamp

