

# VERLICHTING



3

Vlaamse overheid







1

2

3

4

5

# VERLICHTING



#### **Verantwoordelijk Uitgever**

Vlaamse overheid  
 Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming  
 Departement Onderwijs en Vorming  
 Stafdienst

Koning Albert II-laan 15  
 1210 Brussel

Tel: 02 / 553 95 55

Contactpersoon:  
 Willy Van Belleghem  
 E-mail: [willy.vanbelleghem@ond.vlaanderen.be](mailto:willy.vanbelleghem@ond.vlaanderen.be)

**Vormgeving:** Artefact

**Druk:** Die Keure

**Wettelijk depot:** D/2007/3241/238

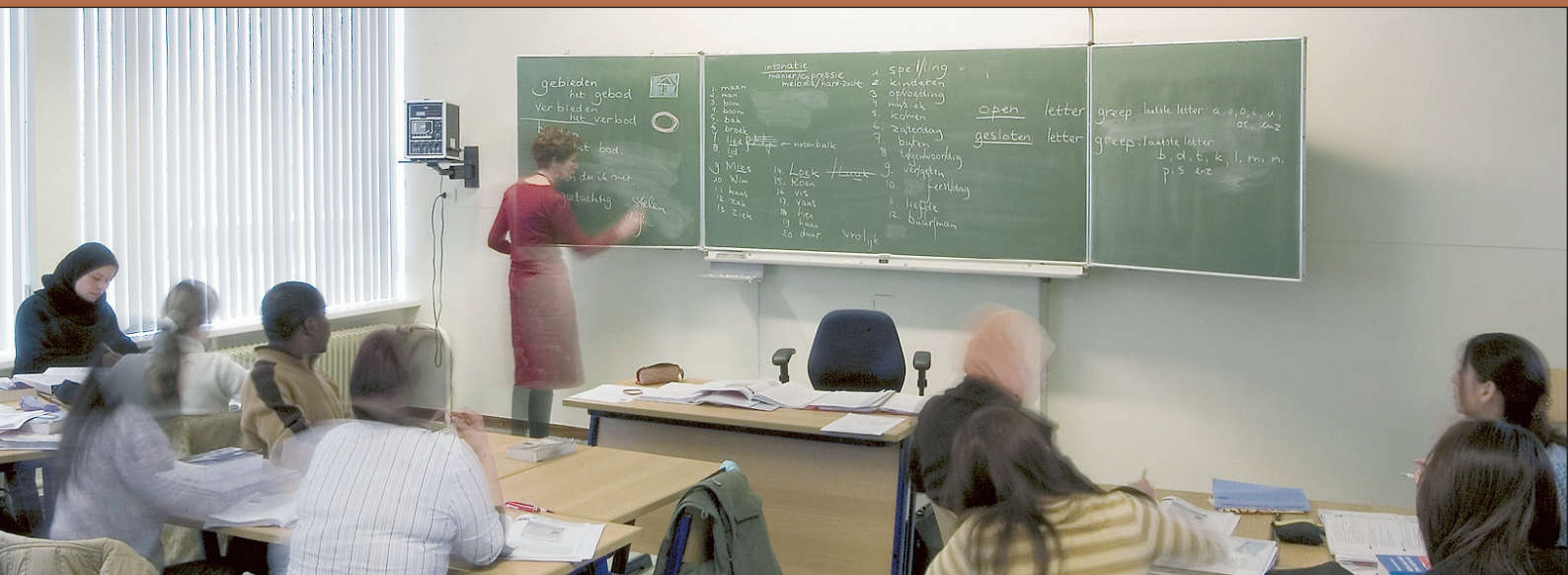
#### **Uitvoerder**

Wetenschappelijk en Technisch Centrum  
 voor het Bouwbedrijf  
 Lozenberg 7  
 1932 St-Stevens-Woluwe  
 Tel : 02/716 42 11  
 Fax : 02/7 25 32 12  
 Website : [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be)

KaHo Sint-Lieven  
 Laboratorium voor Lichttechnologie  
 Gebroeders Desmetstraat 1  
 9000 Gent  
 Tel : 09/265 87 13  
 Fax : 09/225 62 69  
 Website : [www.lichttechnologie.be](http://www.lichttechnologie.be)

<b>1</b>	<b>PROBLEEMSTELLING</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TECHNOLOGIEOVERZICHT</b> .....	<b>7</b>
2.1	De lichtbron .....	7
2.1.1	Gloeilampen .....	7
2.1.2	Gasontladingslampen .....	7
2.1.3	LED-lampen .....	9
2.2	De armatuur .....	10
2.2.1	De houder .....	10
2.2.2	De optiek .....	11
2.2.3	De voorschakelapparatuur .....	13
2.3	Het regelsysteem .....	14
2.3.1	Regeling volgens de beschikbaarheid van daglicht .....	14
2.3.2	Regeling in functie van de bezetting .....	15
2.3.3	Opsplitsing in zones .....	15
2.3.4	Tijdgestuurde regeling .....	16
2.3.5	Combinatieregelingen .....	17
<b>3</b>	<b>HOE BESPAREN ?</b> .....	<b>18</b>
3.1	“Door-licht-ing” .....	18
3.1.1	Audit van het visueel comfort .....	18
3.1.2	Audit van de energieprestatie .....	22
3.1.3	Auditformulier .....	25
3.2	Relighting .....	26
3.3	Morgen aan de slag .....	29
<b>4</b>	<b>CASE STUDIES : TWEE SCHOOLVOORBEELDEN</b> .....	<b>31</b>
4.1	Stedelijke basisschool Beveren-Leie (Waregem) .....	31
4.1.1	Context .....	31
4.1.2	Relighting .....	31
4.1.3	Berekeningen .....	32
4.2	Sint-Eligiusinstituut (Antwerpen) .....	35
4.2.1	Context .....	35
4.2.2	Relighting .....	35
4.2.3	Berekeningen .....	36
<b>5</b>	<b>NUTTIGE ADRESSEN EN WEBSITES</b> .....	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>BIJLAGEN</b> .....	<b>41</b>
6.1	Aanbevelingen uit de NORM NBN EN 12464-1 .....	41
6.2	Sticker .....	42
6.3	Bron van de foto's .....	43

# 1 PROBLEEMSTELLING



Een klaslokaal goed verlichten is heel belangrijk: de lichtkwaliteit van de leeromgeving en het leerproces gaan hand in hand. Een goede verlichting hoeft bovendien niet noodzakelijk veel geld te kosten of veel elektriciteit te verbruiken. De huidige technologie laat toe kwaliteit en energiegebruik met elkaar te verzoenen.

Een verlichtingsontwerp, met aandacht voor de lichtkwaliteit of het visueel comfort, zal met een aantal vereisten rekening houden. Bij de uitvoering van een bepaalde taak (lezen, schrijven, handwerk,...), hebben we voldoende licht nodig op het taakoppervlak. Dit wordt uitgedrukt door de **verlichtingssterkte**. Bij een te lage waarde zal de helderheid of **luminantie** van het taakoppervlak (bord, leesboek) te laag zijn. Dit is heel vermoeiend voor de ogen.

Té hoge luminanties kunnen dan weer verblindend en hinderlijk zijn. Als leerlingen naar het bord kijken en daarbij regelrecht in een brandende lamp kijken, zullen ze hun blik afwenden. Om te vermijden dat men rechtstreeks in de lampen kan kijken, hebben sommige verlichtingstoestellen lamellen. Verblinding kan ook ontstaan door felle reflecties op een beeldscherm.

Naast de verlichtingssterkte is ook de uniformiteit belangrijk: afwisselend kijken naar plaatsen met een hoge en een lage luminantie dwingt de ogen tot voortdurende aanpassing. Dit is onnodig belastend voor de ogen en niet bevorderlijk voor de concentratie en het leerproces.

Niet enkel de hoeveelheid licht maar ook de kleur van het licht is heel belangrijk. De kleurindruk van een lichtbron wordt bepaald door de **kleurtemperatuur**. Er bestaan lichtbronnen met een warm-witte kleur of met een eerder koud-witte kleur. Warm-witte kleuren hebben een ontspannende uitwerking; koude kleuren zijn beter geschikt voor een goede concentratie.

Tenslotte moet de verlichting ook toelaten om de kleuren van afbeeldingen en tekeningen natuurgetrouw weer te geven. Sommige lichtbronnen zijn hier beter in dan andere. Het is dan ook relevant om de **kleurweergave-index** van de lichtbron op te nemen bij de kwaliteitseisen van een verlichtingsontwerp.

Gelukkig bestaan er hulpmiddelen waarmee kan worden nagegaan of het visueel comfort verzekerd is. De norm NBN EN 12464-1 (zie bijlagen) beschrijft de basisvoorschriften die moeten worden nageleefd voor elke kwaliteitsvolle verlichtingsinstallatie.

Naast de vereisten voor het lichtcomfort, is ook het **energiegebruik** een doorslaggevend element in een verlichtingsontwerp. Het energiegebruik voor verlichting wordt dikwijls ten onrechte onderschat, zoals uit onderstaande kleine berekening blijkt!

Laten we het voorbeeld nemen van een leslokaal dat is uitgerust met een (verouderde) installatie van 6 armaturen. Elk van de armaturen bevat 2 TL-lampen van 58 W die elk door een elektromagnetische ballast worden gevoed. Het vermogen van de ballast bedraagt 20% van het vermogen van de lamp.

Het totale vermogen per armatuur bestaande uit 2 lampen en 2 ballasten is dan:

$$2 \times (58W + 11,6W) = 139,2W$$

Voor het volledige lokaal (6 armaturen) krijgen we dan:

$$6 \times 139,2W = 835,2W$$

Als de verlichting jaarlijks 1.500 uren brandt, bedraagt het jaarlijkse energiegebruik:

$$1.500 \times 835,2W = 1.252,8kWh/jaar$$

Als het tarief voor een kilowattuur 0,15 euro bedraagt, kunnen we de kostprijs voor het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van de verlichtingsinstallatie in dit klaslokaal ramen op:

$$0,15\text{€} / kWh \times 1252,8kWh \approx 188\text{€} / jaar$$

De jaarlijkse kosten voor het verlichten van één leslokaal kunnen dus fors oplopen. De verlichting heeft dan ook een niet te verwaarlozen aandeel in de elektriciteitsrekening van een school. Zonder in te boeten aan visueel comfort, kan een zuinige verlichtingsinstallatie (energiezuinige lichtbronnen, efficiënte armaturen en eventueel een degelijk regelsysteem) tot 70% op het elektriciteitsgebruik voor verlichting besparen. Dit bedrag kan ongetwijfeld nuttig besteed worden aan schoolmateriaal bijvoorbeeld of ter ondersteuning van pedagogische activiteiten.

### Vermogen en verbruik

Het elektrisch vermogen van een toestel geeft het tempo aan waarmee energie wordt opgenomen. Het wordt uitgedrukt in "Watt" (W), genoemd naar de Schotse ingenieur James Watt (1736-1819). Soms gebruikt men ook als eenheid de "kilowatt" (kW), gelijk aan 1.000W. Het elektrisch vermogen kan je meestal aflezen op het toestel: voor een strijkijzer is dit ongeveer 2.000 W, terwijl voor een dvd-speler 35 W meer gebruikelijk is. Een strijkijzer gebruikt dus aan een hoger tempo energie dan een dvd-speler.

Het elektrisch gebruik gedurende een zekere periode kan je uitrekenen door het vermogen van het toestel te vermenigvuldigen met de tijdsduur in uren. Het gebruik wordt meestal uitgedrukt in "kilowattuur" (kWh). Dit gebruik lees je af op de elektriciteitsmeter. De kostprijs voor 1 kWh elektriciteit bedraagt ongeveer 0,15 euro.

Een wekkerradio heeft een vermogen van slechts 15 W, maar op één dag van 24 uur betekent dit toch een verbruik van 0,36 kWh!

### Kleurweergave-index

Iedereen heeft wel al eens vastgesteld dat de kleur van een kledingsstuk kan veranderen naargelang de lichtbron die we gebruiken. Een kwaliteitsvolle verlichting zal alle kleuren zo getrouw mogelijk weergeven. De mate waarin dit gebeurt, wordt aangegeven door de kleurweergave-index van de lichtbron, een getal tussen 0 en 100. Wanneer de waarde hoger is dan 80, kunnen we spreken van een redelijke kleurweergave. Wanneer het van belang is om kleuren echt goed te kunnen beoordelen, wordt beter geopteerd voor een waarde van minstens 90.



### Hoeveelheid licht - Lichtflux



Een lengte drukken we uit in "meter" (m), een massa in "kilogram" (kg). De hoeveelheid licht die een lichtbron uitstraalt wordt uitgedrukt in "lumen" (lm). Een gloeilamp van 20 W produceert bijvoorbeeld 300 lm, maar een spaarlamp van 20 W produceert ongeveer 1.300 lm. In een spaarlamp wordt het elektrisch vermogen dus veel efficiënter omgezet in licht. Dit wordt uitgedrukt aan de hand van het lichtrendement, dat een maat is voor de hoeveelheid licht die een lamp uitstraalt, per W vermogen. Hoe hoger het lichtrendement, hoe beter de lamp het opgenomen elektrisch vermogen omzet in licht.

### Luminantie



Elk voorwerp heeft een zekere kleur en een zekere helderheid of luminantie. De gloeidraad van een gloeilamp heeft een zeer hoge luminantie, het schermje van een gsm heeft een eerder lage luminantie.

Voorwerpen die zelf geen licht uitstralen maar voldoende verlicht worden, zullen het licht reflecteren. Op die manier krijgen die voorwerpen ook een luminantie. Een schoolbord wordt verlicht door het licht dat door de ramen binnenvalt of door kunstlicht. Het bord en het krijt reflecteren verschillend, waardoor bord en krijt een andere luminantie en kleur krijgen. Dit luminantie- en kleurcontrast is belangrijk voor een goede leesbaarheid.

### Verlichtingssterkte



Wanneer we een bepaalde taak moeten uitvoeren (lezen, schrijven, handwerk,...), hebben we voldoende licht nodig op het taakoppervlak. De verlichtingssterkte die op een bepaalde plaats aanwezig is, wordt uitgedrukt in "lux". Op een zonnige zomerdag kan de verlichting wel 100.000 lux bedragen. Voor een bureau en een schoolbord is een waarde van 500 lux geen overbodige "lux".

### Kleurtemperatuur

Wit licht kan vele tinten hebben: roos-wit, geel-wit of eerder blauw-wit licht. Rode tinten associëren we meestal met gezelligheid en warmte, terwijl blauwe tinten eerder koel en kil overkomen. Het zou handig zijn om deze tinten uit te drukken door middel van een cijfer. Dit kan gebeuren met de kleurtemperatuur, uitgedrukt in "Kelvin" (K): hoe lager de waarde, hoe meer de rode tint zal overwegen. Een hoge waarde wijst op een blauwe tint. In volgend tabelletje geven we enkele typische waarden en de omschrijving ervan.

#### Kleurtemperatuur

Lager dan 3.300 K  
Tussen 3.300 K en 5.300 K  
Hoger dan 5.300 K

#### Omschrijving

Warm wit  
Neutraal wit  
Koel daglicht

De kleurtemperatuur zegt zelden iets over de temperatuur van de lamp! Zo kan je een TL-lamp met een kleurtemperatuur van 4.500 K zonder gevaar voor verbranding aanraken; de temperatuur van het glas bedraagt slechts 40°C! Het begrip "temperatuur" wordt dus in overdrachtelijke zin gebruikt, enkel om de tint van de witte kleur weer te geven.



## 2 TECHNOLOGIEOVERZICHT

Een verlichtingssysteem bestaat uit drie hoofdelementen:

- een lichtbron;
- een armatuur;
- een regelsysteem.

Elk element heeft invloed op zowel het visueel comfort als op het energiegebruik.

### 2.1 DE LICHTBRON

In het bestaande aanbod van lichtbronnen kunnen we drie grote categorieën van lampen onderscheiden:

- Gloeilampen;
- Gasontladingslampen;
- LED-lampen.

#### 2.1.1 Gloeilampen

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen gewone gloeilampen en halogeenlampen. De levensduur van een gewone gloeilamp bedraagt ongeveer 1.000 uur, een typische halogeenlamp gaat zowat 2.000 uur mee.

Gloeilampen hebben een goede kleurweergave maar een laag lichtrendement (gewone gloeilampen: 7 tot 17 lm/W; halogeenlampen: 12 tot 24 lm/W). Op het gebied van energiegebruik (en energiefactuur) is het dus niet interessant om deze soort lampen te gebruiken.



*Gloeilamp met wolframdraad*



*Halogeenlamp met wolframdraad*



#### 2.1.2 Gasontladingslampen

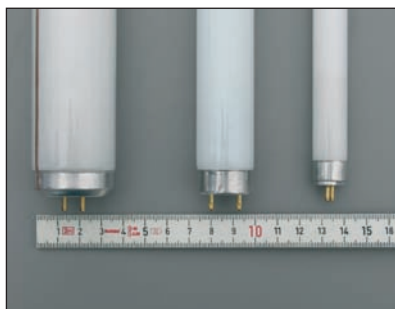
Voor binnengebruik bestaan twee soorten gasontladingslampen: de TL-lamp ("Tubular Lamp") of buislamp en de CFL-lamp ("Compact Fluorescent Lamp") die ook vaak spaarlamp wordt genoemd.

Deze lampen hebben niet alleen een hoger lichtrendement dan gloeilampen, maar ook een langere levensduur (soms meer dan 15.000 uren).

##### TL-lampen

TL-lampen zijn buisvormig en bestaan in verschillende lengtes.

Ze worden onderverdeeld in drie categorieën op basis van hun diameter: T12, T8 en T5.



*TL-lampen met verschillende diameters*

Het cijfer geeft de diameter aan, uitgedrukt in achtsten van een duim ("inch").

Een T12-buislamp heeft dus een diameter van 12/8 duim ofwel 38 mm.

Deze TL-lampen hebben een lichtrendement van 52 tot 104 lm/W, wat ongeveer 10 keer meer is dan bij gloeilampen. Vanuit het oogpunt van energiegebruik zijn zij dan ook erg interessant.

Voor schoolgebouwen worden best lampen gebruikt met een kleurweergave-index hoger dan 80 en met een kleurtemperatuur tussen 2.500 K en 5.000 K, gaande van warm wit tot neutraal wit.

Buislamp	Diameter	Vermogen	Rendement
T12	38 mm	20 tot 65 W	59,5 tot 78,5 lm/W
T8	26 mm	18 tot 58 W	52 tot 100 lm/W
T5	16 mm	14 tot 80 W	83 tot 104 lm/W

Bij buislampen moet rekening gehouden worden met twee belangrijke parameters:

- de kleurweergave-index (Ra);
- de kleurtemperatuur, uitgedrukt in Kelvin.

In lokalen waar de aanwezigen gedurende lange tijd aandachtig moeten blijven, moet de kleurtemperatuur hoger zijn (4.000 K); in spel- en ontspanningsruimten zijn lagere waarden aangewezen (2.500 K).

De kleurweergave-index en de kleurtemperatuur kunnen makkelijk worden afgelezen op een TL-lamp.



Opschrift op een TL-lamp

Als we naar het afgebeelde opschrift van de buislamp kijken, zien we dat het gaat om een lamp van 35 W. Daarnaast wordt ook het getal 830 vermeld. Het cijfer 8 geeft aan dat de kleurweergave tussen 82 en 90 ligt. Het cijfer 30 betekent dat de kleurtemperatuur 3.000 K bedraagt (neutraal wit).

### CFL-lampen

CFL-lampen, ook compacte fluorescentielampen of spaarlampen genoemd, vormen het tweede type gasontladingslampen dat vaak in gebouwen wordt gebruikt.

Ze werken met een fluorescerende miniaturbuis en bestaan in twee types:

- vervangingslampen;
- lampen met een afzonderlijke voeding.



**Vervangingslampen** worden gebruikt als substituuat voor de klassieke gloeilamp. Ze zijn voorzien van een klassieke lampvoet met schroefdraad (E 27 of E 14) en een ingebouwde ballast en kunnen dus, zoals de naam het al zegt, een gewone, inefficiënte, gloeilamp vervangen. Ze halen lichtrendementen van 33 tot 65 lm/W.



**Lampen met een afzonderlijke voeding** worden meestal gebruikt in kleine inbouw- of wandarmaturen. Deze spaarlampen zijn voorzien van pinnen en moeten worden gebruikt met de geschikte externe ballast. Ze halen lichtrendementen van 50 tot 87,5 lm/W.

Spaarlampen bestaan in allerlei uiteenlopende vormen en maten en hebben net zoals TL-lampen, een hoog rendement en een lange levensduur. Het is goed om gloeilampen die vaak branden te vervangen door dit soort lampen.

Spaarlampen hebben een lagere kleurweergave-index dan gewone gloeilampen. Bovendien hebben ze wat tijd nodig om op volle lichtsterkte te komen, waardoor sommige mensen deze lampen niet willen gebruiken. Om niet geconfronteerd te worden met dat laatste probleem, kan u lampen kiezen met een snelle start van het type "**Rapid start**" of "**Quick start**", waarbij het maximale lichtvermogen snel wordt bereikt.

### 2.1.3 LED-lampen

LED-lampen ("Light Emitting Diodes") zijn lichtbronnen die sterk in opmars zijn. De technologie is momenteel in volle ontwikkeling. Witte LED-lampen halen op dit ogenblik een lichtrendement van 25 tot 40 lm/W, hebben een lange levensduur (gemiddeld 50.000 branduren) en een kleurtemperatuur van 2.800 tot 4.500 K.

Zij maken dynamische verlichting met een snelle schakeling tussen verschillende lichtkleuren mogelijk en zijn erg schok- en trillingbestendig. Ze zijn echter relatief duur en hebben een vrij lage lichtflux per lampje. Bovendien is hun kleur soms onstabiel.

Tegenwoordig worden ze vooral gebruikt voor signalisatie (noodverlichting, oriëntatie- of evacuatieverlichting). Ze worden op dit moment beter nog niet in verlichtingsinstallaties gebruikt, tenzij als decoratief element.

Als gloeilampen vervangen worden door vervangingsspaarlampen is het belangrijk dat u een 1/4 verhouding respecteert tussen het vermogen van spaarlampen en dat van gloeilampen

Gloeilamp		Spaarlamp
40 W	→	11 W
60 W	→	14 W
80 W	→	20 W
100 W	→	24 W

*Aanbevolen vervanging*



*Led*

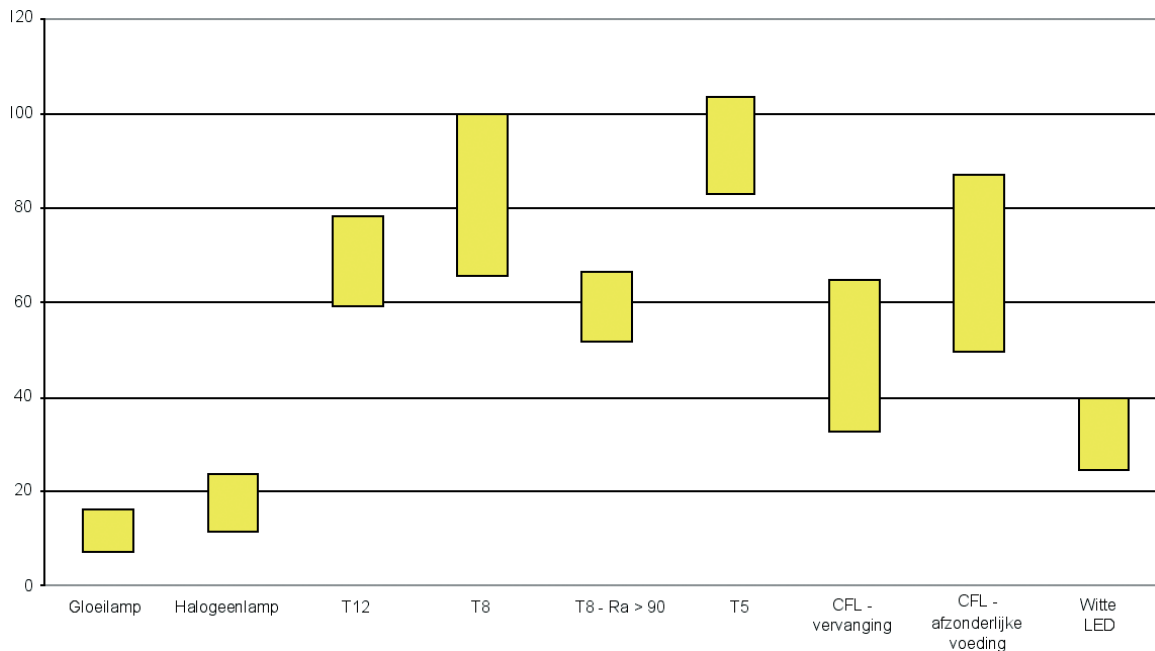


*Noodverlichting*

In onderstaande grafiek kan u de lichtrendementen van enkele lichtbronnen vergelijken.

### Als lichtbron kiest u bij voorkeur:

- gasontladingslampen van het type TL met een goede kleurweergave-index ( $R_a > 80$ ) en een voldoende hoge kleurtemperatuur (3.500 tot 4.000 K).
  - gasontladingslampen van het type CFL, ofwel een vervangingslamp ofwel een lamp met een afzonderlijke voeding.
- Als het om een nieuwe installatie gaat, geef dan de voorkeur aan een afzonderlijke voeding: het pinsysteem maakt het onmogelijk om achteraf nog naar de klassieke gloeilamp terug te grijpen.



Lichtrendementen van lamptypen

## 2.2 DE ARMATUUR

De armatuur verdeelt, filtert of transformeert het licht dat afkomstig is van één of meer lampen. Het bestaat uit de volgende delen:

- een houder;
- een optiek;
- voorschakelapparatuur.

### 2.2.1 De houder

Met de houder kan een armatuur worden gemonteerd en vastgemaakt in een lokaal. Verschillende bevestigingshouders kunnen elk een andere sfeer creëren. Er zijn drie types:

- een inbouwarmatuur;
- een opbouwarmatuur;
- een pendelarmatuur.

Wanneer het licht uit de armatuur zonder veel reflectie van het plafond of een wand het doel (een taakoppervlak, een object, ...) bereikt, spreekt men van **rechtstreekse** verlichting. Dit is de aanbevolen verlichtingswijze in lokalen met een normale plafondhoogte (minder dan 4,5 m). Rechtstreekse verlichting wordt typisch toegepast bij het gebruik van *inbouwarmaturen* (in gebouwen met valse plafonds) of *opbouwarmaturen* (die gewoon tegen het plafond worden bevestigd).

Soms kan ook voor een combinatie van **rechtstreekse** en **onrechtstreekse** (licht dat eerst wordt gereflecteerd, bijvoorbeeld via een plafond) verlichting worden gekozen. In erg hoge lokalen zijn pendelarmaturen vaak meer geschikt voor het visueel comfort. Om te vermijden dat boven de lampen storende schaduwen ontstaan, wordt in dat geval geopteerd voor armaturen die zowel onrechtstreeks als rechtstreeks licht uitstralen.



*Ingebouwde armatuur*



*Pendelarmatuur*

## 2.2.2 De optiek

In zijn meest eenvoudige vorm is de optiek slechts een geplooide metalen plaat, maar ze vormt wel een belangrijk onderdeel van de armatuur, aangezien zij in grote mate het rendement van de armatuur bepaalt.

De optiek van een armatuur bestaat meestal uit een reflector, lamellen en eventuele filters en afdekkappen.

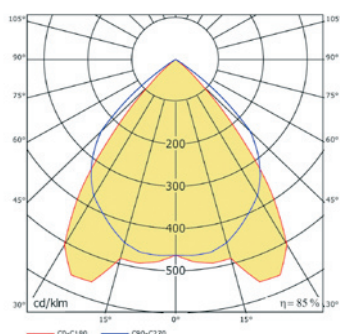
### De reflector

De reflector heeft voornamelijk als doel het licht van de lamp naar het werkpervlak te richten.

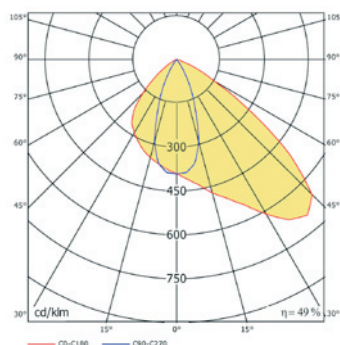
Al naargelang de vorm kan het licht symmetrisch (bv. voor de verlichting van een tafel) of asymmetrisch (bv. voor de verlichting van een bord) verspreid worden.

De manier waarop de armatuur het licht verspreidt, wordt aangegeven met het polaire diagram van de lichtsterkte.

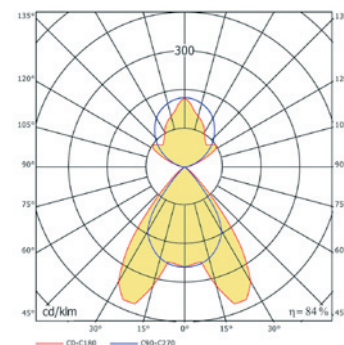
Hierop is te zien hoe het licht in de verschillende richtingen wordt gestuurd. Het zijn deze diagrammen die worden opgenomen in de technische fiches van productcatalogi.



*Polair diagram van een rechtstreekse symmetrische armatuur*



*Polair diagram van een rechtstreekse asymmetrische armatuur*



*Polair diagram van een (on)rechtstreekse symmetrische armatuur*

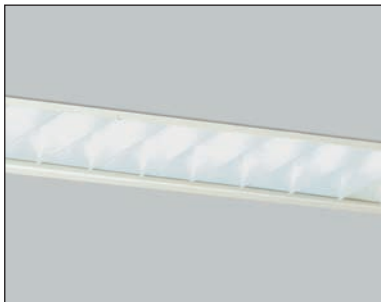
## De lamellen

Lamellen bestaan in verschillende vormen en moeten verblinding door de lamp voorkomen. Door hun vorm (parabolisch, met een hoek, ...) kunnen zij elk visueel contact met rechtstreekse lichtstralen blokkeren.



*Metalen lamel*

Sommige lamellen beperken ook de hinderlijke weerspiegelingen en verminderen zo de luminantie van de armaturen. De reflector heeft dan meestal een passende vorm en bestaat net als de lamellen vaak uit aangepast materiaal. Armaturen met zulke optieken worden "armaturen met een lage luminantie" genoemd.



*Rechte lamellen*



*Armatuur met een lage luminantie*



*Armatuur met een zeer lage luminantie*

De lichtbron kan ook omgeven worden door een doorzichtige gesloten lichtkap (vaak van melkglas). In dat geval spreekt men over een diffusor. Omdat bij gebruik van een diffusor de schaduwen van objecten en personen minder afgeleend en "hard" zijn, spreekt men ook wel eens van "soft light". Meestal verwijst het begrip "soft light" eerder naar het feit dat men geen rechtstreeks zicht op de lamp heeft.



*Ingebouwde "soft-light"-armatuur*

Armaturen die uitgerust zijn met lichtdiffusoren creëren aangename en diverse sferen, maar het lichtrendement is wel vaak lager dan het rendement van armaturen met lamellen.

Het is dan ook af te raden dit soort armaturen te gebruiken in lokalen waar hoge lichtniveaus vereist zijn gedurende vele branduren.

De optiek is bepalend voor het rendement van een armatuur, wat gedefinieerd wordt als de verhouding tussen de lichtflux die door de armatuur wordt uitgestraald en de lichtflux van de lichtbron(nen) van de armatuur. Het rendement wordt uitgedrukt in procenten en kan opgevraagd worden bij een fabrikant of een leverancier.

Hoe hoger het rendement, hoe meer licht de armatuur uitstraalt voor eenzelfde type lamp.

Neem een rendement van minstens:

- 85 % voor armaturen met rechtstreekse verlichting;
- 80 % voor armaturen met rechtstreekse verlichting met een lage luminantie;
- 75 % voor combinatie-armaturen met rechtstreekse-onrechtstreekse verlichting.

### **Geef bij uw armatuurkeuze de voorkeur aan:**

- armaturen met rechtstreeks licht die zijn uitgerust met een reflector van gesatineerd of gepolijst aluminium, waarbij de lamp zelf zo weinig mogelijk zichtbaar is voor de waarnemer.

### 2.2.3 De voorschakelapparatuur

CFL-lampen of TL-lampen hebben een hulpsysteem nodig om te kunnen werken. Dit noemt men de ballast of het voorschakelapparaat. Met dit apparaatje kunnen de lampen worden aangestoken en wordt de elektrische stroom gestabiliseerd.

Er bestaan twee soorten:

- Elektromagnetische ballasten;
- Elektronische ballasten.

#### Elektromagnetische ballasten

Heel wat armaturen, in het bijzonder die armaturen waarin zich T12 buislampen bevinden, werken nog met de klassieke elektromagnetische ballast.

Ze zijn dan wel goedkoper in aankoop dan elektronische ballasten, maar het vermogenverlies is zo groot dat op middellange termijn de uiteindelijke kostprijs toch duurder uitvalt.

Bovendien rust hun werking op een principe dat de levensduur van de TL-lampen niet maximaal benut.

#### Elektronische ballasten

Elektronische ballasten hebben twee voordelen in vergelijking met de elektromagnetische:

- ze werken op een hoge frequentie (meer dan 30 kHz), zodat het oogvermoeiende stroboscoopeffect wordt vermeden, vooral wanneer op een pc met monitor wordt gewerkt;
- voor het uitstralen van dezelfde hoeveelheid licht, gebruikt een combinatie lamp-elektronische ballast 20% minder elektriciteit dan een combinatie lamp-elektromagnetische ballast.

We onderscheiden 3 categorieën:

- elektronische ballasten zonder voorverwarming die TL-lampen onmiddellijk ontsteken;
- elektronische ballasten met voorverwarming die TL-lampen ontsteken na ze eerst op te warmen (erg snel), waardoor de TL-lampen langer meegaan;
- dimbare elektronische ballasten die TL-lampen ontsteken en waarmee de lichtflux in functie van de behoeften kan worden aangepast. Deze ballasten zijn veel zuiniger in het energiegebruik als bij de bediening van de verlichtingsinstallatie rekening wordt gehouden met de aan- of afwezigheid van daglicht.



*Elektromagnetische ballast*



*Elektronische ballast*

#### **Geef bij de keuze van de voorschakelapparatuur de voorkeur aan:**

- bij een basisoplossing: gewone elektronische ballasten;
- bij meer geavanceerde oplossingen: dimbare elektronische ballasten waarbij regelsystemen voor de verlichting kunnen worden geïntegreerd die rekening houden met de inval van daglicht.

## 2.3 HET REGELSYSTEEM

Met een regelsysteem kan u de verlichting van een klaslokaal, verdieping of zelfs een volledig gebouw regelen.

Er bestaan verschillende soorten regelsystemen met erg uiteenlopende oplossingen op het gebied van bedieningsmogelijkheden en het beschikbare budget.

Er zijn vier regelprincipes:

- regeling volgens de beschikbaarheid van daglicht;
- regeling in functie van de bezetting;
- tijdgestuurde regeling;
- opsplitsing in zones.

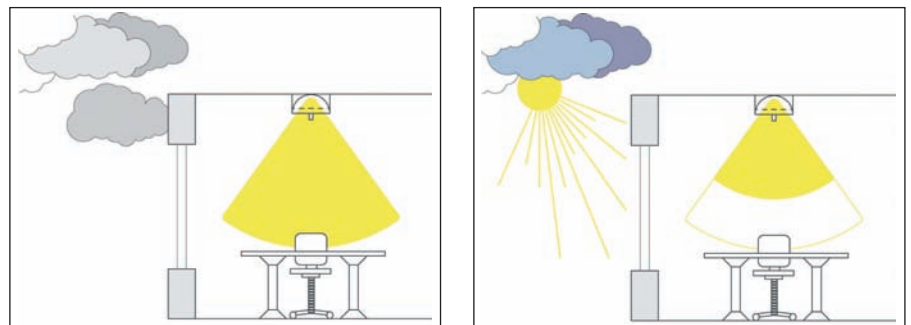
### 2.3.1 Regeling volgens de beschikbaarheid van daglicht

Bij een daglichtregeling wordt de lichtflux van een armatuur geregeld in functie van het beschikbare daglicht. Als een klaslokaal voorzien is van grote ramen, kan op die manier heel wat energie bespaard worden. Bij deze regeling wordt het daglicht door een sensor waargenomen.

Er bestaan verschillende soorten sensoren en bedieningsmechanismen: meting van de verlichtingssterkte op het taakoppervlak, meting van de luminantie van het raam, ... . Deze sensoren zijn ofwel rechtstreeks met de ballast van de armaturen verbonden ofwel met een centrale bedieningseenheid van het lokaal.

In de praktijk is gebleken dat voor scholen de systemen die het aanwezige licht meten recht boven het werkvlak, het efficiëntst zijn.

In lokalen met grote of middelgrote ramen kan het, zowel voor het energieverbruik als voor het visueel comfort, voordelig zijn de lichtflux van de armaturen die zich in de buurt van ramen bevinden, te laten variëren met behulp van een dergelijke regeling.



*Het regelprincipe voor daglicht*



*Op de lamp bevestigde daglichtsensor*



*Daglichtsensor ingebouwd in de armatuur*



### 2.3.2 Regeling in functie van de bezetting

Een regeling in functie van de bezetting van een ruimte betekent dat het licht enkel brandt wanneer iemand in het lokaal aanwezig is. Sommige systemen reageren op de aanwezigheid van mensen (aanwezigheidsdetectie), andere houden rekening met de afwezigheid van mensen (afwezigheidsdetectie).

**Aanwezigheidsdetectiesystemen** garanderen dat de verlichting automatisch aangaat wanneer iemand aanwezig is in het lokaal en dat de verlichting weer uitgaat wanneer niemand in het lokaal aanwezig is.

Deze systemen zijn qua energiegebruik niet optimaal, aangezien het licht automatisch brandt wanneer iemand aanwezig is in het lokaal, zelfs als er voldoende daglicht is.

**Afwezigheidsdetectiesystemen** laten toe om de verlichting uit te schakelen wanneer niemand in het lokaal aanwezig is. Ze zijn interessanter dan aanwezigheidsdetectie, omdat ze, gekoppeld aan een manuele ontsteking van het licht (al naargelang de wens van de aanwezigen), heel wat energie kunnen besparen.

Wanneer wordt vastgesteld dat niemand meer aanwezig is, wordt de verlichting uitgeschakeld. Een aantal systemen schakelen de verlichtingsinstallatie direct uit. Om het visueel comfort te garanderen en om een voortdurend (en storend) aan- en uitschakelen te vermijden, is het beter te kiezen voor oplossingen waarbij de lichtflux bij afwezigheid in eerste instantie wordt vermindert (tot 3 of 10% van het normale vermogen). De verlichting wordt dan pas in tweede instantie, na een langdurige afwezigheid (15 minuten bijvoorbeeld), helemaal uitgeschakeld.

### 2.3.3 Opsplitsing in zones

Door de opsplitsing van de verlichtingsinstallatie van een lokaal of een grote ruimte hebben de aanwezigen de mogelijkheid om het licht slechts in een bepaald deel van de werkruimte aan te steken, hetzij omdat slechts een deel van het lokaal wordt gebruikt hetzij omdat in een bepaald deel voldoende daglicht beschikbaar is.

Figuur A geeft een klaslokaal weer met een opsplitsing in zones die is gebaseerd op de inval van daglicht. De volgende zones kunnen onafhankelijk van elkaar met drie schakelaars in de buurt van de toegangsdeur worden bediend:

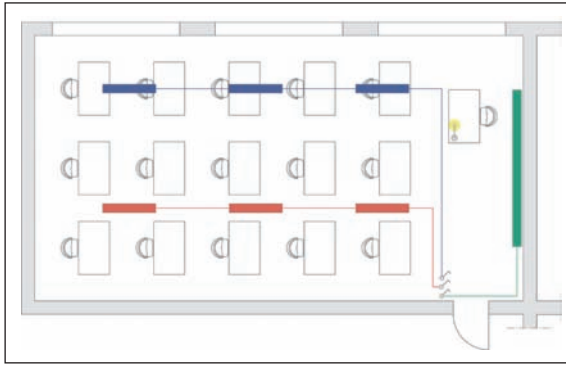
- de rij armaturen langs de ramen;
- de rij armaturen achteraan in het lokaal;
- de armaturen die het bord verlichten.

Figuur B toont een zoneschema van een grote zaal (bv. vergaderzaal, eetzaal, ...) waar de verlichting kan worden aangepast in functie van de bezetting:

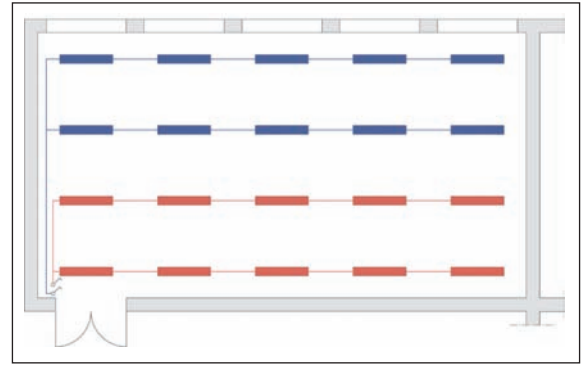
- de eerste schakelaar bedient de armaturen vooraan in het lokaal;
- de tweede schakelaar bedient de armaturen achteraan in het lokaal.



*Afwezigheidsdetector ingebouwd in een vals plafond*



Figuur A



Figuur B

Voor een optimale controle over het energiegebruik bij een systeem met verschillende zones is het belangrijk dat het onderwijzend personeel op het bestaan en de werking ervan wordt gewezen. De schakelaars moeten ook correct worden gemarkeerd (bv. met etiketten die informeren welke schakelaar wat bedient). Als het personeel niet voldoende wordt gesensibiliseerd, kan beter worden gekozen voor een automatische oplossing die al dan niet met afzonderlijke zones werkt.

### 2.3.4 Tijdgestuurde regeling

Voor klaslokalen met een vaste en regelmatige bezetting is het voordelig de mogelijkheid in te bouwen de volledige lichtinstallatie uit te schakelen om stroomgebruik in periodes van leegstand te vermijden (weekends, vakanties, nachten, ...). Zo kan men opteren voor een automatische uitschakeling om 19 uur én nogmaals om 21 uur, voor het geval de schoonmaakdienst het licht vergeet te doven. In de gangen is het mogelijk de volledige lichtinstallatie uit te schakelen of om via een nachtprogramma bijvoorbeeld slechts één op drie armaturen te laten branden. Op die manier blijven alle gemeenschappelijke zones ook buiten de normale diensturen verlicht.

Het is belangrijk dat enkel het doven van de verlichting met de tijdsfunctie wordt geprogrammeerd. De aanwezigen moeten steeds kunnen beslissen of ze het licht aansteken of niet.

Het uitschakelen van de verlichting mag ook niet abrupt zijn maar moet geleidelijk gebeuren. Zo heeft de gebruiker de gelegenheid om de verlichting ook manueel opnieuw aan te steken.

Actie	Leslokaal	Gang
Aansteken van de verlichting in lokalen	Manueel	Manueel
Uitschakelen	<p>1e automatische uitschakeling: 19u (met een graduele dimming waarbij 10 minuten lang een lichtflux van 10 % behouden blijft).</p> <p>2e automatische uitschakeling: 21u (met een graduele dimming waarbij 10 minuten lang een lichtflux van 10 % behouden blijft).</p>	<p>Uitschakeling van 2 op 3 armaturen om 19u.</p> <p>(Cycli van 3 dagen waarbij elke nacht een andere armatuur blijft branden om te vermijden dat steeds dezelfde lampen verouderen.)</p>

Voorbeeld van een tijdgestuurde regeling

### 2.3.5 Combinatieregelingen

De voornoemde regelsystemen kunnen uiteraard ook worden gecombineerd. Zo is het bijvoorbeeld interessant in een lokaal dat geschikt is voor een twintigtal leerlingen en waar ook daglicht aanwezig is, een opsplitsing van de lichtinstallatie in zones te combineren met een regelsysteem dat rekening houdt met de aanwezigheid van daglicht.

De rij armaturen langs de ramen wordt dan al dan niet ingeschakeld in functie van de behoeften van de aanwezigen terwijl steeds rekening wordt gehouden met het beschikbare daglicht.

In de praktijk kunnen de verschillende regelconcepten diverse vormen aannemen in functie van de toegepaste technologie.

Voor de meest eenvoudige opsplitsing in zones volstaat het afzonderlijke kabels te voorzien voor de verschillende verlichtingsgroepen van het lokaal (opsplitsing in zones met schakelaars).

Wanneer (centrale) bedieningseenheden worden gebruikt, moet zeker rekening worden gehouden met de aanzienlijke hoeveelheid energie die ze zelf gebruiken. Sommige systemen zijn intelligent en besparen energie, maar andere gebruiken zelf vrij veel elektriciteit. Dat kan in sommige gevallen 2 tot 3 W per armatuur zijn en dat gedurende de volledige dag (24 uur op 24 uur). Dit extra gebruik doet doorgaans de energiebesparing van het intelligente regelsysteem teniet.

Het is dan ook belangrijk een geschikt regelsysteem zorgvuldig te kiezen in overleg met een architect of de producent van de armaturen.

#### **Geef bij de keuze van het regelsysteem de voorkeur aan:**

- bij een basisoplossing: een opsplitsing van de verlichting in zones;
- bij meer geavanceerde oplossingen: daglichtregeling, tijdgestuurde regeling en zelfs, afhankelijk van geval tot geval, afwezigheidsdetectie.

Als u kiest voor een geavanceerd regelsysteem, maak dan een weldoordachte keuze zodat het energiegebruik van het regelsysteem zeer laag blijft.



*Centrale bedieningseenheid ingebouwd in een plafond*

## 3 HOE BESPAREN ?

### 3.1 "DOOR-LICHT-ING"

Voor de evaluatie van een verlichtingsinstallatie, zowel wat betreft visueel comfort als energiegebruik, moet men een audit uitvoeren. Deze audit kan soms worden uitgevoerd door iemand binnen de school, wanneer die over de nodige kennis in het domein van verlichting beschikt. Over het algemeen is het echter aanbevolen een beroep te doen op een externe persoon die gespecialiseerd is in de audit van gebouwen en die de geschikte apparatuur ter beschikking heeft.

#### 3.1.1 Audit van het visueel comfort

##### A. Bereikt de verlichtingssterkte het juiste niveau?

Maar al te vaak is de verlichtingssterkte in scholen niet voldoende. Tabellen in de bijlage (6.1 en 6.2) tonen de aanbevolen verlichtingsniveaus voor schoolgebouwen. Voor de schoolbanken van leerlingen in een lagere of een secundaire school wordt er doorgaans een verlichtingssterkte van 300 lux aanbevolen, terwijl er in een school voor volwassenen een verlichtingssterkte van 500 lux zal worden voorgeschreven.



Meting van de verlichtingssterkte aan de hand van een luxmeter

In de praktijk wordt de verlichtingssterkte gemeten aan de hand van een luxmeter, een klein draagbaar toestel dat de hoeveelheid licht meet die invalt op een fotogevoelige cel.

Het heeft geen zin te hoge verlichtingssterktes (1.500 tot 2.000 lux) te voorzien waar dit niet nodig is. Het visueel comfort verbetert er niet op terwijl het risico op verblinding verhoogt.

De norm NBN EN 12464-1 betreffende verlichting voor de binnenwerkplek beschrijft de te respecteren eisen voor de verlichtingssterkte. Hiervoor wordt een gemiddelde waarde op het werkoppervlak gehanteerd.

##### B. Is de uniformiteit van de verlichtingssterkte correct?

De uniformiteit wordt gedefinieerd als de verhouding van de minimale verlichtingssterkte op een werkoppervlak tot de gemiddelde verlichtingssterkte op hetzelfde oppervlak.

Ze moet hoger zijn dan 0,7 op de werkplek en hoger dan 0,5 in de onmiddellijk aangrenzende zone.

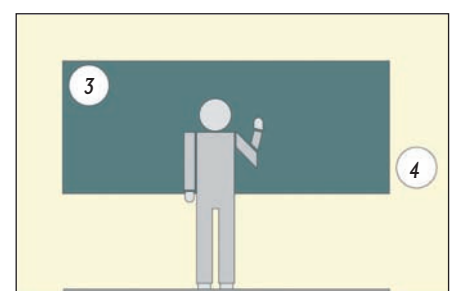
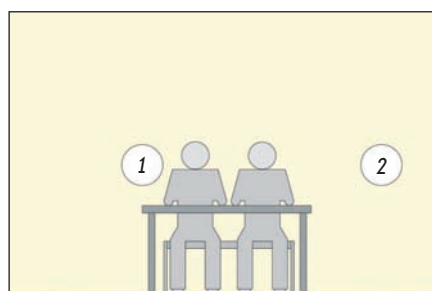
In het eerste voorbeeld moet de uniformiteit hoger zijn dan 0,7 op de bank (1).

In de zone tussen de schoolbanken moet ze hoger zijn dan 0,5.

Als de positie van de banken niet gekend is, moet de uniformiteit voor het hele lokaal (2) minimaal 0,7 zijn (met uitzondering van een strook van 50 cm langs de muren).

In het tweede voorbeeld moet de uniformiteit op het bord (3) hoger zijn dan 0,7.

In de zone rond het bord (4) moet ze hoger zijn dan 0,5.



### C. Bestaat er een risico op verblinding?

Verblinding vermindert de waarneming van objecten en vermoeit de ogen. Het vermindert aanzienlijk het vermogen van een individu om een taak uit te voeren. Verblinding wordt veroorzaakt door te hoge luminanties (schitteringen) in het gezichtsveld, waardoor personen objecten minder goed kunnen onderscheiden. De risico's op verblinding kunnen worden vastgesteld aan de hand van metingen uitgevoerd met een luminantiemeter. Deze toestellen zijn echter vrij duur en kunnen enkel door specialisten worden gebruikt.

Het is eenvoudiger en gemakkelijker om een risico op verblinding te identificeren via rechtstreekse observatie, door op de plaats van de toeschouwer of de leerling te gaan staan en te zien of de lichtbronnen al dan niet verblinden.

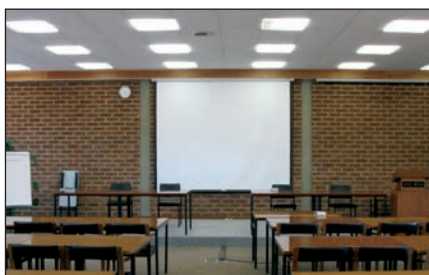
#### Directe verblinding

Een leerling die aan een schooltafel zit, mag niet rechtstreeks verblind worden door het licht afkomstig uit een armatuur. Leerlingen achteraan in de klas hebben meer last van verblinding dan leerlingen op de eerste rij. Een leerling achteraan in de klas heeft namelijk meerdere rijen armaturen in zijn gezichtsveld wanneer hij naar het bord kijkt.

#### Bepaalde armaturen veroorzaken sneller verblinding, ...



*Naakte TL-buizen, armaturen waarbij men rechtstreeks zicht heeft op de lamp*



*Armaturen met melkglazen lichtkap*



**... terwijl andere deze sterk beperken.**

Armaturen met parabolische lamellen worden ook “lage luminantie armaturen” genoemd. Ze kunnen in principe elk risico op verblinding vermijden.

### Verblinding door reflectie

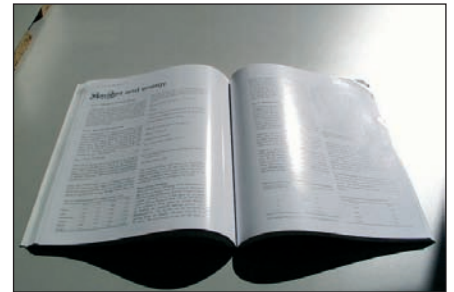
**Verblinding door reflectie** op een scherm of een tafel wordt veroorzaakt door een sterk weerkaatsend lichtpunt of lichtvlak op het taakoppervlak of het object waarnaar men kijkt. Dit is een typisch probleem bij klassieke beeldschermen (CRT).

### Verblinding door sluiereffect

**Bij verblinding door sluiereffect** lijkt het alsof een sluier over de visuele taak is gelegd. Dit leidt tot minder duidelijke contrasten op de visuele taak (bv. de zwarte letters op een wit blad die niet meer leesbaar zijn).

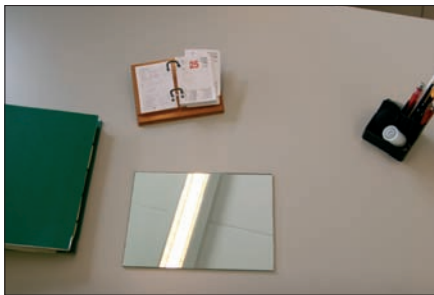


*Verblinding door reflectie*



*Verblinding door sluiereffect*

Het risico op verblinding door reflectie wordt geïdentificeerd aan de hand van de spiegeltest.



*Spiegeltest*

Bij deze zeer eenvoudige test wordt een spiegel op de plaats van de visuele taak gelegd en wordt gekeken of een lichtbron al dan niet zichtbaar is. Als dat het geval is, is verblinding mogelijk.

Om de risico's op verblinding door reflectie zoveel mogelijk te voorkomen, worden de armaturen beter niet boven de schooltafels maar boven de tussenrijen geplaatst. Bovendien worden rechthoekige armaturen best met hun langste zijde gericht volgens de kijkrichting van de leerlingen.

Meubilair met een erg reflecterend oppervlak is ook te vermijden (bv. gelakte oppervlakken).

### D. Zijn er hinderlijke schaduwen?

Hinderlijke schaduwen kunnen het visueel comfort aanzienlijk aantasten en het goede verloop van het leerproces bemoeilijken.

De eenvoudigste manier om de aanwezigheid van hinderlijke schaduwen te detecteren, is op verschillende plaatsen in het lokaal te gaan zitten en dit na te gaan.

Om hinderlijke schaduwen te vermijden, moet men:

- vermijden dat lichtbronnen worden geïnstalleerd die het licht vanuit één enkel punt uitstralen (type spot);
- onevenwichtige verlichting vermijden en zorgen voor een goede verdeling van de armaturen in het lokaal.

### E. Is de kleur van het licht goed?

De kleur van het licht is een belangrijke parameter voor onze psychologische perceptie van een ruimte.

In ontspannings- en rustruimten verkiezen we een warme kleur (lage kleurtemperatuur). In werkruimten waar men meer geconcentreerd aan het werk is, verkiezen we een iets koudere kleur (hogere kleurtemperatuur).

Naargelang het type ruimte worden doorgaans de volgende waarden aanbevolen:

Lokaaltype	Kleurtemperatuur (K)	Gangbare benaming
Klas	Tussen 2.000 en 5.000 K Lagere school: 3.000 K Middelbare school: 5.000 K	Warm wit tot neutraal wit
Vergaderzaal	Tussen 2.000 K en 3.500 K	Warm wit
Atelier	Tussen 3.500 K en 5.000 K Ateliers van het type schone kunsten en tekenlokalen: hoger dan 5.000 K	Neutraal wit Daglicht (koud)

### F. Is de kleurweergave-index goed?

Het is belangrijk de kleurweergave-index in acht te nemen om een goede perceptie van kleuren mogelijk te maken (tekenlokalen, klaslokalen,...). Daarnaast zijn er ook veiligheidsredenen: een hoge kleurweergave-index laat bijvoorbeeld een correcte visualisatie van evacuatiepanelen toe.

Voor de meeste lokalen is een kleurweergave-index (Ra) van meer dan 80 aanbevolen. In de kunstlokalen van de Academies voor Schone Kunsten is een kleurweergave-index van meer dan 90 aanbevolen.



*Schaduw door zijdelingse verlichting*



*Kleurweergave onder twee verschillende lichtbronnen*

### 3.1.2 Audit van de energieprestatie

#### A. Is het geïnstalleerd vermogen van de armaturen niet te hoog ?

Het geïnstalleerd vermogen van de verlichting in een lokaal kan op een eenvoudige manier worden berekend door het vermogen van de verschillende lampen en ballasten van de armaturen in dit lokaal op te tellen. Daarna delen we dit vermogen door de vloeroppervlakte.

Naargelang de gemiddelde verlichtingssterkte die in het lokaal wordt voorgeschreven (in het algemeen 300 of 500 lux) mag de bekomen waarde niet hoger zijn dan  $6,6 \text{ W/m}^2$  voor 300 lux of  $11 \text{ W/m}^2$  voor 500 lux.

Voorbeeld: het klaslokaal uit de inleiding heeft een vloeroppervlakte van  $42 \text{ m}^2$ . We bekomen dus een geïnstalleerd vermogen per vierkante meter:

$$835,2 \text{ W} / 42 \text{ m}^2 = 19,9 \text{ W/m}^2$$

Het gaat om een middelbare school, waar een verlichtingssterkte van 300 lux wordt geëist. De maximale waarde bedraagt dus  $6,6 \text{ W/m}^2$ .

De verlichting in het leslokaal uit de inleiding voldoet dus niet aan het criterium van energiezuinigheid.

Een geïnstalleerd vermogen van  $11 \text{ W/m}^2$  voor een verlichtingssterkte van 500 lux kan op het eerste gezicht een te strenge eis lijken, maar kan in werkelijkheid vrij gemakkelijk worden gehaald. Goed ontworpen installaties kunnen gaan tot  $8$  à  $9 \text{ W/m}^2$  voor 500 lux.

#### B. Zijn de armaturen efficiënt?

De geïnstalleerde armaturen moeten een goede lichtopbrengst hebben.

Naakte buislampen zonder reflectoren, melkglazen of glazen ballonnen en lampen met prismavormige bescherming zijn niet efficiënt. Ze absorberen een groot deel van de uitgestraalde lichtenergie in plaats van deze naar het taakoppervlak te richten.

##### Niet efficiënte armaturen



*Naakte buislampen*



*Armaturen met een melkglazen lichtkap*



*Ingebouwde armaturen met een melkglazen lichtkap*



### C. Worden de ontladingslampen gevoed met elektronische ballasten?

Een combinatie van een elektronische ballast en een lamp gebruikt tot 20% minder energie om een bepaalde hoeveelheid licht uit te stralen, dan een combinatie van een elektromagnetische ballast en een lamp. Bovendien verlengt het gebruik van een elektronische ballast de levensduur van de lampen.

### D. Zijn de lichtbronnen efficiënt?

De efficiëntie van de lichtbronnen verschilt sterk in functie van het type lamp.

Gloeilampen hebben een laag lichtrendement (van 7 tot 25 lm/W). Het lichtrendement van TL-lampen en spaarlampen ligt veel hoger (52 tot 104 lm/W).

### E. Is het regelsysteem van verlichtingsinstallaties efficiënt?

#### E.1. Wordt de verlichting op een automatische manier geregeld?

Zo niet, wordt het licht in ongebruikte lokalen dan **altijd** uitgeschakeld?

In kleine of middelgrote scholen kan een sensibilisering van het lerarenkorps en de leerlingen aan de hand van eenvoudige boodschappen dichtbij de lichtschaakelaars snel voor aanzienlijke energiebesparingen zorgen. Dit soort campagnes moet regelmatig (minstens één keer per jaar) worden herhaald om continue spanningen van de deelnemers te verzekeren.

Zo wel, gebeurt de regeling dan in functie van het daglicht?

Een regeling in functie van het daglicht kan het energiegebruik van de verlichtingsinstallatie met 30 tot 50% doen dalen.

#### E.2. Wordt de verlichting in ongebruikte lokalen automatisch uitgeschakeld:

**met tijdschakelaars (wc's, gangen, parking, ...)?**

**met een centraal tijdgestuurd systeem (klassen, bureaus, ...)?**

**met bewegingsdetectoren (vergaderzalen, refter, ...)?**

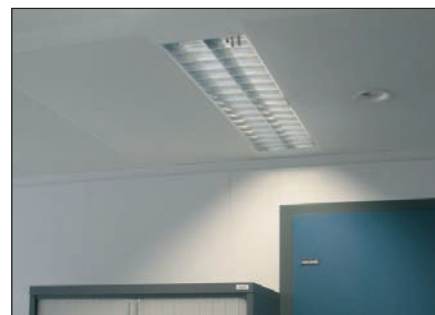
Een regeling aan de hand van een centraal of gelokaliseerd tijdschakelaarsysteem zorgt voor grote energiewinsten zonder al te zware investeringen. Het is echter ook belangrijk de mogelijkheid open te laten voor de gebruiker om de lampen eventueel opnieuw in te schakelen.

Het installeren van bewegingsdetectoren leidt vaak tot energiebesparingen. Dit is echter geen algemene waarheid en is sterk afhankelijk van het type regeling en de grootte en de gebruiksfrequentie van het lokaal. Soms kan het gebruik van het regelsysteem de gerealiseerde winsten teniet doen of erg verminderen. Zulke regelingen zijn dan minder interessant, zeker wanneer extra bekabeling of (duurdere) meer geavanceerde systemen vereist zijn. Een centrale tijdschakelaar of een eenvoudig systeem waarbij de bekabeling in verschillende kringen wordt gelegd, kan dan een betere oplossing zijn.

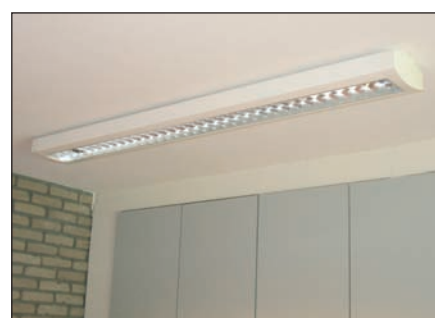
#### E.3. Kunnen afzonderlijke zones van een verlichtingsinstallatie bediend worden?

Met zonering kunnen aparte verlichtingsgroepen worden bediend: de rij armaturen aan de ramen en de armaturen in de rest van het lokaal.

### Doeltreffende verlichting



*Ingebouwde armaturen met lamellen in gesatineerd aluminium*



*Opbouwarmatuur met aluminium lamellen*



## F. Bestaat er een onderhoudsplan voor de verlichting?

### F.1. Zijn de verlichtingsreflectoren proper?

### F.2. Worden de verlichtingstoestellen regelmatig gereinigd?

### F.3. Worden TL-buizen automatisch op het einde van hun levensduur vervangen?

Het is zeer belangrijk dat verlichtingsinstallaties regelmatig worden gereinigd. Na verloop van tijd komt er immers stof op de lampen en op de optiek (lamellen en reflector) en daalt het rendement van de armaturen.

Een periodieke reiniging (jaarlijks of tweejaarlijks) kan in scholen zorgen voor een toename van 10 % van de lichtflux, zonder extra energiegebruik.

De lichtflux van een TL-buis heeft de neiging om na verloop van tijd af te nemen. Wanneer het einde van de levensduur is bereikt (na 10.000 of 15.000 branduren naargelang het gekozen lamptype) komt het vaak voor dat de lichtflux met 10 tot 15% is afgenomen in vergelijking met de initiële lichtflux (onafhankelijk van de vervuiling van de armaturen of van andere factoren). Door deze lampveroudering wordt aangeraden om na een werking van 15.000 uur of, in het geval van een school om de 5 jaar, de lampen te vervangen.

Als de armaturen niet gereinigd worden, kan de lichtflux na vijf jaar, afhankelijk van het soort armatuur, met meer dan 35% dalen.

#### Configuratie A:

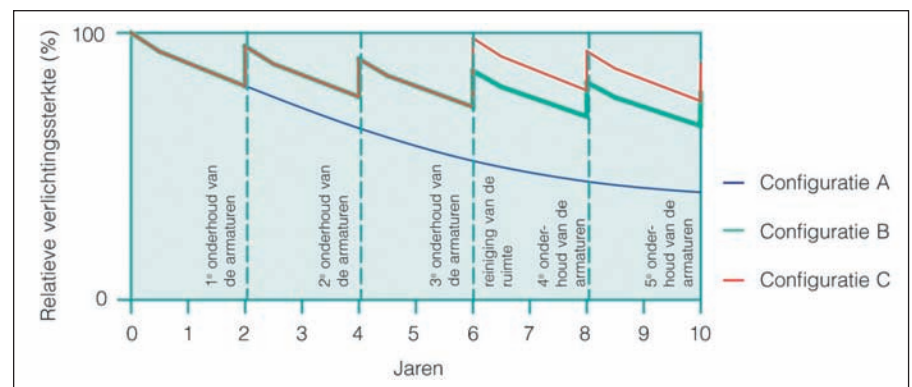
de installatie is niet onderhouden

#### Configuratie B:

tweejaarlijks onderhoud van de armaturen

#### Configuratie C:

onderhoud van de armaturen (tweejaarlijks) gecombineerd met een reiniging van de wanden van de ruimte (na 6 jaar)



Vermindering van de relatieve verlichtingssterkte na verloop van tijd

## G. Hebben de muren en de plafonds een heldere kleur?

Het weerkaatsend vermogen van de muren zorgt ervoor dat natuurlijk en kunstmatig licht terug in het klaslokaal wordt gestuurd. Daardoor neemt de verlichtingssterkte op het taakoppervlak toe. Het is dus aan te bevelen om te werken met heldere muur- en plafondkleuren: zij hebben een hogere lichtreflectie dan de donkere tinten.

Voor de plafonds worden waarden van 70 tot 80 % reflectie aangeraden en voor de muren 50 tot 60 %. Een wit plafond en een (matig) heldere muurkleur voldoen hieraan.

### 3.1.3 Auditformulier

Het onderstaande formulier kan doorgaans vrij probleemloos worden ingevuld. Het geeft een eerste indicatie van de prestaties van de verlichtingsinstallaties. Niet alle opgesomde punten wegen even zwaar door. De kruisjes in de tweede kolom (de vragen waar “nee” op wordt geantwoord) geven een beeld van de aspecten van de verlichtingsinstallatie en/of het beheer ervan die voor verbetering vatbaar zijn.

#### Audit van het visueel comfort

	Ja	Nee	Nvt
A. Bereikt de verlichtingssterkte het juiste niveau?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Is de uniformiteit van de verlichtingssterkte correct?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Bestaat er risico op verblinding?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. Zijn er hinderlijke schaduwen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E. Is de kleur van het licht goed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F. Is de kleurweergave-index goed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Audit van de energieprestatie

	Ja	Nee	Nvt
A. Licht het geïnstalleerde vermogen van de armaturen lager dan 6,6 of 11 W/m <sup>2</sup> voor 300 of 500 lux?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Zijn de armaturen doeltreffend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Is de fluorescentieverlichting uitgerust met elektronische ballasten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. Hebben de lichtbronnen een hoog lichtrendement?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E. Is het beheersysteem voor de verlichtingsinstallatie doeltreffend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E.1. Wordt de verlichting automatisch geregeld?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E.2. Wordt het licht in ongebruikte lokalen automatisch uitgeschakeld?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
met tijdschakelaars?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
met een centraal tijdgestuurd systeem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
met aanwezigheidsdetectoren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E.3. Kunnen zones van een verlichtingsinstallatie afzonderlijk worden bediend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F. Bestaat er een onderhoudsplan voor de armaturen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F.1. Zijn de reflectoren van de armaturen proper?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F.2. Worden de armaturen geregeld gereinigd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F.3. Worden de TL-buizen systematisch op het einde van de levensduur vervangen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G. Hebben de muren en de plafonds een heldere kleur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3.2 RELIGHTING

Met een audit van de verlichtingsinstallatie kunnen eventuele problemen worden vastgesteld: een te hoog energiegebruik, onvoldoende comfort, ...

Op basis van de resultaten kan een volledige oplossing worden ontwikkeld om de verlichtingsinstallatie te verbeteren: een volledige "relighting" van de verlichtingsinstallatie.

De volledige relighting van een school gebeurt niet zomaar van de ene op de andere dag. Het gaat niet om een standaardvervanging van de oude armaturen door nieuwe (wat jammer genoeg vaak het geval is).

Voor de relighting wordt er eerst een voorstel opgesteld dat het visueel comfort en de energieprestatie in aanmerking neemt. Er wordt bekeken of het nuttig zou zijn de positie van de armaturen en het aantal armaturen in een lokaal te wijzigen. Het voorstel beoogt eveneens een betere regeling en moet ook in een onderhoudsplanning voorzien (reiniging, vervanging van lampen, ...) om permanent een goede verlichting te verzekeren.

Voor de uitvoering zal er een keuze moeten worden gemaakt wat betreft:

- de lampen;
- de armaturen;
- de ballasten.

Er moet ook een keuze worden gemaakt wat betreft:

- de plaatsbepaling van de armaturen;
- het type regeling.

De relighting zal optimaal zijn als:

- de elektrische bekabeling vrij kan worden gewijzigd;
- de positie van de armaturen vrij kan worden gekozen.

In het kader van de relighting wordt ook **de investering** en de **terugverdientijd** berekend die de volledige vervanging van de verlichtingsinstallatie vanuit een kostenbesparend oogpunt kunnen rechtvaardigen.

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een berekening van de terugverdientijd voor de relighting van een klaslokaal. De berekening is gebaseerd op een bezetting van 8 uur per dag en van 188 dagen per jaar, ofwel 1504 uur per jaar.

Kenmerken	Oude installatie	Nieuwe installatie
Aantal armaturen	9	9
Vermogen van de lampen	40 W	35 W
Aantal lampen per armatuur	2	1
Verliesfactor van de ballast	1,2	1

### 1. Kosten van het energiegebruik

	Oude installatie	Nieuwe installatie
Totaal vermogen in de klas	$9 \times 2 \times 40 \text{ W} \times 1,2 = 864 \text{ W}$	$9 \times 1 \times 35 \text{ W} \times 1 = 315 \text{ W}$
Totaal jaarlijks energiegebruik	$1.504 \text{ u} \times 864 \text{ W} = 1.299,46 \text{ kWh/jaar}$	$1.504 \text{ u} \times 315 \text{ W} = 473,76 \text{ kWh/jaar}$
Prijs per kWh	0,15 €	0,15 €
Energiefactuur	$1.299 \text{ kWh} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 194,92 \text{ €/jaar}$	$473,76 \text{ kWh} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 71,06 \text{ €/jaar}$
<b>Energiebesparing</b>		$1.299,46 \text{ kWh/jaar} - 473,76 \text{ kWh/jaar} = 825,70 \text{ kWh/jaar}$ <b>63 % reductie</b>
<b>Besparing</b>		$194,92 \text{ €/jaar} - 71,06 \text{ €/jaar} = 123,85 \text{ €/jaar}$

### 2. Onderhoudskosten

Lampen	Oude installatie	Nieuwe installatie
Levensduur van de lampen	8.000 u	20.000 u
Prijs van een lamp	4,15 €	9,75 €
Totaal aantal lampen	18	9
Jaarlijkse kostprijs voor lampen	$(4,15 \text{ €} \times 18 \times 1.504 \text{ u/jaar}) / 8.000 \text{ u} = 14,04 \text{ €/jaar}$	$(9,75 \text{ €} \times 9 \times 1.504 \text{ u/jaar}) / 20.000 \text{ u} = 6,60 \text{ €/jaar}$
Vervanging	Oude installatie	Nieuwe installatie
Uurloon werkkrachten:	45,00 €/u	45,00 €/u
Tijd voor het vervangen van een lamp	10 min (0,17 u)	10 min (0,17 u)
Kostprijs van de vervanging van een lamp	$0,17 \text{ u} \times 45,00 \text{ €/u} = 7,50 \text{ €}$	$0,17 \text{ u} \times 45,00 \text{ €/u} = 7,50 \text{ €}$
Jaarlijkse totale kostprijs van de vervanging van lampen	$(7,50 \text{ €} \times 18 \times 1.504 \text{ u/jaar}) / 8.000 \text{ u} = 25,38 \text{ €/jaar}$	$(7,50 \text{ €} \times 9 \times 1.504 \text{ u/jaar}) / 20.000 \text{ u} = 5,07 \text{ €/jaar}$
Jaarlijkse onderhoudskosten	$14,04 \text{ €/jaar} + 25,38 \text{ €/jaar} = 39,42 \text{ €/jaar}$	$6,60 \text{ €/jaar} + 5,07 \text{ €/jaar} = 11,67 \text{ €/jaar}$
<b>Besparing</b>		$39,42 \text{ €/jaar} - 11,67 \text{ €/jaar} = 27,75 \text{ €/jaar}$

### 3. Investing

Armatuur		
Prijs van een armatuur		110,00 €
Aantal armaturen		9
Prijs van de armaturen		$9 \times 110 \text{ €} = 990,00 \text{ €}$
Monteren/demonteren van de installatie (als dit in aanmerking kan worden genomen)		
Uurloon werkkrachten:		45,00 €/u
Tijd voor het demonteren van een armatuur		20 minuten (0,33 u)
Kostprijs van het demonteren van de armaturen		$9 \times 0,33 \text{ u} \times 45 \text{ €/u} = 135,00 \text{ €}$
Tijd voor het monteren van een nieuw armatuur		45 minuten (0,75 u)
Kostprijs van het monteren van nieuwe armaturen		$9 \times 0,75 \text{ u} \times 45 \text{ €/u} = 303,75 \text{ €}$
Verloning werkkrachten		$135,00 \text{ €} + 303,75 \text{ €} = 438,75 \text{ €}$
Totale investering		$990,00 \text{ €} + 438,75 \text{ €} = 1.428,75 \text{ €}$

#### 4. Terugverdientijd

Totale investering	1.428,75 €
Jaarlijkse besparing	123,85 €/jaar + 27,75 €/jaar = 151,60 €/jaar
Terugverdientijd	1.428,75 € / 151,60 €/jaar = 9,42 jaar

#### 5. CO<sub>2</sub>-emissies

Jaarlijkse besparing	825,70 kWh/jaar
CO <sub>2</sub> -emissies per kWh	0,299 kg CO <sub>2</sub> per kWh
Totaal	825,70 kWh/jaar x 0,299 kg CO <sub>2</sub> / kWh = 247 kg CO <sub>2</sub> / jaar

Dit voorbeeld toont hoe de terugverdientijd van een nieuwe verlichtingsinstallatie wordt berekend.

Eerst wordt het voordeel op de energiefactuur geschat. Dankzij de aanwending van armaturen met rechtstreekse verlichting die zijn uitgerust met lamellen van gesatineerd aluminium, elektronische ballasten en T5-buislampen, vermindert het jaarlijks energiegebruik met 825 kWh. Dit is een relatieve reductie van 63%, die ervoor zorgt dat niet alleen de elektriciteitsfactuur voor verlichting met 63% daalt, maar dat er ook 63% minder CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten om een zelfde lokaal te verlichten. Dit betekent een besparing van 123,85 € op de jaarlijkse factuur bij een prijs van 0,15 € per kilowattuur.

Vervolgens worden de onderhoudskosten berekend. Deze bestaan uit de kostprijs van de nieuwe lampen en in dit geval, de noodzakelijke loonkosten voor de vervanging van de lampen. In het hier voorgestelde relighting-project zien we dat het nieuwe type lampen (T5) iets duurder is in aankoop dan de oude lampen. Hun levensduur bedraagt echter 20.000 uur (meer dan het dubbele van de oude lampen dus). Op deze manier wordt in totaal, ondanks de hogere kostprijs van de lampen, jaarlijks een besparing van 27,75 € op het onderhoud van de verlichtingsinstallatie gerealiseerd.

Vervolgens wordt de investering bepaald. De prijs van de armaturen wordt bij de loonkosten voor het monteren en demonteren gerekend. In het hier getoonde voorbeeld bedragen de totale investeringskosten 1.428,75 €.

Tot slot bekomt men de terugverdientijd van de installatie. Deze wordt eenvoudigweg verkregen door het bedrag van de investering te delen door de totale jaarlijkse besparing. In dit geval is de terugverdientijd iets hoger dan 9,4 jaar.

Dit toont duidelijk aan dat de relighting van een verlichtingsinstallatie een rendabele operatie is die zich op een relatief korte tijd terugverdient. Deze terugverdientijd is zelfs zeer kort in vergelijking met de levensduur van een verlichtingsinstallatie in een school.

Als de verlichtingsinstallatie meer dan 15 jaar oud is, is het absoluut noodzakelijk een volledige relighting ernstig te overwegen.

De techniek en de technologie zijn namelijk aanzienlijk geëvolueerd en afhankelijk van de toestand vóór de relighting zijn besparingen van 30 tot 70% op het gebruik van de verlichtingsinstallatie makkelijk haalbaar.

### 3.3 MORGEN AAN DE SLAG

De mogelijke maatregelen om energiebesparingen te realiseren en het visueel comfort in de schoolgebouwen te verbeteren, zijn meestal afhankelijk van het beschikbare investeringsbudget. Maar zelfs bij een beperkt budget, kunnen zeer beperkte interventies het visueel comfort verbeteren en de energiefactuur fors verlichten.

Hieronder worden tien mogelijke acties opgesomd. De mogelijke gevolgen voor het visueel comfort en de energieprestatie en de eenvoud van uitvoering van de maatregel worden erbij vermeld.

#### Legende:

Symbol	Betekenis
+++	Potentieel heel grote impact op comfort of energieprestatie Heel eenvoudig uitvoerbaar zonder significante inspanning
++	Potentieel grote impact op comfort of energieprestatie Eenvoudig uitvoerbaar
+	Potentieel impact op comfort of energieprestatie Uitvoering vergt overleg en meestal een professionele tussenkomst
-	Uitvoering vergt een zware inspanning
/	Geen impact op comfort of energieprestatie

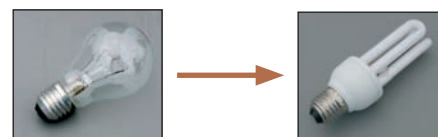
#### 1. Het weghalen van halogeenlampen die voor een indirecte verlichting zorgen

Verbetering van het visueel comfort	/
Verbetering van de energieprestatie	+++
Eenvoudig uit te voeren	+++



#### 2. De vervanging van gloeilampen door spaarlampen

Verbetering van het visueel comfort	/
Verbetering van de energieprestatie	+++
Eenvoudig uit te voeren	+++



#### 3. Sensibiliseringscampagnes (bv. door stickers)

Verbetering van het visueel comfort	/
Verbetering van de energieprestatie	+++
Eenvoudig uit te voeren	++

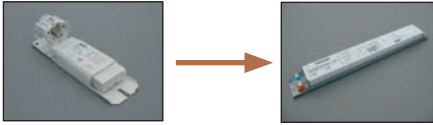


#### 4. De vervanging van armaturen met melkglas door armaturen met lamellen

Verbetering van het visueel comfort	+++
Verbetering van de energieprestatie	++
Eenvoudig uit te voeren	+

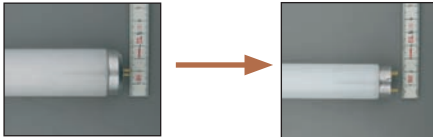


### 5. De vervanging van elektromagnetische ballasten door elektronische ballasten



Verbetering van het visueel comfort	/
Verbetering van de energieprestatie	++
Eenvoudig uit te voeren	+

### 6. De vervanging van T12-lampen door T8- of T5-lampen\*



Verbetering van het visueel comfort	+
Verbetering van de energieprestatie	+++
Eenvoudig uit te voeren	++*

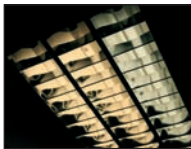
\*Wanneer voor T5-lampen wordt geadviseerd, betekent dit vaak dat ook de armatuur moet vervangen worden. De uitvoering zal dan minder eenvoudig zijn en vaak een professionele tussenkomst vergen.

### 7. De jaarlijkse reiniging van armaturen en lampen



Verbetering van het visueel comfort	+
Verbetering van de energieprestatie	+
Eenvoudig uit te voeren	+++

### 8. De vervanging van verouderde TL-lampen door lampen met hetzelfde vermogen en dezelfde kleur



Verbetering van het visueel comfort	++
Verbetering van de energieprestatie	++
Eenvoudig uit te voeren	+++

### 9. Uitvoering van een audit van het visueel comfort en de energieprestatie van de verlichtingsinstallatie

Verbetering van het visueel comfort	/
Verbetering van de energieprestatie	/
Eenvoudig uit te voeren	++

### 10. Realisatie van een volledige relighting van de verlichtingsinstallatie

Verbetering van het visueel comfort	+++
Verbetering van de energieprestatie	+++
Eenvoudig uit te voeren	-

Het spreekt vanzelf dat de maatregelen 1 tot 9 elk op zich een beperkte draagwijdte hebben en dat het meestal veel interessanter is om voor maatregel 10 te opteren: het verlichtingsconcept volledig herzien teneinde de hele installatie te verbeteren. Men spreekt dan van een volledige relighting van de verlichtingsinstallatie die zowel op het energiegebruik als op het visueel comfort een positieve invloed heeft.



## 4 CASE STUDIES : TWEE SCHOOLVOORBEELDEN

### 4.1 STEDELIJKE BASISCHOOL BEVEREN-LEIE (WAREGEM)

#### 4.1.1 Context

De Stedelijke basisschool uit Beveren-Leie (Waregem) telt ongeveer 300 leerlingen. Het energiegebruik ligt hoog en de lichtkwaliteit is slecht wegens de verouderde verlichtingsinstallatie:

- 26mm T8 lampen met slechte kleurweergave en korte levensduur;
- lichtkappen uit melkglas;
- conventionele elektromagnetische voorschakelapparaten.



#### 4.1.2 Relighting

Vanuit de stedelijke technische diensten werd gepleit om een "relighting" uit te voeren. Die zou om budgettaire redenen in fasen plaatsvinden, verspreid over verschillende jaren. Een eerste proefproject werd uitgevoerd voor één enkele typeklas van de lagere school. Vooraf werd een studie uitgevoerd door het studiebureau van de leverancier. Deze studie vormde tevens de basis voor de aanvraag van subsidies bij de distributienetbeheerder.

Het aantal standaardopbouwarmaturen per klas kon teruggebracht worden van 8 naar 6 met een verdubbeling van de verlichtingssterkte en met behoud van de bestaande bekabeling. Een regeling met automatische dimmer op basis van afwezigheidsdetectie en daglichttoetreding worden hier niet geïmplementeerd. Voor de bordverlichting daarentegen wenste men wel een inspanning te doen. Zo werden 3 extra pendelarmaturen met een daarvoor speciaal bestemd stralingsprofiel voorzien bij het bord. De simulatie voorspelde een verhoogde verlichtingssterkte over het ganse oppervlak van het schoolbord.



*situatie voorheen*



*Situatie na "relighting"*

De "relighting" van de eerste klas werd uitgevoerd door de elektro-installateurs van de technische diensten van de stad Waregem. Zowel voor de leerlingen, als voor de leerkrachten leidde dit tot een enorme verbetering van de lichtkwaliteit. De leerkracht was enorm opgetogen dat hij zijn schoolbord nu volledig kon gebruiken.

Na deze positieve evaluatie van de proefinstallatie werd snel besloten om de 6 andere klassen op dezelfde manier te renoveren in deze eerste fase van het

project. Een jaar later werden ook drie kleuterklassen, de aanpassingsklas, de computerklas en het bureel van de directeur vernieuwd. De resultaten hiervan werden niet mee opgenomen in deze beschrijving.

Deze "relighting" van zeven klassen leverde naast een besparing van 33% op het gebruik en van 36% op de kosten (elektriciteitsfactuur en vervanging lampen) ook nog een opmerkelijke verbetering van het lichtcomfort op. De verlichtingssterkte op alle werkvlakken (schoolbanken en bord) werd verdubbeld. Door het lagere elektrisch gebruik kon ook een aanzienlijke bijdrage geleverd worden in de strijd tegen de opwarming van de aarde. Dankzij de realisatie van dit project wordt vanaf vandaag per jaar meer dan 1 ton CO<sub>2</sub> minder uitgestoten. In het kader van het project "Milieuzorg op school" kan dit tellen.

In de tabellen 1 tot 5 worden de resultaten van de "relighting" weergegeven. Waar mogelijk wordt vergeleken met de oude situatie. Elke klas kreeg zes standaardarmaturen en drie bordarmaturen. Vanwege het gebruik van elektromagnetische ballasten in de oude situatie werd een correctiefactor (ballastfactor) van 1,2 gebruikt om het totaal geïnstalleerde vermogen te berekenen. Ondanks het groter aantal armaturen is het geïnstalleerde vermogen met 33% gedaald.

#### 4.1.3 Berekeningen

1. Kosten van het energiegebruik		
	Oude installatie	Nieuwe installatie
<b>Klas</b>		
Aantal Armaturen	56	42
Aantal lampen per armatuur	2	2
Vermogen van de lamp	58 W	54 W
Ballast factor	1,2	1
<b>Bord</b>		
Aantal Armaturen	0	21
Aantal lampen per armatuur	0	1
Vermogen van de lamp	0 W	35 W
Ballast factor	0	1
Totaal vermogen in de klas	7.795,2 W	5.271 W
Aantal uren	1.504 u/jaar	1.504 u/jaar
Totaal jaarlijks energiegebruik	11.724,0 kWh	7.927,6 kWh
Besparing		<b>3.796,4 kWh</b>
Prijs kWh	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh
Energiefactuur	1.758,60 €/jaar	1.189,14 €/jaar
<b>Besparing</b>		<b>569,46 €/jaar</b>



Standaard opbouwarmatuur



Pendelarmatuur bordverlichting

Om het kostenplaatje compleet te maken werden naast de energiekosten en de investering ook de onderhoudskosten onder de loep genomen. Door gebruik te maken van nieuwe lampen met een hoge levensduur kan meer dan de helft van de jaarlijkse onderhoudskosten bespaard worden. Dit heeft dan ook een positief effect op de terugverdientijd.

<b>2. Onderhoudskosten</b>		
	<b>Oude installatie</b>	<b>Nieuwe installatie</b>
<b>Lampen</b>	T8	T5
Levensduur van de lampen	8.000 u	20.000 u
Prijs van een lamp	6,85 €	8,64 €
Totaal aantal lampen	112	105
Jaarlijkse kostprijs voor lampen	144,23 €/jaar	68,22 €/jaar
<b>Vervanging</b>		
Uurloon werkkrachten	45,00 €/u	45,00 €/u
Tijd voor het vervangen van een lamp	0,17 u	0,17 u
Kostprijs van de vervanging van een lamp	7,50 €	7,50 €
Jaarlijkse totale kostprijs van de vervanging van lampen	157,92 €/jaar	59,22 €/jaar
Jaarlijkse onderhoudskosten	302,15 €/jaar	127,44 €/jaar
<b>Besparing</b>		<b>174,71 €/jaar</b>

<b>3. Investing</b>	
	<b>Nieuwe installatie</b>
<b>Armatuur</b>	
Richtprijs van een armatuur	110,00 €
Aantal armaturen	63
Prijs van de armaturen	6.930,00 €
<b>Monteren/demonteren van de installatie (als dit in aanmerking kan worden genomen)</b>	
Uurloon werkkrachten	45,00 €/u
Tijd voor het demonteren van een armatuur	0,33 u
Kostprijs van het demonteren van de armaturen	945,00 €
Tijd voor het monteren van een nieuw armatuur	0,75 u
Kostprijs van het monteren van nieuwe armaturen	2.126,25 €
Verloning werkkrachten	3.071,25 €
<b>Totale investering</b>	<b>10.001,25 €</b>

Door het lage aantal branduren in lagere scholen (gemiddeld 1.500 uren per jaar) is de terugverdientijd nogal lang. In scholen waar ook avondonderwijs wordt gegeven en het aantal branduren dus beduidend hoger ligt, zal de terugverdientijd zeker lager liggen.

<b>4. Terugverdientijd</b>	
	<b>Nieuwe installatie</b>
Totale investering	10.001,25 €
Jaarlijkse besparing	744,17 €/jaar
<b>Terugverdientijd</b>	<b>13,4 jaar</b>
Premie	787,30 €
Reële uitgave	9.213,95 €
Jaarlijkse besparing	744,17 €/jaar
Terugverdientijd	12,4 jaar
Emissie CO <sub>2</sub> per kWh	0,29 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Besparing CO <sub>2</sub>	1,14 ton CO <sub>2</sub> /jaar

Gezien men voor deze nieuwe verlichtingsinstallatie beneden de grenswaarde van 2W/m<sup>2</sup>.100 lux bleef, kon een subsidiedossier ingediend worden bij de distributienetbeheerder Gedis (nu Eandis). Bij aanvaarding kan dit een premie van 787 € opleveren. Dit werd ook in tabel 4 opgenomen. Dit bedrag werd berekend aan de hand van het nieuw en het oorspronkelijk geïnstalleerde vermogen. Hierdoor kon voor dit eerder kleine project de terugverdientijd van 13 jaar naar 12,4 jaar teruggeschoefd worden.

Deze nieuwe verlichting garandeert een verlichtingssterkte van ongeveer 500 lux op het werkvlak en is dus in overeenstemming met de norm NBN EN12464-1 die 300 lux vereist in klassen voor dagonderwijs en 500 lux voor volwassenenonderwijs.

### 5. Energie-efficiëntie

	Oude installatie	Nieuwe installatie
Verlichtingssterkte	230 lux	502 lux
Lampen		92,6 Lm/W
Rendement armatuur		71%
Voorschakelapparaat	magnetisch	elektronisch
	6,57 W/m <sup>2</sup> .100 lux	1,99 W/m <sup>2</sup> .100 lux

## 4.2 SINT-ELIGIUSINSTITUUT (ANTWERPEN)

### 4.2.1 Context

Het Sint-Eligiusinstituut is al 110 jaar aanwezig in de Van Helmontstraat (wijk "Seefhoek") te Antwerpen en maakt nu deel uit van de Karel de Grote Hogeschool. Sinds een halve eeuw heeft de school een tweede vestiging aan de Lakkorslei in Deurne. De Zusters van Vorselaar, die sinds 1831 het onderwijs in Deurne mee uitbouwden, richtten het Sancta Maria Instituut aan de Frank Craeybeckxlaan op.

De "relighting" die hier zal besproken worden is enkel van toepassing op de lagere school van het Sint-Eligiusinstituut.

### 4.2.2 Relighting

De renovatie verloopt in fasen omdat de werken enkel kunnen plaatsvinden tijdens de vakantieperiodes. De eerste fase werd uitgevoerd tijdens de paasvakantie van het schooljaar 2006-2007 en is dus zeer recent. De verdere fasen zullen aangepakt worden in de zomervakantie. De voornaamste drijfveer voor de vernieuwing was het hoge elektriciteitsgebruik van de oude installatie die gedurende minstens 25 jaar dienst heeft gedaan. Dit oude verlichtingssysteem bestond uit:

- armaturen met de voorbijgestreefde en inefficiënte 38mm T12 lampen met slechte kleurweergave en korte levensduur;
- lichtkappen uit melkglas;
- conventionele elektromagnetische voorschakelapparaten.

Een andere en zeer belangrijke motivatie waren de mogelijke premies. Men was op de hoogte van het systeem van REG-investeringen bij AGION, Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs, waar de subsidies tot 70% kunnen oplopen. Als de werken de kostprijs van 125.000 € niet overschrijden, kan de instelling een aanvraag indienen via een 'klassieke' verkorte procedure. Ook de premies van de distributienetbeheerder zullen aangevraagd worden.

Dankzij de vroegere ervaring als logistiek directeur, was de voorzitter van de inrichtende macht (tevens verantwoordelijke van de financiële dienst) de drijvende kracht voor de verbetering van de verlichtingsinstallatie. Hij liet zich daarvoor begeleiden en adviseren door de leverancier van de armaturen.

De bestaande elektrische aansluitingen en de positie van de armaturen bleven behouden. Er werd geopteerd voor het behoud van de bestaande elektrische aansluitingen, van het aantal en van de positie van de armaturen. Hiervoor ontwikkelde de leverancier een inbouwarmatuur op maat op basis van een reflector uit het standaardgamma. De nieuwe armatuur is met kopstukken verlengd zodat de plafondopeningen worden opgevuld zonder aanpassing. De armatuur is voorzien van speciale bevestigingsbeugels om ze op eenvoudige wijze en perfect uitgelijnd te kunnen bevestigen aan het bestaande ophangstelsel. De reflector bestaat volledig uit hoogreflecterend aluminium. Dat garandeert een optimaal rendement. De reflector zorgt voor een gelijkmatige afscherming en een lage gemiddelde luminantie. Piek luminanties zijn weggewerkt. De reflector voorkomt elke weerkaatsing in beeldschermen, ongeacht hun plaats en oriëntatie. De afbraak en installatie werden uitgevoerd door de externe maar vaste elektro-installateur. Deze renovatie vergde extra tijd omdat er stellingen nodig waren om de hoge plafonds van 3,5 m te kunnen bereiken. In plaats van een totale werktijd van 1 uur wordt hier gerekend met 1,3 uur per armatuur.

Deze "relighting" betrof 17 klassen, een gang en een traphal en zorgde naast een besparing van ongeveer 64% op het gebruik en van ongeveer 63% op de kos-





Situatie voor "relighting"



Situatie na "relighting"

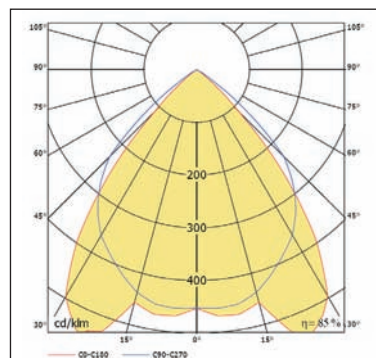
ten (elektriciteitsfactuur en vervanging lampen), ook voor een reële verbetering op niveau van het lichtcomfort. De verlichtingssterkte op alle werkvlakken verhoogde met ongeveer 33%. Door het lagere elektrisch gebruik kon ook een enorme bijdrage geleverd worden in de strijd tegen de opwarming van de aarde. Dankzij deze nieuwe verlichtingsinstallatie zal vanaf vandaag per jaar vier ton CO<sub>2</sub> minder worden uitgestoten.

#### 4.2.3 Berekeningen

In de tabellen 1 tot 5 worden de resultaten van de renovatie weergegeven. Waar mogelijk wordt vergeleken met de oude situatie. Het totale project omvatte 181 inbouwarmaturen. Vanwege het gebruik van elektromagnetische ballasten in de oude situatie werd een correctiefactor (ballastfactor) van 1,2 gebruikt om het totaal geïnstalleerde vermogen te berekenen.

##### 1. Kosten van het energiegebruik

	Oude installatie	Nieuwe installatie
Aantal Armaturen	181	181
Aantal lampen per armatuur	1	1
Vermogen van de lamp	65 W	28 W
Ballast factor	1,2	1
Totaal vermogen in de klas	14.118 W	5.068 W
Aantal uren per jaar	1.504 u/jaar	1.504 u/jaar
Totaal jaarlijks energiegebruik	21.233,5 kWh	7.622,3 kWh
Besparing		13.611,2 kWh
Prijs kWh	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh
Energiefactuur	3.185,02 €/jaar	1.143,34 €/jaar
<b>Besparing</b>		<b>2.041,68 €/jaar</b>



Op maat gemaakte inbouwarmatuur op basis van bestaande reflector

Om het kostenplaatje compleet te maken werden naast de energiekosten en de investering voor de "relighting" ook de onderhoudskosten in rekening gebracht. Zo ziet men dat door gebruik te maken van nieuwe lampen met een hoge levensduur bijna de helft van de jaarlijkse onderhoudskosten kan bespaard worden. Dit heeft dan ook een positief effect op de terugverdientijd.

## 2. Onderhoudskosten

### Lampen

Levensduur van de lampen	8.000 u	20.000 u
Prijs van een lamp	5,37 €	6,85 €
Totaal aantal lampen	181	181
Jaarlijkse kostprijs voor lampen	182,73 €/jaar	93,24 €/jaar

### Vervanging

Uurloon werkkrachten	45,00 €/u	45,00 €/u
Tijd voor het vervangen van een lamp	0,17 u	0,17 u
Kostprijs van de vervanging van een lamp	7,50 €	7,50 €
Jaarlijkse totale kostprijs van de vervanging van lampen	255,21 €/jaar	102,08 €/jaar
Jaarlijkse onderhoudskosten	437,94 €/jaar	195,32 €/jaar

### Besparing

242,62 €/jaar

## 3. Investering

### Armatuur

Prijs van een armatuur	120,00 €
Aantal armaturen	181
Prijs van de armaturen	21.720,00 €

### Monteren/demonteren van de installatie (als dit in aanmerking kan worden genomen)

Uurloon werkkrachten	45,00 €/u
Tijd voor het demonteren van een armatuur	0,35 u
Kostprijs van het demonteren van de armaturen	2.850,75 €
Tijd voor het monteren van een nieuw armatuur	0,95 u
Kostprijs van het monteren van nieuwe armaturen	7.737,75 €
Verloning werkkrachten	10.588,50 €
<b>Totale investering</b>	<b>32.308,50 €</b>

Omdat deze nieuwe verlichtingsinstallatie beneden de grenswaarde van 2,5W/m<sup>2</sup>.100 lux bleef, kon een subsidiedossier in het kader van REG-investeringen ingediend worden bij Agion.

Het bedrag van 67.000 € werd niet overschreden waardoor tot 70% van de investering kon worden gesubsidieerd. Hierdoor kon voor dit eerder grote project de terugverdientijd van bijna 14,1 jaar naar 3,6 jaar teruggeschoefd worden.

Gezien men voor deze nieuwe verlichtingsinstallatie rond de grenswaarde van 2W/m<sup>2</sup>.100 lux bleef, zal ook nog een subsidiedossier ingediend worden bij de distributienetbeheerder Eandis. Bij aanvaarding kan dit een supplementaire premie van 1.412 € opleveren. Deze werd ook in tabel 4 opgenomen. Het bedrag werd berekend aan de hand van het nieuwe en het oorspronkelijke geïnstalleerd vermogen. Hierdoor zal de terugverdientijd verder kunnen dalen naar 3,5 jaar.

<b>4. Terugverdientijd</b>	
Totale investering	32.308,50 €
Jaarlijkse besparing	2.284,30 €/jaar
<b>Terugverdientijd</b>	<b>14,1 jaar</b>
Premie Agion	22.615,95 €
Reële uitgave	9.692,55 €
Jaarlijkse besparing	2.284,30 €/jaar
Terugverdientijd	4,2 jaar
Premie Eandis	1.411,80 €
Reële uitgave	8.280,75 €
Jaarlijkse besparing	2.284,30 €/jaar
Terugverdientijd	3,6 jaar
Emissie CO <sub>2</sub> per kWh	0,299 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Besparing CO <sub>2</sub>	4,07 ton CO <sub>2</sub> /jaar

Deze nieuwe verlichting garandeert een verlichtingssterkte van ongeveer 400 lux op het werkvlak en is dus in overeenstemming met de norm NBN EN12464-1 die 300 lux vereist in klassen voor dagonderwijs en 500 lux voor volwassenenonderwijs.

<b>5. Energie-efficiëntie</b>		
	<b>Oude installatie</b>	<b>Nieuwe installatie</b>
Verlichtingssterkte	330 lux	404 lux
Lampen		92,85 lm/W
Rendement armatuur		84%
Voorschakelapparaat	magnetisch	elektronisch
	7,72 W/m <sup>2</sup> .100 lux	2,03 W/m <sup>2</sup> .100 lux





## 5 NUTTIGE ADRESSEN EN WEBSITES

### **AGENTSCHAP VOOR INFRASTRUCTUUR IN HET ONDERWIJS**

Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming  
Koningsstraat 94 B  
B-1000 Brussel  
Tel.: + 32 2 221 05 11  
Website: [www.agion.be](http://www.agion.be)

### **VLAAMS MINISTERIE VAN ONDERWIJS EN VORMING**

Hendrik Consciencegebouw  
Koning Albert II-laan 15  
B-1210 Brussel  
Tel.: + 32 2 553 17 00  
Website: [www.ond.vlaanderen.be/energie](http://www.ond.vlaanderen.be/energie)

### **VLAAMSE REGULERINGINSTANTIE VOOR ELEKTRICITEITS- EN GASMARKT**

Vlaams Ministerie van Leefmilieu, Natuur en Energie  
Graaf de Ferrarisgebouw  
Koning Albert II-laan 20 bus 19  
B-1000 Brussel  
Tel.: + 32 2 553 13 79  
Website: [www.vreg.be](http://www.vreg.be)  
Link naar de netbeheerders: [www.vreg.be/nl/07\\_zoeken/netbeheerders.asp](http://www.vreg.be/nl/07_zoeken/netbeheerders.asp)

### **VLAAMS ENERGIEAGENTSCHAP**

Vlaams Ministerie van Leefmilieu, Natuur en Energie  
Graaf de Ferrarisgebouw  
Koning Albert II-laan 20 bus 17  
B-1000 Brussel  
Tel.: 1700 (gratis) of +32 2 553 46 00  
Website: [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be)

## 6 BIJLAGEN

### 6.1 AANBEVELINGEN UIT DE NORM NBN EN 12464-1

#### Bijlage 6.1. Kleuterscholen, kinderopvang

Inrichting	$E_m$ (lux) <sup>1</sup>	UGR (-) <sup>2</sup>	Ra (-) <sup>3</sup>	Opmerking
Speelzalen	300	19	80	
Crèches	300	19	80	
Ruimten voor handwerk	300	19	80	

#### Bijlage 6.2. Schoolgebouwen

Inrichting	$E_m$ (lux)	UGR (-)	Ra (-)	Opmerking
Klaslokalen in lagere school en middelbare school	300	19	80	Een controle van de verlichtingssterkte is aanbevolen
Klaslokalen voor avondonderwijs en volwassenenonderwijs	500	19	80	Een controle van de verlichtingssterkte is aanbevolen
Vergaderzalen	500	19	80	Een controle van de verlichtingssterkte is aanbevolen
Bord	500	19	80	Reflectie vermijden
Demonstratietafel	500	19	80	750 lux voor vergaderzalen
Kunstlokalen	500	19	80	
Kunstlokalen in Academies voor Schone Kunsten	750	19	90	Kleurtemperatuur > 5.000 K
Lokalen voor industrieel tekenen	750	16	80	
Lokalen voor praktijk en labo's	500	19	80	
Ruimtes voor handwerk	500	19	80	
Lesateliers	500	19	80	
Muzieklokalen	300	19	80	
Computerlokalen	300	19	80	
Taallabo's	300	19	80	
Vorbereidingslokalen en -ateliers	500	22	80	
Inkomhallen	200	22	80	
Doorgangruimtes, gangen	100	25	80	Op vloerniveau
Trappen	150	25	80	
Gemeenschappelijke lokalen voor leerlingen en vergaderzalen	200	22	80	
Leerkrachtenlokalen	300	19	80	
Bibliotheek: boekenrekken	200	19	80	
Bibliotheek: leesruimtes	500	19	80	
Opslagruimtes voor leerkrachtenmateriaal	100	25	80	
Sportzalen, gymnastiekzalen, zwembaden	300	22	80	Voor particuliere gevallen: de NBN EN 12193 raadplegen
Schoolcafetaria	200	22	80	
Keukens	500	22	80	

1  $E_m$ : de minimale gemiddelde verlichtingssterkte die op het taakoppervlak moet worden gehaald

2 UGR: de maximale waarde die de Unified Glare Rating mag hebben. Deze index geeft een evaluatie van de directe verblinding die door verlichtingstoestellen wordt veroorzaakt, in functie van de opstelling van de toestellen, de karakteristieken van de ruimte en de positie van de gebruikers

3 Ra: de minimale waarde waaraan de kleurweergave-index moet voldoen

## 6.2 STICKER



## 6.3 BRON VAN DE FOTO'S

### **Axioma**

Pagina's: 32, 33

### **ETAP Verlichting NV**

Pagina's: 2, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 18, 40

### **Fagerhult Lighting**

Pagina: 34

### **KaHo Sint-Lieven**

Pagina's: 35, 38, 39

### **WTCB**

Pagina's: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 29, 30, 40, 46

### **Getty Images**

Pagina's: cover, 1, 2





