

Enova skal inspirere og motivere privat og offentlig virksomhet til å velge energieffektive løsninger. Det vil vi gjøre gjennom å spre kunnskap om mulighetene, og gjennom å støtte velbegrunnede prosjekter som har alternativ energiproduksjon, energisparing eller energiomlegging som mål.

Enova organiserer sitt arbeid gjennom programmer og oppdrag, og inviterer virksomheter til å presentere sine aktiviteter og søke om tilskudd innenfor de enkelte programområdene. Enova forvalter Energifondet og gir støtte til ulike typer av prosjekter på gitte kriterier.

På nettstedet [www.enova.no](http://www.enova.no) finner du mer informasjon om Enova, programmene våre og det arbeidet vi gjør for et mer energieffektivt og miljøvennlig Norge.

Ta kontakt: [www.enova.no](http://www.enova.no)  
Enovas svartjeneste: tlf 08049.



## Energieffektiv belysning i yrkesbygg





## Innhold

1.	Effektiv belysning – stort sparepotensiale	6
2.	Rammekrav og veiledninger	7
3.	Lys og arbeidsmiljø	10
4.	Utnytt dagslyset!	11
5.	Planlegging av lysanlegg	12
6.	Lyskilder	15
7.	Styresystemer	18
8.	Drift og vedlikehold av belysningsanlegg	19
9.	Rehabilitering av lysanlegg	20
10.	Komme i gang med oppgradering av eldre anlegg	21
11.	De enkleste oppgraderingstiltakene	22
12.	Mer omfattende oppgraderingstiltak	23
13.	Hva kan Enova bidra med?	26
14.	Litteraturliste	26



## Forord

Erfaringer viser at mange yrkesbygg har et stort sparepotensial når det gjelder energieffektiv belysning. I tillegg påvirker belysning andre fagområder som for eksempel varme og ventilasjon.

For mye og feil belysning kan skape et varmeoverskudd som igjen gir behov for kjøling. Ved planlegging av bygg bør derfor ulike fagområder ses i sammenheng. Mye kan gjøres med enkle midler og oppmerksomhet rundt planlegging, utforming og drift. Økt automatisering er et enkelt tiltak som kan ha stor effekt. Eksempelene i veilederen viser dessuten at det kan være god økonomi å satse på energieffektive løsninger både for nyanlegg og ved rehabilitering.

Denne veilederen har som formål å gi økt bestillerkompetanse og retter seg i hovedsak mot byggherrer, men også sentrale rådgivere til byggherrer. Det er viktig at byggherrer er klar over hvilke løsninger de bør velge og hvilke krav de bør stille. Lover og forskrifter setter også krav som byggherrer og andre må være oppmerksomme på.

Med vennlig hilsen

Fridtjof Unander  
Konst. Adm. dir.



**Veilederen er utarbeidet av Opticonsult AS ved:**  
Agnar Birkeland og Geir Bruun

**Veilederen er utformet i samarbeid med en arbeidsgruppe bestående av:**  
Odd Arnesen, Programkoordinator, Enova SF, Eirik Bjelland, Hafslund ASA, Frode Olav Gjerstad, Enova SF, Janne Grindheim, Statsbygg, Ann Kristin Kvellheim, Enova SF, Barbara Matusiak, NTNU, Morten Ryjord, Statsbygg, Lise Rystad, Narud-Stokke-Wiig AS, Karsten Sande, Ullevål sykehus, Kaare M Skallerud, Kaare Skallerud AS



## Effektiv belysning – stort sparepotensiale

Miljøhensyn og stigende energipriser har satt fokus på energisparing og nye fornybare energikilder. Belysning er en av de største utgiftspostene på energibudsjettet i yrkesbygg, rundt 20 prosent. Riktig belysning og enkle styresystemer kan bidra til å halvere energibruken og kostnadene, som mange av eksemplene i denne veilederen viser.

Mange norske yrkesbygg har 20-30 år gamle, lite effektive og ofte overdimensjonerte lysanlegg. Ved bruk av moderne belysningsutstyr og styresystemer er det ofte mulig å redusere energibruken til belysning til dels betydelig.

Også for nye anlegg kan forskjellen mellom et godt og et dårlig utformet anlegg være stor. Anlegg hvor riktig belysningsprinsipp med effektive lyskilder og et godt styresystem er valgt, vil ha vesentlig lavere driftskostnader uten at investeringen nødvendigvis øker mye.

Belysning utvikler varme, og moderne godt isolerte bygg med store mengder teknisk utstyr

- Energi til yrkesbygg utgjør 40 prosent av det totale landsbaserte energibehovet, det vil si ca. 50 TWh/år
- Av dette går 15-20 prosent, eller 7-10 TWh til belysning
- Antatt sparepotensiale er 10-50 prosent
- Med energipris på 70 øre/kWh utgjør energibruken til belysning 5-7 mrd kr/år i Norge
- En 20 prosent reduksjon av denne energibruken vil spare mer enn 1 milliard kroner årlig

### Statoil Forskningscenter, Trondheim

Bygningen inneholder to kontorfløyer sammenbundet av en glassgård med inngangsparti. I kontorfløyene ble lyset styrt med manuelle brytere for hver etasje fløyene. Dette medførte at alt lyset i etasjen var tent dersom det befant seg én person der.

Statoil gjennomførte et tiltak som innebar montasje av persondetektor på alle 500 kontor. Dermed ble lyset kun tent på de kontorene som var i bruk. Dette ga stor besparelse både på dagtid og etter normal arbeidstid da det var mange som utførte laboratorieforsøk på dagtid eller jobbet utover kvelden. Energibruk til belysning ble målt før og etter tiltak.

#### Resultat:

Investering i nytt utstyr: kr. 306.000

Besparelse 219.000 kWh årlig, 74 prosent av opprinnelig bruk

#### Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:

Besparelse per år: kr. 153.300

Tilbakebetalingstid: 2 år

som også avgir varme, har ikke særlig behov for denne oppvarmingen. I stedet kreves det kjøling. Dermed er det mulig å redusere behovet for kostbar kjøling ved å redusere energibruken til belysning. Felles styresystemer for lys, varme, kjøling og ventilasjon gir mulighet for ytterligere besparelse.

Det er ikke uvanlig å se en hel etasje i et kontorbygg opplyst sent på kvelden fordi en person fortsatt er på jobb. Dette kunne enkelt vært unngått ved automatisk styring av lyset. Undersøkelser har dessuten vist at kontorer gjerne står tomme (med lyset på?) opp til 50 prosent av tiden også på dagtid. Denne unødvendige energibruken unngås med riktig styring.

Belysning er dessuten en viktig faktor for arbeidsmiljømessige forhold som trivsel og effektivitet. Verdens helseorganisasjon (WHO) har listet opp fem hovedkriterier for arbeidsmiljø og inneklima, hvor belysning er et av disse.



## Rammekrav og veiledninger

Energikravene i tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) ble revidert i 2007 og har som mål å redusere samlet energibehov i nye bygninger med ca. 25 prosent. Dette er utelukkende positivt med tanke på økonomi og klimasituasjonen, og ikke minst et salgsargument overfor kunder som etterspør lavere energikostnader.

### Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven, i form av forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK), sier at i et bygg skal alle rom ha tilfredsstillende tilgang på lys uten sjenerende varmebelastning. Rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre oppholds- og arbeidssituasjonen tilsier noe annet. Rom for varig opphold skal ha vinduer og utsyn. For enkelte rom kan dette tilrettelegges ved tilstrekkelige åpninger mot andre rom eller ved overlys. Der særlige forhold gjør det påkrevd, kan vinduer erstattes med godt tilrettelagt belysning.

Revisjonen av tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven i 2007 medfører at alle energiposter som er nødvendig for drift av bygningen, skal dokumenteres og ligge innenfor angitte krav.

Det er fastlagt nasjonale krav til energirammer i ulike bygningstyper. En vesentlig endring fra tidligere praksis er at alle energiposter som er nødvendig for drift av bygget, skal inngå ved beregning av energieffektivitet. Dette gjelder både bygningskroppen og tekniske installasjoner i bygningen. Det er utgitt en revidert norsk standard NS3031:2007 som inneholder beregningsmetode for bygningers energiytelse. Det utvikles beregningsprogrammer som ivaretar metodene i standarden, og som gir tilstrekkelig dokumentasjon i forbindelse med byggesøknad.

Publikasjoner som byggherre og planlegger må forholde seg til:

- Plan- og bygningsloven med teknisk forskrift og veileder til teknisk forskrift
- Arbeidsmiljøloven
- Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL)
- NS-EN12464-1 og tilhørende norsk veiledning: Lyskulturs publikasjon 1B, *Luxtabellen*
- Norsk Standard NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse, metode og data
- NS-EN 15193: Bygningers energiytelse – Energikrav i lysanlegg
- Temaveiledning om universell utforming av byggverk og uteområder. HO-3/2004
- Temaveileder Energi HO-1/2007

Det skal også etableres en ordning for energiattest/energimerke av bygninger. Metoden er tenkt basert på samme filosofi og symbolikk som EUs merkeordninger for blant annet hvitevarer, med en skala fra A til G. Klassifiseringen vil bli basert på normerte beregninger av byggtypenes totale netto energibehov. Målsettingen for energi-merkeordningen er at energibruk og miljøbelastning skal være synlig ved salg av bygninger, og dermed føre til en større markedsandel for lavenergibygging. Dette vil også legge press på produsenter og leverandører til å levere energi-effektive produkter og installasjoner. Se også [www.energidirektivet.no](http://www.energidirektivet.no).

I forbindelse med salg og utleie vil det antagelig være attraktivt å ha dokumentasjon på at bygget er energieffektivt. Det legges opp til samordning av kravene i TEK, NS 3031:2007 og regelverket for energimerkeordningen.





## Arbeidsmiljøloven

Arbeidsmiljøloven stiller krav til at belysningen på arbeidsplassen skal tilfredsstillende de synskrav som er nødvendige for å utføre arbeidet. Lysbehovet er avhengig av kravet til presisjon og arbeidstakerens alder. Tilstrekkelig belysning er også viktig for sikkerheten til personer som ferdes i lokalene. Luxtabellen er lagt til grunn for hva som normalt anses å være tilfredsstillende.

## Europnormen for belysning og "Luxtabellen" fra Lyskultur

Standarden NS-EN12464-1 omhandler belysning av innendørs arbeidsplasser og gir anbefalinger for planlegging av belyningsanlegg. Sentrale begrep er også forklart. Som norsk veileder til standarden finnes Lyskulturs publikasjon 1B, "Luxtabellen".

I Arbeidsmiljøloven henvises det blant annet til tabellverket i standarden. Den kan i praksis anses som minstekrav som må oppfylles. I Lyskulturs publikasjon 1B finner man i tillegg til tabellverket blant annet oversikt over lyskilder og belyningsprinsipper, samt prosjekteringseksempler for typiske rom. Publikasjonen kan være til god hjelp for bestillere og prosjekterende av belyningsanlegg.

## Energirammer totalt og til belysning

I revidert utgave av teknisk forskrift til plan- og bygningsloven er det definert øvre rammer for totalt netto energibehov i 13 ulike bygningskategorier. Belysning er en av 7 energiposter som utgjør den totale energirammen for hver bygningskategori.

Total energiramme for de 13 ulike bygningskategoriene og energiramme for belysning er vist i tabell 1. Belysning utgjør 15 til 25 prosent av totalen avhengig av bygningskategori.

Bygningskategori	Energiramme		
	Total	Belysning	
	kWh/m²år	kWh/m²år	W/m²
Småhusblokk	125+1600/m²	17	2,9
Boligblokk	120	17	2,9
Barnehager	150	21	8
Kontorbygg	165	25	8
Skolebygg	135	22	10
Universitet/høgskoler	180	25	8
Sykehus	325	47	8
Sykehjem	235	47	8
Hoteller	240	47	8
Idrettsbygg	185	21	8
Forretningsbygg	235	56	15
Kulturbygg	180	23	8
Lett industri, verksted	185	19	8

Tabell 1: Rammekrav i NS3031:2007, tillegg tabell A1.

Oppgitte verdier for belysning skal som hovedregel benyttes ved kontrollberegninger av eget bygg opp mot offentlige krav.

Dersom det benyttes styringssystem for utnyttelse av dagslys eller styringssystem basert på tilstedeværelse, kan energirammen til belysning reduseres med 20 prosent. Eventuelt kan andre verdier for belysning dokumenteres gjennom beregninger etter NS-EN15193 eller tilsvarende.



### Haukedalen skole

Skolen ble bygget i 1973 og er ca. 3000m², med 15 klasserom. Klasserommene har store vindusflater og er vendt mot sørøst. Belysningen i klasserommene var fra 1973, og besto av lyslister rekkemontert i fire rekker i taket, og innkasset i trelist. Totalt 36 lyslister med 1x36 W lysrør pr klasserom. Det var ikke montert tavlelys. Klasserommene var omtrent 84m² store, og installert effekt var dermed ca. 21,4 W/m². Brukerne klaget over dårlig belysning og lavt lysnivå. Det var forsøkt montert reflektor for å øke effektiviteten til armaturene.

De gamle armaturene og trelistene de var montert i ble fjernet. Nye effektive armaturer med elektronisk startutstyr og god reflektor ble montert, 8 stk 2x35W pr klasserom. I tillegg ble det montert tavlelys, 3 stk 1x35W. Installert effekt for det nye anlegget ble 8,6W/m². Belysningsnivået ble hevet opp til 500 lux. I tillegg ble det montert bevegelsesdetektorer med innebygget dagslyssensor. Detektoren ble innstilt til å slå av lysanlegget etter 12 minutter uten registrert bevegelse, eller ved dagslysnivå over 800 lux.



#### Resultat:

Investering i nytt utstyr: kr. 180.000

Besparelse pga optimalisert anlegg uten behovsstyring: 35.640kWh årlig,

60 prosent av opprinnelig energibruk

Ytterligere estimert besparelse pga

bevegelsesstyring/dagslys: 5.940kWh årlig

Total besparelse: 41.580kWh årlig, 70 prosent

av opprinnelig energibruk

Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:

Besparelse per år: kr. 29.220

Tilbakebetalingstid: 6 år





## Lys og arbeidsmiljø

Verdens helseorganisasjon (WHO) definerer innelima i form av fem innelima faktorer. Sammen med estetiske og psykososiale forhold utgjør disse faktorene hvordan innelimaet oppfattes. En av disse fem faktorene er belysning.

Så mye som 80 prosent av alle sanseinntrykk går gjennom øynene. Det er videre påvist sammenheng mellom belysning og menneskers psykiske og fysiske helse. Studier viser også økt effektivitet og redusert sykefravær etter oppgradering av belysningsanlegg. Godt lys gir bedre helse.

Godt lys innebærer at lyset varierer i løpet av døgnet, slik dagslyset gjør. Og denne variasjonen i lysnivå påvirker oppmerksomheten. Et høyt lysnivå sørger for å holde konsentrasjonen på et høyt nivå selv om det er natt. Dette kan blant annet utnyttes i skiftarbeid for å holde produktiviteten oppe om natten.

Som byggherre er det derfor viktig å sørge for at bygget får en god belysning i forhold til funksjon, og samtidig en energiriktig belysning.

Moderne belysningsutstyr gjør det mulig å oppfylle mange kriterier for god belysning:

- Lite blendende.
- God fargegjengivelse.
- Flimrer eller blinker ikke.
- Bruker mindre energi.
- Muliggjør fleksible anlegg.
- Åpner for økt individuell styring.
- Lengre intervaller mellom lysrørskift.

Eksempel, konstantlysstyring av idrettshall.

En idrettshall har ofte lang brukstid, fra tidlig morgen til sen kveld. For å få en hall som er relativt fleksibel med tanke på type arrangementer må belysningsnivået gjerne opp i 500 lux.

På grunn av det store arealet med relativt høyt belysningsnivå blir installert effekt til belysning stor. I eksempelet er det en hall på ca. 1400m<sup>2</sup>. Installert effekt til lys er 16,8kW tilsvarende 11w/m<sup>2</sup>.

Aktivitet i hallen fra 9 om morgenen til 22 om kvelden hver dag 48 uker i året gir en driftstid på 4368 timer/år.

Dette gir en energibruk til belysning på 73.382kWh/år. Mange idrettshaller lages med overlyskupler, men få utnytter dette ekstra dagslyset til å redusere energibruken til belysning. I hallen i dette eksempelet er det totalt 86m<sup>2</sup> overlys jevnt fordelt i hallen.

Belysningen i denne hallen er allerede utstyrt med digital dempemulighet for fleksibilitet ved ulike aktiviteter i hallen. Ekstrakostnaden for dagslysstyring med konstantlystprinsippet blir derfor liten, da det eneste som trengs i tillegg er dagslyssensor og noe ekstra programmering av lysanlegget.

**Resultat:**

Ekstra investering i utstyr: kr. 25.000.  
Besparelse 40.320 kWh årlig, 54 prosent av opprinnelig energibruk.

Besparelse basert på energipris 70øre/kWh:

Besparelse per år: kr. 28.224.

Tilbakebetalingstid: Mindre enn ett år.



## Utnytt dagslyset!

Utforming av fasader med plassering av vinduer innvirker på dagslystilgangen, og har mye å si for energibruken i et bygg. Fasaden skal fungere som klimaskall, og dentilfører bygningen både lys og varme gjennom solinnstråling. Samtidig lekker det også energi ut gjennom fasaden, og da særlig gjennom vindusflater. Det er derfor viktig å finne krysningspunktet hvor man får tilfredsstillende dagslysforhold, men samtidig lavt behov for oppvarming og kjøling.

Flere studier har påvist at god tilgang på dagslys øker produktiviteten. I veiledning til plan- og bygningsloven er det satt krav til 2 prosent gjennomsnittlig dagslysfaktor\* i rom for varig opphold. Dagslyset reduserer behovet for kunstig lys, og dette kan det være god økonomi i å utnytte. Styresystemer som tilpasser den kunstige belysningen til mengden dagslys, finnes i mange varianter, og de kan være lønnsomme der forholdene ligger til rette for det. Dagslys er altså svært ønskelig i yrkesbygg. Vær oppmerksom på at bygningsforskriften (TEK) setter begrensning for maksimalt areal til vindusflater.

Den mest effektive måten å få mye dagslys inn i et bygg på, er ved hjelp av overlys. De fleste steder må man likevel klare seg med vinduer for å skaffe det nødvendige dagslyset. For å maksimere dagslysinnslipp bør vinduene være plassert så høyt som mulig. Da kastes også lyset lengre inn i rommet, og man får en jevnere fordeling. Men det må også tas hensyn til at vinduene skal gi utsyn. Ved utforming av arbeidsplasser er det viktig å tenke på at dagslyset i stor grad havner i området rett innenfor vinduet.

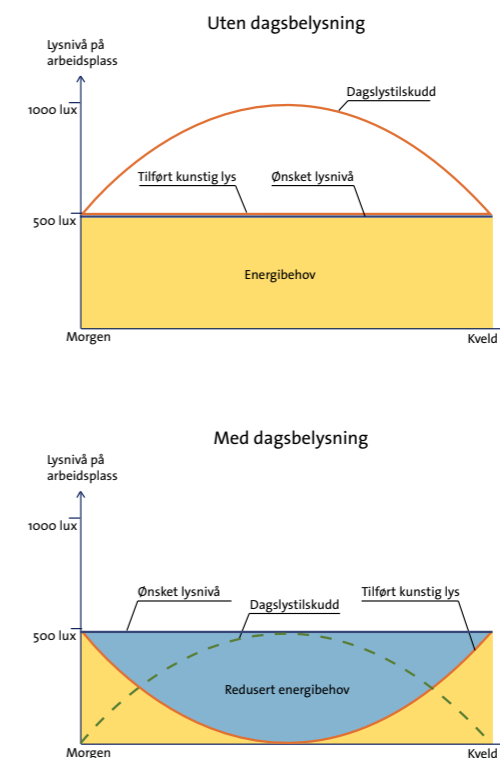
En viktig faktor for dagslys er lystransmisjonen i glasset. Lystransmisjonen angir hvor mye av dagslyset som slipper gjennom glasset og inn i bygget. Denne faktoren angis som regel fra 0 prosent til

100 prosent, normalt vil den ligge mellom 50 prosent og 80 prosent. Det kan altså være store variasjoner fra en type glass til en annen. Særlig solbeskyttende glass reduserer lystransmisjonen.

Enova har utarbeidet en egen veileder for utforming av glassfasader der man finner mer informasjon om dette, se:

[www.enova.no/publikasjonsoversikt/](http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/).

Som man ser på figur 1 kan dagslyset i løpet av en vanlig arbeidsdag utgjøre en betydelig del av det nødvendige lysnivået på arbeidsplassen, utnyttet dette til å redusere det kunstige lyset deretter, vil energibruken reduseres betraktelig.



Figur 1: Energibehov til belysning av arbeidsplass med og uten regulering av det kunstige lyset etter mengden dagslys.

\*Dagslysfaktor

Dagslysfaktor er et uttrykk for andelen dagslys i et rom i prosent av lysnivået utendørs. Dersom lysnivået ute er 10.000 lux, og man måler i snitt 200 lux inne uten kunstig lys påslått, er dagslysfaktoren 2 prosent.



## Planlegging av lysanlegg

For å kunne planlegge eller sette krav til et nytt belyningsanlegg, er det viktig å ha kunnskap om ulike mulige tekniske løsninger samt fordeler og ulemper med disse. De tekniske installasjonene påvirker hverandre, og valg av belysning og styring har innvirkning på både varme, ventilasjon og kjøling. Dette kapitlet vil gi en kort introduksjon til de prinsipper og tekniske løsninger som er vanlige i dag.

Den som bestiller et nybygg, må gi klare signaler om sine forventninger til valg av belyningsløsninger. God planlegging av lysanlegg er komplekst, det kan derfor være en fordel å benytte en rådgiver med belyningsteknisk kompetanse til dette.

Som byggherre er det viktig å stille krav til bruk av effektivt utstyr:

- Be om dokumentasjon på virkningsgrader for armaturer.
- Kontroller at effektive lyskilder benyttes, og at antall varianter begrenses.
- Still krav til bruk av lysstyringssystemer.
- Krev at lysanleggets energibruk dokumenteres i henhold til NS 3031:2007.
- Be om dokumentasjon på levetidskostnader.

Ved å installere separat energimåling av belysning, ventilasjon, kjøling og varme samt pumper og vifter vil en kunne overvåke energibruken og oppdage feil på et tidlig tidspunkt.

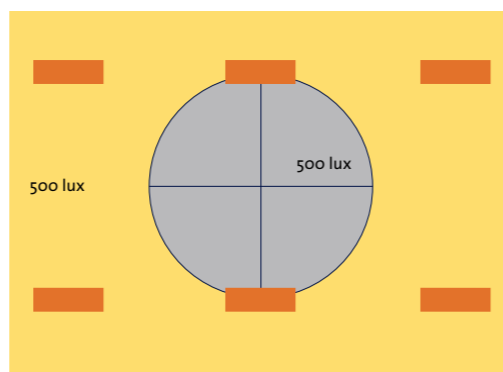
Manuell av/på-bryter som eneste styreinneinretning for lys er ikke en god løsning, og bør erstattes av mer eller mindre automatiske styresystemer, som likevel gir brukeren mulighet til individuell styring.

Viktig å tenke på for nye anlegg:

- Velg energieffektivt belyningsutstyr med elektronisk startutstyr
- Sørg for tilstrekkelige muligheter for individuell styring av lyset
- Mørke farger på vegger og tak stjeler mye lys.
- Behovsstyring av lyset lønner seg nesten alltid
- Husk at installasjonskostnaden bare er en liten del av den totale kostnaden i løpet av anleggets levetid. Drifts- og vedlikeholdskostnader må også tas hensyn til
- Mulighet for å styre lys, varme, kjøling og ventilasjon sammen
- Mulighet for utnyttelse av dagslyset som erstatning for kunstig lys

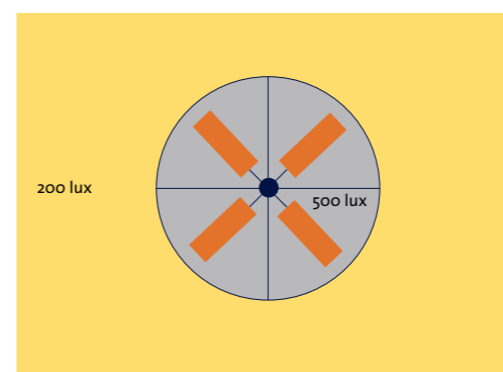
For den som skal planlegge et lysanlegg, er det viktig å ha kjennskap til bruk og behov for lokalet. Dette må derfor spesifiseres så godt som mulig på forhånd. Deretter må belyningsprinsipp velges. Det finnes i hovedsak to prinsipper som begge har sine fordeler og ulemper.

En jevn allmennbelysning av et rom eller lokale (som vist i figur 2) gir en meget høy fleksibilitet med tanke på møblering og ombygginger, men dette går på bekostning av energiøkonomien i anlegget.



Figur 2: Jevn allmennbelysning, prinsipløsning i plan.

En plassorientert allmennbelysning hvor belysningen er fokusert på arbeidsplassene (figur 3), og med en lavere belysning i resten av lokalet gir god energiøkonomi for anlegget. Ulempen er at løsningen er låst med tanke på plassering av arbeidsplasser. For rehabilitering av eldre anlegg som er basert på en meget høy allmennbelysning, kan dette prinsippet i tillegg være en stor overgang for brukerne.



Figur 3: Plassorientert allmennbelysning, prinsipløsning i plan.

Problematikken mellom jevn eller plassorientert belysning kan løses ved å velge et dynamisk adresserbart dempesystem. Da kan en jevn allmennbelysning programmeres om til å bli en plassorientert belysning bare ved å dempe armaturer i gangsoner.

Når belyningsprinsippet er valgt, vil neste steg være å velge armaturtyper og lyskilder som gir riktig belysning og samtidig gir gode drifts- og vedlikeholdsforhold.

Det er stor forskjell på ulike armaturtypers virkningsgrad, noe man kan se eksempel på i tabell 2. Armaturvirkningsgrad sier noe om hvor mye av lysmengden fra lyskilden som går tapt før lyset slipper ut av armaturen. En virkningsgrad på for eksempel 60 prosent betyr at 40 prosent av lyset fra lyskilden går tapt inne i armaturen, og dermed ikke blir utnyttet. Legg også merke til at mørke romflater "stjeler" mye lys.

Armaturtype	Armaturvirkningsgrad	Reelt nyttiggjort andel	
		Lyse romflater	Mørke romflater
Takarmatur med aluminiumsraster	80-90%	75-85 %	68-77 %
Takarmatur med diffus skjerm	50-60%	30-40 %	25-32 %
Nedhengt armatur 50/50 opp/nedlys	85-95%	70-80 %	56-64 %
Downlight, lavtbyggende	60-70%	40-50 %	36-45 %
Industriarmatur med klar skjerm	60-70%	45-55 %	34-41 %

Tabell 2: Eksempel på virkningsgrader for ulike armaturtyper og omgivelser.

For arbeidsplasser er det også viktig å gi brukerne muligheter til individuell tilpasning av lyset. De fleste har ulike behov og preferanser, og ikke minst er behovet for lys sterkt økende med alder.

Det valgte belyningsprinsippet kan deretter kontrolleres mot effektkravet ( $W/m^2$ ) i bygningskategoritabellen for belysning i NS3031:2007 (Se tabell 1).

Så kommer valg av styresystem for lyset. Avhengig av hvilket ambisjonsnivå man har for lysanlegget kan det da velges blant de styringsløsninger som presenteres i kapitlet om styresystemer. Hvilket styresystem som er hensiktsmessig, er avhengig av bruk og utforming av lokalet.





### Nødlis og etterlysende ledesystemer

Store byggverk og byggverk med stort personantall samt byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 5 og 6 skal ha tilfredsstillende ledesystem, i følge "Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk" (TEK).

Ledesystem kan enten være elektrisk basert eller etterlysende, og består av utgangsmarkeringer samt ledelinjer eller ledelys.

#### Elektrisk basert ledesystem (Nødlis)

For nødlis har LED-lyskilder vært en revolusjon både utseendemessig og energimessig. Der man før trengte store, dominerende armaturer med 8W lysrør, kan man i dag benytte små LED-armaturer som bruker bare 1W - 3W, og altså reduseres energibehovet til nødlis med ca. 60 prosent.

Med sitt lave energibehov og lange levetid gir LED store drifts- og vedlikeholdsbesparelser sammenlignet med nødlis basert på lysrør.

#### Etterlysende ledesystemer som alternativ til nødlis.

Etterlysende ledesystemer kan være et godt alternativ til nødlis. Systemet er bygget opp ved at etterlysende skilt erstatter gjennomlyste markeringslys, og ledelinjer i etterlysende materiale nedfelt i gulv eller vegg erstatter ledelys



## Lyskilder

Effektive lyskilder er en absolutt nødvendighet for å få et energieffektivt lyseslegg. Den økonomiske konsekvensen av å velge feil type lyskilder vil være betydelig både med tanke på energikostnad og drifts- og vedlikeholdskostnader.

For yrkesbygg er det i hovedsak seks typer lyskilder som er aktuelle til belysning. Disse er:

- Glødelamper
- Halogenglødelamper
- Metallhalogen damplamper
- LED (lysemmitterende dioder)
- Kompaktlysrør (sparepærer)
- Lysrør

**Glødelamper** er svært lite effektive lyskilder da 95 prosent av energien går til varme. I tillegg har de kort levetid. Til gjengjeld krever de ikke noe ekstra startutstyr, de oppnår full lysstyrke nesten umiddelbart og kan enkelt dempes. Glødelampen har som sitt største fortrinn at den kan gjengi et komplett fargespekter, og at den har en varm, rødlig lysfarge. Flere land har innført forbud mot bruk av glødelamper, og EU jobber også med et direktiv om dette.

*Egnet bruksområde: Spesielle behov, (Boliger).*

**Halogenglødelamper** har mange av de samme egenskapene som glødelamper, men er noe mer effektive og har høyere lysutbytte\* ved samme wattstyrke. De har også en noe lengre levetid. Halogenglødelamper finnes relativt utbredt både for 230V (nettspenning) og 12 V spenning. I 230 V-variant er det som for glødelamper ikke behov for noe startutstyr, mens 12V-lamper må benytte en transformator. Halogenglødelampene har som glødelampene et komplett fargespekter med en varm lysfarge.

*Egnet bruksområde: Boliger, effektbelysning.*

#### \*Lysutbytte:

Den lysmengde i lumen (lm) en lyskilde gir fra seg i forhold til effektbruken (W).

**Metallhalogen damplamper** har nesten bare navnelikheten til felles med halogenglødelamper. Lampetypen kjennetegnes ved at den har et høyt lysutbytte, lang levetid og en god evne til å gjengi farger. Lyskilden er også svært kompakt i størrelse og finnes i størrelser fra 20W til 2000W. Denne lyskilden vil i svært mange tilfeller være et meget godt og energieffektivt alternativ til halogenglødelamper som butikkbelysning! Ulempene er at de krever et forkoblingsutstyr for å starte, og har en oppvarmingstid før fullt lysutbytte oppnås. I tillegg må lampen nedkjøles noen minutter før den kan tennes igjen etter slukking. Lyskilden kan bare i noen få varianter dempes.

*Egnet bruksområde: Effektbelysning, samt allmennbelysning for rom med god takhøyde.*

**LED** er en teknologi i stor utvikling for tiden.

Man har store forhåpninger til fremtiden for LED-lamper, men foreløpig er de ikke utviklet godt nok til å kunne konkurrere med de mest effektive eksisterende lyskildene, selv om det nærmer seg. LED har i dag sin store styrke i lang levetid og at de gir svært intenst lys for enkeltfarger. For tiden er lyseffektiviteten kun 60 prosent av lysrør, men utviklingen går raskt.

*Egnet bruksområde: Effektbelysning, nødlis.*

**Kompaktlysrør (sparepærer)** er kort fortalt lysrør i miniatyrform, og krever derfor startutstyr for å tenne. Noen varianter har startutstyret innebygget, og er også kjent som sparepærer. Kompaktlysrør har noe lavere lysutbytte og levetid sammenlignet med lysrør. De finnes i størrelser fra 7W til 120W hvor de minste typene kan fungere som erstatning for glødelamper og halogenglødelamper, mens de største variantene har bruksområde omtrent som for vanlige lysrør. Enkelte varianter kan ikke dimmes.

*Egnet bruksområde: Som for lysrør, men også aktuelt for boliger.*

**Lysrør** er i dag den mest effektive og mest benyttede lyskilden for de fleste typer innendørs arbeidsplasser. I tillegg har de en meget lang levetid. Lysrør finnes i mange varianter og størrelser fra 8W til 80W.







Dagens T5-lysrør (16 mm diameter) leveres kun med en god fargegjengivelse, og kan kun drives ved hjelp av elektronisk forkoblingsutstyr. De eldre T8-lysrørene (26 mm diameter) kan også benytte konvensjonelt startutstyr og leveres også med svak fargegjengivelse. Med tilpasset startutstyr kan lysrør dimmes.

*Egnet bruksområde: Lysrør er egnet for de fleste innendørs anvendelser i yrkesbygg.*

#### Butikkbelysning

I dag består belysning av butikker gjerne av en høy grunnbelysning på opp til 1000 lux, samt utstrakt bruk av spotlights for å gi ekstra fokus på varene. I stor grad er det brukt ulike varianter av halogen-glødelamper i spotlightene. Det er ikke uvanlig å se at installert effekt ligger rundt 80W/m<sup>2</sup>, og i enkelte tilfeller så høyt som 150W/m<sup>2</sup>. Dette gir en meget høy energibruk, siden driftstiden følger åpningstidene som gjerne er 10 timer om dagen, 6 dager i uka. Altså i overkant av 3000 timer i året. I tillegg skaper denne belysningen et stort behov for lokal kjøling.

Et forsøk gjort hos Dolce&Gabbana i Italia viste at utskifting fra lavvolt halogen-glødelamper til metallhalogen damplamper ga en 80 prosent effektreduksjon. Dette ble deretter valgt som en god løsning for nye butikker i kjeden.

#### Resultat:

Investering: kr. 80.000

Besparelse 38.400 kWh årlig, 80 prosent av opprinnelig energibruk

Besparelse basert på energipris 70øre/kWh:

Besparelse per år: kr. 26.800

Tilbakebetalingstid: 3 år

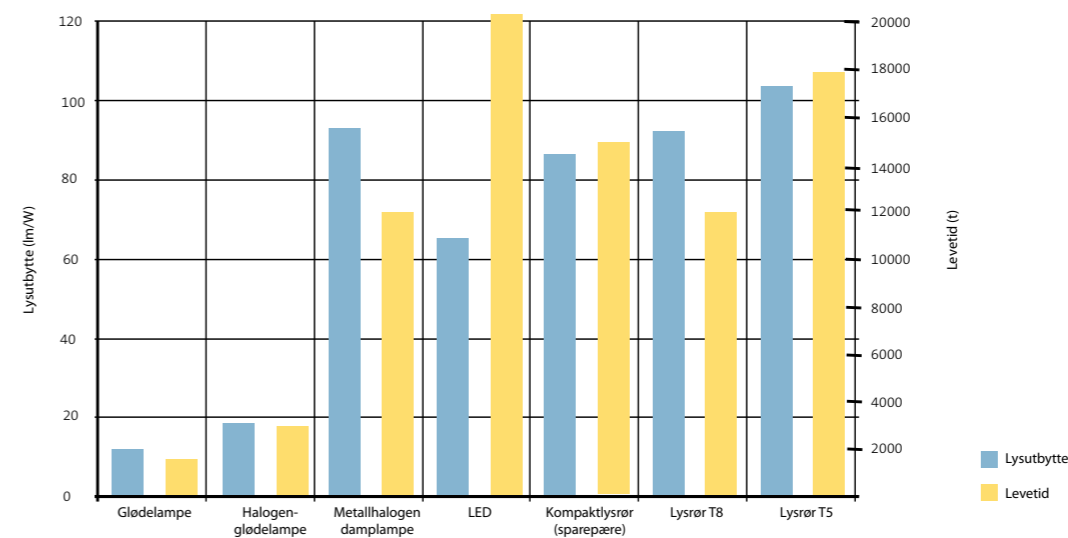


#### Startutstyr for lyskilder.

Med unntak av glødelamper og halogen-glødelamper krever de fleste lyskilder et forkoblingsutstyr, også kjent som startutstyr, reaktor, drossel eller ballast. Dette utstyret er nødvendig for start og drift av lyskilden, og krever litt energi i tillegg til den energi lyskilden bruker.

Eldre utstyr bruker såkalt konvensjonelt (elektromagnetisk) forkoblingsutstyr. På slutten av 1990-tallet ble det mer vanlig med elektronisk forkoblingsutstyr for lysrør og kompaktlysrør, og nye typer lysrør kan kun driftes med elektronisk forkobling. Elektronisk forkobling gir mange fordeler i forhold til konvensjonelt utstyr. Blant annet vesentlig redusert energibruk, enkel dimming, flimmerfritt lys, tenning uten blinking, forlenget levetid på lyskilden og automatisk slukking av defekte rør. Elektronisk forkoblingsutstyr kan dessuten tenne og slukke lysrør hyppig uten at dette går ut over levetiden, noe som åpner opp for mer avanserte styresystemer enn det som tidligere har vært mulig.

Ulempen med elektronisk forkoblingsutstyr er robustheten, utstyret har en begrenset levetid, og er som all annen elektronikk følsom for høye temperaturer. Normal levetid for elektronisk forkobling-s-utstyr er 50.000 driftstimer, eller 15-20 års drift i de fleste typer anlegg. Dette i motsetning til konvensjonell elektromagnetisk forkobling som krever mer og mer energi og ofte lager støy, men allikevel tilsynelatende fungerer som før til tross for høy alder.



Figur 4: Lysutbytte og levetid for ulike lyskilder





## Styresystemer

Med moderne utstyr for regulering av belysningen kan både energi spares og kvaliteten på belysningen økes. Med riktig armaturvalg og riktig valg av styresystem får man lys på rett sted, til rett tid og i riktig mengde. Flere prosjekter har vist at det er stort potensial for en vesentlig reduksjon av energibehovet.

Den mest vanlige og enkleste metoden for regulering av lys er av/på-styring med bryter for hele eller deler av anlegget. I andre enden av skalaen finnes muligheter for styring av armaturer individuelt eller i grupper avhengig av dagslysforhold og tilstedeværelse av personer. Dette kapitlet skal gi en introduksjon av hvilke muligheter man har til rådighet for styring av lyset.

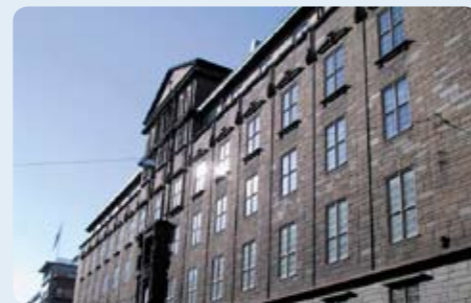
**Tidsstyring** hvor lyset tennes og slukkes til fastsatte tidspunkter, enten via korttidsbryter, tidsur eller sentral driftskontroll.

**Bevegelsesstyring** av lyset kan gjøres ved at en detektor som registrerer bevegelse monteres i rommet. Denne tennes lyset når det registreres bevegelse, og slukker lyset når den ikke har registrert bevegelse i løpet av et innstilt tidsintervall. Her er det viktig å tenke på om detektoren også skal brukes til styring av varme og ventilasjon.

**Dagslysstyring** benytter en lyssensor til å slukke lyset når dagslysandelen i rommet har nådd et innstilt nivå som er høyt nok til å erstatte det kunstige lyset. Denne funksjonen er ofte innbygget i bevegelsessensorer. Dagslysstyring i soner er aktuelt i dype rom.

**Konstantlysstyring** innebærer at det monteres en lyssensor i rommet. Ved hjelp av denne sensoren reguleres det kunstige lyset avhengig av hvor mye dagslys som slipper inn i rommet. Benyttes som regel i kombinasjon med bevegelsesstyring. Belysningsscener med forhåndsprogrammerte innstillinger av de ulike lysarmaturene i lokalet tilpasset ulike bruksbehov er ofte benyttet i auditorier og større møterom. Dette kan med fordel kombineres med styring av projektor, lerret, gardiner med mer, og styres som regel fra et veggpanel eller en fjernkontroll.

**Bus-systemer** gir hver armatur en adresse og kan styre dem enkeltvis av og på, eller dimme dem uavhengig av strømforsyningen av armaturen(e). Dette gir en meget god fleksibilitet med tanke på endringer og ombygginger. Kontorlandskap kan bygges om til cellekontorer og tilbake igjen uten å måtte legge om på det elektriske anlegget eller at det begrenser mulighetene til styring av lyset. Hvilke armaturer som skal styres sammen, hvordan de skal styres og av hvilken bryter avgjøres kun av programmeringen av anlegget. Trådløst styringssystem basert på radiosignaler kan være et godt alternativ til ordinære busløsninger i rehabiliteringsprosjekter. Bussystemer vil som regel ha mulighet for å hente ut rapporter på driftsstatus, driftstider med mer for anlegget.



Telenor, Kongensgate 21, Oslo  
Bygningen inneholder store datahaller, et telefon-servicesenter, garasjer og andre fellesrom. Tiltakene som ble gjennomført besto i å erstatte en del gammelt belysningsutstyr, optimalisere driftstiden i datahallene og øvrige lokaler. Opprinnelig var driftstid på lysanlegget i datahallene 24 timer i døgnet i tilfelle service skulle utføres. Det ble installert persondetektorer ved inngang til rommene for tenning av lyset og tidsinnstilte brytere for slukking. Bryterne ble innstilt på 1-2 timer etter erfaring. For å kontrollere energibruk før og etter tiltak ble det montert timetellere i rommene.

**Resultat:**  
Investering i nytt utstyr: kr. 397.950  
Besparelse 379.000kWh årlig, 80 prosent av opprinnelig energibruk

**Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:**  
Besparelse per år: kr. 265.300  
Tilbakebetalingstid: 1,5 år

## Drift og vedlikehold av belysningsanlegg

Dersom belysningsanlegg planlegges godt, vil energibruken reduseres betydelig sammenlignet med eldre anlegg. Levetiden på lysrørene forlenges ved bruk av elektroniske startere, og driftstiden for lysanlegget reduseres når automatiske styringssystemer tas i bruk.

Det er et faktum at mange eldre lysanlegg fortsatt er i drift etter 20 til 30 år, men det har vist seg at strømbruket til konvensjonelt startutstyr øker med alderen og representerer en skjult driftskostnad. Enkelte steder har denne ekstra belastningen vært så stor at kurssikringer ryker som følge av overbelastning. I eldre armaturer er det vanligvis også et problem at rørholderne smuldrer opp når lysrørene skal byttes, noe som skyldes at de har vært utsatt for høy temperatur over lang tid.

Levetiden på lysrør i moderne armaturer har økt med 50 prosent til 18.000 timer. Dette medfører økt intervall mellom lysrørskift fra 5 til 7 år ved en normal driftstid på 2.500 timer per år.

Lystilbakegangen over lysrørets levetid reduseres fra 20 prosent til 10 prosent, noe som betyr at lysnivået kan reduseres tilsvarende når anlegget planlegges (figur 5).

Det har vært en del problemer med at elektronisk startutstyr har sviktet etter kort tids bruk. Dersom dette skjer innen garantitiden, vil utskifting skje uten omkostninger for eier.

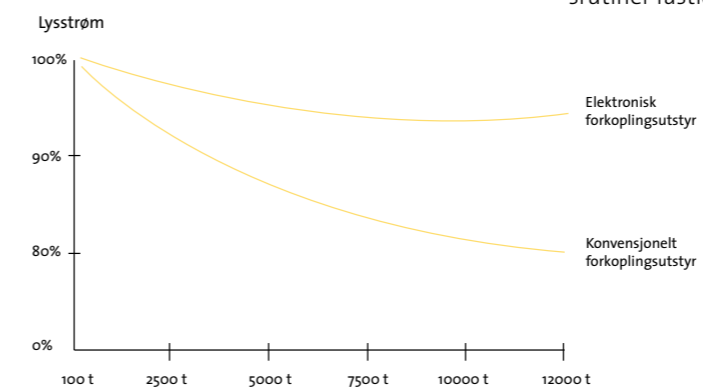
Normal levetid for denne type elektronikk er 50.000 timer, noe som vil være tilstrekkelig i armaturens levetid. Ved utskifting av elektronisk startutstyr er det viktig at original type benyttes, ellers vil ikke armaturen beholde sin typegodkjenning.

Et godt råd ved svikt i elektronisk startutstyr kan være at denne type utstyr trenger å nullstilles for å fungere igjen. Dette gjøres ved at all strømtilførsel må kuttes. Det er ikke tilstrekkelig å slå av anlegget med lysbryteren, det beste er å koble ut sikringene en kort periode.

Vedlikeholdskostnadene kan reduseres betydelig som følge av lenger levetid på lysrørene. I tillegg til kostnaden for selve lysrøret må det regnes med at utskiftingen tar ca. fem minutter per rør når rørene i alle armaturene skiftes samtidig (gruppeskift). Ved enkeltvis utskifting av lysrørene, må det regnes med minst dobbel så lang tid per rør, altså 6 rør per time.

Det er imidlertid viktig at lysrør, reflektorer og gitter/skjerm rengjøres med 2 års intervall ved bruk i normale omgivelser. Ved bruk i områder med mye smuss, anbefales hyppigere rengjøring.

En god regel kan være å ta noen kontrollmålinger med et enkelt luxmeter i forbindelse med vernerunder eller lignende. Målingene bør tas på samme sted hvert år og uten påvirkning av dagslys. På denne måten vil lystilbakegang og nedsmussing kunne registreres og vedlikeholdsrutiner fastlegges på bakgrunn av dette.



Figur 5: Tilbakegang i lysstrøm med elektronisk og konvensjonelt startutstyr.





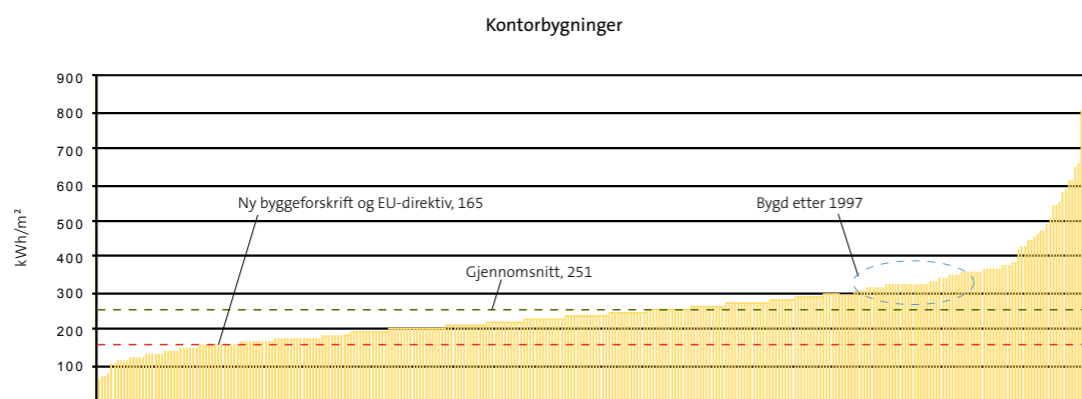
## Rehabilitering av lysanlegg

Den teknologiske utviklingen innen belysningsutstyr har vært stor de siste 30 årene (se figur 6), og flere prosjekter har vist at det ligger gode muligheter for økt kvalitet på anleggene og 30–70 prosent reduserte utgifter til belysning.

Anlegg	Potensial kWh/m2 (reduksjon)	Andel reduksjon (%)	Total energi (GWh)	Total mill. NOK
Belysning	24,5	35%	1100	770
Varme	21,0	30%	950	665
Ventilasjon	21,0	30%	950	665
Red. kjøling	3,5	5%	150	105
<b>Totalt</b>	<b>70</b>	<b>100%</b>	<b>3150</b>	<b>2205</b>

Tabell 3: Antatt reduksjonspotensial i offentlige bygg.

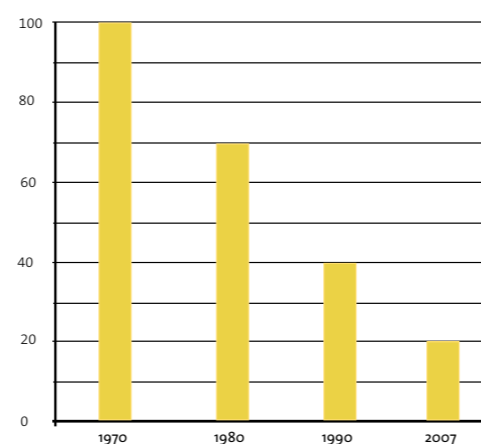
For offentlige bygg er det antatt stort sparepotensial ved oppgradering av utdaterte anlegg (se tabell 3). At det er mye å hente på å skifte ut 30 år gamle og fullstendig utdaterte anlegg, er det ingen tvil om. Men også for nyere anlegg kan det være mye å hente enten ved å bytte ut lite effektive armaturer eller ved å installere mer hensiktsmessige styresystemer.



Figur 7: Enovas Energistatistikk. Hver stolpe/strek utgjør et bygg.

for rehabilitering, og eksemplene viser at det er stort potensial for reduserte kostnader.

Utvikling i effektbehov til belysning



Figur 6: Reduksjon i armaturers effektbehov 1970–2007.

Enovas energistatistikk (figur 7) viser tydelig at bygg etter 1997 har et vesentlig høyere energibruk enn man skulle forvente. Det er nok flere grunner til dette, men statistikken viser tydelig at det også for nyere bygg er behov for energieffektivisering, og at det kan ligge et stort potensial for forbedringer.

## Komme i gang med oppgradering av eldre anlegg

Det første som bør gjøres, er å få oversikt over lysanleggets alder og energibruk. Energibruken finnes enten ved måling eller beregning. En elektrorådgiver eller elektroinstallatør vil kunne gjøre dette, eventuelt kan det gjøres et overslag på egenhånd.

Den sikreste metoden er å få montert en eller flere målere som registrerer energibruken til belysning direkte. Dersom dette er vanskelig kan en fagmann montere driftstimetellere i armaturer i typiske rom for å fastslå reell driftstid. Med bakgrunn i målt eller beregnet energi samt driftstid, kan energibruken fastslås.

En enklere metode dersom bygget har mange nokså like rom, er å summere opp antall lyskilder og effekten de er merket med for hver type rom. Energibruk finnes ved å multiplisere dette med driftstiden i timer. Spesifikk energibruk finnes ved å dividere på rommets areal.

Har et rom f.eks. fire lamper på 60W og er 3 meter bredt og 4 meter dypt blir summen av lyskildenes effekt  $4 \times 60W = 240W$  mens rommets areal blir  $12m^2$ . Installert effekt blir dermed  $240W / 12m^2 = 20W/m^2$ .

Overstiger installert effekt 15–20W/m<sup>2</sup> for arbeidsplasser og 10W/m<sup>2</sup> for birom, vil det så godt som alltid være meget god økonomi i å oppgradere til mer effektiv belysning hvis man sammenligner med tabellen fra NS3031:2007.

En oppgradering av lysanlegget behøver ikke være en stor investering. Mye kan gjøres for lave kostnader og likevel gi en vesentlig reduksjon av energibruk.

Men skal man få ut hele potensialet for besparelse, må anlegget som regel tilnærmet totalrehabiliteres.

Det er viktig å være klar over at vesentlige endringer av bygg og tekniske anlegg (totalrehabilitering) er omfattet av Plan og bygningsloven og skal byggemeldes.



Bare personer i en av etasjene, men lyset står på i alle. Behov for styresystem? Foto: Kaare M. Skallerud





## De enkleste oppgraderingstiltakene

**Ren utskifting av gamle armaturer med konvensjonelt startutstyr.** Punkt plassering beholdes, men nye armaturer med elektronisk startutstyr og færre lysrør og/eller lavere effekt monteres som erstatning for eksisterende armaturer. Bare ved dette tiltaket vil man spare inn fra 25 prosent til 50 prosent energibruk avhengig av kvalitet og alder på eksisterende anlegg. Bygningsmessige tiltak ved ombygging av himling må vurderes.

### Behovsstyring av lyset

På steder der det er begrensede muligheter for å tilpasse belysningen etter hvor eller når det er behov for lys, vil det være stort potensial for besparelse bare med å innføre riktig styresystem. Armaturer med konvensjonelt startutstyr bør ikke utstyres med persondetektorer, da de ikke er konstruert for hyppige tenninger. For elektronisk startutstyr har hyppig tenning og slukking liten eller ingen betydning for levetiden på utstyret.



### Haukeland Universitetssykehus, Bergen

I forbindelse med det europeiske GreenLight Programmet ble det i hvert land plukket ut 5-6 demonstrasjonsprosjekt hvor energibruk til belysning skulle måles før og etter tiltak i eksisterende bygninger.

Sykehus er en kategori bygg hvor sparepotensialet for belysningsanlegget kan være stort ettersom de har lang driftstid, høyt lysnivå og i mange tilfeller eldre lysanlegg. Akuttavdelingen ble utvalgt som pilotprosjekt med utskifting av ca 300 lysarmaturer.

Plassering ble beholdt som før ettersom anlegget er konstruert med ventilerte lysarmaturer. Selve armaturkassen er en integrert del av undertaket og avtrekksventilene er koblet til disse. Opprinnelig gikk avtrekksluften gjennom armaturen, på den nye løsningen ledes luften gjennom spalter utenom selve lysarmaturen.



#### Resultat:

**Investering i nytt utstyr:** kr. 468.000

Besparelse 122000 kWh årlig, 52 prosent av opprinnelig energibruk

**Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:**

**Besparelse per år:** kr. 93.600

**Tilbakebetalingstid:** 5 år

## Mer omfattende oppgraderingstiltak

### Utskifting til nytt anlegg med optimalisering av punkt plassering og behovsstyring

Ofte vil eldre lysanlegg være bygd opp etter andre prinsipper basert på datidens tekniske løsninger. Der hvor et eldre anlegg i stor grad ikke samsvarer med ønsket belysningsprinsipp eller av

andre grunner har uhensiktsmessig plassering av armaturer, kan det være lønnsomt å gjøre en fullstendig rehabilitering av lysanlegget. Da står man fritt til å planlegge det nye anlegget basert på dagens krav og utstyr. Da står man friere også med tanke på regulering av lyset etter behov og tilstedeværelse av personer i rommet.



### Oslo sporveier

Oslo sporveier har flere store, eldre verksteder og trikkehaller på over 10.000m<sup>2</sup> hvor lysanleggene har hatt få muligheter for styring og regulering. De senere årene har det blitt satt fokus på energieffektivitet i belysningsanleggene, og flere anlegg har blitt skiftet ut eller gitt mulighet for behovsstyring av lyset. Med enkle tiltak i lokaler hvor det har vært tilnærmet døgndrift på belysningen uten reelt behov for dette, har man sett redusert energibruk på opp til 90% bare ved å installere tidsstyring av lyset.

### Ryen

På Ryen har eksisterende belysningsløsning i disse områdene vært basert på armaturer med 4x58W lysrør med konvensjonelt startutstyr og ingen behovsstyring av lyset. Armaturene er byttet ut med moderne dimbare og adresserbare armaturer med 3x49W lysrør og elektronisk startutstyr. Antallet armaturer er også redusert, og vegger skal males lyse for å utnytte refleksjon bedre.

For regulering av lyset er valgt soneinndelt bevegelsesstyring sammen med dagslysregulering av lysmengden basert på en kombinasjon av EIB og DALI styresystemer. Anlegget fungerer nå slik at det bare er lys i de områder hvor det er aktivitet, samt at tilstøtende områder også er belyst, men har et lavere nivå.



#### Resultat:

**Investering i nytt utstyr:** ca. kr. 3.100.000

Besparelse 1,5GWh årlig, 60 prosent av opprinnelig energibruk

**Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:**

**Besparelse per år:** kr. 1.050.000

**Tilbakebetalingstid:** 2,9 år





### Utskifting av belysning med optimalisering av punktplassering og behovsstyring i soner samt dagslysregulering

Skal anlegget virkelig optimaliseres, må også dagslyset utnyttes slik at det bidrar til belysningen, og det kunstige lyset må dempes eller slukkes når det er nok dagslys. En regulering av kunstig lys etter dagslystilgangen vil gi optimalt lysnivå uavhengig av tid på døgnet.

### Kombiner oppgradering og behovsstyring av belysning sammen med andre tiltak

Ved totalrehabilitering bør alle tekniske anlegg sees i sammenheng slik at de ikke motvirker hverandre. Eksempel på dette er utnyttelse av felles styringssystem eller integrering mellom flere systemer slik at de utveksler opplysninger.

Det har vært gjennomført flere vellykkede totalrehabiliteringer hvor et felles styringssystem betjener flere anlegg som belysning, varme, ventilasjon, kjøling, persienner.

Ved registrert tilstedeværelse via persondetektor i et rom på dagtid kan følgende skje:

- Lyset tennes, og behovet for kunstig belysning reguleres fortløpende etter mengde dagslys i rommet
- Ventilasjonen økes fra 20 prosent til nødvendig luftmengde, styrt av temperatur og registrert CO<sub>2</sub>-innhold i luften
- Varmen økes med 2°C fra standby til komforttemperatur
- Utvendige persienner vil uavhengig av tilstedeværelse av personer bidra til å holde temperaturen på innstilt nivå
- Ved overtemperatur i rommet vil varmen slås av og luftmengden økes. Sentral eller lokal kjøling vil bidra til redusert temperatur i rommet

### Møre og Romsdal fylkeskommunes administrasjonsbygg

I Molde er det gjennomført et OFU-prosjekt (Offentlig Forsknings og Utviklingsprosjekt) med tittelen "Rehabilitering med fokus på enøk og innneklima". Prosjektet skulle stimulere til økt rehabilitering av offentlige bygg i Norge, samtidig med at trivsel, økonomi og effektivitet blir ivarettatt.

Et av byggene i prosjektet var administrasjonsbygget til Møre og Romsdal Fylkeskommune, et kontorbygg på 1200 m<sup>2</sup> fra 1970. De tekniske installasjonene var utdatert og måtte skiftes ut.

Følgende tiltak ble gjort:

#### Belysning:

All belysning ble skiftet. Det ble prøvd ut to løsninger for kontor som begge er aktuelle i nye eller rehabilitererte bygg. Det ble benyttet lysarmaturer med elektronisk startutstyr, som fjernet problemer med flimrer i det gamle anlegget.

**Løsning 1:** Armaturer montert i tak for allmenn belysning og bordlampe for arbeidsplassbelysning. Pluss: Optimal løsning med tanke på økonomi. Diffuse reflektorer ga myke overganger. Minus: Noe forringet evne til oppfattelse av kontraster

**Løsning 2:** Nedhengte armaturer for allmenn belysning med ca 80 prosent indirekte og 20 prosent direkte belysning. I tillegg en bordlampe for arbeidsplassbelysning. Pluss: God løsning med tanke på synsopplevelse. Minus: Denne løsningen gir noe dårligere økonomi sammenlignet med den forrige.

#### Varme og ventilasjon:

Anleggene ble opprustet med frekvensstyrte pumper og vifter. Ventilasjonsaggregat ble utskiftet, luftmengder økt og tilrettelagt for behovsstyring.

#### Styring og regulering:

Det ble benyttet EIB-bussystem for styring og regulering av alle tekniske anlegg. For registrering av tilstedeværelse ble benyttet felles sensor for lys, varme og ventilasjon. I tillegg ble kontorene ble utrustet med dagslysdetektorer og mulighet for demping av lyset etter behov.



Møre og Romsdal fylkeskommunes administrasjonsbygg

#### Resultat:

- Energiøkonomisering ved sammensatte enøktiltak for belysning, ventilasjon og varme
- Forbedret arbeidsmiljø gir redusert sykefravær og økt arbeidseffektivitet med betydelige kostnadsbesparelser
- Innsparingspotensiale for total energibruk

Energibruk til belysning ble redusert fra 27 til 11,5 kWh/ m<sup>2</sup> år.

I dette prosjektet ble det gjennomført en brukerundersøkelse før og etter gjennomføringen av tiltakene.

Konklusjoner belysning: "Både målinger og spørreundersøkelse konkluderer med at belysningen er blitt forbedret. Det er i første rekke det modellerende lyset som er forbedret samtidig som vi har fått lavere blending i synsfelt som man vanligvis ser i. Årsaken er at vi byttet ut armaturer med opalisert plastavdekning som blendingsbeskyttelse til armaturer med aluminium raster. Overgangen til elektronisk startutstyr har også ført til sterk reduksjon i oppfattelsen av flimrer fra belysningen. Tilfeller med hodepine har blitt redusert ifølge spørreundersøkelsen."

#### Resultat:

**Tilleggsinvestering i effektive armaturer og lysstyring:** kr. 83.000  
Besparselsen ble målt til 18.700 kWh årlig, 58 prosent av opprinnelig energibruk

**Besparelse basert på energipris 70 øre/kWh:**  
**Besparelse per år:** kr. 13.090  
**Tilbakebetalingstid:** 6,5 år



Løsning 1: Takarmatur



Løsning 2: Nedhengt armatur

Fotos: Tom Erik Sundsbø

Anlegg	Før tiltak kWh	Etter tiltak kWh	Besparelse kWh	Besparelse %
Belysning	32.400	13.700	18.700	58
Varme	168.000	130.800	37.200	22
Ventilasjon	65.100	34.300	30.800	47
Diverse	24.000	24.000	0	0
Sum tiltak	289.500	202.800	86.700	30

Tabell 4: Resultater Julsundvegen 7.



## Hva kan Enova bidra med?

Gjennom Enovas programmer kan aktører innen næringsliv, offentlig virksomhet og organisasjoner få støtte til prosjekter som medfører redusert energibruk og omlegging til fornybar energi. Enova tilbyr også gratis rådgivning gjennom vår Svartjeneste med telefonnummer 08049, og gjennom en rekke ulike håndbøker, veiledere, rapporter med videre, se: [www.enova.no/publikasjonsoversikt/](http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/)

### Litteraturliste:

- Plan- og bygningsloven
- Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven
- NS-EN 15193: Bygningers energiytelse -Energikrav i lysanlegg
- NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse, metode og data
- Bygningsnettverkets energistatistikk 2006, Enovas bygningsnettverk, Enova SF
- Luxtabell og planleggingskriterier for innendørs belysningsanlegg, Lyskultur
- Nødlis og etterlysende ledesystemer, Lyskultur
- Belysningskatalogen 2007-2008, Profesjonell belysning for offentlige miljøer, Fagerhult
- Diverse publikasjoner, Kaare M. Skallerud
- OFU-prosjektet REHAB, delprosjekt 1