Beter licht met minder energie

Utiliteitsgebouwen

Doe de slim licht scan!

Inhoud

Inleiding 3
Nieuwe kansen voor energiebesparing 4
Ontwerpen met licht 7
Lampen en voorschakelapparaten 10
Armaturen 15
Regelsystemen 18
De kwaliteit van de lichtinstallatie 20
Normen voor verlichting 24
Kosten en subsidies 25
Doe de slim licht scan 27
Adressen 28

Inleiding

Goede verlichting in een werk- of onderwijsomgeving is belangrijk. Goed licht houdt je scherp, het is gezond en ondersteunt het bioritme. Daarmee verhoogt het de arbeidsprestaties en de leerprestaties. Goed licht hoeft niet per se veel energie te kosten. Integendeel. Veel innovatieve technieken geven een betere lichtkwaliteit voor minder energie. De laatste jaren zijn er veel van die technieken beschikbaar gekomen.

De Task Force Verlichting (een groep specialisten uit de verlichtingswereld) is door de regering ingesteld met als doel beter licht voor minder energie te promoten. Specifiek voor eindgebruikers in de utiliteitssector is in dit verband de Slim Licht Scan ontwikkeld die aan gebouwbeheerders snel inzicht geeft in kosten, mogelijkheden en besparingen. Deze scan is als webapplicatie beschikbaar voor kantoren, onderwijsgebouwen en bedrijfshallen. Hoe de scan werkt is in aparte brochures voor deze drie sectoren kort toegelicht.

Het ontwerp van een (nieuwe) lichtinstallatie is werk voor specialisten. Niettemin is het voor gebouwbeheerders aan te bevelen om op hoofdlijnen van de hoed en de rand te weten. Alleen dan is het immers mogelijk een programma van eisen te maken en de uitvoering van het werk kritisch te begeleiden.

De voorliggende publicatie is daarvoor bedoeld. Hij geeft bondige achtergrondinformatie aan beheerders die iets meer willen weten van de mogelijkheden van schoon licht. Een aantal kengetallen, technieken en normen is in deze publicatie toegelicht voor mensen die op verlichtingsgebied niet deskundig zijn, maar er in hun dagelijkse werk wel mee te maken hebben.

Nieuwe kansen voor energiebesparing

In veel utiliteitsgebouwen krijgt goede verlichting nauwelijks aandacht. Er is bespaard bij de aanleg van de installatie en dat wreekt zich in het gebruik. Er is veel te winnen, zowel in kwalitatief opzicht als uit oogmerk van energie- en kostenbesparing. De besparingskansen worden zelfs groter, want nieuwe systemen worden steeds goedkoper, terwijl de kosten voor energie alleen maar stijgen.

Waarom is goed licht belangrijk?
Goed licht in een bedrijfshal, kantoor of onderwijsgebouw verhoogt het concentratievermogen en vermindert de faalkans. In verkeersruimten is licht belangrijk om je te kunnen oriënteren. In sommige situaties is goed licht zelfs essentieel voor een succesvolle taakuitoefening.
Daglicht is voor dit alles het beste. Maar bij gebrek aan daglicht is aanvulling met kunstlicht in de juiste sterkte, kleur en richting een goede tweede. In verblijfsruimten is daarnaast een goede regelbaarheid van belang. In de eerste plaats omdat verschillende mensen verschillende activiteiten verrichten en daarbij een ander lichtniveau wensen. In de tweede plaats omdat mensen zich prettiger voelen als zij zelf invloed hebben op het lichtniveau in een ruimte.

Waarom is energiebesparing belangrijk?
In utiliteitsgebouwen gaat gemiddeld 22 procent van het energiegebruik op aan verlichting. Een deel van de verlichtingsenergie wordt afgegeven als warmte, die met airconditioning weer moet worden afgevoerd. Investeren in energie-efficiënte verlichting kan, zeker met het oog op stijgende energieprijzen, tot een significante kostenbesparing leiden. Daarnaast leidt energie-efficiënte verlichting ook tot verlaging van onderhoudskosten: nieuwe lichtsystemen hebben aanzienlijk meer branduren dan oude.
Aandacht voor energiebesparing gaat vaak hand in hand met aandacht voor de kwaliteit van verlichting. In veel kantoren, bedrijfshallen en onderwijsgebouwen waar de verlichting onzuinig is, zijn er ook klachten over flikkerend licht of te weinig licht. Besparing op het energiegebruik voor verlichting leidt in de praktijk tot beter licht voor minder energie.

Kan ik (nog) besparen op verlichting?
De meeste oude verlichtingsinstallaties worden gekenmerkt door een relatief lage investering en hoge exploitatiekosten. Nieuwe installaties kennen meestal een hogere investering die zich in de loop van enkele jaren door een lagere exploitatielast terugverdient. Het blijkt dat 40 tot 60 procent van kantoren en onderwijsgebouwen nog wordt verlicht met een systeem van fluorescentielampen met conventionele voorschakelapparaten. Vaak ook met gebrekkige armaturen. In veel ruimten brandt de verlichting de gehele dag en vaak onnodig.

Penetratie van energie-efficiënte verlichtingssystemen (in procent)		
	Kantoren	onderwijsgebouwen
Spaarlampen	8	7

Hf-verlichting	11	13
Hf++-verlichting	8	6
Spiegeloptiekarmaturen	43	44
Daglichtafhankelijke regeling	22	22
Aanwezigheidsdetectie	12	13
Veegschakelingen	11	8

Bron: SenterNovem 2007

De toepassing van energie-efficiënte systemen is nog beperkt. Minder dan twintig procent van kantoren en onderwijsgebouwen is uitgerust met hoogfrequente verlichting. In minder dan een kwart van de gebouwen worden daglichtafhankelijke regelingen gebruikt die ervoor zorgen dat het kunstlicht dimt als de zon doorkomt. Aanwezigheidsdetectie komt in één op de acht gebouwen voor. Er valt in de meeste gebouwen nog heel wat te verbeteren.

Kansen voor besparingen in utiliteitsgebouwen	
Maatregel	Besparing in procent
Breng een schakelklok voor verlichting aan	5-15
Breng een daglichtafhankelijke besturing aan indien er veel daglichtaanbod is	10-60
Pas in vergader- en conferentiezalen dimbare verlichting toe	10-40
Pas in ambulant gebruikte ruimten aanwezigheidsschakelingen toe	5-20
Vervang conventionele voorschakelapparaten door elektronische types	20
Combineer daar waar mogelijk daglichtafhankelijk regelen met aanwezigheidsregeling	20-70
Vervang gloei- en halogeenlampen door compactfluorescentie- en/of LED-lampen	60-90
Vervang armaturen met opaal/prisma afscherming in droge ruimten door spiegeloptiekarmaturen	30-60
Pas bij een te hoog lichtniveau de verlichting in ruimten aan conform NEN-EN 124641 deel 1	10-50
Voorzie bij een centrale schakeling van de gebouwverlichting de in de diverse ruimten aanwezige armaturen van een daglicht/aanwezigheidsschakeling	10-70
Voorzie armaturen zonder reflector met spiegelreflectoren	50
Vervang meerlamp armaturen zonder reflector door armaturen met spiegelreflector in de helft van de lichtbronnen die er nu inzitten	50-80
Maak in een vuile omgeving uw armaturen vaker schoon	20-40
Reduceer in de avonduren de hoeveelheid licht in en op transportwegen, maar zorg ervoor dat het lichtniveau bij gebruik automatisch naar 100% wordt gestuurd	40-60
Zorg dat bedrijfsruimten regelmatig worden geschilderd in heldere kleuren voor plafond, wand en vloer	5-20
Pas, indien het huidige lichtniveau in de ruimte te hoog is, op enkellamp armaturen zonder reflector een T5 adapter met spiegeloptiek toe	50

Kies een combinatie van algemene plafondverlichting met plaatselijke werkplekverlichting	20-50

Bron: Meutzner Licht design

Kansen voor bestaande bouw

In een bestaand gebouw is meestal een verlichtingssysteem aanwezig dat is ontworpen met de technische inzichten en mogelijkheden van een aantal jaren geleden. De techniek van verlichting is voortgeschreden en werkprocessen zijn veranderd. Het kan hoog tijd zijn om beide weer op elkaar af te stemmen.

Het ontwerp van efficiënte verlichting in een bestaande situatie begint met inventarisatie van de aanwezige lichtsituatie (lichtniveau), gebruikspatronen (functies en gebruikstijden) en de bestaande installatie (systemen, onderhoudsituatie). Om een nieuw plan te maken is kennis nodig van de wensen en eisen van de eindgebruikers en van mogelijkheden en kosten van nieuwe systemen. Om een nieuw lichtplan te implementeren is ten slotte een flexibel budget nodig. Dat is nodig omdat bij vernieuwing van een installatie niet zelden verborgen gebreken aan de oppervlakte komen die tegelijk moeten worden verholpen.

Met deze gegevens kan een nieuw lichtplan met lichttechnische onderbouwing en een opgave van kosten en besparingen worden gemaakt. In de praktijk wordt zo'n plan bijna altijd beoordeeld op basis van terugverdientijd. Het bedrijfsleven hanteert zeer korte terugverdientijden tot vijf jaar. Overheid, semi-overheid en onderwijsinstellingen realiseren ook projecten met terugverdientijden van tien jaar.

Kansen voor nieuwbouw

Bij de ontwikkeling van een nieuw gebouw wordt helaas vaak nog op een traditionele manier gewerkt: eerst wordt het gebouw ontworpen en daarna wordt een verlichtingsinstallatie aangebracht. Om de stichtingskosten te beperken, kiest men voor een goedkope installatie, ook al is die in het gebruik duurder. De bouwregelgeving stelt eisen aan de energieprestatie van de verlichtingsinstallatie, maar geeft alleen een ondergrens aan.

Er is een hogere ambitie haalbaar door de verlichtingssituatie eerder in het planproces mee te nemen. Gebruik van daglicht kan alleen worden bevorderd als dat in het ontwerp van het gebouw zit. De airconditioning moet worden afgestemd op de te verwachten warmtelast en die hangt onder andere samen met de kwaliteit van de verlichtingsinstallatie. Ook qua financiering is er meer mogelijk. In een modern vastgoedproces zijn de investeringskosten voor nieuwe verlichtingsproducten met daglicht en zonwering gecombineerd met de (latere) exploitatiekosten voor gebruik en onderhoud. Door in de nieuwbouw anders om te gaan met de financiering van een lichtinstallatie, is er meer haalbaar dan in een traditionele opzet.

Ontwerpen met licht

Van medewerkers in kantoren en bedrijfshallen en van leerlingen en leerkrachten in onderwijsgebouwen wordt emotioneel, cognitief en fysiek veel gevraagd. Factoren als creativiteit, reactievermogen, communicatief vermogen en besluitvaardigheid winnen aan belang. Alleen wanneer licht aan hoge kwaliteitscriteria voldoet, kunnen zij hun taak aan. Daglicht werkt daarvoor het best. Voor zover daglicht niet toereikend is, is kunstlicht nodig.

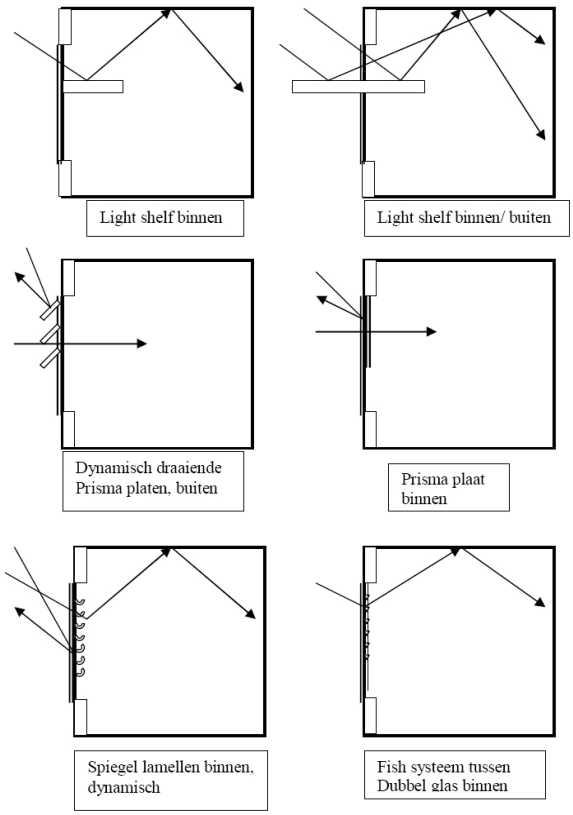
Kwaliteit van daglicht

Daglicht heeft een lichtsterkte die maar weinig kunstlichtbronnen kunnen benaderen. Bovendien geeft daglicht een natuurlijk lichtbeeld met een compleet spectrum dat mensen als zeer prettig ervaren. Door optimaal gebruik te maken van daglicht wordt het werk- en onderwijsklimaat verbeterd en kan het aantal branduren van de kunstmatige verlichting drastisch omlaag. De lichtkleur van het daglicht verandert per dagdeel. In de ochtend koel (> 5.500 Kelvin), in de middag wit (circa 4.000 Kelvin) en in de avond warmwit (< 3.500 Kelvin). Mensen ervaren dit ritme als positief en stimulerend.
Het lichtniveau fluctueert en kent soms een zeer hoge luminantie. De regelbaarheid is beperkt. Verder brengt daglicht ook warmte mee. In de zomer is dat bezwaarlijk. In de winter is juist het warmteverlies via glas een bezwaar. Vaak wordt zonwerend glas toegepast, maar het bezwaar daarvan is, dat dit glas minder lichtdoorlatend is en invloed heeft op het kleurenspectrum.

Ontwerpen met daglicht

Gebruik van daglicht heeft voordelen, maar kent ook nadelen. In het ontwerp van het daglichtsysteem moet daarop in combinatie met kunstlicht worden ingespeeld. Daglicht kan een gebouw via gevels (ramen) en het dak (daklichten, lichtstraten en sheddaken) binnenkomen. Via ramen is daglicht minstens eenmaal gereflecteerd en is daardoor enigszins getemperd. Maar het licht kan zeer ongelijkmatig zijn verdeeld en daardoor soms hinderlijk zijn. Hoge en smalle ramen halen meer licht binnen dan lage en brede ramen.

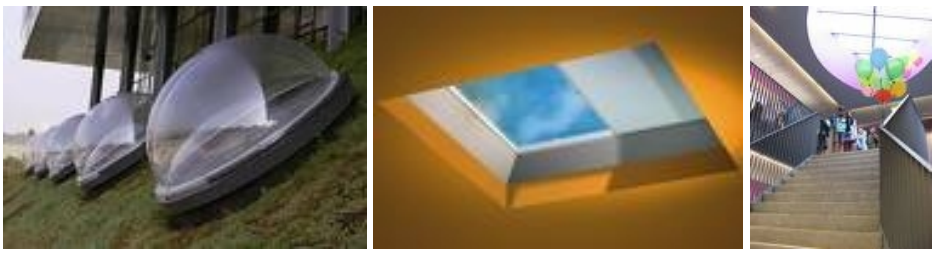
Licht dat via ramen binnenvalt is minimaal eenmaal gereflecteerd. De instraling op bureaus en werktafels kan echter zeer ongelijkmatig zijn.



Daglicht via het dak komt rechtstreeks binnen en kent daardoor de hoogste intensiteit. Kleinere en meer over het dakvlak verspreide daklichten zorgen voor een gelijkmatiger lichtbeeld dan één of twee grote daklichtstraten. De afmeting van daglichtopeningen in gevel en dak is bij voorkeur dertig procent van het vloeroppervlak. Door toepassing van witte of reflecterende lamellen, prismalamellen, lichtzwaarden, eventueel in combinatie met een wit of een reflecterend plafond kan daglicht dieper in de ruimte worden gebracht.

Via daklichten, lichtkappen, lichtstraten en sheddaken komt licht direct binnen. Dat zorgt voor hoge en gelijkmatige lichtniveaus terwijl er geen sprake is van inkijk.

Daglicht kan ook naar binnen worden gehaald met lichtkoepels. Via een goede lichtkoepel komt meer licht in de ruimte dan via een raam van gelijke afmetingen. Bij een lichtkoepel moeten wel voorzieningen worden getroffen om warmteoverlast en verblinding door directe lichtstraling te voorkomen.



Via een lichtkoepel komt meer licht in de ruimte dan via een raam van gelijke afmeting.

In een goed daglichtontwerp zijn de werkplekken bij voorkeur binnen de daglichtzone van iedere ruimte gesitueerd. Beeldschermen mogen niet in richting van daglicht staan opgesteld om hinderlijke weerspiegeling te voorkomen. Is dat toch het geval, dan is daglichtregeling nodig. Om teveel warmte te voorkomen, is zonwering nodig. Bij voorkeur is die zonwering lichtdoorlatend. Verder zijn er mogelijkheden om zonwering zodanig te regelen, dat directe zoninstraling in de weekenden wordt gebruikt voor warmteaccumulatie.

Ontwerpcriteria voor daglicht			
	Via dak	Via gevel	Kunstlicht
Gewenst lichtniveau	++	--/++	+
Gelijkmatigheid	++	--	++
Luminantieverhoudingen	+	-	+
Keuze lichtinvalrichting	+	-	+
Voorkomen van verblinding	+	+	+
Dynamiek productiviteit	++	++	+
Kleurweergave	++	++	-/+
Beschikbaarheid per etmaal	-/+	-/+	++
Praktische toepasbaarheid	-/+	-/+	++
Visueel contact binnen-buiten	-/+	++	--

++ zeer gunstig / + gunstig / - ongunstig / -- zeer ongunstig

Ontwerpen met kunstlicht

Waar en wanneer daglicht niet toereikend is voor de beoogde visuele taak, is kunstlicht nodig. Daglicht en kunstlicht moeten samen zorgen voor het juiste licht qua kleur, sterkte, richting en regelbaarheid. De manier waarop een werkplek het best kan worden verlicht, hangt af van de manier waarop de ruimte wordt gebruikt (vast, ambulant of anders) en de hoeveelheid licht die voor de werktaak is vereist. Daarna is het de vraag in hoeverre daglicht de verlichtingstaak kan invullen. In een efficiënt ontwerp is het elektrische vermogen van het kunstlichtsysteem geminimaliseerd. Zijn er plaatselijk hogere lichtniveaus vereist, dan moet het systeem worden gesplitst in een deel ruimteverlichting en een deel werkplekverlichting.

Om de behoefte aan kunstlicht in te vullen zijn er talloze mogelijkheden, zoals directe plafondverlichting, plafondverlichting voor ruimtebelichting in combinatie met werkplekverlichting, aan pendel opgehangen plafondverlichting (direct of een combinatie van direct en indirect), werkplek georiënteerde directe of direct/indirecte verlichting (staande armaturen gevoed vanuit de vloer of vanaf de werkplek) en wandarmaturen voor accentverlichting of voor direct/indirecte ruimteverlichting.

Lampen en voorschakelapparaten

Er zijn veel lichtsystemen waarmee de vraag naar kunstlicht in de juiste sterkte, kleur en richting kan worden beantwoord. Energie-efficiënte systemen zijn hoogfrequente fluorescentielampen, spaarlampen en LED-lampen.

Langwerpige fluorescentielampen

Langwerpige fluorescentielampen vervullen de basis van lichttoepassingen in alle sectoren van de utiliteitsbouw. Er zijn fluorescentielampen op de markt verkrijgbaar met diameter van 26 en 16 millimeter in lengtes van 136 tot 1.764 millimeter en een lampvermogen van 4 tot 120 Watt. Het rendement van deze lampen is circa 70 tot 90 lumen per Watt.

De 26 millimeter fluorescentielampen zijn verkrijgbaar in uitvoeringen:

- Met interne spiegelreflectielaag aan de binnenkant van de buislamp.
- Voorzien van een kunststofcoating dat het glas bijeenhoudt in geval van breuk.
- Long life uitvoering voor bedrijfsuren tussen 24.000 tot 66.000 uur.
- Voor toepassing in (zeer) lage temperatuuromgevingen.
- In diverse gekleurde uitvoeringen.

De 16 millimeter fluorescentielampen zijn verkrijgbaar in uitvoeringen:

- Voor toepassing in (zeer) lage temperatuuromgevingen.
- Long life uitvoering voor bedrijfsuren tussen 30.000 tot 65.000 uur.
- Voorzien van een kunststofcoating dat het glas bijeenhoudt in geval van breuk.
- In diverse gekleurde uitvoeringen.
- In cirkelvormige uitvoeringen met een lampvermogen van 22 tot 60 Watt.

Conventioneel voorschakelapparaat

Gasontladingslampen hebben een voorschakelapparaat (vsa) nodig ter begrenzing van de lampstroom. Een conventionele vsa bestaat uit een ijzeren kern met daaromheen koperdraad en voorzien van een verflaag. Deze vsa is voorzien van een condensator om inductiestroom op het net te compenseren. De lampfrequentie is gelijk aan de frequentie van het lichtnet (50 Hertz) waardoor een onrustig lichtbeeld ontstaat. Dat kan worden gecompenseerd door in één armatuur drie lampen op de drie verschillende fasen van het net aan te sluiten. Een conventionele vsa verliest relatief veel energie: 6 tot 15 Watt. Dit verlies moet bij het lampvermogen worden opgeteld waardoor dit verlichtingssysteem weinig energie-

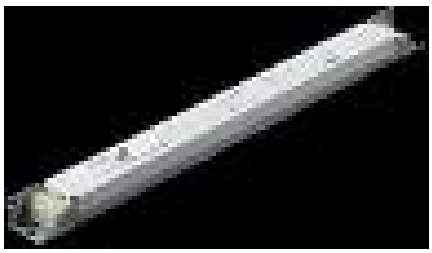
efficiënt is. Conventionele vsa's worden gefaseerd uit productie genomen en mogen in de utiliteitsbouw niet meer worden toegepast.

Conventionele voorschakelapparaten hebben een slecht energetisch rendement en waarden daarom steeds minder toegepast.

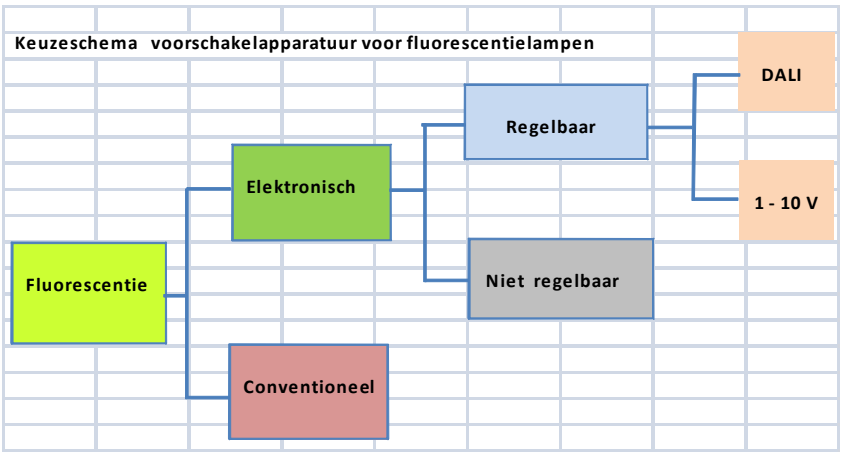
Elektronisch (digitaal) voorschakelapparaat

Het alternatief voor de conventionele vsa is de elektronische (digitale) vsa. Deze beperkt het elektrisch verlies tot 4 à 8 Watt. Door toepassing van deze vsa neemt het opgenomen vermogen van de fluorescentielamp bovendien met circa 15 procent af bij een nagenoeg gelijkblijvende lampstroom. Verder is de frequentie van de lamp niet meer gekoppeld aan die van het elektriciteitsnet. Deze is veelal 28.000 Hertz of meer. Hierdoor brandt de lamp rustiger.

Elektronische vsa's zijn leverbaar in een regelbare en een niet-regelbare uitvoering. Met de regelbare systemen kan de lamp (daglichtafhankelijk) worden gedimd, desgewenst van 1 tot 100 procent. Met dit systeem kan ook de nieuwwaardefactor van de lamp worden gecompenseerd zodat de lamp tijdens de gehele gebruiksperiode een constante lichtoutput levert. Er zijn twee regelsystemen toepasbaar: de relatief eenvoudige 1-10 Volt regelaars (die alleen kunnen dimmen) en het DALI-systeem waarmee de eindgebruiker ook allerlei niveaus en tijdschakelingen kan programmeren.

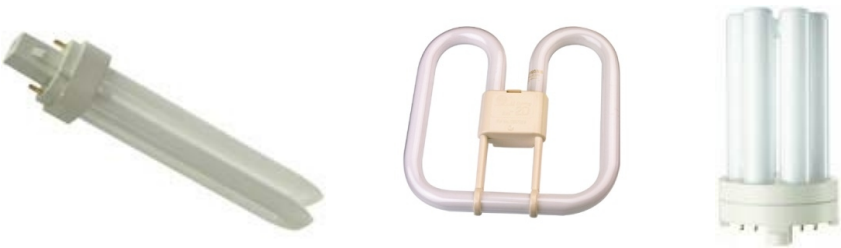


Elektronische vsa's hebben een beperkt elektrisch verlies en verhogen het lamprendement. Ze geven daardoor bovendien minder ongewenste warmte af aan de ruimte.



Compacte fluorescentielampen

Compacte fluorescentielampen zijn kleine 'opgevouwen' fluorescentielampen met een steek- of draaifitting, verkrijgbaar in vermogens van 1 tot 120 Watt. Deze lampen worden toegepast met een apart buiten de lamp te plaatsen voorschakelapparaat. Het rendement van het lampsysteem is 25 tot 80 lumen per Watt. Afhankelijk van het elektrisch opgenomen vermogen en uitvoering van de contactpennen zijn deze geschikt voor geschakelde en via regelapparatuur te besturen installaties. Deze lampen worden in de utiliteitsbouw voornamelijk in kantoren en onderwijsinstellingen toegepast.



Compacte fluorescentielampen zijn verkrijgbaar met een steek- of draaifitting.

Spaarlampen

Spaarlampen zijn compacte fluorescentielampen met een geïntegreerde elektronische schakeling. Deze lampen kunnen direct op het elektriciteitsnet worden aangesloten. Spaarlampen zijn voorzien van schroeffittingen (E14 of E27) of steekfittingen (GU 10). Er zijn ook exemplaren verkrijgbaar die zijn voorzien van een interne daglichtbesturing en/of regelbare uitvoeringen. Spaarlampen zijn de logische opvolger van gloeilampen die vanaf 2009 in de EU gefaseerd uit de handel worden genomen. Vanwege hun startgedrag, kleurwaardering en regelbaarheid kunnen deze lampen niet zomaar in bestaande armaturen worden ingebracht. Bovendien kunnen deze lampen bij massale toepassing netvervuiling veroorzaken vanwege het opwekken van hogere harmonische stromen. De industrie werkt eraan om deze problemen te elimineren.

Spaarlampen zijn de logische opvolger van gloeilampen die vanaf 2009 in de EU in fasen uit de handel worden genomen.

Halogeenlampen

Laagvolt halogeenlampen (meestal 12 Volt) zijn klein van afmeting en worden vaak ingezet voor accent- en sfeer verlichting. De lampen worden via een adapter op het lichtnet aangesloten. De adapter kan dimbaar zijn. Hoogvolt halogeenlampen (230 of 380 Volt) worden ingezet voor schrikverlichting rond gebouwen en objecten, voor indirecte verlichten van directiekantoren, voor podiumverlichting en ook voor plaatsing op spanningrailsystemen (GU 10). Door aanpassingen van de brander worden halogeenlampen op de markt aangeboden met een levensduur van 5.000 branduren die bovendien 60 procent energie-efficiënter zijn dan conventionele uitvoeringen. Het lampsysteem rendement van halogeenlampen is 20 tot 30 lumen per Watt.

Laagvlot halogeenlampen (afbeelding 1 en 2) worden in combinatie met een adapter gebruikt voor accent- en sfeer verlichting. Hoogvolt halogeenlampen (3 en 4) worden onder andere gebruikt als schrikverlichting en podiumverlichting.

LED-lampen

De nieuwste generatie lichtbronnen is gebaseerd op *light emitting diode*, een elektronisch element, dat licht uitzendt als er een elektrische stroom door wordt gestuurd. De technologie van LED-lampen is nog volop in ontwikkeling, maar intussen zijn er diverse vormen, uitvoering en kleuruitstralingen verkrijgbaar. Met LED-lampen is in theorie een hoog rendement mogelijk in de ordegrootte van 100 tot 150 lumen per Watt. Producenten investeren momenteel veel in ontwikkeling en onderzoek om deze rendementen te bereiken.

De prestaties van LED-lampen zijn moeilijk te vergelijken met andere lichtbronnen. De Europese richtlijn 92/75/CE voor het rendement van lichtbronnen geldt alleen voor lampen met een opgenomen vermogen van meer dan 4 Watt. Veel LED-lampen zitten daar onder. Ook de bestaande methoden om de efficiëntie en de kleurweergave van een lichtbron te beschrijven, is voor LED niet geschikt. LED-lampen kunnen nog niet als basis of algemene verlichting worden ingezet. Er zijn wel mogelijkheden voor accentverlichting en voor bijzondere toepassingen.

LED-lampen zijn in verschillende uitvoeringen verkrijgbaar, waaronder lampen met retrofit-aansluitingen die in gebruikelijke fittingen passen.

Eén van de tekortkomingen waar fabrikanten oplossingen voor zoeken, is de netvervuiling die door LED-lampen kan ontstaan. Waar een fluorescentielamp een voorschakelapparaat nodig heeft om de spanning te stabiliseren, heeft een LED-lamp hiervoor een zogenoemde *drijver* nodig. Deze produceert hoge blind- en harmonische stromen die de oorzaak kunnen zijn van opwarming in bekabeling, transformatoren en beveiligingsapparatuur. De geclaimde energie-efficiency kan daardoor teniet worden gedaan. De harmonische stromen kunnen ook aanleiding geven tot storingen in gevoelige elektronische apparaten. Voorlopig is LED-verlichting op grote schaal nog toekomstmuziek.

Armaturen

Een armatuur zorgt ervoor dat het licht van een kunstlichtbron met zo min mogelijk verliezen daarheen wordt gestuurd waar het nodig is. Een goed armatuur voorkomt verblinding. Daarnaast biedt de armatuur ruimte voor opname van de bedrading, fittingen en het vsa.

Spots

Spots verzorgen accenten in het interieur en op objecten. Inbouw- en opbouwuitvoeringen zijn verkrijgbaar. Afhankelijk van het type worden deze voorzien van reflectors, kleurfilters en optieken. De lichtbundel wordt bepaald door de combinatie van (soort) lichtbron en de reflector. Energie-efficiënte spots zijn gebaseerd op gebruik van hogedruk gasontladingslampen en LED-lampen.

Spots in diverse uitvoeringen: opbouw, inbouw en een wandspot.

Downlights

Voor het belichten van werkplekken voor algemene verlichting zijn vooral downlights met (compact)fluorescentielampen het meest geschikt. De eisen op het gebied van visuele prestatie, visueel comfort, veiligheid, sfeer en ambiance bepalen mede de keuze voor de vorm van de afscherming van de lamp. Afschermingen zijn nodig om verblindinghinder zo veel mogelijk te voorkomen.
De afschermingen onder de lichtbron, maar ook de optieken erboven moeten geselecteerd worden op basis van taken in het werkgebied. Activiteiten als lezen en schrijven vragen andere verlichting dan het werken met een verticaal staand beeldscherm of het lopen op een gangpad. Een persoonlijk onderhoud in een vergaderruimte waarbij de herkenbaarheid van gelaatsuitdrukkingen van belang is stelt andere eisen dan het rijden met een heftruk in een bedrijfshal.

Verschillende downlights: een montagebalk, een montagebalk met reflector, een opbouwarmatuur en een inbouwarmatuur met spiegel. Armaturen met een spiegeloptiek en een rooster geven in het algemeen het beste verlichtingsrendement.

Pendelarmaturen
Bij gebruik van pendelarmaturen kan het werkvlak direct worden verlicht. Hierdoor is een hoger verlichtingsniveau op het werkvlak realiseerbaar. Bovendien kan de verlichting in principe individueel per werkplek worden geregeld. Nadeel kan zijn, dat de armaturen soms in het gezichtsveld hangen en daardoor verblinding kunnen geven. In de praktijk worden meestal pendelsystemen toegepast met een combinatie van direct en indirect licht waardoor zowel het plafond als de werkplek goed en gelijkmatig worden verlicht.

Pendelarmaturen zijn verkrijgbaar voor verschillende lichtbronnen. Sommige armaturen combineren directe werkplekverlichting met indirecte verlichting via het plafond.

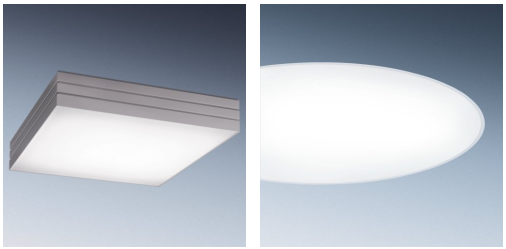
Werkplekgekoppelde armaturen
Voorbeelden van armaturen die direct zijn verbonden met de werkplek zijn een tafelarmatuur (gekoppeld aan het kantoormeubel), een schoolbordarmatuur (in klaslokalen) en lichtlijnen die laaghangend per activiteit aan de plafondverlichting worden toegevoegd (in bedrijfsgebouwen). Werkplekgekoppelde armaturen worden geselecteerd op basis van vormgeving en ergonomische aspecten. Deze armaturen moeten bij voorkeur regelbaar zijn zodat de gebruiker het gewenste lichtniveau zelf kan bepalen.

Hybride armaturen
LED-lampen laten zich goed combineren met traditionele lichtbronnen. Vooral in representatieve ruimten levert deze combinatie een toegevoegde waarde. In hybride armaturen kunnen verschillende lichtbronnen met de bijbehorende regelapparatuur worden ondergebracht. Hybride armaturen bieden de mogelijkheid een ruimte qua sfeer te veranderen. Bijvoorbeeld van een zakelijke ruimte met (compact)fluorescentieverlichting tot een feestzaal met sfeervolle halogeenlichtpunten en LED gekleurde armatuurvlakken. Hybride verlichting wordt aangestuurd door twee schakeldraden of door een eventueel voorgeprogrammeerd lichtregelsysteem.

Hybride inbouwarmaturen met gekleurd LED-vak (links) en met een draaibare LED-spot, in beide gevallen gecombineerd met fluorescentielampen.

Lichtplafonds

Een lichtplafond simuleert de stralende hemel Een lichtplafond bestaat uit een armatuur met opalen lichtvlakken. De armatuur bevat fluorescentielampen in wisselende kleursamenstellingen, voorzien van elektronische voorschakelapparatuur. Door de integratie van veel lichtbronnen is een dergelijk systeem niet energie-efficiënt.



Een lichtplafond (1600 x 1600 mm of 1600 mm in diameter) voorzien van armaturen in diverse maten met een totaal lampvermogen van circa 1.000 Watt. Mensen ervaren de imitatie van daglicht als aangenaam, maar energie-efficiënt is een lichtplafond zeker niet.

Regelsystemen

Een energie-efficiënte verlichtingsinstallatie maakt gebruik van regelsystemen die de gebruikstijd van het lichtsysteem bekorten. Dergelijke systemen regelen de verlichtingssterkte op basis van aanwezigheid, tijd of daglichtniveau.

Aanwezigheidsdetectie
Verlichting in ruimten die niet continu bezet zijn, kan worden gestuurd door bewegingsmelders. Deze melders reageren op beweging: zodra iemand de ruimte betreedt, gaat de verlichting aan. Met inachtneming van een vooraf bepaalde tijdvertraging gaat het licht na vertrek automatisch uit. Aanwezigheidsdetectie is mogelijk in ambulant gebruikte kantoorruimten, vergaderruimten, bergingen, magazijnen, (voor)ruimten toiletten, douches en technische ruimten. In onderwijsgebouwen is aanwezigheidsdetectie mogelijk in leslokalen, praktijklokalen, lerarenkamers, directiekantoren, toiletten, bergingen, kleedruimten, bergingen, de fietsenstalling en de cv-ruimte. In bedrijfsgebouwen valt te denken aan kantines, rookruimten, werkbanken in bedrijfshallen, technische ruimtes, kleedruimten, toiletten, magazijn, bergingen, gangpaden in opslaghallen met een lage bezettingsgraad en EHBO-ruimten.

Veegpulsregeling
Een veegpulsregeling schakelt op voorgeprogrammeerde tijden de verlichting in alle aangesloten ruimten in één keer uit. In een kantoorgebouw kan een veegpuls bijvoorbeeld geprogrammeerd worden om 9.00, 12.00, 15.00 en 18.00 uur. In alle ruimte die niet in gebruik zijn, blijft vanaf de veegpuls het licht uit. In ruimtes waar wel mensen zijn, moeten zij na de veegpuls het licht met de hand weer aandoen.

Daglichtdetectie
In ruimten met een goed daglichtaanbod is het aan te bevelen de kunstmatige verlichting te voorzien van een daglichtafhankelijke besturing. Armaturen kunnen individueel of per groep worden geregeld. Naarmate er meer daglicht is, wordt het kunstlicht gedimd. Er vinden geen harde schakelingen plaats. Dat is comfortabel en het verlengt de levensduur van het lampsysteem.
De werking van het systeem is afhankelijk van de kwaliteit van de sensor en de plaats waar de sensor ten opzichte van het daglicht wordt geïnstalleerd. De mogelijke energiebesparing is verder ondermeer afhankelijk van de mate waarin licht in de ruimte wordt gereflecteerd, de hoogte van de ramen en de hoogte van de ruimte.
Voor installatie van daglichtdetectie worden ruimten meestal verdeeld in drie zones: een daglichtzone, een overgangzone en een kunstlichtzone (meestal langs de gang). De grootste energiebesparing (circa 70 procent) wordt bereikt in de daglichtzone. In de overgangszone is een besparing mogelijk van 40 tot 50 procent. In de kunstlichtzone is de besparing beperkt tot 10 of 20 procent.

Het is mogelijk daglichtdetectie en aanwezigheidsmelders in één apparaat te combineren zodat de ruimte op beide signalen wordt geregeld.

Energiebesparende regelingen met links een aanwezigheidsensor en rechts een ingebouwde daglichtsensor.

De kwaliteit van de lichtinstallatie

Om de kwaliteit van een lichtinstallatie te definiëren, worden verschillende begrippen en eenheden gebruikt. Vooral de lichtsterkte, de lichtkleur en de lichtrichting zijn bepalend voor het comfort. Daarnaast is vooral het rendement van het lichtsysteem bepalend voor het elektriciteitsgebruik.

Taakgebied

De kwaliteit van het licht in een taakgebied is kritisch. Een taakgebied is de oppervlakte waar een werktaak wordt verricht. Dit kan een tafelblad zijn, maar het kan ook de vloer, een vertikaal of een hellend vlak zijn. Rond het taakgebied geldt een randgebied van 0,5 meter breedte, waar de verlichtingssterkte globaal tweederde van die in het taakgebied moet zijn.
Een gelijkmatige belichting van het taakgebied is aangenaam. De verhouding tussen de laagste en de gemiddelde verlichtingsterkte binnen het taakgebied wordt uitgedrukt in de gelijkmatigheidsindex (g).
In een ruimte ligt het taakgebied niet altijd nauwkeurig vast. Het kan zijn dat de indeling van de ruimte bij het maken van een lichtplan nog niet bekend is, of dat de indeling later kan variëren. Naast de verlichtingseisen voor taakgebieden, gelden er daarom ook minimumeisen voor verlichtingssterkte in alle ruimten waar mensen continu of incidenteel aanwezig zijn.
Indien nodig kan met gericht licht een visuele taak extra worden ondersteund, of kunnen voorwerpen worden uitgelicht. Zeker in grote werkruimtes wordt een goede balans aangeraden tussen de (diffuse) ruimteverlichting en gericht licht. Teveel gericht licht veroorzaakt grote contrasten en schaduwen. Te veel diffuus licht (en te weinig gericht licht) maakt een ruimte saai vanwege het gebrek aan contrast.

Lichtstroom, luminantie en lichtsterkte

Voor de hoeveelheid licht in een taakgebied gelden normen. Er zijn drie eenheden die iets zeggen over de hoeveelheid licht van een lichtbron: lichtstroom, luminantie en lichtsterkte.
De lichtstroom is de hoeveelheid licht die een lamp per tijdseenheid uitstraalt. De lichtstroom wordt uitgedrukt in lumen (lm). Een gloeilamp van 100 Watt geeft een lichtstroom van ongeveer 1.200 lumen.
Luminantie is een maat voor de helderheid van een (weerkaatsend) vlak of een lichtbron. Luminantie wordt uitgedrukt in candela per vierkante meter. In feite is de luminantie gelijk aan de lichtsterkte in een gegeven richting.
De lichtsterkte is de hoeveelheid licht die een gegeven oppervlakte per tijdseenheid ontvangt. De lichtsterkte wordt uitgedrukt in lux. Als een lichtstroom van 1.000 lumen valt op een oppervlakte van 1 vierkante meter, dan is de verlichtingssterkte 1.000 lux. Door het licht van een lichtbron met een lens of een spiegel te richten kan met dezelfde lichtstroom een hogere verlichtingssterkte in het taakgebied worden bereikt. Voor de meeste activiteiten in een kantoor zoals bureauwerk en vergaderingen is het lichtniveau in het taakgebied genormeerd op 500 lux. Ook in een klaslokaal en bij fijn werk in een bedrijfshal is dat de voorgeschreven luxwaarde. Een hoger lichtniveau (750 lux) is vereist bij activiteiten als technisch tekenen en zeer fijn werk in een bedrijfshal. In een sportlokaal, aan een

receptiebalie of in een bedrijfshal voor de meeste vormen van machinewerk kan worden volstaan met een lichtniveau van 300 lux in het taakgebied.

Praktijkverlichtingssterkte ($\bar{E}$m)

Als een verlichtingsinstallatie wordt aangelegd, geven de lampen hun maximale opbrengst. In de loop van de tijd neemt de verlichtingssterkte door:

- Lampuitval, zonder onmiddellijke vervanging.
- Lichtterugval van de lampen gedurende hun levensduur.
- Vervuiling van de armaturen, met name van de optische elementen.
- Vervuiling van de ruimte, waardoor het aandeel van gereflecteerd licht vermindert.

De afzonderlijke terugvalfactoren moeten met elkaar worden vermenigvuldigd om tot de totale lichtterugval te komen. Bij het ontwerpen van een verlichtingsinstallatie moet op deze terugval worden geanticipeerd. De (genormeerde) praktijkverlichtingssterkte is de verlichtingssterkte die tot het einde van de levensduur van de lichtbronnen in het taakgebied aanwezig is. Daarom moet in het ontwerp meer dan de voorgeschreven praktijkverlichtingssterkte worden aangebracht.

Voorbeeld

In een schone kantoorruimte is een hoogwaardige verlichtingsinstallatie (TL5) aangebracht. Onderhoud vindt plaats bij het vervangen van de lampen (na 12.000 branduren). De vereiste praktijkverlichtingssterkte in het taakgebied is 500 lux.

De lichtterugval wordt als volgt berekend:

- Overlevingspercentage lampen na 12.000 branduren	97 %
- Lichtopbrengst lampen na 12.000 branduren (percentage van nieuwwaarde)	90 %
- Rendement armatuur na 12.000 branduren (percentage van nieuwwaarde)	90 %
- Reflectie-eigenschappen van de ruimte na 12.000 branduren	95 %
Totale lichtterugval na 12.000 branduren: 0,97 * 0,90 * 0,90 * 0,95 =	75 %

Dit betekent dat (1 / 0,75) * 500 lux = 670 lux moet worden geïnstalleerd om aan het eind van de onderhoudscyclus de vereiste praktijkverlichtingssterkte te kunnen realiseren.

Het verdiend aanbeveling om de praktijkverlichtingssterkte te verhogen als de oogtaak kritisch is (nauwkeurigheid, kleine details, lage contrasten) en het herstel van fouten tijdrovend of kostbaar is. Ook als de taak lang moet worden verricht of als het gezichtsvermogen van de taakuitvoerder beneden normaal is, is dat aan te bevelen.

De voorgeschreven praktijkverlichtingssterkte mag worden verlaagd, als details ongebruikelijk groot zijn of een zeer hoog contrast hebben en als de taak maar gedurende een korte tijd wordt verricht.

Verblinding en reflectie

Tegenover veel licht staat het risico van storende verblinding. De belangrijkste bron hiervan is daglicht. Een goede kwaliteit lichtwering kan dit voorkomen. Maar ook kunstlicht kan hinderlijke verblinding geven. Met goede armaturen die ten opzichte van de waarnemer op een goede plaats zijn aangebracht, wordt rechtstreekse lichtuitstraling van lichtbronnen voorkomen. Factoren die verder een rol spelen zijn de vorm en grootte van de ruimte, de oppervlaktehelderheid (luminantie) van wanden,

plafond en vloer, de lampluminantie en de verdeling van de armaturen over de ruimte. De minimale afschermhoeken van armaturen zijn aan normen gebonden evenals de maximaal toelaatbare verblinding. De mate van verblinding wordt uitgedrukt in de gemiddelde lichthinderwaarde UGR. Uit de bepaling van de UGR volgt een schaalgetal tussen 10 tot 30. Hoe lager de waarde hoe minder verblinding er is toegestaan.
Voor de UGR gelden de volgende maxima:

- 16: tekenkamers en precisiewerken. CAD werkplekken
- 19: kantoren, vergaderruimtes, klaslokalen, balies en loketten
- 22: assemblagewerkzaamheden
- 25: industriële activiteiten in hoge hallen

Bij het erken met beeldschermen kunnen reflecties hinderlijk zijn. Hoewel de kwaliteit van beeldschermen de laatste tijd sterk is verbeterd, blijft het nodig om storende reflecties in het scherm te vermijden. Het is meestal onvermijdelijk dat een deel van de lichtbronnen in de beeldschermen wordt gereflecteerd. Voor deze lichtbronnen gelden maximumwaarden voor de gemiddelde luminantie van 200 tot 1000 candula per vierkante meter, afhankelijk van de kwaliteit van de beeldschermen.

Rendementen

Het rendement van een lampsysteem wordt bepaald door de hoeveelheid uitgestraald licht (in lumen) te delen door het opgenomen elektrische vermogen (in Watt). Bij een gloeilamp is het elektrische vermogen gelijk aan de vermelding op de lamp. Bij een halogeenlamp komt daar vaak een klein rendementsverlies bij als gevolg van een transformator. Bij alle lichtbronnen die werken op basis van gasontlading of elektroninductie wordt het rendement berekend uit het lamprendement plus het vermogensverlies als gevolg van het voorschakelapparaat.

$$\text{Systeemrendement (lumen/Watt)} = \frac{\text{lichtstroom (lumen)}}{\text{elektrisch vermogen lichtbron inclusief vsa (Watt)}}$$

Een deel van het licht dat een lichtbron uitstraalt, wordt door de armatuur tegengehouden, bijvoorbeeld door roosters, afschermingen of vervuiling. Het armatuurrendement wordt bepaald door de verhouding tussen hoeveelheid licht die uit de armatuur komt en de hoeveelheid die de lamp(en) in de armatuur uitstralen. Het verlichtingsrendement wordt vervolgens bepaald door de hoeveelheid uitgestraald licht te delen door de hoeveelheid licht in het taakgebied. In de praktijk wordt het verlichtingsrendement beperkt door afschermingen (tegen verblinding) en reflectoren of lichtverdelers in de armatuur. Daarnaast wordt de lichtopbrengst beperkt als gevolg van vervuiling van de lamp en de armatuur.

$$\text{Verlichtingsrendement} = \frac{\text{hoeveelheid licht in het taakgebied}}{\text{Hoeveelheid door lichtbron uitgestraald licht}}$$

Kleur en kleurweergave

De kleurtemperatuur van de lichtbron is bepalend voor de kleurbeleving. De kleurtemperatuur wordt uitgedrukt in Kelvin (K). Een hoge kleurtemperatuur is vergelijkbaar met helder daglicht. Een lage kleurtemperatuur wordt ervaren als warm (avond)licht. De kleurvoorkeur van mensen in een

werkomgeving hangt af van de omstandigheden. Komt er veel daglicht de ruimte binnen, dan hebben koele kleuren de voorkeur. Naarmate de dag vordert, gaat de voorkeur meer uit naar warmere kleuren. Gebruik van lampen met verschillende kleuren beïnvloedt dus de ruimtebeleving.
De kleurweergave van een lichtbron wordt bepaald door de volledigheid van het spectrum. De kleurweergave-index Ra is een gestandaardiseerde schaal met 100 als hoogste waarde voor daglicht of voor een kunstlichtbron die het volledige spectrum uitzendt. De mens is al vanuit zijn evolutie gewend aan daglicht met het volledige spectrum. Daglicht in combinatie met full spectrum kunstlicht verhoogt het comfort en leidt tot betere arbeids- en leerprestaties. In een onderwijsomgeving blijkt dat kinderen met ADHD zich bij full spectrum licht beter kunnen concentreren.

Kleurtemperatuur	Kelvin	Kleurweergave	Ra
Warmwit	< 3.500	Zeer goed	90−100
Neutraal	3.500 – 5.500	Goed	80−90
Daglichtwit	> 5.500	Matig	50−80
		Slecht	0−50

Een dynamisch lichtontwerp
De kleurverandering van het daglicht heeft invloed op het welbevinden van de mens. Met een dynamisch lichtconcept kan ook door kunstlicht een patroon voor verandering van kleur en sterkte worden gerealiseerd. Koelwit licht met een relatief hoog lichtniveau in de ochtend, warmwit met een lagere lichtsterkte in de namiddag. Rond twee uur kan meer en iets koeler licht helpen tegen een middagdip. Meestal wordt voor een dynamisch lichtconcept gebruik gemaakt van aan pendel opgehangen armaturen, die zowel in richting plafond als in richting werkplek schijnen. Maar ook inbouw- en opbouwarmaturen aan de onderzijde voorzien van opalen afschermingen kunnen hiervoor worden gebruikt. In de gesloten armaturen wordt gewerkt met fluorescentielampen in twee kleuren, bijvoorbeeld 5.000 en 3.000 Kelvin. In de pendeluitvoeringen worden lichtkleuren toegepast die naar de werkplek 3.000 Kelvin uitstralen en naar het plafond 6.000 tot 15.000 Kelvin. Vreemd genoeg wordt dit extreme kleurverschil in combinatie met grote daglichtvlakken door de gebruiker als aangenaam ervaren. Het aangelichte plafond wordt als een interne hemel ervaren. Het directe licht op de werkplek geeft het idee dat de zon schijnt.

Dynamisch licht in een werkkamer en in het atrium van een kantoorgebouw. In de ochtend is er relatief veel en koel licht, in de namiddag is er minder en warmer licht. Na de lunchpauze helpt iets meer en iets koeler licht tegen de middagdip.

Normen voor verlichting

Licht moet aan bepaalde minimumeisen voldoen. Ook de manier waarop de prestaties worden gemeten en gerapporteerd, moet voldoen aan bepaalde vastgestelde normen.

NEN-EN 12464 deel 1

De norm NEN-EN 12464 deel 1 is binnen de hele EU van toepassing. Deze norm is als aanbeveling te lezen. Hij is niet aangewezen in de bouwregelgeving, maar wordt gehanteerd als afspraak tussen partijen. De norm geeft richtlijnen voor ondermeer verlichtingssterkte, verblinding, verlichting in relatie tot beeldschermwerk, kleurweergave, lichtrichting en lichtflikkering. De aanbevelingen zoals die in het vorige hoofdstuk staan, zijn gebaseerd op deze norm. De eisen ten aanzien van verlichtingssterktes in verschillende ruimtes in kantoren, onderwijsgebouwen en bedrijfshallen zijn op de afzonderlijke folders bij de schoon licht scan voor die drie sectoren in tabellen samengevat.

NEN 3087

De Nederlandse norm NEN 3087 is bepaald in 1991 en gaat over visuele ergonomie in relatie tot arbeidsomstandigheden. Een gedeelte van deze norm is *overruled* door de later vastgestelde Europese norm NEN−EN 12464-1.

De norm gaat in op het visuele systeem van de mens in relatie tot de eisen die aan de visuele taak worden gesteld, informatiepresentatie en de kwaliteit van het verlichtingssysteem. In de norm zijn criteria opgenomen over verlichtingssterkte, luminantieverhoudingen, verblinding Lichtinvalsrichting, beeldschermwerk, spectrale samenstelling, noodverlichting, stroboscopische effecten en beleving van de visuele omgeving. Het begrip standaardverlichtingsterkte in deze norm is niet meer van toepassing. Binnenkort wordt de norm aangepast.

NEN 1891

De norm NEN 1891 bepaalt hoe de verlichtingssterkte (E), de luminantie (L) en de diffuse reflectiefactoren van oppervlakken moeten worden gemeten. De norm stelt eisen aan de inhoud van de meetopdracht en het meetrapport. Tevens stelt de norm eisen aan meetapparatuur en hulpmiddelen die nodig zijn voor het uitvoeren van de metingen.

Lichtberekeningsprogramma

Om een verlichtingsinstallatie conform de geldende normen te ontwerpen, zijn computerprogramma's verkrijgbaar waarmede relatief eenvoudig lichtberekeningen kunnen worden gemaakt. Er zijn twee rekenprogramma's direct en (gratis) beschikbaar:

- Dialux: een Duits programma uitgegeven door DIAL
- Relux: een Zwiters programma uitgegeven door Relux. Van dit programma zijn enkele delen koopopties. Relux heeft een Nederlandstalige Hulpdesk.

Kosten en subsidies

Een verlichtingsinstallatie is bedoeld voor goed licht dat de visuele taak optimaal ondersteunt. Maar goed licht hoeft niet per se veel te kosten. Er zijn verschillende mogelijkheden om de kosten voor verlichting te beperken.

Besparingen op energiekosten
Door toepassing van energie-efficiënte verlichting daalt het elektriciteitsgebruik. De financiële besparing is evenredig, afhankelijk van de verdeling van de bespaarde kilowatturen over perioden met bijbehorende tarieven.
Bij het realiseren van energiebesparende maatregelen, daalt ook het geïnstalleerd elektrische vermogen. Het opgenomen elektrisch vermogen wordt elk kwartier gemeten met behulp van een kWh-meter die per maand de hoogst gemeten waarde in het geheugen vastlegt: de kW-max. De verbruiker betaalt voor deze kW-max een vooraf bepaald tarief. Door toepassing van energie-efficiënte verlichting wordt het opgenomen vermogen lager. Hierdoor kunnen de kosten voor kW-max en kW-piek worden verlaagd.

Beperking mechanische koeling
Het energieverlies van verlichting met een slecht rendement, wordt grotendeels als warmte aan de ruimte afgestaan. Daarmee heeft verlichting een belangrijk aandeel in de totale interne warmtelast van een gebouw. Een energie-efficiënte verlichtingsinstallatie gebruikt minder elektriciteit en geeft navenant minder warmte af aan de ruimte. Dit maakt het binnenklimaat aangenamer en het verlaagt het elektriciteitsgebruik van een mechanische koelinstallatie. In een nieuwbouwsituatie kan met een energie-efficiënte verlichtingsinstallatie worden gekozen voor een koeling met een kleinere capaciteit.

Besparingen op onderhoudskosten
Energie-efficiënte lichtbronnen gaan aanmerkelijk langer mee, waardoor de vervangingsperioden langer worden en onderhoudskosten dus omlaag gaan. Door het hogere verlichting- en systeemrendement zijn er bovendien minder lichtbronnen nodig, wat tot lagere inkoopkosten leidt. Een en ander leidt ook tot een beperking van de afvoer van oude kunstlichtbronnen (klein chemisch afval) met een navenate besparing op de verwijderingsbijdrage.

Terugverdientijd
Door alle kosten en baten op elkaar te delen, wordt een terugverdientijd berekend. In de Schoon Licht Scan wordt die berekening na invoer van de basiseenheden automatisch uitgevoerd. Alle referentie- en basisgetallen, energiekosten, investeringskosten en gemiddelden voor arbeidskosten zijn in die berekening geïntegreerd.

Netto investering:	Demontage oude installatie, montage nieuwe installatie, materiaalkosten, arbeidskosten minus de besparing op verwijderingskosten
Jaarlijkse besparing:	Energiegebruik, aansluitkosten, onderhoudskosten, mechanische koeling

Terugverdientijd =	Netto investering / jaarlijkse besparing

Subsidiemogelijkheden

De overheid bevordert energie-investeringen via de Energie Investering Aftrek (EIA) en de regeling voor versnelde aftrek van milieu-investeringen (VAMIL). De energielijst van maatregelen die voor subsidie in aanmerking komen, wordt per jaar vernieuwd. Beide subsidievormen worden verrekend via de vennootschapsbelasting voor bedrijven. Een aanvraag moet worden ingediend bij SenterNovem.

Doe de slim licht scan

De slim licht scan is een instrument waarmee een gebouwbeheerder of facilitair manager zonder specialistische lichtkennis de energie-efficiëntie van een lichtinstallatie in kaart kan brengen en waarmee relatief eenvoudig de mogelijke besparingen kunnen worden berekend.

De schoon licht scan is ontwikkeld voor utiliteitsgebouwen. Meer in het bijzonder voor:

- Kantoren
- Onderwijsgebouwen
- Bedrijfshallen

De scan is ontwikkeld als een webapplicatie. Het gebruik ervan wordt toegelicht in aparte folders die bij deze brochure verkrijgbaar zijn.

Adressen

Relevante organisaties en instellingen.

AgentschapNL
Croeselaan 15
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT
Telefoon 030 239 34 93
www.senternovem.nl

Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde
Galvanistraat 1
Postbus 539
6710 BM EDE
Telefoon 0318 69 53 94
www.nsvv.nl

NEN
Vlinderweg 6
Postbus 5059
2600 GB Delft
2623 AX DELFT
Telefoon 015 269 01 90
www.nen.nl

UNETO−VNI
Bredewater 20
Postbus 188
2700 AD ZOETERMEER
Telefoon 079 325 06 50
www.uneto-vni.nl

Stichting LightRec Nederland
Boerhaavelaan 40
Postbus 190
2700 AD ZOETERMEER
Telefoon 079 353 11 23
www.lightrec.nl

Colofon

Deze publicatie is een uitgave van SenterNovem
Samenstelling Jan Meutzner
Tekst Henk Bouwmeester

Voor vragen en inhoudelijke opmerkingen kunt u terecht bij:
Meutzner Licht Design
Jasmijnlaan 16
3442 HZ WOERDEN
Telefoon 06 547 18 146