



HÖGSKOLAN
DALARNA

EXAMENSARBETE

Energiteknikerprogrammet 120 hp

Energieffektiv belysning i flerbostadshus

Karolina Martinson

E4212Mi
Juni 2012

Förord

Examensarbetet är gjort i samarbete med Hållbar utveckling Väst. HUV är ett regionalt energikontor i Västra Götaland som genom samordning, nätverksbyggande projektutveckling och projektledning driver på utvecklingen mot ett hållbart samhälle. Deras främsta målgrupp är länets kommuner för vilka de driver ett nätverk för kommunernas energi- och klimatrådgivare. Till HUV:s uppdragsgivare hör också företag och organisationer.

Personer jag vill tacka:

Handledare:

Eva och Peter Karlsson – Handledare , Höskolan Dalarna

Linda Ternström- Handledare , Hållbar utveckling Väst

Maj-Liz Hedendahl- Projektledare, Hållbar utveckling Väst

Studiebesök:

Hans Nilsson- Riksbyggen,

Vanja Månborg - Bostadsbolaget.

Anders Olzon - Fastighetsskötare, Bostadsrättsföreningen Vite Knut , Göteborg

Ulf Kullgren_ - Fastighetsskötare , Kobbarnas väg, Norra Gubberogatan , Göteborg

Bosse Moberg -Brf Jakten , Göteborg

Erfarenheter och råd:

Jonas Tannerstad – Örebrobostäder

Lotta Bångens – Aton Teknik konsult AB

Ströms El

Dag Danell – Extronic Elektronik AB

Mattias Wester - Poseidon

Ett stort och väldigt varmt tack till min älskade familj som har stått ut, och mina vänner och släktingar som har bidragit med sin hjälp.

Sammanfattning

Ungefär 10 % av all elenergi som används i Sverige varje år kan relateras till belysning. Eftersom elkraftsproduktionen inom EU till stor del är baserad på fossila bränslen är en minskad elanvändning ett viktigt bidrag för att minska mängden koldioxidutsläpp.

I ett flerbostadshus står belysningen inom- och utomhus för drygt 20 % av de totala eldriftskostnaderna.[1] s.17 Att investera i ny energieffektivare belysning är ett av de mest lönsamma sätten att minska koldioxidutsläppen. Räknat med dagens elpriser går ungefär 70% av utgiften för en belysningsanläggning till elkostnaderna för belysningens drift.[2] En energisnål belysningsanläggning kan minska denna kostnad med uppemot 90 procent.

Under 2011-2013 driver HUV projektet ***”Energieffektiv belysning i flerbostadshus –Verktyg för energi- och klimatrådgivning”*** som skall stärka energi- och klimatrådgivare i deras rådgivarinsatser. Rapporten ingår som en del av projektet i syfte att presentera en del av den teknik som finns på marknaden, samt att med mätningar från olika belysningslösningar skapa underlag till kriterier för goda exempel.

Det finns idag ett stort antal sätt att alstra ljus med elektrisk energi. De olika ljuskällorna skiljer sig åt med sina olika egenskaper i tex. ljusutbyte och livslängd.

Enligt Svensk standard skall en belysningsanläggning vara så energieffektiv som möjligt. För att minska energianvändningen kan man i sin ljusanläggning installera olika former av styr- och regler system som kan bidra till att exv.

- Ljusanvändningen under drift blir så liten som möjligt
- Dagsljuset kan utnyttjas på bästa sätt
- Att ljuset släcks när ingen är i rummet.

I rapporten undersöks tre i trapphus vanligt förekommande belysningslösningar.

Den första anläggningen visade sig ha brister i justeringen som gav en stor känslighet i detekteringen. Detta bidrog till att energibesparingen blev mindre än utrustningen har potential för, samt att slitaget på lysrör och styrning blir stort.

Mätningarna från det andra trapphuset visade att med en grundbelysning på 10% kan en så stor del som 80-90% av den totala energin gå till grundbelysningen.

Det tredje trapphuset har en traditionell trapphusbelysning med tidsinställt relä. I kombination med lågenergiljuskällor visade den sig vara den belysningsanläggning i undersökningen som kunde uppvisa lägsta energianvändning.

Två av trapphusen visade på stora brister i belysningsstyrka (lux) på i stort sett alla uppmätta platser. Slutsatsen av detta är att energieffektivisering ej får ske på bekostnad av de boendes säkerhet. Belysningsanläggningen måste först och främst leva upp till den krävda belysningsstyrkan. Därefter skall energieffektivaste alternativ väljas efter lokalens möjligheter och begränsningar.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Genomförande	2
1.4 Avgränsning	3
2 Teori	3
2.1 Ljus och ljus tekniska begrepp	4
Ljusflöde	4
Belysningsstyrka	4
Ljusstyrka	4
Luminans	4
Ljusutbyte/ energieffektivitet	4
Bländning	4
Färgtemperatur	5
Färgåtergivning/färgkvalitet	5
Armatuurverkningsgrad	5
Elektriska och magnetiska fält	5
Energitäthet	5
2.2 Livslängd	5
Medellivslängd/ Medianlivslängd	5
Servicelängd/ Servicelife	5
Teknisk livslängd	6
Förbrukarlivslängd	6
2.3 Ljuskällor	6
2.3.1 Glödljus	6
Glödlampor	7
Longlifelampor	7
Halogenlampor	8
2.3.2 Urladdningsljus	9
Raka lysrör	9
Lysrör T8	9
Lysrör T5	10
High Efficiency	10
High Output	10
Lysrörslampor och kompaktlysror "lågenergilampor"	11
Lysrörslampor	11
Kompaktlysror	11
2.3.3 Induktionslampor	12
2.3.4 Högtrycksurladdningslampor	12
2.3.5 Lysdioder LED	13
2.4 Armaturers /ljuskällors driftdon	14
2.4.1 Lysrörs driftdon	15
Konventionella /elektromagnetiska driftdon	15
HF-don – Högfrekvensdrift	15
Dimbara HF-don	16
Elektroniska tändare	16
2.4.2 Driftdon för LED	17
Spänningskontrollerande driftdon	17
Strömkontrollerande driftdon	17
2.5 Styrsystem, ljusreglering, ljusstyrning	17
2.5.1 Ljuskällors reglerbarhet	17
Glödlampor	17
Halogenlampor	17
Lågenergilampor	18
Lysrör	18
Lysdioder	19

2.5.2 Styr och reglerprinciper.....	19
Dagsljuskontroll – Konstant ljusnivå.....	19
Spänningsreglering.....	19
Närvarodetektering.....	19
IR-detektorer.....	19
Rörelsedetektor/ rörelsevakt.....	19
Akustiska detektorer.....	19
Dynamisk närvarostyrning.....	20
Manuell styrning.....	21
Tidsstyrning.....	21
3 Nulägesanalys och resultat.....	22
3.1 Brunnsgatan.....	22
3.1.1 Trapphusen innan belysningsrenovering.....	22
3.1.2 Trapphusen efter belysningsrenovering.....	23
3.1.3 Förslag på förändring.....	28
3.2 BRF Jakten.....	29
3.2.1 Trapphuset innan belysningsrenovering.....	29
3.2.2 Trapphuset efter belysningsrenovering.....	30
3.2.3 Slutsatser från mätningarna.....	33
3.3 Kobbarnas väg.....	33
3.3.1 Effektmätning.....	34
3.3.2 Resultat.....	34
3.3.3 Slutsats.....	35
3.3.4 Förslag på förändring.....	36
4 Diskussion och slutsats.....	36
4.1 Diskussion.....	37
4.2 Slutsats.....	38
4.3 Förslag på alternativa lösningar.....	38
4.3.1 Blanda tekniker	38
4.3.2 Trappomat med komplettering.....	39
4.4 Allmänna råd.....	39
Källor och referenser.....	40
Bilagor.....	41-46

1 Inledning

Energi- och klimatrådgivare i Västra Götaland har saknat en gällande norm för energieffektiv belysning. Detta har skapat en osäkerhet kring val av teknik och belysningslösningars funktion. För att möta detta behov har Hållbar utveckling Väst startat projektet: **”Energieffektiv belysning i flerbostadshus– Verktyg för energi- och klimatrådgivning”** Projektet som pågår under 2011-2013 skall utmynna i bla.:

- Workshops* kring energieffektivisering i flerbostadshus.
- Exempel på *goda exempel* med energieffektiv renovering.
- Upplysningsresor*.

1.1 Bakgrund

I Sverige används ca 14 TWh el till belysning varje år. Det motsvarar ungefär 10 % av all elenergi som används i landet/år. Regeringens mål är att EU bör minska sina koldioxidutsläpp med minst 30% fram till år 2020. (från år 1990 räknat) För oss i Sverige skulle det innebära en minskning med 15 miljoner ton koldioxid (detta räknat på den koldioxid som elkraftproduktionen i snitt genererar i Europa.) Undersökningar visar att det i första hand är den totala energianvändningen under en belysningsanläggnings livstid som ger både den största miljöpåverkan och den största ekonomiska kostnaden. (se bilaga 1) Om alla belysningssystem i Sverige skulle bytas ut mot nya energieffektiva system skulle det motsvara en femtedel av den minskning Sverige behöver göra för att nå detta mål.[3]

I ett flerbostadshus står belysningen inomhus och utomhus för drygt 20 % av de totala eldriftskostnaderna. [1] s.17 Under hela sin livstid går ungefär 70 % av utgiften för en belysningsanläggning till elkostnaden för att driva belysningen (räknat med dagens energipriser) Med en energisnål belysningsanläggning kan denna kostnad minskas med ibland uppemot 90 procent. [3]

Inom EU är elkraftsproduktionen till stor del baserad på fossila bränslen. I strävan efter att minska mängden koldioxidutsläpp är det därför viktigt att se över elanvändningen. Inom EU har man därför antagit ett sk. *”Ekodesigndirektiv”* (se bilaga 2) Med detta direktiv förbjuds de mest ineffektiva produkterna på marknaden om det finns bättre alternativ. Direktivet innefattar krav på energieffektiv belysning. Som ett led i detta har Energimyndigheten satt krav för belysning i flerbostadshus (se bilaga 3) Programkraven är rekommendationer, men bör användas i alla projekt.

En investering i ny belysningsteknik återbetalar sig i regel snabbt, då kostnaderna uppvägs av minskad energianvändning. [3] Den sammanlagda mängden flerbostadshus i landet gör att energivinsten skulle bli stor om fler valde att konvertera till energieffektiva alternativ.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att:

-Stärka och effektivisera energi- och klimatrådgivares insatser riktade mot flerbostadshus.

Utbildning om belysning skall leda till utökad kompetens.

-Inspirera och motivera små och stora bostadsrättsföreningar och privatägda hyresbolag till energieffektiviserande åtgärder.

Man upplever en avsaknad av ”status” för energieffektivisering. Det behövs ”ögonöppnare” som visar på möjligheterna.

- Skapa underlag för kriterier för goda exempel

Examensarbetet ingår som en del av detta projekt. Syftet med rapporten är att presentera information om en del av den teknik som finns på marknaden samt att motivera till energieffektivisering av belysning i trapphus.

Genom att komplettera fakta med egna mätningar och slutsatser tydliggörs potentialen, men också vissa fallgropar med ny belysningsteknik och äldre installationer. Både goda och dåliga erfarenheter från trapphusen kan ses som en del i underlaget för kriterier: ”Goda exempel”.

1.3 Genomförande

Som underlag för rapporten har följande genomförts:

-Litteraturstudier

-Studiebesök i trapphus

-Diskussioner med fastighetsskötare och energiingenjörer, elektriker och installatörer, tillverkare och försäljare samt boende i flerbostadshus.

-Utbildning – ”Närvarostyrning av belysning för energieffektivisering” nov. 2011

-Belysningsmätningar och effektmätningar i tre olika trapphus med tre olika belysningslösningar.

För att kunna göra jämförande beräkningar installerades strömtänger med loggningsfunktion på de säkringar som hade med belysningen att göra. Tängerna satt uppe under en veckas tid och kunde sedan läsas av med hjälp av EasyView. [4]

Vid mätningarna av belysningsstyrka användes en LUX- mätare av typen ”Lux Light Meter” model 1300, Claes Olsson. Lux-mätningarna gjordes dagtid vid maximal belysning. Mätningar i golvplanet gjordes mitt emellan två ljuskällor. Golvytan mättes upp, och resultatet från luxmätningen divideras med antalet kvadratmeter. (se fig.1) Som ytterligare underlag för jämförelser beräknades besparingen i energitäthet.

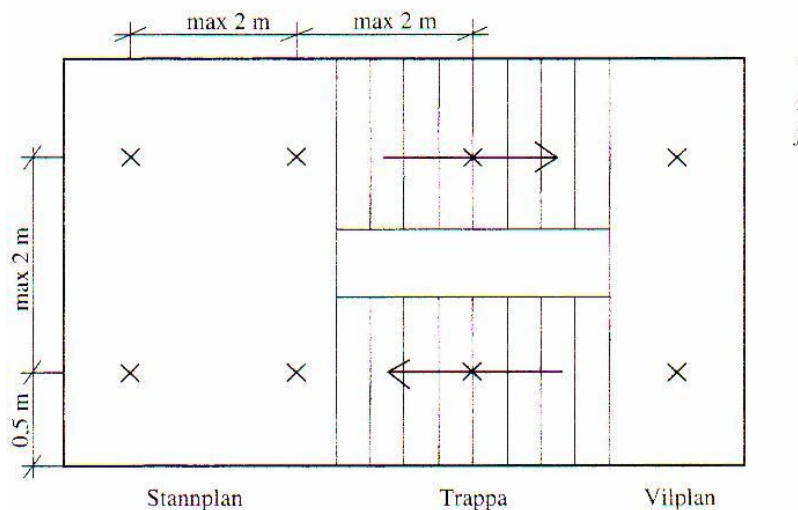


Fig. 1 Mätanvisning för mätning av belysningsstyrka i golvyplan. [5]

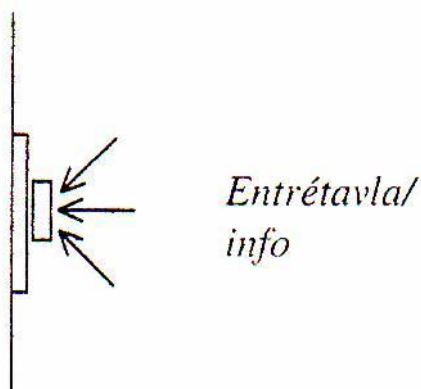


Fig.2 Mätning av vertikal belysningsstyrka görs vid ett antal punkter med instrumentet vertikalt placerat vid föremålet. [5]

Som en del av arbetet med rapporten har jag hållit en muntlig framställning vid HUV:s nätverksträff för Länsstyrelsen och Energi- och klimatrådgivare i Västra Götaland. Under projektets gång har jag även deltagit i diskussioner på HUV om kriterier kring "Vad är goda exempel?" samt hur man skall välja lämpliga referensobjekt för projektet.

För att hitta referensobjekt kontaktades en elektronikfirma. De bidrog med adresser till fastigheter där nya energieffektiviserande belysningsinstallationer har gjorts de senaste fem åren. I den tredje fastigheten är ingen belysningsrenovering gjord. Där är kontakt med fastighetsskötaren förmedlad av en bekant som bor i huset.

I rapporten berörs också ekonomiska och miljömässiga aspekter som kan bidra till ökad motivation att göra en belysningsrenovering.

1.4 Avgränsning

Rapportens avgränsning är *Energieffektivisering i flerbostadsbus beträffande trapphusbelysning*. Rapporten innefattar inte övriga allmänna utrymmen som tvättstugor, garage, soprum etc. I rapporten ingår endast mätningar på belysningslösningar bestyckade med urladdningslampor och glödlampor.

Vid diskussioner med energiingenjörer och fastighetsägare framkom att LED-armaturer i nuläget (2012) inte når upp till ställda krav på livslängd, pris och ljuskvalitet. Därför finns inte LED med som ett alternativ i någon mätning.

LED-dioders livslängd påverkas negativt av höga temperaturer. Ingen LED-armatur i prisklassen 1000-1500 kr kan i nuläget uppvisa tillräcklig avkylning av dioderna för att nå lovad livslängd. Energimyndigheten finansierar ett projekt i syfte att få fram en armatur som når upp till dessa krav. [6]

2 Teori

Det ljus vi ser är elektromagnetisk strålning inom ett våglängdsområde på 380-780 nm. Inom detta område är våra ögon allra mest känsliga för ljus kring våglängden 555 nm, det vi uppfattar som grönt ljus. En ljusstråle som träffar ögat bryts i ögats lins och träffar näthinnan som sitter på den bakre delen av ögat. På näthinnan omvandlas ljuset och blir till elektriska signaler i ögats tappar och stavar. Signalerna från dessa receptorer omtolkas av syncentrum i hjärnan och blir till ett synintryck.[7] Här följer ett antal begrepp som ytterligare förklarar ljusets egenskaper.

2.1 Ljus- och Ljustekniska begrepp

Ljusflöde

- enhet lumen (lm)

Ljusflöde anger hur mycket energi per tidsenhet en ljuskälla avger, eller hur mycket ljus en ljuskälla eller armatur avger till sin omgivning. Ljusflödet har betydelse för hur många lampor och armaturer som krävs för att nå en viss ljusstyrka.

Ljusflöde mäts i enheten lumen som är ljusets effekt omräknad till ögats spektrala känslighet.[7]

Ex. Ett stearinljus avger ca 12 lm, och en vanlig glödlampa på 40 W avger 420 lm.

Belysningsstyrka

- enhet lux (lx), alt. lumen per kvadratmeter (lm/m^2)

Belysningsstyrka beskriver det ljusflöde som träffar varje kvadratmeter av en belyst yta.

[7] s.119

Luminans

- mäts i candela per kvadratmeter, cd/m^2 .

Luminans är ett mått på hur ljus en yta uppfattas av ögat. Det kan både handla om en yta på en ljuskälla, armatur eller en belyst yta som en vägg eller ett golv. Luminansen beror på det infallande ljusets riktning mot ytan, belysningsstyrkan på ytan samt ytans ljusreflekterande egenskaper. Man brukar tala om både en objektiv (mätbar) luminans och en subjektiv (upplevd, ej mätbar) luminans.[7] s.117

Exempel: 1 candela motsvarar ungefär ljusstyrkan hos ett normalt stearinljus.

Om man antar att lågans yta är 1 cm^2 har ljuset en luminans på 10 000 cd/m^2 .

Ljusstyrka

- enhet, Candela (cd)

Med storheten ljusstyrka förklarar man med vilken intensitet ljuset sprider sig i en viss riktning.

[7] s.119

Ljusutbyte / energieffektivitet

- enhet, lm/W

Med ljusutbyte avses förhållandet mellan det ljus som ljuskällan avger och den effekt den behöver för att avge detta ljus. Dvs. en slags *verkningsgrad* för ljuskällan. Det är viktigt att tänka på är att det förekommer två olika sätt att mäta ljusutbytet; *netto*- och *bruttoljusutbyte*. Ljusfabrikanter anger oftast ljusutbytet enbart från lampan (netto), men vid en belysningsplanering bör man räkna med den totala effekten (brutto), dvs. även räkna med förlusterna från driftdonet. [7]

Exempel: Ett lysrör på 36W med ljusutbytet 3450 lm får om man bara räknar ljusflödet från lampan ett ljusutbyte på $3450 / 36 = 96 \text{ lm}/\text{W}$

Räknar man istället med hela systemeffekten får man ljusutbytet $3450 / 36 + 10$ (driftdonsförluster) = $75 \text{ lm}/\text{W}$

Bländning

När luminansskillnaderna i synfältet blir för stora uppstår en sinnesreaktion som kallas för bländning. Det kan exv. uppstå om en armatur eller yta är avsevärt ljusare än sin omgivning. [5]

Färgtemperatur

Färgtemperatur som mäts i kelvin (K), beskriver en ljuskällas färg från rödaktig (låg färgtemp) till blå (hög färgtemp). Om färgtemperaturen är lägre än 3300K brukar vi uppleva ljuset som "varmt". Är det över 5400 K upplevs det som "kallt", och färgtemperaturer runt 4000K upplevs som vita eller neutrala. Dagsljus brukar ha en färgtemperatur på runt 5000K [7] kap.5

Färgåtergivning/färgkvalitet

För att få ett bra mått på en ljuskällas egenskaper bör färgtemperaturen kombineras med ljuskällans färgkvalitet. Färgkvalitet mäts i Ra-index från 0-100 då Ra 100 står för mycket bra färgåtergivning medan en ljuskälla med Ra 0 inte återger några färger alls utan endast nyansskillnader i gråskalor. Färgtemperatur tillsammans med färgåtergivningsindex; Ra, anger en ljuskällas förmåga att återge färger. Ra-index anges med skalan 0-100 där 100 är bästa färgåtergivning inom respektive färgtemperaturklass. [7] kap.5

Anm.

Skalans utformning beror på att man valde att låta ett varmvitt enkelfärgslysrör motsvara ca 50 Ra.

Armaturverkningsgrad

Armaturverkningsgraden anger hur stor del av ljuskällans ljusflöde som lämnar armaturen. Ett fritt brinnande lysrör har ca 100% verkningsgrad, men då det placeras i ett hölje som en armatur påverkas ljusflödet, och därmed också verkningsgraden. Armaturverkningsgraden visas ofta i ljuskälfabrikanternas *polärdiagram*. [7] kap. 9

Elektriska och magnetiska fält

Elektriska installationer och utrustningar omges av elektriska och magnetiska fält (EMF) som kan störa annan teknisk utrustning som exv. bildskärmar, tv-apparater och hörapparater. Det finns också människor som reagerar med allergiska reaktioner på dessa fält. [2]s.103 Belysningsinstallationer skall därför utföras så att dessa elektriska och magnetiska fält i möjligaste mån begränsas. [5] s. 7

Energitäthet

Det nyckeltal som i framtiden kommer att användas i en byggnads energideklaration kallas *Energitäthet*. $e = E / A / \text{år}$ ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{år}$) [8] kap. 2

2.2 Livslängd

Det förekommer ett flertal olika sätt att bedöma en ljuskällas livslängd. Här följer de vanligast använda:

Medellivslängd/ Medianlivslängd

En bedömning av hur många timmar som har gått innan hälften av lamporna i en anläggning har slocknat. Medellivslängd används för ljuskällor som byts när de slocknar. Hit hör glödlampor, halogenlampor och lysrörlampor [9] s.40

Servicelevslängd / Service life

Den tidpunkt då man bedömer att 80% av ljuskällans ursprungliga ljusflöde återstår. Man tar hänsyn till antal utbrunna ljuskällor och den sammanlagda ljusnedgången från ljuskällorna. Detta är det vanligaste sättet att ange livslängden på urladdningslampor som har en mer gradvis försämring och kan vara i behov av byte innan de har slutat lysa helt. Detta begrepp gör det enklare att planera underhåll i en anläggning. Servicelevslängden är den livslängd som oftast anges av ljuskälsfabrikanter. [9]s.40

Teknisk livslängd

Visar *elektrisk funktionstid* hos en viss lampa, inte en grupp lampor. [7] s.225

Förbrukarlivslängd

Anger den tid som lamporna behåller *egenskaper* som tex. ljusfärg och ljusflöde konstanta.[7] s.226

2.3 Ljuskällor

Sedan den första glödlampan uppfanns för 130 år sedan har det utvecklats ett flertal olika sätt att alstra ljus med hjälp av elektrisk energi. De olika teknikerna kan delas in i tre huvudkategorier utifrån hur tekniken tillämpas:

Glödljus är den äldsta tekniken vi använder för att alstra ljus med hjälp av elektricitet. Den hör fortfarande till de mest använda grundteknikerna. Gemensamt för ljuskällorna i denna grupp är att de har en glödtråd av volfram som hettas upp till höga temperaturer med hjälp av spänning. Volframtråden börjar då glöda och avger därmed ljus. (temperaturstrålare)

Urladdningslampor bygger på tekniken att man stänger in gas eller metallånga i ett slutet rör eller kolv. Då man skapar en elektrisk urladdning i röret/kolven alstras osynlig UV strålning som omvandlas till synligt ljus i lyspulvret på rörets insida.

Lysdioder. LED, Light Emitting Diode (ljusemitterande diod) är den allra nyaste tekniken. I dessa ljuskällor alstras ljus i en elektronisk komponent– *halvledare* - som på elektrisk väg stimuleras att lysa (elektroluminiscens).

2.3.1 Glödljus

År 1879, fick *Thomas Alva Edison* patent på sin glödlampa. Sedan dess har Edison ofta setts som glödlampans uppfinnare. Sanningen är att det under en längre tid hade pågått mer och mindre lyckade försök att alstra ljus med elektricitet i form av glödljus. Det som gjorde Edisons experiment till en större framgång var att han utöver glödlampan utvecklade strömbrytare, mätare, eluttag och andra nödvändiga komponenter för att elljuset lättare skulle kunna utnyttjas och få den utbredning som det har idag. Edison var också den som först lyckades tillverka glödtrådar med ett så högt motstånd att man kunde parallellkoppla lamporna i en anläggning. Idag, lite mer än 130 år senare, är Edisons glödljusteknik fortfarande en av de mest använda för att alstra ljus med hjälp av elektricitet.[7] s.28

Glödljus bygger på tekniken att elström leds genom en glödtråd. Tråden börjar glöda, och temperaturen i glödtråden stiger till närmare 2500°C . För att klara den höga temperaturen är glödtråden tillverkad av volfram. Med en smältpunkt och förångningstemperatur på 3407°C har volfram den högsta smälttemperaturen av alla metaller vilket gör den särskilt lämpad som material, inte bara till glödtrådar utan också till andra elkomponenter. [7]s. 32

Glödlampor

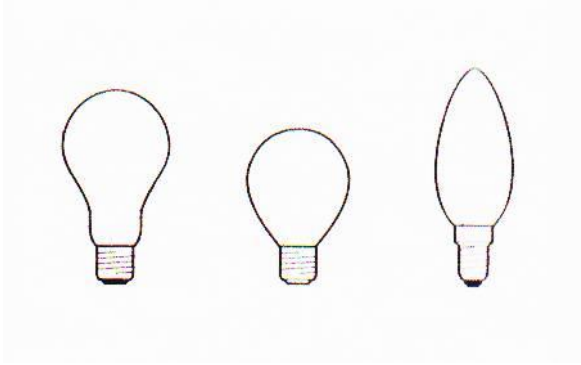


Fig 3 Glödlampor

En tunn tråd av volfram hettas upp med elektrisk spänning så att den börjar glöda och utsända ljus. Ju högre temperatur i glödtråden, desto mer ljus avger lampan. Ljuset blir också allt vitare med stigande temperatur. För att undvika svärtning av lampkolvens insida och minska förångningen av glödtråden töms lampkolven på luft och fylls med en blandning av argon och kvävgas. Argonet har till uppgift att minska glödtrådens förångning, kvävet skall förhindra överslag i lampan. [7] s. 165

Glödlampors medellivslängd är ungefär 1000 timmar. Detta innebär att hälften av lamporna har slocknat vid 1000 drifttimmar. Under lampans livslängd sker en gradvis försämring av ljuset. Minskningen beror på att motståndet i glödtråden ökar då tråden blir tunnare, samt att förångade volframpartiklar lägger sig som ett smutsigt skikt på kolvens insida.

Antalet tändningar har ingen inverkan på en glödlampas livslängd. Dock är det ofta just vid en tändning som lampan slocknar. Detta beror på att det vid förångningen av tråden bildas ojämnheter där tråden lättare rycks av vid påfrestningen av en tändning.[7] s.166 Idag rekommenderas glödlampor så gott som bara i hemarmaturer som är tända i kortare perioder där alternativ med kompaktlysrör inte passar. [10]

Anm.En 100W glödlampa fördelar sin energi med 5W ljus och 95W värme/strålning.

Det är alltså ett väldigt ineffektivt sätt att alstra ljus, även om det upplevs som det "skönaste" ljuset.

Fördelar: Ljuskvalitén. Det låga priset. Glödlampor kräver inga drivdon. Enkel konstruktion. Relativt billig att ljusreglera

Nackdelar: Kort livslängd. Energikrävande. Hög värmebildning som kan behöva ventileras bort. Det låga ljusutbytet ger höga driftskostnader.

Longlifelampor

Longlifelampor är glödlampor tillverkade för högre spänning. De ger mindre ljus än normallampor men brukar ha en livslängd på mellan 2500 och 4000 timmar. Longlifelampor används därför i första hand där det är dyrt och svårt att byta glödlampor.[11]

Halogenlampor

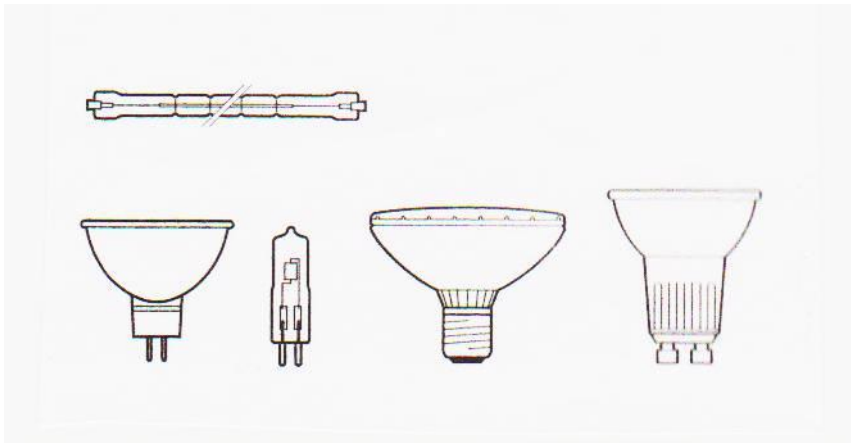


Fig. 4 Halogenlampor

Halogenlampan bygger på samma grundteknik som glödlampan. Skillnaden är att den arbetar med en sk. *regenererande process* som uppnås genom att man fyller kolven runt glödtråden med halogengas, oftast bestående av brom. Halogengasen får förångad volfram att hela tiden återföras/regenereras till glödtråden. Volframtråden i en halogenlampa blir alltså inte tunn och skör lika snabbt som på en vanlig glödlampa. Man kan därför uppnå en livslängd på mellan 2000 och 5000 timmar. Detta kan jämföras med en vanlig glödlampas livslängd på ca 1000 timmar. Att volframtråden hela tiden återbildas gör också att halogenlampor ger ifrån sig ett jämnt och starkt ljus under en större del av sin livslängd.

För att den kemiska reaktionen mellan halogen och volfram skall kunna ske, krävs att temperaturen i lampkolven är högre än 1400°C , samt att glaset på lampkolven har en temperatur på över 260°C . För att minska värmeförlusterna byggs därför lamporna kompakta. De tillverkas av hårdglas eller kvartsglas för att klara de höga temperaturerna.

Halogenlampor finns i många utföranden. Den viktigaste indelningen är den mellan lampor tillverkade för 230 V nätspänning och för lågvolt. Vanligast är lågvoltslamporna, dvs 6 eller 12 volt. [7]s.168 En lågvoltshalogenlampa kräver en transformator för att omvandla primärspänningen (230 V) till sekundärspänning (12V). En lågvoltslampa förbrukar därför el även när den är släckt, eftersom transformatorn alltid är på.

Halogenlampor är lätta att ljusreglera, men bör inte vara för mycket neddragna under en lång tid. Kolven kan då svärtas eftersom temperaturen för den regenererande processen inte uppnås.

Fördelar: Längre livslängd än vanliga glödlampor. Högt ljusutbyte. Vitare ljus, runt 3000K. Går relativt billigt att ljusreglera.

Nackdelar: Bleker, eftersom ljuset till viss del består av UV-strålning. Hög värmeutveckling. Lågvoltslampor förbrukar el även när lampan är släckt.

Ljusutbytet är så mycket lägre än lysrör och kompakthysrör att de av energieffektiviseringskäl bara i speciella fall bör användas för allmänbelysning [5] Passar bäst som kompletterande effektbelysning.

2.3.2 Urladdningsljus

Denna grupp av ljuskällor bygger på principen urladdningsljus. Med urladdningsljus menas ljus som alstras då en elektrisk urladdning sker mellan två elektroder i ett rör fyllt med gas. Gasen som brukar bestå av argon eller krypton med en tillsats av kvicksilver kallas för startgas eller hjälpgas eftersom den behövs för att tända upp röret. Den spelar också en viktig roll för att hålla trycket i röret rätt så att excitering av kvicksilveratomerna kan ske med minsta möjliga energiförlust. Vid urladdningen exiteras kvicksilveratomer i gasen, och det avges UV-strålning. Eftersom UV-strålning ligger utanför ögats uppfattningsområde är rörets insida belagd med ett fluoriserande och fosforescerande* lyspulver som omvandlar UV-ljuset till ett för oss synbart ljus. Genom att välja olika sorters lyspulver och kombinera dessa på olika sätt kan man ändra upplevelsen av ljusets färg.

Urladdningslampor kan som regel uppvisa en livslängd på över 17 000 timmar, men ljusets kvalitet försämras med antalet drifttimmar. Det beror på att lyspulvret i röret /kolven slits när det åldras. Allt mindre av det ultraviolette ljuset omvandlas då till synligt ljus. Man har därför som regel att en urladdningslampa bör bytas då ljusutbytet har sjunkit till 80% av det ursprungliga värdet (lampans servicelife) Konsekvenserna av att inte byta ut lampan i tid kan dels bli ett minskat ljusutbyte från ljuskällan, dels att UV-ljuset bryter ner plasten i armaturen så att den mörknar, blir skör och ogenomskinlig. Man får då ett ännu sämre ljusutbyte (lumen/ watt) från armaturen. Ljuskvaliteten minskar alltså även om ljuskällan använder sig av lika mycket energi.

Gemensamt för urladdningslampor är att de behöver någon form av förkopplingsdon för att tända och lysa stabilt. [7 s. 173]

Raka lysrör



Fig. 5 Raka lysrör

Det stora genombrottet för lysrör kom på 1940-talet. Den nya ljuskällan lanserades och presenterades då som ”dagsljusets ersättare”. Sedan dess hör lysrör till de absolut vanligaste källorna för artificiellt ljus inom industri, kontor och offentliga lokaler. Till de vanligaste typerna av raka lysrör hör T8 och T5 rören*.

*Lysrörsbeteckningarna T5, T8 och T12 etc. syftar på rördiametern och bygger på 1/ 8-del av en tum. T5 har alltså en diameter som är $5 \times 1/8$ tum = 16 mm [7] s. 176

Lysrör T8

T8-rör är billigare i inköp än T5 rör, men har sämre egenskaper vad gäller energieffektivitet, livslängd och ljuskomfort. T8-rören känns igen på att de har en större diameter (26 mm) än T5-rör, och att de drivs med s.k. ”konventionell reaktor”. [9.] s. 42

Till T8- rörens nackdelar hör att ljuset upplevs som flimrigt. Flimret beror på att lysröret tänder och släcker för varje halvperiod i den 50-periodiga växelspänningen. Denna effekt överbyggs något av de fosforescerande komponenterna i lyspulvret som förkortar den släckta perioden med sin efterlysningseffekt.

Anm.

Med ett lysrör av T8-typ blir 36 W tillförd effekt till 10 W synlig strålning och 26W effektförluster. Jämför med glödlampan där 100 W tillförd effekt resulterar i 5 W synlig strålning.[1]s. 176

Fördelar: Högt ljusutbyte, lång livslängd, bra färgåtergivning, billigt.

Nackdelar: Flimmereffekt vid drift med konventionell reaktor. Inte energieffektivt.

Lysrör T5

1995 lanserades en ny lysrörsteknik- T5-rör [9] T5 är det nu effektivaste lysröret, bland annat därför att det bara kan drivas med *högfrekvensdon* [7] s. 176

Till T5-rörens fördelar hör att de finns med en stor variation av färgtemperaturer, har en livslängd på uppemot 17 000 timmar service life samt att de har ett flimmerfritt ljus. De kan också uppvisa ett högt ljusutbyte, upp till 104 lumen/watt, vilket gör att man kan installera färre armaturer i ett rum men ändå uppnå lika hög total belysningsstyrka.

T5 -lysroren är en grupp för sig, och då de avviker både i längd och diameter, samt endast kan kopplas över elektroniska förkopplingsdon kan de inte ersätta äldre lysrörstyper i befintliga armaturer. De mindre dimensionerna på rör betyder också mindre förbrukning av naturresurser, inte bara för röret utan också med tanke på emballage och transporter. [7] s.177

T5-lysror finns i två olika huvudutföranden:

High-efficiency

(max ljusutbyte) är lysrör med ett mycket högt ljusutbyte som ger en energieffektiv belysning. Detta är den vanligast förekommande lysrörstypen, med ljusflöden anpassade till dagens belysningsrekommendationer.

High-output

(max ljusflöde) är inte lika energieffektiva som high-efficiency-rören, utan är det lysrör man kan välja om det behövs extra mycket ljus. Dessa lysrör lämpar sig väl för installationer på höga höjder som exv. inom industrin [9] s.42

Fördelar: Främsta fördelen är energieffektiviteten. Ett högt ljusutbyte. Genererar kompaktare armaturer än T8. Bra färgåtergivning. Lång livslängd. Lägre andel kvicksilver i ljuskällan. Går relativt lätt att ljusreglera.

Att utvecklingen av lysrör går emot allt mindre dimensioner har också bidragit till en mindre förbrukning av naturresurser, inte bara för röret, utan också för emballage och transporter.

Nackdelar:

Fungerar sämre i kalla omgivningstemperaturer. Kan vara känsliga för vibrationer. [10]

Lysrörslampor och Kompaktlysror – "lågenergilampor"

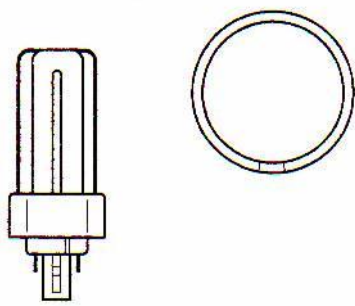


Fig 6 Lysrörslampor

Lysrörslampor kom ut på marknaden år 1980, och de följdes snart av kompaktlysroren.[3] s.9 Dessa ljuskällor finns i en mängd utföranden och bygger på samma teknik som lysrör, dvs. urladdningsljus. Jämfört med glödlampor kan den använda energin minskas till en femtedel och livslängden ökas sju, åtta gånger. [7] s.186

Gemensamt för alla urladdningslampor är att de kräver förkopplingsdon. Beroende på hur donen är placerade kan kompaktljuskällor delas in i två grupper:

Lysrörslampor

Lysrörslampor utmärker sig genom att ha inbyggda driftdonskomponenter. De har också gäng- eller bajonettsockel som gör att de direkt kan ersätta en glödlampa i en vanlig armatur. [7] 186

Kompaktlysror

Kompaktlysror har vanligtvis bara tändaren inbyggd i lampan. Driftdonen däremot är inte monterade i ljuskällan utan i armaturen. Detta gör kompaktlysroren billigare att tillverka än lysrörslamporna.[11]

De flesta modeller av lysrörslampor och kompaktlysror har en något fördröjd tändeffekt. Det gör dem mindre lämpliga att använda i utrymmen där man vill ha omedelbar tändning. Det finns dock modeller som tänder direkt. Lysrörslampor är vanligtvis inte möjliga att ljusreglera pga. driftdonens konstruktion.

Fördelar:

Lång livslängd, Möjliggör kompaktare armaturer, Kan i många fall ersätta glödlampan.

Nackdelar:

Innehåller kvicksilver. Färgåtergivningsindex strax över 80, vilket medför en viss färgförvrängning. Något temperaturkänsliga. De flesta lysrörslampor går ej att ljusreglera

2.3.3 Induktionslampor

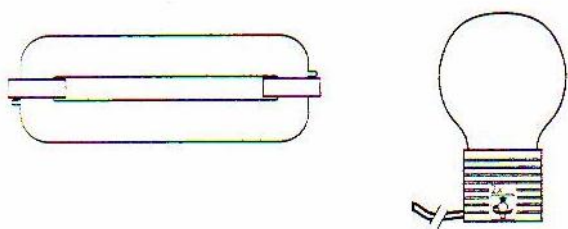


Fig. 7 Induktionslampor

Induktionslampor bygger på den senaste tekniken för ljusalstring. Lamporna drivs med en högfrekvensgenerator.[10] I lampan skapas ett högfrekvent fält som reagerar med kvicksilvergass inuti kolven. Den UV-strålning som då bildas blir till synligt ljus i kontakten med lyspulvret på kolvens insida.

Det unika med induktionslampor är att de inte har några delar som förbrukas under brinntiden. Därför kan de uppvisa en livslängd på ända upp till 100 000 timmar med en ljusnedgång på mindre än 30%.[7] s. 210 [9]s. 45 Den långa livslängden gör dem särskilt lämpliga i lokaler där lampbyten är svåra eller dyra att utföra.

Induktionslampor har samma goda lysegenskaper som fullfärglysrören.

Fördelar:

Mycket lång livslängd. Kostnadseffektiva. Den koncentrerade lyskroppen innebär vissa optiska fördelar jämfört med lysrör. Mycket god ljus kvalitet.

Nackdelar:

Kan ge gröna visuella effekter. Känslig för spänningsförändringar. Innehåller kvicksilver.
[9]s.45

2.3.4 Högtrycksurladdningslampor

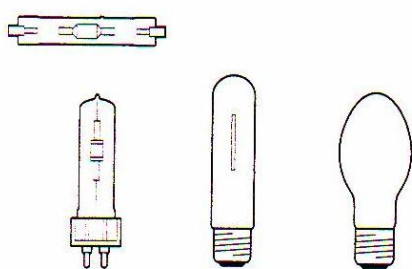


Fig 8 Högtrycksurladdningslampor

Ljuskällor som lyser genom att det sker en urladdning i en gas inne i lampan. Ljusets färg beror på vilken gas som används inne i lampan. Exempel från denna grupp är kvicksilverlampor, högtrycksnatriumlampor och metall-halogenlampor. Ingen av dessa ljuskällor används vanligtvis inomhus.

2.3.5 Lysdioder LED - Light Emitting Diode.

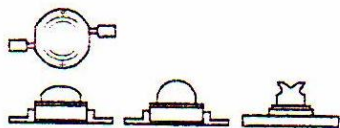


Fig. 9 Lysdioder

LED är en ljuskälla på stark frammarsch. Tekniken utvecklas mycket snabbt och antalet användningsområden för LED-belysning ökar stadigt. Inom branschen tror man att halva armaturmarknaden kommer att bestå av LED-armaturer inom en snar framtid.[12]

En lysdiod består av ett halvledande material, vanligtvis kisel, med en tillsats av ett sk. ”störämne”. Detta störämne gör att den frigjorda energin kommer ut i form av fotoner, (ljus) när elektrisk ström leds genom dioden(elektroluminiscens) [7] s. 213

Med LED-tekniken har man för första gången lyckats förena de attraktiva egenskaperna:

Minsta möjliga storlek, effektivare ljusalstring, lång livslängd samt möjlighet till steglös ljusreglering. [13]

LED-tekniken gör att ljuskällorna kan göras mycket små med möjlighet att ge ett väldigt starkt ljus på en begränsad yta. Att ljuset är så koncentrerat kan ibland ses som en fördel, men ofta behöver man påverka ljusfördelningen med linser eller mikrofilm. Vid belysningsplanering måste man noga tänka igenom armaturernas placering så att inte besökare bländas av det riktade ljuset. Att ljuskällorna är så små ger också helt nya möjligheter då man placerar ljuskällor och utformar armaturer.

LED-armaturer kan uppvisa en mycket hög verkningsgrad. Det betyder att de har en energiförbrukning som är låg i förhållande till ljusutbytet. (Ljusflöde/W.) Idag (2012) finns LED-ljuskällor som är minst lika effektiva som dagens lysrör, och utvecklingen av LED fortsätter mot en ännu högre effektivitet. [13] s. 47

LED- ljuskällor kan under goda betingelser uppvisa en extremt lång livslängd med ett ljusflöde som avtar mycket långsamt under livslängden. Med goda betingelser menas främst låg drift- och omgivningstemperatur eftersom alla halvledare är värmekänsliga.

LED- dioder avger inte sin värme som värmestrålning –IR- som exv. en glödlampa. 15-25% av energin blir till ljus och resten av effektförlusterna blir till värme inuti armaturen och kräver alltså kylning och bortledning på annat sätt. Det görs vanligtvis genom att man leder värme till närmast omgivande armaturdelar där den leds bort med kylflänsar och kylplattor. Vid långa drifttider, eller om armaturen är trångt placerad upp mot tak eller vägg kan även fläktar vara nödvändiga. Kan inte värmen ledas bort tillräckligt effektivt förkortas livslängden betydligt och ljusbortfallet går snabbare.[13] s. 47 Ofta anges en livslängd på 50 000 h (ljuskällan beräknas då ha kvar 70% av sin ursprungliga ljusstyrka , dvs. L70) [13] s. 47 Den långa livslängden gör att kostnader för drift och underhåll kan hållas låga, samt att ljuskällorna bidrar med mindre avfall.

LED är väl lämpat för *ljusreglering*. Med särskilda dimdon anpassade för tekniken kan de regleras steglöst från 0- 100%. Eftersom Lysdiodernas livslängd inte påverkas av antalet tändningar och släckningar är de också särskilt lämpliga att närvarostyra. Med ljusreglering och närvarostyrning gör man inte bara stora energibesparingar, utan ger också belysningen en väsentligt längre livslängd samt får en ökad belysningskomfort. [13] s.47

Man brottades länge med problem att alstra vitt ljus med LED-teknik. Men utvecklingen av lysdioder och lypulver har gått mycket snabbt, och idag (2012) ger de vita LED-ljuskällorna ett ljusutbyte på över 100 lumen/ W [13] s.47 kombinerat med en bra ljuskvalitet och en mycket bra färgåtergivning. Det finns olika tekniker för att få vitt ljus med LED. Det vanligast förekommande är att utgå från en blå LED-diod och förse den med ett skikt av gult eller orange fosfor. Blandningen upplevs då som vit. Man kan också blanda rött, grönt och blått ljus, sk. RGB-teknik, eller använda lysdioder i zinkoxid. Det finns också dioder som avger ljus nära UV-spektrat. Med ett lager av fosfor erbjuder de varmvita toner.

Fördelar: -Lång livslängd. -Extremt små och högentensiva ljuskällor. -Möjlig att få i många ljusfärger. -Innehåller inget kvicksilver eller andra tungmetaller. -Kan ljusregleras steglöst från 0-100%. -Startar direkt med full effekt. - Stöt-, köld- och vibrationståliga. -Livslängden påverkas inte av antalet tändningar och släckningar. -Med LED kan man redan idag skapa de mest energieffektiva belysningslösningarna. - Den förlängda livslängden och energibesparingen ger lägre drifts och underhållskostnader samt mindre avfall. -Ljusflödet avtar långsamt under livslängden. -Ljuset är UV-fritt, och bleker därför inte material i sin omgivning. - Ljuset har ingen IR-strålning. -LED drivs med lågvolt som bidrar till en enklare och säkrare installation. - Möjlig att återvinna till 100%.

Nackdelar: -Fortfarande ganska dyra i inköp. - Något sämre färgåtergivning. - LED-dioder är mycket känsliga för värme. - Hög luminans (bländning) eftersom ljuset är riktat.

2.4 Armaturers/ljuskällors driftdon

Av alla ljuskällor är det bara glödlampor som kan kopplas direkt till elnätet.

Det beror på att glödlampans glödtråd är utvecklad för en nätspänning på 230 V och en frekvens på 50 Hz. Alla övriga ljuskällor måste förses med ett förkopplingsdon/driftdon för att inte förstöras av den strömrusning som skapas i tändningsögonblicket. Driftdonet har till uppgift att förändra spänningen vid drift och korrigera nätspänningens frekvens. Till förkopplingsdonen räknas även tändare och kondensatorer för fas-kompensering. [9] s.53

Förkopplingsdonet kan:

- Vara inbyggt i ljuskällan, som i lysrörslampor.
- Monteras i armaturen, som för lysrör.
- Monteras separat och mata flera armaturer, som i vissa halogenbelysningar.

Den vanligaste lösningen är att ha en separat enhet inne i armaturen. Detta tillvägagångssätt kan man se i lysrörsarmaturer, armaturer för kompaktlysror och armaturer med metallhalogen.[9]s. 53

Driftdon monterade i ljuskällan vållar normalt inga problem. Detta tillämpas exempelvis ofta i lysrörslampor. Ljuskällor med inbyggda driftdon kan dock vanligtvis inte ljusregleras.

2.4.1 Lysrörs driftdon

Lysrör kan inte drivas direkt med nätspänning. De skulle inte tända, och kan inte själva reglera sin effekt. För att tända och reglera sin effekt är de helt beroende av driftdon som förvärmer lampelektrodena, skapar en tillräckligt hög tändspänning och begränsar urladdningsströmmen. Detta kan göras både med elektromagnetiska förkopplingsdon (konventionella don med reaktor, tändare och kondensator) eller med elektroniska driftdon (HF-don) [14]

Konventionella/ elektromagnetiska driftdon

Ett konventionellt driftdon består av en spole upplindad på en järnkärna - en sk. reaktor. Reaktorn begränsar strömmen till det mest optimala för lysröret och förhindrar att det förstörs. För att lysröret skall tända upp behövs också en glimtändare som förser röret med en förström. En bimetallkontakt i glimtändaren kortsluter då kretsen, och elektrodena i lysröret värms upp. När bimetallkontakten sedan bryter kretsen ger reaktorn en spänningsstöt som tänder lysröret. När röret är tätt flyter strömmen och tändaren blir överksam. Med konventionella driftdon måste tändförloppet ofta upprepas flera gånger innan lysröret tänder (vid låga temperaturer har det ännu svårare att tända) Detta sliter både på lysrör och tändare, och kan göra att tändaren "svetsas samman". Resultatet blir då en kortslutning som kan leda till brand.

Gamla glimtändare eller sk. starters. kan också utgöra en brandfara. Om lysrören går sönder skapas en strömrusning i glimtändaren. Den kommer då upp i en mycket hög temperatur som kan leda till eldsvåda. Det är därför av allra största vikt att man inte bara byter lysröret utan också tändaren när ett lysrör går sönder.[15]

HFdon- högfrekvensdrift

I nya lysrör (T5) har man ersatt den magnetiska reaktorn med ett elektroniskt förkopplingsdon för högfrekvensdrift, ett sk. *Hf-don*. Hf-donet gör att ljuskällan kan drivas med en frekvens på 28kHz - 48 kHz, istället för som tidigare, med 50 Hz. Att man valt att lägga sig i detta frekvensområde beror dels på att man vill ligga över hörbara frekvenser, (örat klarar upp till 20 kHz) dels på att man inte vill gå över 50 kHz eftersom man då får större egenförluster i driftdonen. Högre frekvenser gör också att risken för elektromagnetisk strålning ökar.

Den höga frekvensen gör att ljuskällan blinkar snabbare än våra ögon kan uppfatta. Ljuset upplevs därför som *flimmerfritt*. För flertalet människor känns detta som ett mycket behagligare ljus att vistas i, och det finns undersökningar som visar på en minskning av problem med exv. huvudvärk, koncentrationssvårigheter och epilepsi i lokaler där man har konverterat till högfrekvensdrift.

I Hf-donen genereras tändspänningen internt utan en särskild tändare. Denna förändring, tillsammans med att ljusflödet ökar med frekvensen (fig. [7] s. 307.) gör att ljuskällan får ett ljusutbyte (lm/W) som är 10-12% högre än vid normal nätspänning. Det har man kunnat utnyttja till att sänka lysrörens effekt.

Ex.

Ett 58W lysrör kan matas med en effekt på 50,5 W, med bibehållen ljusnivå.

HF-don har också ungefär hälften så stora egenförluster som konventionella don. Det beror delvis på att det oftast räcker med ett don till två lysrör. Sammantaget innebär detta att en övergång till HF-drift av lysrör sänker energianvändningen i lampkretsen med ca 20-25% effekt/lumen. [7]s.307

Alla ljuskällor tappar ljus under drifttiden. Hos lysrör räknas ljusnedgången som en funktion av brinntid och effekt. Den lägre effekten på lysröret vid högfrekvensdrift gör att slitaget på rörets fluorescerande beläggning minskar. Lysrör med HF-don bibehåller därför ljuset bättre med en långsammare ljusnedgång under sin livslängd.[7] 308 , [13] s. 44 Man kan också räkna med ca. 25% ökad livslängd på rören som delvis beror på den mjuka tändfunktionen.

Vid användning av HF-don tänder alla lysrör i installationen samtidigt, till skillnad från med konventionella don då rören tänder upp med lite tidsförskjutning. Det gör att startströmmen till ljuskällor med HF-drift blir högre och att belastningen i startögonblicket ökar. Man kan därför inte ha lika många armaturer med HF-don kopplade till samma säkring som med de gamla konventionella driftdonen. [9] s.55 Säkringen för ljuskällor med Hf-drift måste dimensioneras för startögonblicket och inte för driftströmmen, med färre ljuskällor på varje säkring. För att dimensionera detta rätt finns särskilda tabeller att tillgå.

Anm.

Det är fortfarande betydligt dyrare att installera HF-don istället för konventionella driftdon, men man uppnår snabbt besparingar av både drift- och underhållskostnader. Tillsammans med fördelarna bättre komfort och minskade ljuskälle- och energikostnader kan HF-drift ses som en investering som kan bli mycket lönsam.

Dimbara HFdon

Om lysrören skall gå att ljusreglera och inte bara närvarostyra måste man använda sig av dimbara HF-don. De finns för både analoga och digitala system. Dimbara HF-driftdon kan ge många fördelar, särskilt i de lokaler där antalet tändningar är högt. Nackdelen är att armaturerna fortfarande är något dyrare. [13]s. 44

Ex.

Man kan låta närvarodetektorn växla mellan två förinställda lägen som exv. 3% och 80%. Man får då både ett grundljus på 3% som många gånger kan vara önskvärt i trapphus, och en fulljusnivå på 80% som i sig innebär en energibesparing.

Man kan också ställa in extremt korta fördröjningstider (förslagsvis 2 min) efter sista närvarodetektering eftersom lysrören inte släcks helt. Det gör att rören inte slits pga. upprepade tändningar.

Energibesparing under drift vid 80% ljus: 16%

Energibesparing vid 3% grundljus: 83% [13]

Enligt vissa ljuskälletillverkare bör lysrör brinna i minst 15 min. när de har tänts, och helst bör man inte tända dem igen när de just släckts. Med metoden att växla mellan två belysningsnivåer är katoderna hela tiden förvärmade, och slitaget på anläggningen minskar. [13]s. 44

Elektroniska tändare

Slitaget av elektroderna just i tändningsögonblicket är den faktor som påverkar ett lysrörs livslängd mest, vid normala omständigheter. Om man av någon anledning väljer att inte byta sina gamla lysrör till lysrör med HF-drift rekommenderas att man åtminstone byter till elektroniska tändare.[13] s.43 Med elektroniska tändare förvärms katoden under 1,5- 2,5 sekunder. Efter denna sk. varmstart kan tändningen ske mycket exakt med bara en enda spänningspuls på max 1300 V. Denna skonsamma tändning ger ett mindre slitage på elektroderna, och livslängden på lysrören och dess komponenter kan öka med uppemot 100%.[13] s. 46.

En ökad livslängd ger lägre ljuskälle- och underhållskostnader, samt en miljö- och energi-vinst i tillverknings- och återvinningsledet.[8] Varmstart är också viktig i anläggningar med närvarostyrning, eftersom antalet tändningar då ofta ökar, vilket sliter på lysrören. [13] s. 44

De elektroniska tändarna bidrar också till en *säkrare installation*. Om ett lysrör inte tänder utan står och blinkar kommer lysröret med elektronisk tändare automatiskt att kopplas bort. Med en konventionell tändare upprepas istället tändförloppet gång på gång tills lysröret tänder. [15]

Driftdon för LED.

Driftdonen till LED är ofta inbyggda i armaturerna och finns i två utföranden:

Spänningskontrollerade driftdon.

Omvandlar 230 VAC till en stabiliserad likspänning på 8, 10, 12 eller 24 V. Ljuskällorna parallellkopplas till driftdonet. Reglering (dimring) sker med pulsviddsmodulation.(PWM).[13]s.48

Strömkontrollerade driftdon

230 VAC omvandlas till en stabiliserad likspänning under 48 V som ger en konstant ström (700 eller 1050 mA) Reglering (dimning) sker med pulsviddsmodulation(PWM) eller genom strömreducering. [13] s. 48

2.5 Styrsystem, ljusreglering, ljusstyrning

Som reglering av belysning räknas allt från den enklaste strömbrytaren till de mest avancerade digitala system med ljusreglering via datorer. Här presenteras de vanligast förekommande lösningarna för just trapphus i flerbostadshus.

2.5.1 Ljuskällors reglerbarhet

Glödlampor

Glödlampor kan enkelt ljusregleras genom att sänka spänningen. Ljusregleringen (dimringen) görs antingen med en framkants- eller bakkantsdimmer.

Framkantsdimmer- är stängd under sinuskurvans ”främre” del.

Bakkantsdimmer- är stängd under sinuskurvans ”bakre” del.

Ljusreglering av glödlampor kan inte anses vara en bra energibesparingsmetod då ljuset minskar betydligt mer än energianvändningen. Det kan däremot ge en ökad livslängd på ljuskällan. [16]

Ex.

5 % Minskad spänning ger 18 % minskad ljusstyrka och 7 % minskad energianvändning.

Halogenlampor

Halogenlampor anpassade för nätspänning är lika lätta att ljusreglera som glödlampor. Vilken metod man väljer för dimring beror på vilken typ av transformator ljuskällan har. Fel typ av dimmer kan ge ett brummande missljud. Framkantsdimmer (tyristordimmer) är valet vid reglering av transformatorer med järnkärna. Vid reglering av elektroniska transformatorer används en bakkantsdimmer (transistordimmer) [16]

Ljusreglering kan dock ge svärtning på insidan av glaset, vilket bidrar till nedsatt belysningsstyrka. [17]

Med belysningsstyrning ökar halogenlampors livslängd. Diagrammet visar hur livslängden påverkas av en ökad matande spänning samt den förändring i ljusstyrka som en ökning/minskning av spänningen kan ge.

Vad händer med ljuskällans livslängd då den matas med spänning högre än 12 V?

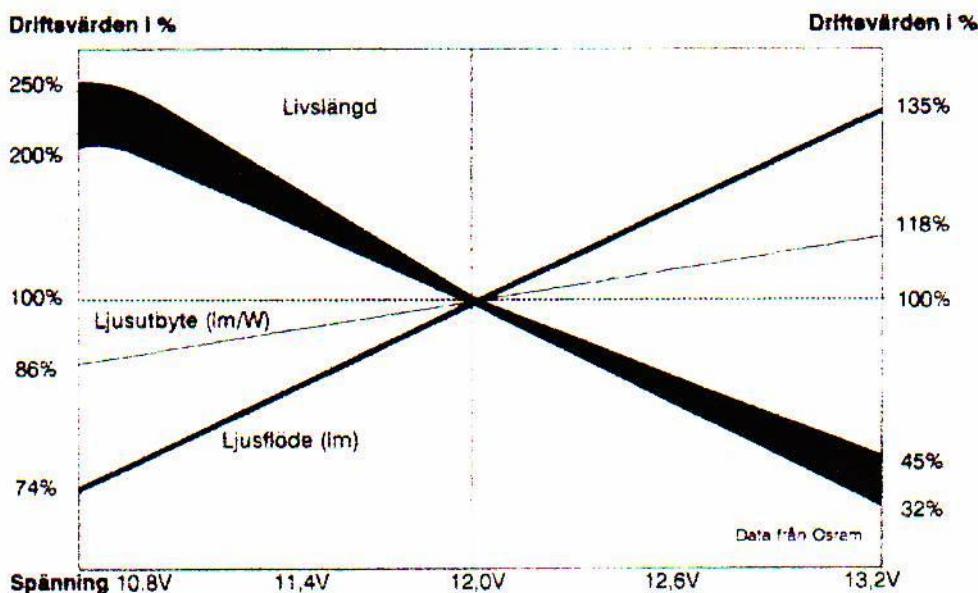


Fig 10 Påverkan på en halogenlampas livslängd. [16]

Lågenergilampor

Kompaktlysrör har sina förkopplingsdon monterade i armaturen. De kompaktlysrör med tvåstiftsockel har sin tändare monterad i ljuskällan, och är därför inte möjliga att ljusreglera. Kompaktlysrör med fyra stift i sockeln går däremot utmärkt att ljusreglera om armaturen är utrustad med dimbara driftdon. Det är därför viktigt att redan vid planeringen ta ställning till om man vill ha möjlighet att ljusreglera sin ljusanläggning. [17]

Lysrörslampor finns numera i ett antal modeller som går att ljusreglera. Lysrörslampans ljus kan dock upplevas som kallare och något gråare vid en ljusreglering. [17]

Lysrör

Ett T8 lysrör som strömförsörjs av ett konventionellt förkopplingsdon kan numera ljusregleras ner till 180 V utan att ljuset upplevs som flimrigt. Resultatet av denna reglering ger en 30%-ig besparing av energin, samt en reduktion av ljusstyrkan med 15%. [Energisystem AB. Nyköping] För att kunna ljusreglera en lysrörsanläggning med T5-rör krävs att de är utrustade med särskilt anpassade driftdon/förkopplingsdon, sk dimbara HF-don. Man ges då möjligheten till enkel ljusreglering med en stor energisparpotential. [9] 90 Ett lysrör som skall ljusregleras måste först brännas in i ca 100 timmar innan regleringen tas i bruk. Annars riskerar man att problem uppstår som gör att injusteringen måste göras om. [13]

Lysdioder

Lysdioder (LED) är mycket lätta att ljusreglera mellan 0-100 %. De klarar att tändas, släckas och ljusregleras hur mycket som helst utan att livslängden påverkas. [13] s.47

2.5.2 Styr och reglerprinciper.

Det finns olika metoder att reglera ljusstyrka efter behov. De vanligast förekommande redovisas här:

Dagsljuskontroll – Konstant ljusnivå.

Med dagsljusreglering kan armaturernas ljusnivåer regleras så att de harmonierar med dagsljusinsläppet. En ökning av dagsljuset gör att elljuset regleras ner, vilket kan spara energi. Ett flertal armaturer på marknaden går att förse med ljussensorer. Det är också möjligt att kombinera dagsljusregleringen med en närvarostyrning så att belysningen inte tänder upp när dagsljusinsläppet erbjuder tillräckligt med ljus.

Dagsljuskontroll kan med fördel användas tex. i en entré eller ett trapphus. Här störs man inte av ljusvariationer hos armaturer på samma sätt som på exv. en arbetsyta. [9] 93

Konstantljus kan också utnyttjas genom att man överdimensionerar ljusstyrkan vid nyinstallationen. Man ställer då in fotoceller på ett konstant värde. Allteftersom ljusnedgången ökar med anläggningens ålder, nedsmutsning och slitage dras mer ljus på så att ljusnivån hålls konstant. [7] s.310 Rekommenderad överdimensionering av ljusstyrkan vid nyinstallation är mellan 35-50 % [7] s. 309

Spänningsreglering

Dimring. Vid ljusreglering av belysningsanläggningar påverkar man den matande spänningen till ljuskällan. Detta ger möjlighet att inte bara påverka ljusflödet, utan ger också en ökad livslängd åt anläggningen. Ljusregulatorer finns från små enkla väggdimmers till stora system som kan styra hela fastigheter.

2.5.3 Närvarodetektering

Med närvarodetektering undviker man att ljuset är tänd och belyser tomma lokaler i onödan.

IR-detektorer

Ir-detektorer är närvarodetektorer som med hjälp av värmestrålningen från människor och djur registrerar närvaro i en lokal. Belysningen behöver då bara vara tänd när någon vistas i rummet. För inomhusbruk krävs en närvarodetektor med mycket högre känslighet än utomhus eftersom den måste kunna registrera mycket små rörelser från exv. en stillasittande person. [9] s. 96

Rörelsedetektor/rörelsevakt

En rörelsevakt är främst lämpad för utomhusbruk. De har relativt få avkänningsfält och vanligtvis en ganska kort räckvidd (10-20 m) Med olika filter kan den sortera bort olika störningar som kan förekomma utomhus (regn, löv som rör sig etc.) De är bäst lämpade för platser där det blir en markant rörelse som garageuppfarter och runt byggnader. Rörelsevakt rekommenderas inte för inomhusbruk. [9] s.96 [7] s. 23

Akustiska detektorer

Med akustiska detektorer registreras hörbara och icke hörbara ljud, sk. infraljud. När dörren till ett slutet utrymme öppnas genereras ohörbara infravågor som detekteras och belysningen tänds upp. Du skall aldrig behöva gå in i en mörk lokal med denna teknik. Fortsatt närvaro detekteras inom ett frekvensområde runt 6000Hz som orsakas av fotsteg, människans samtalsljud, strilande vatten etc.

Akustiska detektorer är lämpliga i lokaler med en planlösning med utrymmen som skymms av väggar, pelare, runt hörn eller flera våningar. Det är dock en absolut förutsättning att trapphuset är slutet dvs. att det är dörrar som normalt är stängda mot alla andra utrymmen. [7] s.96

Dynamisk närvarostyrning

I en lokal med många korta besök som tex. trapphus, garage, korridorer och lagerlokaler kan en dynamisk belysning med dimbara HF-don vara en energieffektiv lösning. (se fig. 11) Med dynamisk menas att belysningen vid detekterad närvaro går upp till 80% av maximal ljusstyrka. Den ligger kvar på denna nivå tills några minuter efter detekterad närvaro har upphört. Då går den ner till (vanligtvis) 1-3 %. Detekteras ingen närvaro inom 2 timmar (rekommenderad tid för lysrör) släcks lokalen ner helt. Man slipper då HF-donens tomgångsförluster på 4-8%. Med denna metod sänks temperaturen på driftdonen i armaturerna och man slipper kallstarter av lysrören. Genom att växla mellan två förinställda lägen minskar man antalet tändningar. Därmed minskar också slitaget på lyspulver och andra komponenter och lysröret får en ökad livslängd.

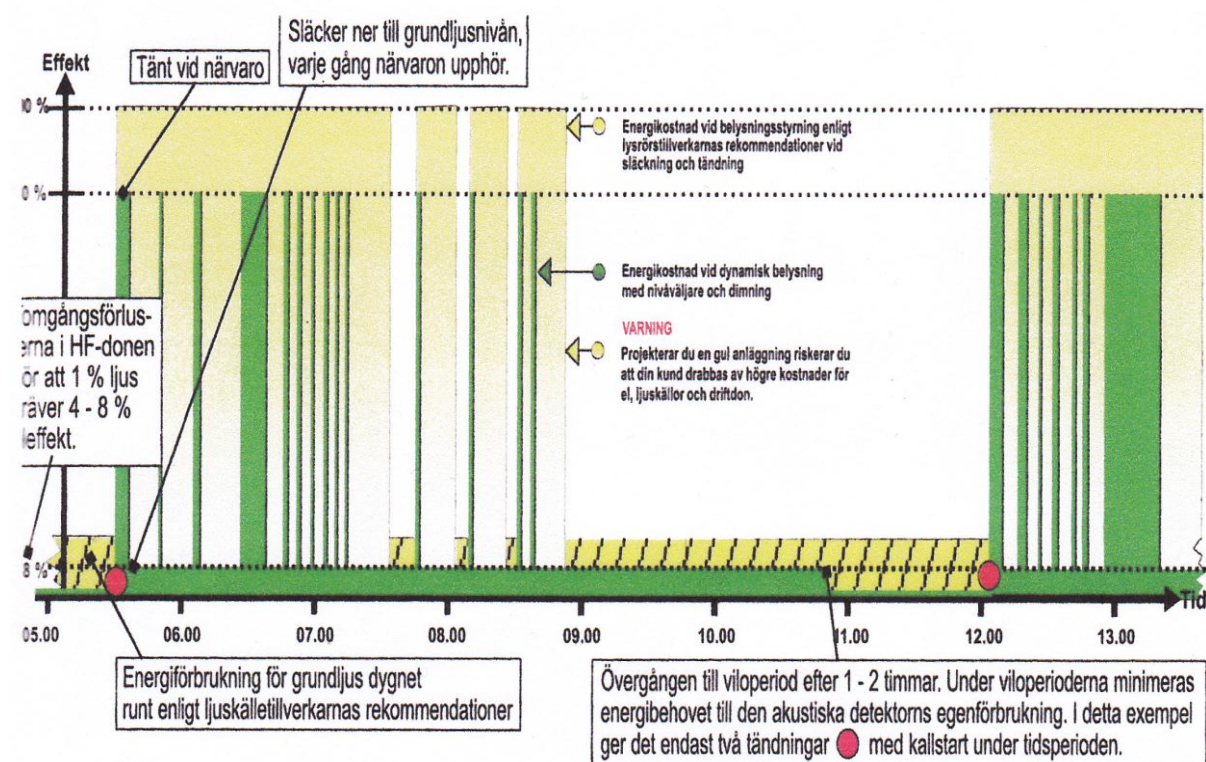


Fig.11 En förmiddag i ett trapphus med dynamisk belysningsstyrning. [13]

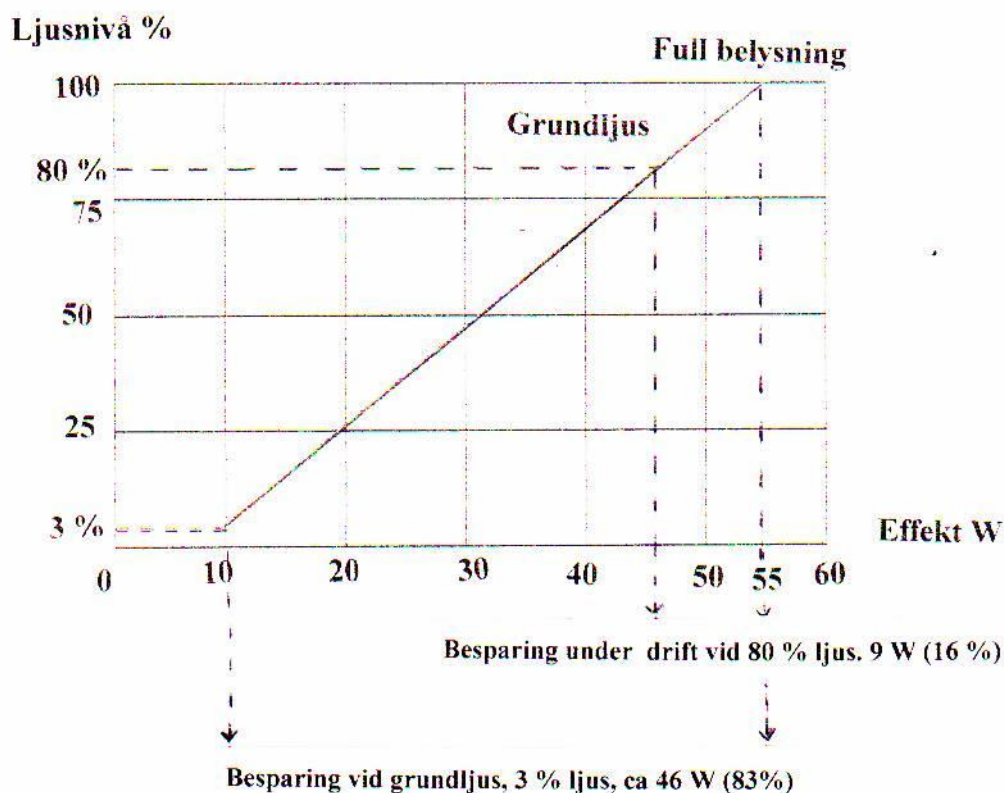


Fig.12 Effektförbrukning vid olika ljusnivåer. Dynamisk belysningsstyrning. [13] s.44

Manuell styrning

Trappautomat- är den "traditionella" röda lysknappen på väggen med tidsinställt relä. Detta är ett mycket bra, men ofta underskattat alternativ för energieffektiv belysning i synnerhet i kombination med en lämplig lågenergiljuskälla. Det är en enkel och robust lösning som ger de boende möjlighet att välja att inte tända alls. (Medges ej med närvarostyrda varianter) Mätningar visar att den totala tiden som trapphuset är tänd ofta är kortare med denna metod än med olika anläggningar styrda med automatik [1] s.17

Tidsstyrning

Ett sätt att styra ljuset utan separata detektorer. Med ett kopplingsur ställer man in tid för släckning och tändning. [9] s.96

3 Nulägesanalys och resultat

I rapporten undersöks tre vanligt förekommande trapphusbelysningar. I de två första mätningarna undersöks trapphus där energibesparande belysningsinstallationer redan har gjorts. I det tredje exemplet visas resultat från en trappuppgång där ingen belysningsrenovering är gjord.

De undersökta installationerna är :

- **Dynamisk belysningsstyrning med akustiska närvarosensorer** - Brunnsgatan

- **Armaturer med närvarosensorer i varannan armatur.** ("master och slav")

10% grundbelysning dygnet runt. - BRF Jakten

- **Trappomat** med röd knapp på väggen och tidsinställt relä.- Kobbarnas väg:

3.1 Brunnsgatan.

Innan trapphusrenoveringen var alla armaturer tända hela dygnet på full effekt. Den ursprungliga belysningsinstallationen var en lysrörsarmatur med 2 st. 18W T8- rör i varje armatur. Den totala effekten (drosseldrift inräknad) var då **45 W** per armatur. Det faktum att de nya armaturerna är installerade på samma ställe som de gamla gjorde det lätt att räkna ut den totala installerade effekten innan armaturbytet.

I samband med en renovering av trapphusen år 2007 valde man att installera nya armaturer. Bytet av belysningen gjordes som en del av trapphusrenoveringen, och inte med huvudsyfte att spara energi eller pengar. Armaturer av typen *Lampas 801 OWEN* installerades. Armaturererna är dimbara, 1-10V, med ett 24W- T5-rör i varje armatur. Ändring av ljusnivå sker med en akustisk styrning av fabrikat *Extronic AD600* med nivåväljare *NV-2*. Till varje armatur hör en elektrisk reaktor med egenförbrukningen 7W. Den totala installerade effekten per armatur blir således $24+7=31\text{W}$.

Installationen är *Dynamisk*, och man har valt att ha en grundbelysning på ca 10% som är tänd under dygnets alla timmar. Vid detekterad närvaro tänds belysningen i hela trapphuset upp till 80%.

3.1.1 Trapphusen innan belysningsrenovering

I inventeringen ingår två trapphus, eftersom det installerades en gemensam styrning av belysningen i de båda trapphusen vid renoveringen.

	Undre källare	Övre källare	Entréplan	Våningsplan	Total installerad effekt	Energianvändning/vecka
Trapphus 1	1 armatur 45W	1 armatur 45W	4 armaturer 180W	3vån. X 2 arm. 270W	540 W	90,7 kWh
Trapphus 2	-	1 armatur 45W	4 armaturer 180W	4 vån. X 2 arm. 360 W	585W	98,3 kWh

Tabell 1. Brunnsgatans trapphus innan renovering.

3.1.2 Trapphusen efter belysningsrenovering

Effektmätning utförd 3 -10 nov 2011

Tre strömtänger installerades i trapphusets proppskåp på de säkringar som rör trapphusbelysningen. Mätarna satt på plats i en vecka.

- Mätare 1: total energianvändning rörande belysning i ett 4 vån. trapphus.
- Mätare 2: total energianvändning rörande belysning i ett 3 vån. trapphus.
- Mätare 3: total energianvändning rörande styrningen av de båda belysningarna

Tång L1(L259)

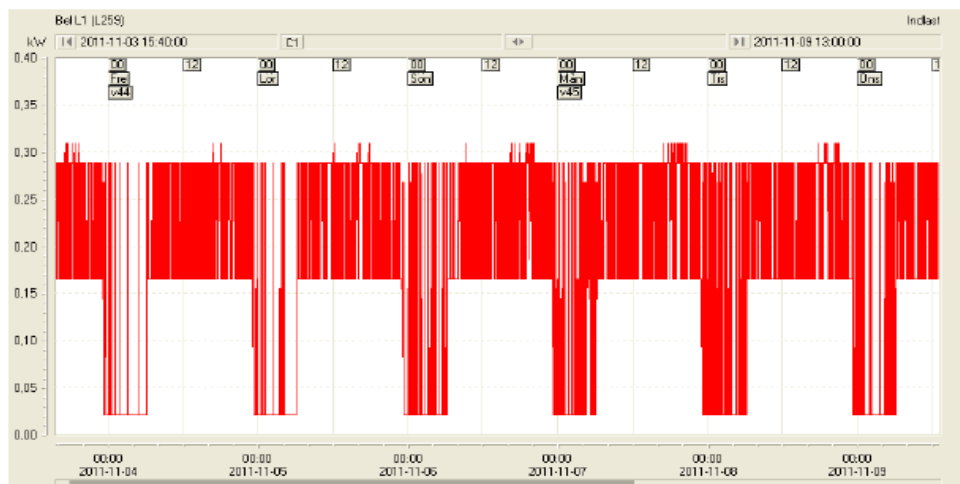


Fig 13.. Effektmätning, Trapphus 1

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi (kWh)
0,19	0,02	0,31	26,62

Tång L2 (L 74)

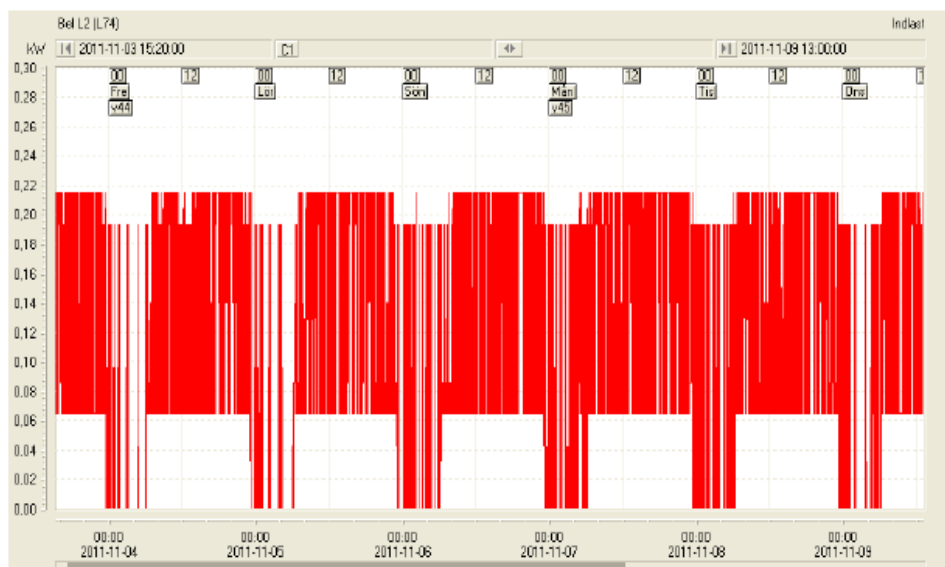


Fig 14. Effektmätning, trapphus 2

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi (kWh)
0,12	0,00	0,21	16,48

TångL3 (L59)

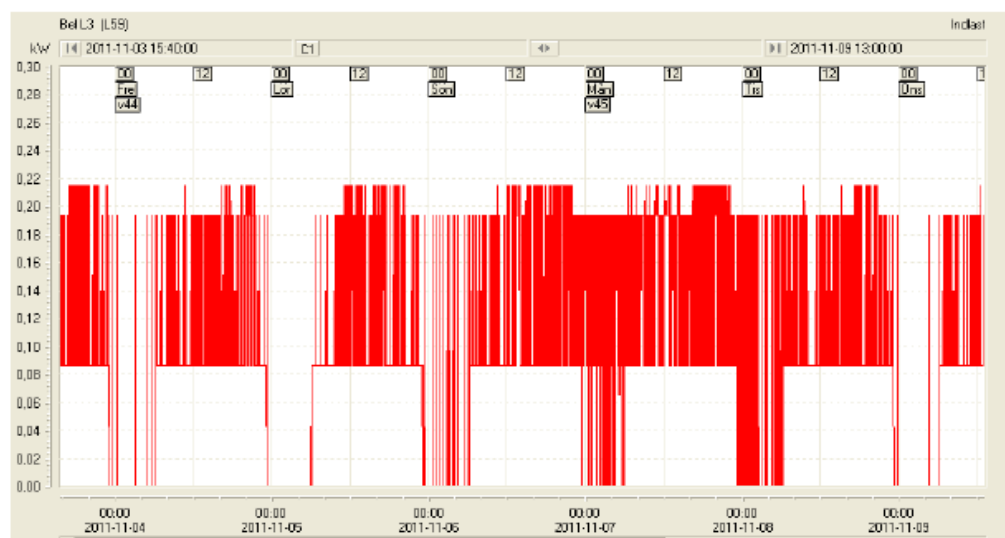


Fig 15. Effektmätning, Belysningsstyrning.

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi kWh
0,1	0,0	0,21	14,32

Resultat, energimätning

	Undre källare	Övre källare	Entréplan	Våningsplan	Total installerad effekt (W)	Energianvändning/vecka (kWh)
Trapphus 1	1 armatur 31 W	1 armatur 31 W	4 armaturer 124 W	3 vån. X 2 arm. 186 W	372 W	26.62kWh/v
Trapphus 2	-	1 armatur 31 W	4 armaturer 124 W	4 vån. X 2 arm. 248 W	403 W	16.48kWh/v
Belysningsstyrning	-	-	-	-	-	14.32kWh/v

Tabell 2. Resultat energimätning

Den totala energianvändningen för belysningen i trapphusen är således **57,42 kWh /vecka**
Dvs. 57,42 x 52 veckor= **2985,84 kWh/ år.**

Slutsats Energibesparing och ekonomisk besparing.

Golvytan i de båda trapphusen är beräknad till 100 m².

Med den nya belysningsinstallationen blir energibesparingen räknad i energitäthet:

Före renovering (kWh/m ² /år)	Efter renovering (kWh/m ² /år)	Besparing – Energi (kWh/m ² /år)
9828 /100 = 98,3	2985 /100= 29,9	68,4 kWh/m²/år

Tabell 3 . Besparing energi

(kr/m ² / år)	Hela trapphuset (100 m ²)
68,4 x 0,80 kr = 54,7 kr/m²/år	78x 100 = 5474 kr/år

Tabell 4 .Besparing- Ekonomisk

Detta motsvarar en energibesparing på ungefär 70% jämfört med den ursprungliga belysningen. Besparingen kan anses vara ett mycket gott resultat, och en vanlig energimätning hade förmodligen inte visat på resultat som skulle anses anmärkningsvärda. Men närmare studier av resultatet från ett vanligt måndagsdygn visade att belysningen verkade gå igång orimligt ofta.

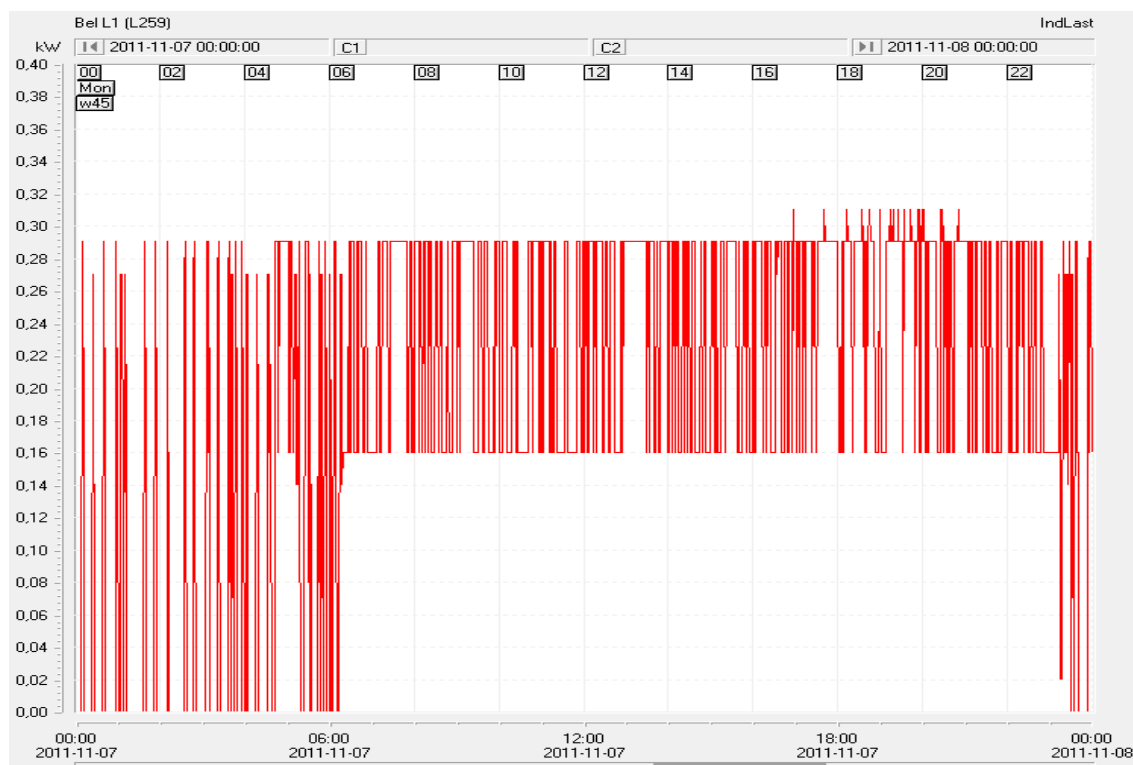


Fig.16 Ett måndagsdygn i trapphus 1.

Unit	Label	Ave	Min	Max	'Energi kWh'
kW	Effekt	0,20	0,00	0,31	4,69

Effektmätningarna synliggjorde alltså omotiverade toppar som tyder på att belysningen tänds upp ett stort antal gånger under dygnet utan att någon rör sig i trapphuset. 4 tändningar per timme en vardagsnatt var ett relativt vanligt resultat. Upptändning sker då i båda trapphusen, vilket leder till att även belysningsstyrningens effektuttag blir högt. Här syns också tydligt att belysningen nattetid är inställd på att gå ner till 0% när ingen närvaro detekteras. Denna åtgärd ger ett ytterligare slitage på lysrören eftersom de då måste kallstarta varje gång.

Måndag natt 00.00-01.00:

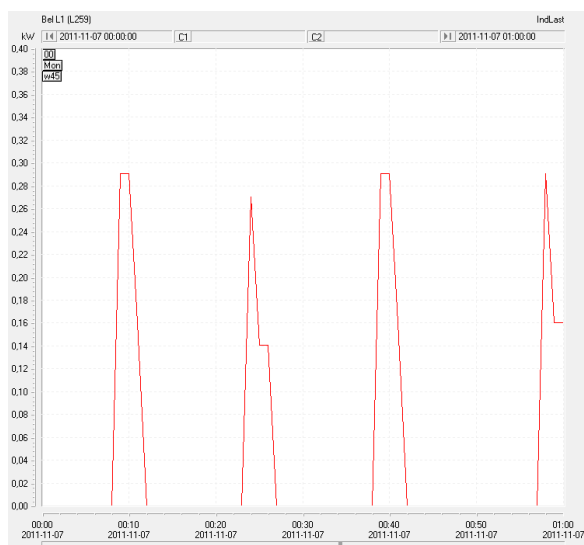


Fig.17 Trapphus 1.

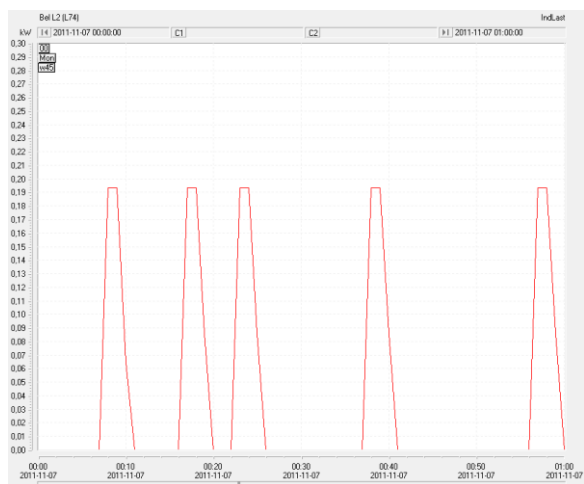


Fig. 18 Trapphus 2.

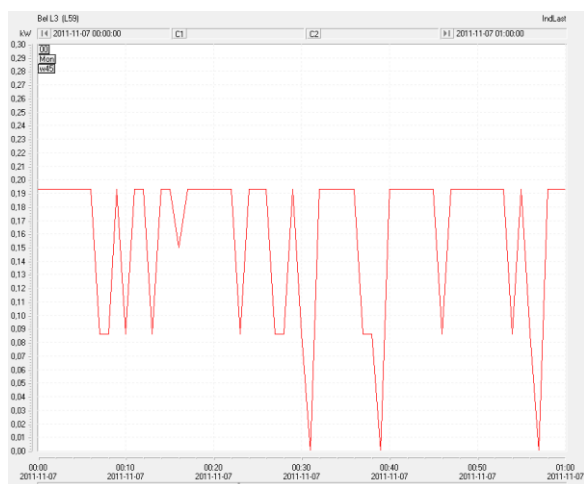


Fig. 19 Behyningsstyrning

Vid ett besök i trapphuset under två förmiddagstimmar under ”lågtrafik” gick det att registrera ett stort antal omotiverade tändningar relaterade till borrhaskinsljud, ljud från innergården, bussen som stannade utanför, slag i ytterdörrar etc. Det mest frekventa störningsmomentet under dessa timmar var dock ytterdörren till garaget i källarplanet. Den fick alla husets trappuppgångar att tändas upp varje gång någon öppnade den.

Luxmätningar samt installerad effekt efter renovering

	Entré	Våningsplan	Översta vån.	Övre/nedre källare	Energim. krav	Uppfyller kraven
Golvyta	60-90 lux	67 lux	67 lux	65-75 lux	100 lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	nej
Nyckelhål Infotavla	20 lux 100 lux	20-50 lux -	49 lux -	- -	30 lux (skallkrav) 100 lux (skallkrav)	nej ja
Trappsteg	40-50 lux (nedersta trappsteget)	11 lux (mitt i trappan)	53 lux (översta trappsteget)	-	50 lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	nej/ja

Tabell 5. Luxmätning

	Armaturer á 31 W	Golvyta (m ²)	Inst. Effekt/ m ²	Energimynd. krav	Uppfyller kraven
Entré	4	14,32 m ²	8,7 W/m ²	Mindre än 8W/m ²	nej
Våningsplan:	2	8,1 m ²	7,65 W/m ²	Mindre än 8W/m ²	ja
Översta våningen	2	7 m ²	8,8 W/m ²	Mindre än 8W/m ²	nej
Övre källare	1	4,3 m ²	7,2 W/m ²	Mindre än 8W/m ²	ja
Nedre källare	2	8,1 m ²	7,6 W/ m ²	Mindre än 8W/m ²	ja

Tab. 6 Effekttäthet (W/m²)

Slutsats luxmätning samt installerad effekt/m². Brunnsgatan.

I trappuppgången når man ingenstans upp till Energimyndighetens krav på luxtal. Gällande installerad effekt per kvadratmeter når man upp till Energimyndighetens börkrav på våningsplanen samt i övre och nedre källare. Man ligger dock strax över kraven i Entréplanet och på översta våningen. Trots att den installerade effekten ligger högt och ibland över börkrav når man inte upp till kraven på belysningsstyrka. Det verkar alltså som att en stor del av energibesparingen i trapphuset kan härledas till underdimensionering av antalet armaturer, hur dessa är placerade och/eller att belysningen lyser med bara 80% av maximal belysningsstyrka.

3.1.3 Förslag på förändring

I nuläget når anläggningen inte upp till sin potential pga. för känsligt inställda sensorer. Det överdrivna användandet sliter också på utrustningen i onödan. Detta gör att livslängden på lysrör och övrig utrustning blir kortare.

Antalet armaturer måste dimensioneras upp för att kunna nå upp till kraven på belysningsstyrka. I synnerhet om anläggningen bara skall gå upp till 80% av full belysning.

Det bör vara möjligt att justera känsligheten i det aktuella frekvensområdet så att de mest störande ljuden sorteras bort. Att förse dörrbladen med nya tätningsslistor skulle också kunna minska antalet upptändningar.

I en dynamisk styrning är vilotiderna när belysningen släcks ner helt efter 2 timmars bortvaro viktig för att minska antalet tomgående HF-don och för att nå maximal energibesparing. Under vilotiderna minimeras energibehovet till den akustiska detektorns egenförbrukning. Därför borde justering av systemet ha en relativt stor energibesparingspotential. Slitaget på belysningsinstallationen borde också kunna minskas märkbart.

Det är viktigt att installationen görs av någon som är kunnig på injusteringen av utrustningen. I detta fall råder det en oenighet om vems ansvar det är att göra denna justering. Elfirman anser sig ha gjort den grundinstallation som krävs, och lämnar ansvaret för övrig justering till Fastighetsskötaren i Bostadsrättsföreningen. Tillverkaren av utrustningen anser det vara installatörens uppgift att utföra en mer komplett justering.

Anm.

På företaget som tillverkar installationen diskuterar man möjligheten att tillverka ljudmätare som skulle göra det möjligt att på förhand undersöka förekomsten av "störande" ljud i en fastighet.

De har också lättåtkomliga manualer som på ett bra sätt förklarar hur man kan justera sin installation för att inte registrera ovidkommande ljud.

3.2 BRF Jakten .

Innan belysningsrenoveringen var alla armaturer i entréplanet och våningsplanen tända dygnet runt. Den ursprungliga belysningsinstallationen i entré och på våningsplan var en lysrörsarmatur med 2 st. 18 W T8-rör i varje armatur. Den totala effekten per armatur (med drossleffekten inräknad) var 45 W per armatur.

Också i detta trapphus installerades de nya armaturerna på samma plats som de gamla. Det var därför lätt räkna hur många armaturer den ursprungliga installationen hade, samt den totala installerade effekten innan belysningsbytet.

Vid belysningsrenoveringen valde man att byta till armaturer av plafondtyp med inbyggda närvarosensorer. Lamporna är sammankopplade i par där den ena fungerar som "master" (1), och den andra som "slav" (2). Det innebär att närvarosensorn sitter i den ena armaturen (1) och vid detekterad närvaro signalerar den till grannarmaturen (2). Båda armaturerna tänds då upp. Armaturerna har en ständig grundbelysning på 10%. De drar då ca 11,5 W/armatur inkl. drosseldrift. Vid närvaro hålls armaturerna tända på full effekt i ungefär 4 minuter. Vid full belysning drar de ca 20 W/armatur med drosseldrift. De återgår därefter till den 10%-iga grundbelysningen.

I trapporna mellan viloplanen tänds armaturerna upp i sektioner med en trappautomat. (Röd knapp med tidsinställning) I armaturerna som är placerade på väggen sitter armaturer med 2 st. 11W lågenergilampor i varje armatur. Belysningen i trappan släcks automatiskt efter 4-5 min. Förutom övergången till lågenergilampor är installationen i trappan intakt sedan före den övriga belysningsrenoveringen i entré och våningsplan

Fastighetsskötaren samt de boende i huset är mycket nöjda med den nya installationen. Man har sett att antalet ljuskällor som behöver bytas har minskat avsevärt.

3.2.1 Trapphuset innan belysningsrenovering

Entréplan	Våningsplan (7 vån.)	Trapphus	Total installerad effekt	Energianvändning/ vecka
8 arm. x 45 W 360W	2arm. x 45 W x 7 = 630W	8 x 60 W 480W	1470W	247kWh/vecka

Tab.7 Installerad effekt samt energianvändning/ vecka innan belysningsrenovering

3.2.2 Resultat från trapphuset efter belysningsrenovering

Effektmätning utförd 13-20 dec. 2011

Tre strömtänger installerades på de säkringar som rör trapphusbelysningen.

Mätarna satt sedan på plats i en vecka.

- Mätare 1: total energianvändning rörande belysning i trapphuset
- Mätare 2: total energianvändning rörande belysning i entréplanet.
- Mätare 3: total energianvändning rörande belysning i våningsplanen.

Resultat Trapphus

I huset finns hiss. Boende och besökare i huset kan alltså välja antingen trappor eller hiss när de skall någonstans. Trapphuset används relativt frekvent.

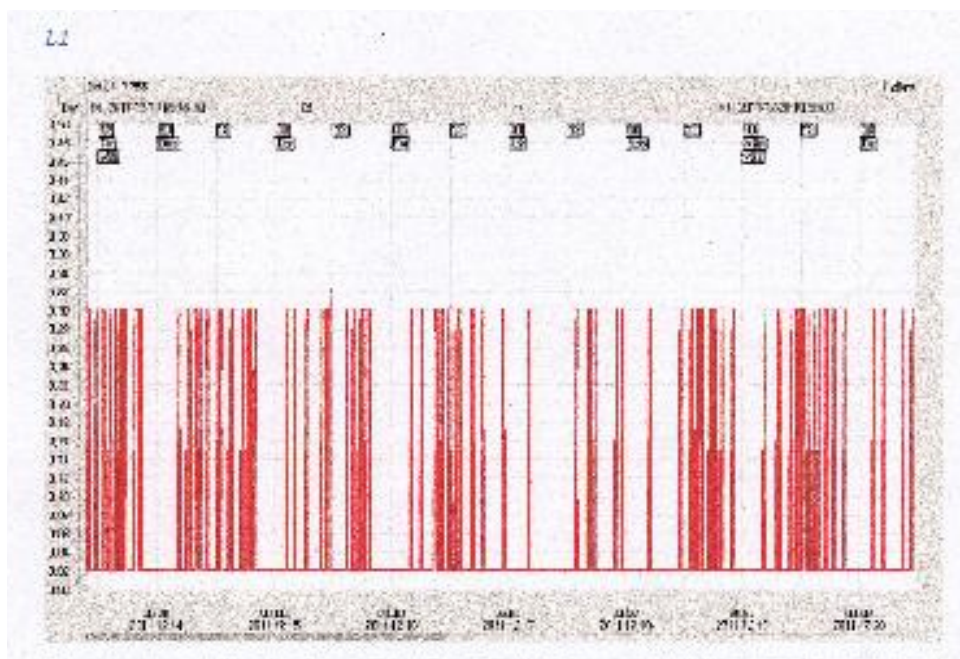


Fig. 20 Trapphus

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi (kWh)
0,06	0,02	0,32	10,71

Resultat Entréplan

Här kan man se att grundbelysningen står för ett ständigt effektuttag på 90 W. På en vecka motsvarar det en energianvändning på 15,12 kWh

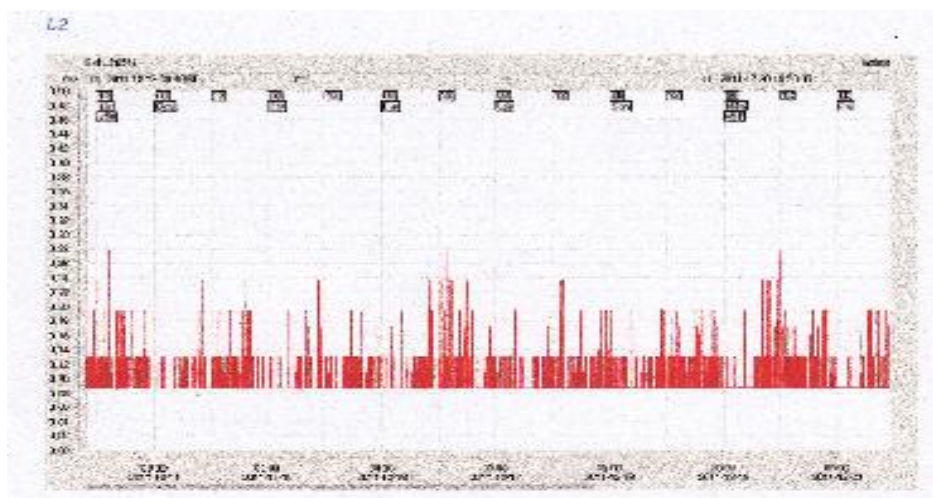


Fig 21.Entréplan

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi (kWh)
0,1	0,09	0,28	16,10

Resultat mätare 3,Våningsplan

I våningsplanet står grundbelysningen för ett ständigt effektuttag på 150W. På en vecka motsvarar det en energianvändning på 25,2 kWh.

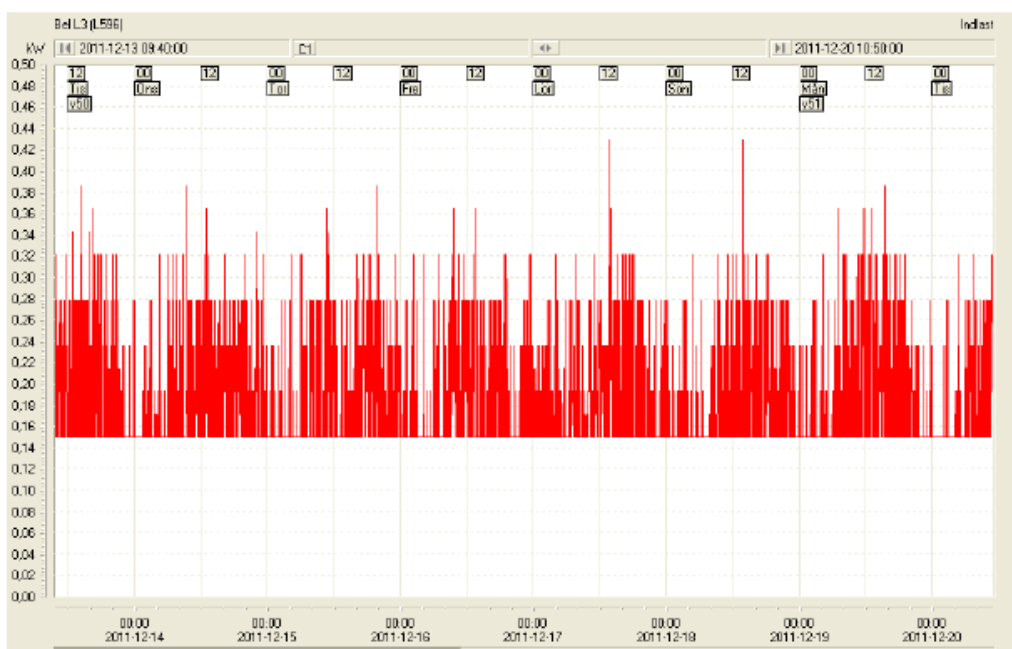


Fig. 22 Våningsplan.

Medel (W)	Min (W)	Max (W)	Energi (kWh)
0,19	0,15	0,43	31,58

Installerad effekt samt Energianvändning

	Installerad effekt, inkl.drossel. (W)	Energianvändning/vecka (kWh)	Energianv./vecka Grundbelysn.(10%) (kWh)	Energianv./vecka Belysn. vid närvaro (kWh)
Entréplan	8 x 20= 160W	16,10	15,12	0,98
Våningsplan	14 x 20= 280W	31,58	25,2	6,38
Trapphus	8 x 22 W= 176W	7,35	-	7,35
Totalt:	616 W	55,03	40,32	14,71

Tabell 8 Installerad effekt, Energianvändning/v.

	Grundbelysn.(10%) (kWh/år)	Belysn.vid närvaro (kWh/år)	Trapphusbelysning (kWh/år)
Energianv./år Brf. Jakten	2096,6 (40,32 x 52)	764,9 (14,71 x 52)	2861,6 (55,03 x 52)

Tabell 9 Energianvändning/år.

Belysningsstyrka samt Effekttäthet efter renovering

Mätningar gjorda den 6 feb. 2012-02-07

	Entré	Våningsplan	Trapphus	Energimynd. krav	Uppfyller kraven
Golvyta (horisontellt)	75-160 lux	101 lux	-	100 lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	ja
Nyckelhål	75 lux	76-92 lux	-	30 lux	ja
Infotavla	200 lux	-	-	100 lux	ja
Trappsteg	-	-	17-33 lux	50lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	nej

Tabell 10 Belysningsstyrka (lux)

	Armatyrer à 20W(inkl.drossel)	Golvyta (m ²)	Effekttäthet W/ m ²	Energimynd. krav	Uppfyller kraven
Entré	8 (8x 20=160W)	36 m ²	4,4 (160/ 36=4,4)	Mindre än 8W/m ²	ja
Våningsplan	2 (2x20= 40W)	9 m ²	4,4 (40/ 9= 4,4)	Mindre än 8W/m ²	ja

Tabell 11. Effekttäthet (W/m²)

3.2.3 Slutsatser från mätningarna

Slutsats Installerad effekt samt energianvändning

En mycket stor andel av energin går till grundbelysning när ingen är där. Endast 8-20% av den totala användningen i viloplan och entré kan relateras till närvaro. Det är viktigt att vara medveten om att 10 %-ig grundbelysning **inte** avser *energianvändningen*, utan att *ljusstyrkan* är nedsatt till 10%. Innan man investerar i armaturer med grundbelysning är det alltså viktigt att undersöka och fundera över driftskostnaden.

Slutsats Energibesparing och ekonomisk besparing.

Den nya installationen har gett en energibesparing på ca 80%. Golvytan i entré och viloplan är beräknad till 99m². Med en ny belysningsinstallation blir energibesparingen räknad i energitäthet:

Före renovering (kWh/m ²)	Efter renovering (kWh/m ²)	Besparing- energi (kWh/m ²)
124,8	25	99,8

Tabell 12 Energitäthet

	(kr/m ² /år)	Hela trapphuset(99 m ²)
Besparing- ekonomisk	0,80 kr x 99,8 m ² 80 kr/m ² /år	80 x 99= 7920 kr/år

Tabell 13 Ekonomisk besparing

Slutsats luxmätning samt installerad effekt/ m²

Trappan upplevs som mörk, särskilt i kröken mittemellan två armaturer. Luxmätningarna från trappan visar att belysningsstyrkan inte når upp till kraven ställda från Energimyndigheten. Förslagsvis borde man i trappan installera fler armaturer som tydligt markerar trappstegen. På övriga uppmätta ställen når belysningen upp till kraven på belysningsstyrka.

3.3 Kobbarnas väg

I detta trapphus är ingen belysningsrenovering gjord. Armaturerna som är av "klotmodell" sitter högt upp i taket. I varje armatur sitter en 60 W glödlampa. Belysningen styrs av en trappomat som tänder upp hela trapphuset. Efter ca 5 min släcks hela trapphuset igen med ett tidsinställt relä. I trapphuset finns ett visst dagsljusinsläpp i trappa och entré. I huset finns fem våningar med lägenheter. På varje våningsplan finns en armatur. I trappan finns ingen belysning, men ett visst dagsljusinsläpp under dygnets ljusa timmar. I entréplanet finns 1 armatur. Sammanlagt finns det alltså 6 armaturer i trappuppgången.

3.3.1 Effektmätning utförd 20-27 jan 2012

En strömtång installerades på den säkring som rörde belysningen i trapphuset. Efter en vecka avlägsnades mätarna och resultatet lästes av.

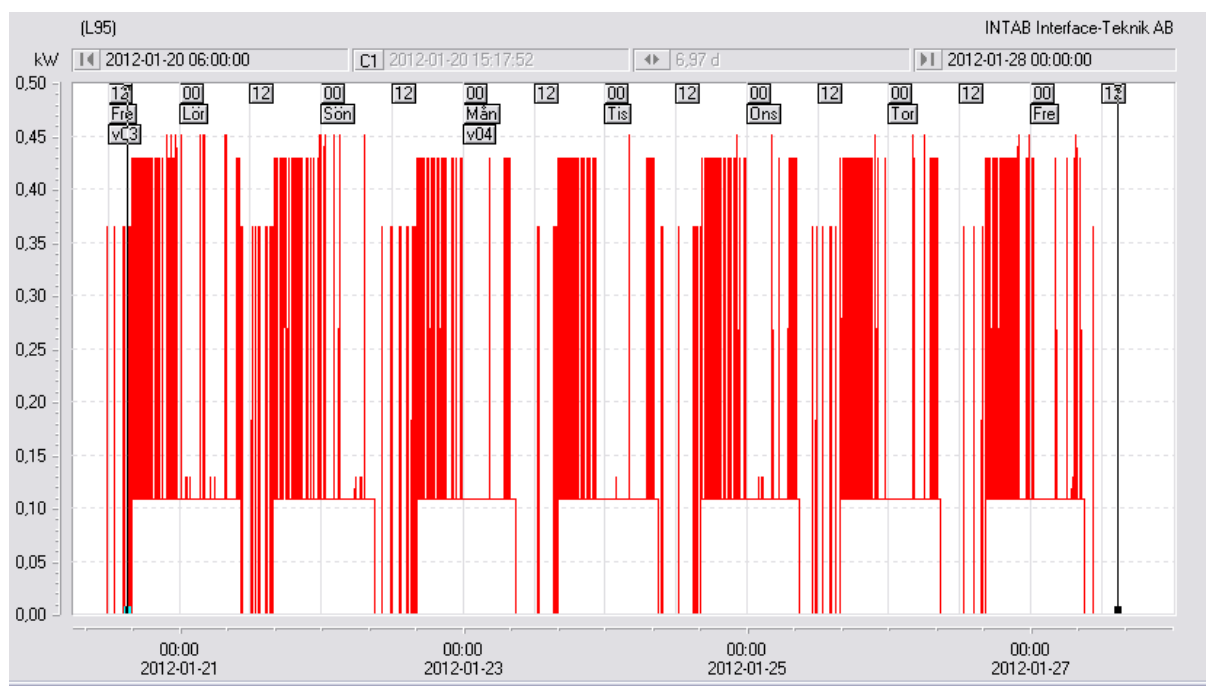


Fig 23. Effektmätning. Kobbarnas väg.

	Trappa och Entré (W)	Ytterbelysning (W)	Total installerad effekt (W)	Energianvändning/Vecka (kWh/v)
Trapphus	6 armaturer 360 W	2 armaturer 120 W	480W	20,71 kWh/v

Tabell 14 Installerad effekt, Energianvändning/v

3.3.2 Resultat

Effektmätning samt energianvändning - nuläge

Mellan 16.30- 09.00 (16,5 h) varje dag är en grundbelysning på 120 W tänd. Denna energianvändning kan relateras till en tidsinställd/dagsljusstyrd utomhusbelysning vid de båda ytterdörrarna.

	Trappa, Entré	Ytterbelysning	Totalt
Energianvändning/vecka (kWh)	6,85	13,86	20,71
Energianvändning/år (kWh)	356,2	720,7	1076,9

Tabell 15. Energianvändning- delad på poster..

Ytterbelysning är ej inräknad i något av de andra trapphusen. Energianvändningen som kan härledas dit dras därför av från den totala användningen. Mätningen visar att belysningen har varit tänd ca 24 timmar av veckans 168 timmar. Som mest har lamporna tänts 7 ggr. per timme.

Belysningsstyrka, Lux

	Kobbarnas väg	Energimyndighetens krav	Uppfyller kraven
Golvyta horisontalt	14 lux (visst dagsljus)	100 lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	Nej
Trappsteg	18-23 lux (visst dagsljus)	50 lux (skallkrav) 300 lux (börkrav)	Nej
Namnskylt/nyckelhål	15 lux	30 lux (skallkrav)	Nej
Anslagstavla	164 lux (visst dagsljus)	50 lux (skallkrav)	Ja

Tabell 16 Belysningsstyrka (lux)

Resultat efter fiktiv renovering

Trapphuset uppvisar en alldeles för låg belysningsstyrka för att kunna användas som jämförelse med trapphusen på Brunnsgatan och Brf Jakten.

Antal lågenergilampor (11W) som behövs för att nå upp till kraven på 100 lux i horisontalplanet:
 $100 \text{ lux} = 100 \text{ lumen} / \text{m}^2$:

En lågenergilampa (11W) ger en ljusstyrka på ca 25 lux /W.

11 W motsvarar då 275 lumen.

$275 / 100 \text{ lux} = 2,75 \text{ m}^2$.

Varje lampor skulle alltså kunna lysa upp en yta motsvarande 2,75 m². Trapphusets horisontella golvtytor är ca 45 m². (Trappan borträknad) Det skulle behövas ca 25 ljuskällor i trapphuset för att uppfylla skallkraven. Med drifttiden 24 h /vecka blir energianvändningen:

Installerad effekt	Energianvändning/v (kWh/v)	Energianvändning/år (kWh/år)	Energitäthet (kWh/m ² /år)
275 W	6,6	343,2	7,6

Tabell 17 Resultat vid en ökning av antalet ljuskällor.

Resultatet visar att kraven på belysningsstyrka kan uppnås med ungefär samma energianvändning.

$$356,2 - 343,2 = 13 \text{ kWh/ år}$$

Resultatet är endast en jämförelse av energianvändning. Investeringskostnader i form av armaturer, ljuskällor och installation är ej medräknade.

3.3.3 Slutsats

Lamporna i trapphus och entré har varit tända 24 timmar av veckans 168 timmar. Trapphuset har den lägsta energianvändningen /vecka av trapphusen i rapporten. Man nådde dock ingenstans upp till Energimyndighetens krav på belysningsstyrka. Lux-talen är på de flesta ställen långt under energimyndighetens krav. Detta beror sannolikt på armaturernas placering (hög takhöjd) och utformning (frostad glaskupa) samt underdimensionering av antalet armaturer.

I trapphuset pågår en stegvis konvertering till energieffektivare alternativ då man byter ut glödlamporna mot lågenergilampor med snabbupptändning.

3.3.4 Förslag på förändring

-För att nå upp till Energimyndighetens krav på belysningsstyrka bör man överväga att installera fler armaturer som tydligt markerar trappstegen samt trappornas början och slut. Detta för att få en trygg belysningsmiljö för alla. För att behålla trapphusets karaktär kan man exv. komplettera takbelysningen med en vacker väggarmatur. Detta blir inte en i huvudsak energieffektiviserande åtgärd. Energianvändningen kommer att bli ungefär densamma som i den tidigare installationen, men i gengäld kommer belysningsanläggningen leva upp till kraven på belysningsstyrka

4 Diskussion och Slutsats

Resultaten från trapphusen är inte fullständigt jämförbara med varandra. Hänsyn har inte tagits till faktorer som antal boende i huset, antal lägenheter, de boendes ålder, eller rörelsemönster relaterat till arbete, skola och fritid. Trapphuset på Kobbarnas väg har dessutom ett större dagsljusinsläpp än de andra två vilket ger trapphuset en viss fördel jämfört med Brunnsgatan och Brf. Jakten.

Med hjälp av mätningarna undersöktes möjlig energibesparing med olika belysningssystem. Mättningsresultaten kunde också visa på brister i anläggningarna samt väcka frågor kring funktion och lämplighet.

Det nyckeltal som kommer att användas i en byggnads energideklaration kallas *Energitäthet*.

$e = E / A / \text{år}$ (kWh/m²/år) [8] Den besparing i energitäthet som gjorts i de två fastigheter där man har gjort belysningsrenoveringar ser ut som följer:

	Före renovering (kWh/m ² /år)	Efter renovering (kWh/m ² /år)	Besparing (kWh/m ² /år)	Besparing Kr/m ² /år (80 öre/kWh)
Brunnsgatan Entré+ viloplan (100m²)	98,55	29,86	68,69	55 kr/m ²
Brf. Jakten Entré+ viloplan (99m²)	124,8	25	99,8	80 kr/m ²

Tabell 18 .Energitäthet. Besparing.

OBS. Då olikheterna i belysningsstyrka visade sig vara så stora husen emellan kan resultaten inte användas som en rättvis grund för jämförelse objekten emellan.

På Kobbarnas väg är ingen belysningsrenovering gjord. Efter en fiktiv renovering där man installerar 25 armaturer med lågenergilampor istället för som idag - 6 armaturer med glödlampor - skulle man ändå kunna redovisa en energibesparing:

	Före renovering (kWh/m ² /år)	Efter renovering (kWh/m ² /år)	Besparing (kWh/m ² /år)	Besparing Kr/m ² /år (80 öre/kWh)
Kobbarnas väg Entré+ viloplan (45m²)	7,9	7,6	0,3	0,24

Tabell 19 Energitäthet. Besparing.

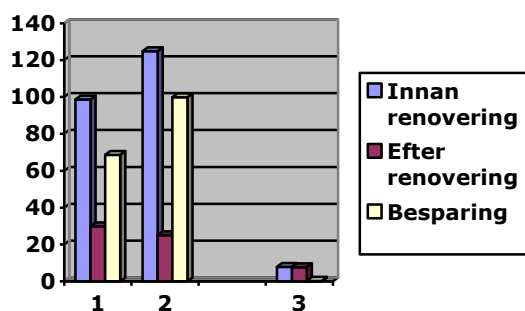


Fig 24 Energitäthet (kWh/m²/år)

1 : Brunnsgatan

2 : Brf. Jakten

3 : Kobbarnas väg

4.1 Diskussion

Inget av trapphusen hade anteckningar på energianvändning före och efter nyinstallation. Ingen av Bostadsrättsföreningarna kunde visa en ekonomisk redogörelse på hur mycket material och installation av den nya anläggningen hade kostat totalt. Det blev därför omöjligt att göra rättvisande jämförande beräkningar av typen LCC-kalkyler. (lifeCycleCost)

Belysningsrenoveringarna har i båda fallen gjorts av andra skäl än just energiebesparande. (I samband med övrig renovering) Båda trapphusen har efter belysningsrenoveringen gjort energibesparingar i storleksklassen 70-80% jämfört med den ursprungliga belysningen. En elkostnad på 80 öre/m² ger att den ekonomiska besparingen i trapphusen är mellan 55-80 kr/m².

Det är ofta svårt för fastighetsägaren att redovisa elanvändningen relaterad till belysningen i ett hus eftersom den ofta mäts tillsammans med övrig drift av trapphuset som exv. ventilation och uppvärmning. (Det finns förslag på att redovisning av energianvändningen relaterad till belysning skall vara ett krav inom EU, men ännu är inget beslut taget i frågan.)

En effektmätning kan vara ett sätt att tydligt redovisa energianvändningen inte bara i form av kilowattimmar, utan relaterad till de boendes beteendemönster och anläggningens funktion.

Urvalet av trapphus i undersökningen har varit ”*Vanligt förekommande lösningar för trapphusbelysning i flerbostadshus.*” Då olikheterna i belysningsstyrka visade sig vara så stora objekten emellan kan inte mätningarna fungera som en rättvis grund för jämförelse. Som utgångspunkt i en eventuell fortsatt studie vore det intressant att jämföra trapphus som har olika energisparande anläggningar **och** når upp till kraven på belysningsstyrka

Mätningarna från trapphuset med akustisk styrning visade på fallgroparna med detta system. Här är det ytterst viktigt att installatören är medveten om hur justeringen skall göras för att belysningen skall nå sin lovade potential. (Enligt tillverkaren är en energibesparing på mer än 90 % möjlig [13])

Vid en fortsatt studie vore det intressant att mäta en rätt injusterad anläggning som uppfyller kraven på belysningsstyrka för att kunna mäta möjlig besparing.

Trygghetsaspekten är en återkommande anledning till att installera armaturer med en ständig grundbelysning i trapphus. Av trygghetsskäl vill man att en grundbelysning skall vara tänd i trapphuset dygnets alla timmar. Denna trygghetsåtgärd kan stå för så mycket som över 90% av den totala energianvändningen. (Se resultat från Brf. Jaktens Entréplan) Vid studiebesök har också påträffats trapphus med grundbelysning dygnet runt trots ett generöst bidrag av dagsljus.

Två av trapphusen visade sig ha stora brister i belysningsstyrka (lux) på i stort sett alla uppmätta platser.

Trappsteg och trappors början och slut bör särskilt noga markeras. Inget av de tre undersökta trapphusen har kunnat uppvisa tillräcklig belysningsstyrka i trapporna. Lägsta uppmätta luxtal i trappkrök har varit 11 lux.. Energimyndighetens krav för trappor är 50 lux.[5] Energieffektivisering av trapphusbelysning får ej ske på bekostnad av de boendes säkerhet. Belysningsanläggningen måste först och främst leva upp till den krävda belysningsstyrkan. Först när detta kriterie är uppfyllt skall energieffektivaste alternativ väljas efter lokalens möjligheter och begränsningar.

4.2 Slutsats

Resultaten från mätningarna, besök i trapphus och samtal med berörda har lett fram till dessa kriterier för vad som kan kallas "Ett gott Exempel":

Ett gott exempel är en belysningsanläggning som:

- 1 Uppvisar en belysningsstyrka som uppfyller Energimyndighetens krav.
- 2 Tar hänsyn till lokalens möjligheter och begränsningar
- 3 Tar hänsyn till de boendes önskemål om trygghet
- 4 Lyser upp lokalen på energieffektivaste sätt
 - Med minsta möjliga installerad effekt
 - Med kortast möjliga drifttid.

4.3 Förslag på alternativa lösningar

4.3.1 Blanda tekniker

I ett trapphus förekommer ofta skiftande förutsättningar vad gäller behov av belysning.

Det kan vara skillnader som:

- Mörka partier blandade med partier med stort dagsljusinsläpp.
- Närvarofrekvensen i lokalen.

Det kan vara viktigt att fundera över om samma belysningslösning är lämplig i hela trapphuset, eller om det går att dela upp i olika lösningar.

4.3.2 Trappomat med komplettering

En trappomat med tidsinställt relä är en robust och billig installation som bidrar till en väldigt låg energianvändning.[1] För att tillgodose kravet på belysning för att kunna "känna sig trygg" i trapphuset kan man:

-Utöka antalet lysknappar i lokalen.

För att aldrig ha långt till en lysknapp för att tända upp lokalen eller om ljuset släcks när man fortfarande vistas i lokalen.

-Installera lysknappar på insidan om ytterdörren i varje lägenhet.

Man behöver aldrig gå ut i ett mörkt trapphus, och kan tända upp för att se ansiktet på besökare i trapphuset.

-Installera lysknapp på utsidan om entrédörren.

Boende och besökare behöver då aldrig gå in i ett mörkt trapphus.

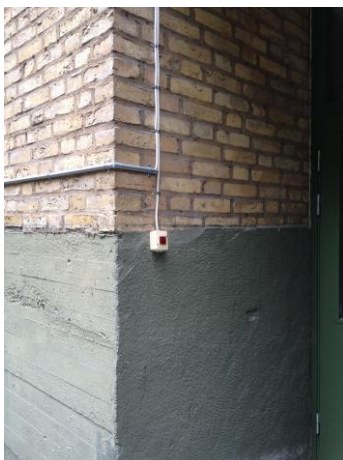


Fig.25 Tändknapp på utsidan om entrén.

4.4 Allmänna råd

Formulera krav tidigt i processen [8]

- Val av ljuskällor med optimalt ljusutbyte för krävd färggivning.
- Energieffektivt belysningsystem med behovsanpassning av den installerade belysningseffekten.
- Effektiva ljusarmaturer med lämplig ljusfördelning och god avbländning.
- Effektivt utnyttjande av dagsljus.
- Effektivt utnyttjande av artificiellt och naturligt ljus genom en ljus färgsättning.
- Anpassning av belysningen genom närvarostyrning
- Högfrekvensdrift med ljusreglering
- Välplanerat underhåll för att erhålla en hög bibehållsfaktor.

Källor/ Referenser

- [1] **Energitjuvar- En praktisk vägledning om energibesparing**
SABO i samarbete med Örebrobostäder. 2009
- [2] **Modern belysningsteknik -sparar energi och pengar.**
Energimyndigheten. ÖNET Energikontoret Örebro län. 2005
- [3] **När ljusnar det? - Belysningsbranschens rapport om offentlig belysning,** Belysningsbranschen 2009
- [4] [http: www.intab.se/se_energipaket.asp](http://www.intab.se/se_energipaket.asp)
- [5] **Programkrav - Belysning i flerbostadshus.**
Energimyndigheten. 1999.
- [6] **Energi Miljö & Teknik (Bilaga till Fastighetstidningen, 6/2011)**
- [7] **En bok om belysning**
Lars Starby. Ljuskultur. 2006. ISBN91-631-3529-9
- [8] **Energieffektiv belysning- Checklistor och energianalyser av belysningsanläggningar.**
Lotta Bångens. Aton Teknik Konsult AB.
- [9] **Ljus och belysning - En handbok om ljus, seende, ljusplanering och belysningsteknik.**
Renström, Håkansson. Liber. 2004 .ISBN 91-47-01808-9
- [10] **Ljus och rum - Planeringsguide för belysning inomhus.**
Ljuskultur. 2003. ISBN 91-631-4675-4
- [11] **Lärobok i belysningsteknik**
Leif Wall. Ljuskultur.
- [12] **Värt att veta om belysning med LED.**
Ljuskultur, 2011
- [13] **Handbok för belysningskonsulter och installatörer**
Extronic Elektronik AB. 2011
- [14] **Energianalys i praktiken**
Tranås Utbildningscenter
- [15] **Belysningsbranschens information om Driftdon**
Belysningsbranschen. Ljuskultur
- [16] www.vingaljus.se maj 2012
- [17] www.ljuskultur.se nov. 2011
- [18] www.extronic.se
- [19] www.lanstyrelsen.se/stockholm/siteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2005/Kvicksilver-i-den-svenska-miljon-forekomst,tillforsel-och-trender maj 2012
- [20] **Ljuskultur 1/10**

En ljusare framtid - Att spara energi och miljö med modern belysning.

Belysningsbranschen.

Lilla ljusboken - Ljuskunskap från Osram

Börje Beronius, Osram AB 2007

BRF Energieffektiv- Handbok för bostadsrättsföreningar.

Energikontoret region Stockholm & Energimyndigheten, 2006. ISBN: 91-633-0052-4

LED-Belysning 2011

Hidealite, Elektro Elco AB. 2011

Allmänna rekommendationer för applikationer med närvaro-/rörelsedetektering med lysrörs-/kompaktlysroarsarmaturer med HF-don.

Belysningsbranschen. Ljuskultur? 2009 .

Inte bara belysning- Idéer och inspiration på vägen mot energismarta fastigheter.

Länstyrelsen Östergötland. 2010.

www.regeringen.se/sb/d/8857

www.ljusbanken.se

Bilaga 1

Belysningens miljöbelastning under livstiden

All produktion och distribution av elektrisk energi som kan reduceras innebär miljövinster. För att bedöma en produkts miljöpåverkan måste hela livscykeln beaktas. [19] s. 102 Regeringens mål är att EU bör minska sina koldioxidutsläpp med minst 30% fram till år 2020 (från år 1990 räknat). För oss i Sverige skulle det innebära en minskning med 15 miljoner ton koldioxid (detta räknat på den koldioxid som elkraftsproduktionen i snitt genererar i Europa)



Fig. 26 Belysningens miljöbelastning (%) [18]

Användning och drift

Den största miljöpåverkan hos en belysningsanläggning sker under användning och drift. Ofta kan så mycket som 70 % av den totala miljöbelastningen under livstiden kan härledas till energianvändningen. Enligt Svensk standard skall en belysningsanläggning vara så energieffektiv som möjligt. För att minska energianvändningen kan man exv.

- Välja armaturer med ljusreglering som använder så lite ljus som möjligt när de är i drift.
- Planera belysningen så att dagsljuset kan utnyttjas på bästa sätt.
- Installera styrsystem som släcker när ingen är i rummet.

Material och tillverkning

Armaturer

Vid tillverkningen av armaturer används främst stål, aluminium, koppar och plast. Det är olika mekaniska processer och energianvändningen under gjutningen av armaturerna som påverkar miljön mest.

Ljuskällor

Varje år står lamptillverkning för användandet av 30 ton kvicksilver. Så gott som alla urladdningslampor innehåller en liten mängd kvicksilver eftersom det som ljusalstrande medium är det effektivaste sättet att åstadkomma ljus. Utan kvicksilver skulle ljuskällorna alstra mindre ljus, och det skulle istället krävas en ökad elproduktion med ökade koldioxidutsläpp.

Ett intensivt arbete att få fram kvicksilverfria ljuskällor alt. minska mängden kvicksilver i ljuskällor där kvicksilver är nödvändigt för ljusalstringsprocessen har lett till att man har kunnat minska mängden kvicksilver i moderna lysrör till en femtedel jämfört med äldre varianter. Lysrörens ökade livslängd bidrar också till en minskad kvicksilveranvändning. [7]s. 450 Trots att lysrör innehåller små mängder av kvicksilver är dessa miljövänligare än tex. glödlampor, eftersom ett lysrör drar uppemot 80% mindre energi. [2]

Kvicksilver

Sverige importerar varje år tre till fyra ton kvicksilver. Det används i tillverkningen av produkter vi använder varje dag som lysrör, strömbrytare, kontakter, lågenergilampor, batterier och mediciner.

Kvicksilver hör till de farligaste tungmetallerna. Det är ett grundämne som aldrig kan brytas ner i naturen eller förstöras genom kemiska reaktioner. Hos människor och andra levande organismer kan kvicksilver skada nerv-, immun- och reproduktionssystem, ge negativa effekter på hjärtskärlsystemet och njurarna. Fostret hos en gravid kvinna är särskilt känsligt pga. att metylkvicksilver lätt passerar moderkakan och kan ge upphov till grava hjärnskador. [19]

Skrotning

Alla ljuskällor är numera klassade som miljöfarligt avfall, och skall hanteras enligt producentansvarslagen (SFS 2000:208) Den innebär att man kostnadsfritt skall kunna lämna in ljuskällor och armaturer för återvinning eller deponering. Producentansvarslagen (rörande belysning) innefattar varor eller utrustning som tillverkats för att normalt användas:

-som ljuskälla

-för styrning eller spridning av ljus

-som hjälpmedel för spridning eller styrning av ljus.

Materialet i ljuskällor har i allt större utsträckning blivit möjligt att återanvända. Många lysrör utförs redan vid tillverkningen på ett sådant sätt att det skall vara möjligt att ta tillvara i stort sett allt material för återvinning. Vissa delar kan användas för energiåtervinning genom förbränning.

Belysningsekonomi

Investering och drift

Att investera i ny belysning är ett långsiktigt beslut. En belysningsanläggning är ofta i drift 20 år eller mer. Återbetalningstid (materiell) är därför en dålig bedömningsgrund för belysning, eftersom en investering med kort återbetalningstid inte alltid ger den lägsta kostnaden på längre sikt. I många fall räcker energibesparingen som skäl för ombyggnad till en helt ny belysning. I andra fall är det inte motiverat med nya armaturer, men lönsamt att installera närvarodetektorer för att styra belysningen.

I en äldre belysningsanläggning utgörs den årliga kostnaden i huvudsak av el och underhållskostnader. I en nyinvesterad anläggning kan man sänka elkostnaden drastiskt. Det belopp man sparar på ekonomin kan användas för att betala ränta och amortering på investeringen. När anläggningen är betald sjunker den totala årliga kostnaden jämfört med ett gammalt system. [9] s.104

Om driftskostnaderna är höga kan det vara lönsamt att byta ut även en fungerande anläggning. Hur lönsam nyinstallationen är kan bedömas i en sk. livscykelanalys.(LCC) För exempel på Lönsamhetsberäkning, se www.ljusbanken.se.

Underhåll

En gammal och nersmutsad anläggning använder lika mycket el som en som är ren och ny. Men en anläggning som har nedsatt underhåll ger avsevärt sämre belysningsstyrka och ljusfördelning. I en lokal där nedsmutsningen inte är så stor beräknar man att belysningen försämras upp till 5% per år. I en smutsigare lokal, som exv. ett garage kan belysningens effektivitet minska med upp till 40-50% [9] s.104

Bilaga 3

Ekodesigndirektivet

Inom EU är elkraftsproduktionen till stor del baserad på fossila bränslen. I strävan efter att minska mängden koldioxidutsläpp är det därför viktigt att se över elanvändningen. Inom EU har man därför antagit ett sk. "Ekodesigndirektiv". Med detta direktiv förbjuds förbjuds de mest ineffektiva produkterna på marknaden om det finns bättre alternativ. Direktivet innefattar krav på informationen på lampförpackningar samt funktionskrav på bla lågenergilampors livslängd, starttider m.m. Som en del av direktivet har det påbörjats en utfasning av ljuskällor som inte kan anses vara tillräckligt energieffektiva.[20]

Utfasningen

Den första etappen i denna utfasning skedde år 2009 då kravet ställdes att matta lampor måste hålla minst energiklass A. Detta krav kan bara nås av lågenergilampor och LED-lampor. Därefter följde en utfasning av lampor över 80 W.

I september 2010 fasades klara glödlampor över 65 W ut.

I september 2011 fasade man ut klara glödlampor över 45 W.

I september 2012 fasar man ut alla klara glödlampor över 7 W.

Ersättare för klara glödlampor blir halogenlampor med glödlampssockel, samt LED-lampor.

För LEDlampor finns särskilda krav rörande energieffektivitet. Matta LED- lampor skall ha energiklass A. Klara LED- lampor skall hålla minst energiklass C. År 2016 skärps kravet till minst energiklass B.

Bilaga 4

Energimyndighetens krav på belysning i flerbostadshus

Programkraven är rekommendationer, men bör användas i alla projekt. Krav (Börnivån ger en ytterligare förbättring av belysningskvalitet och energieffektivitet) ställs på följande parametrar: [5]

Komfort och ljuskvalitet

Belysningsstyrka

Skallkrav på lägsta medelvärde:

Kommunikationsytor: 100 lux, horisontellt.

Entré/infotavlor: 50 lux, vertikalt.

Nyckelhål, namnskylt: 30 lux vertikalt.

Börkrav på lägsta medelvärde: Trappor: 200 lux.

Bländning, luminans och luminansfördelning

Skallkrav: Belysningsarmaturers ljuskällor, och andra lysande delar t ex reflektorer, skall vara väl avskärmade. Luminansen skall högst vara 3500 cd/m² i normalt synfält.

Ljusriktning

Skallkrav: Ljusets riktning skall anpassas till belysningens funktion.

Färgåtergivning och färgtemperatur

Skallkrav: Ra-index skall vara minst 80.

Börkrav: Färgtemperaturen bör vara mellan 2700 och 4000 K

Reflektansfaktorer

Skallkrav: Rumsytor skall vara matta till halvmatta (glansvärde ej över 20)

Råd: Tänk på att använda kontrasterande färgmarkeringar vid t ex trappor, dörrar, nivåskillnader, informationstavlor. Detta underlättar för synskadade.

Flimmer

Skallkrav: För att begränsa flimmer skall högfrekvensdriftdon (HF-don) användas i samtliga armaturer med urladdningsljuskällor. HF-donen skall klara korta varmäterstarttider (varmstartdon)

Råd: Don kan, framför allt om de ljusregleras, störa vissa hörapparater.

Elektriska och magnetiska fält

Skallkrav: Belysningsinstallationen skall utföras så att de alstrade elektriska och magnetiska fältens (EMF-fältens) storlek i möjligaste mån begränsas (försiktighetsprincipen)

Energianvändning

Installerad effekt

Enligt gällande Svensk standard SS-EN 12 464-1, krävs en belysningsstyrka på 10W/ m² i korridorer, samt 10-12 W/m² på allmänna publika ytor.

Börkrav: Den installerade effekten för belysning bör understiga 8 W/m².

Drifttider

Skallkrav: För att nå en så låg energianvändning som möjligt skall belysningsanläggningens drifttider beaktas.

Miljöanpassning

Skallkrav:

- Rutiner för omhändertagande av utbrända ljuskällor som innehåller kvicksilver skall finnas.
- Miljödeklaration med uppgift om kvicksilverinnehåll skall begäras in från leverantör.
- Ljuskälla med lägsta kvicksilverinnehåll, med hänsyn tagen till den ekonomiska livslängden, skall väljas, förutsatt att övriga funktioner är likvärdiga.

Livscykelkostnad

Skallkrav: Livscykelkostnaden, där elenergi ingår, skall beräknas.

Råd: Glöm inte bort de framtida elkostnaderna för belysningen. De är betydligt större än investeringen i nya armaturer.

Underhåll

Skallkrav:

- Fullständiga och lättförståeliga drift och underhållsinstruktioner skall finnas.
- Fullständig underhållsjournal skall finnas med instruktioner för ljuskällebyten, belysningskontroll, tidpunkt för byte och kontroll samt tillvägagångssätt vid armaturrengöring.

