



DIGITAL LUMENS

VEDLIKEHOLDSFAKTOR FOR ILE INDUSTRIARMATUR FRA DIGITAL LUMENS

Digital lumens har henvendt seg til Norsk forskningslaboratorium, Høgskolen i Gjøvik, for å utrede hvordan vedlikeholdsfaktoren for ILE industriarmatur skal behandles.

Rapporten tar utgangspunkt i standard testing av lyskilder og produsentens datablad.

Vedlikeholdsfaktorens hensikt

I NS EN 12464-1 benevnes alle krav til belysningsstyrker som vedlikeholdt belysningsstyrke. Med dette menes at belysningsstyrken på flaten det er stilt krav til, aldri skal være under det gitte krav. Det gjelder uansett om kravet er en middelvei over en flate eller som punkt. Oftest er kravet en middelvei, og da beskrives kravet som midlere vedlikeholdt belysningsstyrke.

I løpet av sin levetid forringes et belysningsanlegg. Vi har lystilbakegang i lyskilden, vi har nedstøving og fastbrenning av støv i lysarmaturens reflektorer samt gulning og tilskitning av en lysarmaturs avdekning og vi har nedstøving og flater som mørkner i omgivelsene. Disse faktorene til sammen reduserer belysningsstyrken i rommet over tid. Når kravene i NS EN 12464-1 er minimum belysningsstyrker, må vi ta hensyn til reduksjonen av belysningsstyrken, slik at kravene kan overholdes. Synker belysningsstyrken med 50 lux over en vedlikeholdperiode, må kapasiteten på belysningsanlegget i ny tilstand ha minst 50 lux overkapasitet for at minimumskravet skal overholdes.

CIE har definert hvordan en slik beregning skal gjennomføres i sin publikasjon CIE Technical report 097:2005 Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems. Beregningen gjennomføres ved at man beregner hvor mye lys som er igjen på slutten av vedlikeholdperioden. Med vedlikeholdperiode menes det tidsintervallet som er mellom hver utskifting av lyskilde og rengjøring av lysarmaturer og omgivende flater.

GJØVIK UNIVERSITY COLLEGE

Postadresse:
Postboks 191
2802 Gjøvik

Besøksadresse:
Teknologiveien 22
2815 Gjøvik

Telefon:
61 13 51 00

Telefax:
61 13 51 70

E-post:
info@hig.no

Vedlikeholdsfaktorens 4 faktorer

Vedlikeholdsfaktoren består av fire deler:

- Reduksjonsfaktoren for lyskilden som funksjon av driftstiden (LLMF=lamp lumen maintenance factor)
- Reduksjonsfaktoren for lyskildefall (LSF=lamp survival factor)
- Reduksjonsfaktoren for lysarmaturens virkningsgrad (LMF= luminaire maintenance factor)
- Reduksjonsfaktoren for nedsmutsing/aldring av rommets overflater (RSMF=room surface maintenance factor)

Vedlikeholdsfaktoren er produktet av disse fire enkeltfaktorene, dvs.

$MF = \text{maintenance factor} = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF$

Faktorene kan ha ulike vedlikeholdsintervall som må hensyntas ved dimensjonering av belyningsanlegget.

I 097:2005 er det oppgitt tabeller man kan bruke for å finne korrekt LLMF, LSF, LMF og RSMF.

LLMF

LLMF gjelder kun lyskilden og dens driftsbetingelser. Noen lyskilder er svært stabile over sin driftstid og får derfor en høy faktor, mens andre tapes raskt. Noen lyskilder er spenningsfølsomme og kan derfor avgi varierende lysfluks som funksjon av avvik i spenningen. Hvis den elektriske installasjonen er utført i hht forskriftene, skal ikke spenningen ved armaturen avvike mer enn 5 % av nominell spenning, men 5 % har betydning. Noen typer lyskilder er temperaturfølsomme og kan derfor avgi varierende lysfluks på grunn av enten lav eller høy temperatur.

Det skjer stadig forbedringer av lyskilder. Derfor kan tabellen i CIE TC 097:2005 være misvisende for enkelte typer. Tallene i tabellen kan være helt opp til 10 år gamle. I tabellen er det oppgitt at variasjonen i LED er for stor til at det lar seg gjøre å standardisere tall. Det blir da produsentens oppgave å dokumentere LLMS.

CREE Xlamp XT-E White LED er testet i hht IES LM-80 og dokumentert i rapport. Testen gjøres over 6048 brenntimer. Deretter gjennomføres en projeksjon av endringen i LMFF etter den offisielle standarden IES TM 21-11. Både målingene og videre beregninger er dokumentert i rapporten fra IES. Rapporten viser følgende verdier på LLMF for brenntid fram til 36.300 timer, for tre forskjellige omgivelsestemperaturer.

Tabell 1: Utdrag fra IES LM-80-2008, test rapport for LLMF

Temperatur	LLMF etter 36.300 timer
55 °C	96 (avlest på kurve)
85 °C	89 (avlest på kurve)
105 °C	80 (avlest på kurve)

CIE- tabellen over oppgitte LLMF for lysrør går ikke lenger enn til 30.000 timer. Vanlig levetid for lysrør er fra 15 til 20.000 timer. I hht CIE-tabellen har de beste lysrørene en LMFF på 0,9 etter 20.000 brenntimer. Det må kommenteres her, at verdiene i tabellen begynner å bli gamle, og at forholdene i dag kan være noe bedre. Ved sammenlikning mellom fabrikkdataene for CREE XT-E White LED med verdiene i CIE-tabellen, framstår LED som en betydelig mer stabil lyskilde mhp LLMF.

LSF

LSF omhandler sannsynligheten for utfall av lyskilder. Levetiden for vanlige lyskilder måles ved å teste 1000 lyskilder og måle tiden fram til lyskilde nr 500 faller ut. Hvorvidt man kan leve med slukte lyskilder er avhengig av både antall lysarmaturer i installasjonen, konsekvenser ved dårlig jevnhet i belysningen grunnet utbrente lyskilder og redusert belyningsstyrke. Standardavviket i levetiden for en lyskilde er stor. Selv om teknisk levetid er f.eks. 20.000 timer, kan den første lyskilden i anlegget brenne ut betydelig tidligere. I 097:2005 finnes tabeller over sannsynligheten for utfall av lyskilden som funksjon av brenntiden. På et kontor kan man ikke leve med en utbrent lyskilde, og derfor blir lyskilden skiftet ut med det samme. Da vil LSF=1. I et større industrianlegg kan det være lønnsomt å gjennomføre periodiske lyskildeskift, dvs. at lyskildene skiftes etter en bestemt syklus og at man aksepterer at noen av rørene er utbrent. Ut fra definisjonen av teknisk levetid er LFS=0,5 ved oppgitt teknisk levetid. Ved bruk av faste vedlikeholdsintervall skifter man lyskildene betydelig tidligere, og gjerne når sannsynligheten for utbrent lyskilde er 0,2. Tiden fram til 0,2 sannsynlighet angis ofte som økonomisk levetid. Den økonomisk gunstigste tiden for utskifting vil imidlertid kunne variere med typen aktivitet i rommet, strømprisene, hvor sårbar man er i ujevnhet i belyningsstyrkene, kostnaden på utskiftingen, tidsforbruket på utskiftingen, om lyskildeskift kan gjøres når bedriften går, risikoforskrifter, osv.

Levetid på LED kan ikke måles tilsvarende øvrige lyskilder. En LED svikter ikke på samme måte som for en glødelampe der glødetråden ryker eller for lysrør der man kan få en svikt i elektrodene. LED er forholdsvis stabil inntil et punkt hvor den plutselig avtar, for igjen å lyse svakt over betydelig lengre tid. Levetiden på LED defineres normalt som når lysfluksen er redusert med minst 30 % av halvparten av partiet som testes. Dette betegnes som L70, B50.

CREE XT-E White LED Har i hht målerapport IES LM 80-2008 ingen lampeutfall (lysfluks redusert med mer enn 30 %) i løpet av 36.300 brenntimer. Beregnet teknisk levetid i hht til IES TM 21-11 er:

Tabell 2: Utdrag fra IES LM-80-2008, test rapport for LSF

Omgivelsestemperatur	Målt LSF etter 6048 timer	Rapportert LSF ved 36.300 timer hht IES TM 21-11	Beregnet teknisk levetid iht IES TM 21-11
55 °C	1	1	461.000
85 °C	1	1	107.000
105 °C	1	1	58.400

Når en LED-kilde integreres i en lysarmatur endrer driftsbetingelsene seg, og som kan påvirke levetiden. Dette skyldes at lyskilden ikke får frigjort varme på samme måte som i et målelaboratorieoppsett, og vi får noe høyere temperatur. Dette er grunnen til at lyskildene testes ved ulike temperaturer. Resulterende temperatur er avhengig av hvordan lyskilden integreres i lysarmaturen. Digital Lumens garanterer lysarmaturenes levetid opp til 107.000 timer, som er i overensstemmelse LED-kildens temperatur på 85 °C.

LMF

Endringer i lysarmaturens virkningsgrad kommer av nedstøving av reflektor, fastbrenning av støv på reflektor, gulning av lystransparente deler, osv. Vedlikeholdet av armaturen består av rengjøring av avdekning og reflektorer. 097:2005 tar ikke hensyn til varige endringer av virkningsgraden forårsaket av gulning av f.eks. plastavdekning. Man tar utgangspunkt i at når armaturen er rengjort, så er faktoren 1.0 igjen. Det er ikke alltid den er det, men en plastavdekning eller reflektor kan jo skiftes.

Det skilles mellom svært rent (laboratorier), rent, normalt og skittent miljø. Et vanlig kontor går for å være normalt.

Det er vanlig at lysarmaturen rengjøres ved lyskildeskift, såfremt ikke aktiviteten i rommet krever høy grad av renhet. Det som avgjør LMF er grad av skittenhet og hvor lett støv setter seg på en lysarmatur. Eksempelvis vil en armatur som er åpen gjennom bli mindre skitten enn en armatur som er lukket på toppen. Dette henger sammen med at man får stilleståendeakkumulert oppvarmet luft inne i armaturen. Jo varmere armaturen blir, jo mer støv vil brenne seg fast.

En LED armatur uten reflektor vil få en høy LMF fordi den ikke utvikler varme i særlig grad slik at støv brenner seg fast, og plasten som LED-kilden er bygget inn i har lav varmekapasitet. Plasten som LED kilden er pakket inn i, kan få en gulning over lang tid. Dette er samme prosess som en vanlig lysrørarmatur med plastavdekning kan få. Gulningsprosessen kan ha en viss betydning, men det er ikke forventet at den er høy. Dette er også samme årsak til at den ikke tas hensyn til i 097:2005, men over svært lang tid kan den ha en viss innflytelse. Totalt er det sannsynlig at en LED-armatur uten reflektor har en betydelig høyere LMF enn en konvensjonell lysrørarmatur med reflektor, fordi den kun blir

redusert pga støv og en svak effekt av gulning over lang tid. For ILE armaturene vil plastdelen med LED være rettet nedover. Det er derfor begrenset hvor mye støv som kan feste seg.

RSMF

Belysningsstyrkens endring forårsaket av grad av skittenhet og fargeendringer i rommet påvirkes av hvor ofte rommet rengjøres eventuelt males. Valg av lysarmaturer har en viss betydning, fordi graden av reflektert lys påvirker resultatet. Resulterende lys fra en dyptstrålende lysarmatur blir mindre påvirket av omgivelsene enn en bredstrålet armatur. Jo mer direktestrålet en lysarmatur er i forhold til objektet som belyses, jo mindre betyr renholdet. Lyskilden i seg selv har ingen betydning i denne sammenheng, men lysarmaturens utforming kan ha en viss betydning. Jo mer justerbar en lysarmatur er i forhold til oppgaven i form av direktelys, jo bedre er det. Dette vil være gunstig for RSMF, men fanges ikke opp i CIE's tabellverk.

ILE industriarmaturer kan justere strålingsretningen til de ulike radene med lyskilder. Dette gir store muligheter for å fokusere lyset direkte mot arbeidsoppgavene, og man blir mindre avhengig av rommets reflekterende flater. Dette betyr at ILE systemet har variabel lysfordeling som kan justeres etter behov.

Total vedlikeholdsfaktor

Total vedlikeholdsfaktor er produktet av LLMF, LSF, LMF og RSMF. RSMF er lik for begge parter. LSF og LMF kan settes lik 1 for LED-armaturer. Total vedlikeholdsfaktor vil være betydelig høyere for LED-armaturer uten reflektor enn for konvensjonelle lysrørarmaturer med reflektor.

Dimensjonering

For å hindre at belysningsnivået synker under forskriftskravet til belysningsnivå gjennom et vedlikeholdsintervall, må man overdimensjonere for å sikre minimumsverdien. Total vedlikeholdsfaktor bestemmer hvor mye belysningsanlegget må overdimensjoneres. En vedlikeholdsfaktor på 0,6 gir eksempelvis en overdimensjonering på $1/0,6=1,67$, dvs. 67 % over forskriftskravet. Fra nyverdi vil belysningsstyrken gradvis reduseres ned til forskriftskravet og nytt vedlikehold er påkrevet. Hvis ikke dimming benyttes for å spare inn for overdimensjoneringen, vil effektforbruket til overdimensjoneringen være 67 % i hele vedlikeholdspannen ved en vedlikeholdsfaktor på 0,6.

LED-armaturene i ILE-serien fra Digital Lumens har innebygget føler som kompenserer kontinuerlig for endringer i belysningen. Lysarmaturen programmeres til et gitt belysningsstyrkenivå, og holder denne såfremt armaturen har kapasitet. For å sikre denne kapasiteten må installasjonen overdimensjoneres i installert lysfluks, fordi den må klare å yte minst forskriftskravet ved endt vedlikeholdspanne, men den trenger ikke så stor overdimensjonering som en konvensjonell lysrørarmatur må ha. LLMF er ca. 0,95 etter 40.000 brenntimer. Selv om vi trekker inn RSMF er det sannsynlig at total vedlikeholdsfaktor er minst 0,8. Dette forutsettes at man faktisk rengjør rommet eller maler med noen få års mellomrom. Ut fra dette kreves en overdimensjonering på 25%. Fordi lysarmaturen holder lysnivået på forskriftskravet, vil det over vedlikeholdspannen være kun 12,5 % av overdimensjoneringen som havner på strømgning. ILE-serien har dagslysføler som kan utnyttes til ytterligere strømsparing, hvis dagslys er til stede.

ILE-serien er i tillegg forsynt med integrert bevegelsesdetektor. Dette muliggjør umiddelbar slukking eller kraftig neddimming når aktivitet ikke foregår. LED tenner og slukker umiddelbart, har ingen tenntid og ofte tenning og slukking påvirker ikke LED-kildenes levetid. Effektsparingen som kan oppnås med et slikt system kan være meget stor.

LED-armaturer har et generelt lavere strømforbruk enn konvensjonelle lysarmaturer. Dette er en generell besparelse som varer i hele vedlikeholdsperioden.

ILE-serien trenger minimalt med vedlikehold. Blir rommet rengjort, kan man selvsagt tørke av armaturoverflaten også. Ut over det, krever ikke ILE-serien vedlikehold, med mindre lysarmaturen skal skiftes.

Ut fra definisjonen av teknisk levetid skal det være minst 50 % av lyskildene ha en restlysfluks på minst 0,7. Når en LED-lyskilde har nådd en restlysfluks på 0,7 faller verdien forholdsvis mye. Man må derfor forvente at gjennomsnittlig restlysfluks for et helt belysningsanlegg kan ha sunket helt ned mot 0,5. Man kan selvsagt overdimensjonere anlegget med 100 % og derved sikre samme belysningsnivå i hele denne perioden. Det vil gi et økt effektforbruk på et sted mellom 30 og 50%. Økt effektforbruk må imidlertid nedbetales med færre utskiftninger av lysarmaturer og derved reduserte vedlikeholdskostnader.

Med vennlig hilsen

Høgskolen i Gjøvik

Jonny Nersveen, dr.ing
Førsteamanuensis

