

Code van goede praktijk voor **Binnenverlichting**

0 Inleiding	5
0.1 Normen en referentiedocumenten	5
1 Concepten / glossarium	7
1.1 Referentieoppervlakken & referentiezones	7
1.1.1 Definities	7
1.1.2 Aanvullende definities	8
1.1.3 Concrete voorbeelden van zones en oppervlakken	9
1.2 De verlichtingssterktes en uniformiteit	13
1.2.1 Definities	13
1.2.2 Aanvullende definities	13
1.3 Toepassing op een concreet geval	14
1.3.1 Definitie van de oppervlakken en zones - voorbeeld	14
1.3.2 Bepaling van de verlichtingssterktes – voorbeeld	15
1.4 De onderhoudsfactor	17
1.5 De UGR	18
2 Een kwaliteitsvol project volgens de gestelde prioriteiten	23
2.1 Het visuele comfort	23
2.2 Rationeel energiegebruik	24
2.2.1 Het geïnstalleerde vermogen	24
2.2.2 Het verlichtingsbeheer	24
3 De dimensionering van het project	26
3.1 De bepaling van de roosterpunten	26
3.1.1 Standaardroosterverdeling	26
3.1.2 Sportinstallaties	27
3.2 De reflectiecoëfficiënten van wanden	28
3.2.1 Standaardreflectiecoëfficiënten	28
3.2.2 Specifieke reflectiecoëfficiënten	28
4 Bijlagen	29
4.1 Technische fiche van een armatuur	29
4.2 Standaard technische fiche	30
4.3 Controle ter plaatse	32
5 Referenties	34
6 Bron van de foto's	34

0 Inleiding

Na de publicatie van de NBN EN 12464-1 Licht en verlichting - Werkplekverlichting - Deel 1: Binnenwerkplekken norm in 2003, moesten bepaalde Belgische normen, die tegenstrijdig waren hiermee, geschrapt worden, waardoor praktische informatie, die nuttig was in het kader van een binnenverlichtingsproject, verloren ging. Deze norm met algemene aanduidingen voor een kwaliteitsvolle verlichtingsinstallatie behandelt bovendien niet alle aspecten van het project in detail, wat in de praktijk kan leiden tot verschillende interpretaties.

De hier voorgestelde “code van goede praktijk” willen dus een aanvulling zijn op de NBN EN 12464-1 norm, enerzijds door dieper in te gaan op begrippen zoals ruimte, verlichtingssterkte, onderhoudsfactor, UGR,..., en anderzijds door ook aanvullende aspecten te behandelen, zoals dimensionering, rationeel energiegebruik en controle van de prestaties van de verlichtingsinstallatie.

Deze richtlijnen hebben betrekking op de binnenwerkruimtes, zoals beschouwd in de NBN EN 12464-1 norm. Ze hebben in geen geval betrekking op noodverlichting, sportverlichting of esthetische verlichting.

Dit document wil geen specifieke oplossingen bieden of de vrijheid van technische of materiële vernieuwingen beperken.

Het document is bestemd voor studiebureaus, lichttechnici, architecten, ontwerpers, fabrikanten, aannemers, controleorganismen, ... De tekst is dan wel niet dwingend in de strikte zin van het woord, maar wil toch een referentiedocument zijn op federaal niveau.

Dit document wordt eveneens aangevuld met twee bijlagen die niet onmiddellijk verband houden met de NBN EN 12464-1: de technische fiche van een lamp en de uitleg van de controle ter plaatse. Het leek nuttig deze twee standaarddocumenten toe te voegen om het werk te kunnen vergemakkelijken dat verband houdt met de NBN EN 12464-1 norm, namelijk de keuze van de lampen op vergelijkende basis, evenals de controle van de verzekerde verlichtingsniveaus.

Dit document werd opgemaakt door de groep B van het IBE-BIV (Institut belge de l'éclairage - Belgisch Instituut voor de Verlichtingskunde)

Werken mee aan de opmaak van dit document:

Billy Jean-Louis	Tractebel
Bodart Magali	Université Catholique de Louvain – Architecture et Climat
Collard Bénédicte	Sibelga
D'Herdt Peter	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf - WTCB
Deneyer Arnaud	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf - WTCB
Pillmeyer Pierre	Tractebel
Vanden Bosch Marc	Laborelec
Vandermeersch Guy	Belgisch Instituut voor de Verlichtingskunde - IBE-BIV

0.1 Normen en referentiedocumenten

CIE 17.4	Internationale verlichtingswoordenlijst
CIE 52	Calculation for interior lighting - Applied method
CIE 97	Onderhoud van elektrische verlichtingssystemen voor gebruik binnenshuis
CIE 117	Discomfort glare in interior lighting
CIE 121	The photometry and goniophotometry of luminaires
CIE S015	Lighting of outdoor work places
ISO 9142-7	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 7: requirements for display with reflections
NBN EN 12464-1	Licht en verlichting - Werkplekverlichting - Deel 1: binnenwerkplekken
NBN EN 12193	Licht en verlichting - Verlichting van sportinstallaties

NBN EN 12665	Licht en verlichting - Basistermen en criteria voor het vaststellen van eisen aan de verlichting
NBN EN 13032-1	Licht en verlichting - Meting en presentatie van fotometrische gegevens van lampen en armaturen - Deel 1: metingen
NBN EN 13032-2	Licht en verlichting - Meting en presentatie van fotometrische gegevens van lampen en armaturen - Deel 2: voorstelling van gegevens voor werkplekken binnen en buiten
NBN L13-001	Binnenverlichting van de gebouwen - Algemene principes
NBN L14-001	Binnenverlichting van de gebouwen - Constructies voor kunstverlichting
NBN L14-002	Methoden ter voorafbepaling van verlichtingssterkten, luminanties en verblindingsindices bij kunstmatige verlichting in gesloten ruimten.
NBN EN 1837	Veiligheid van machines - Integrale verlichting van machines
RTV 01	Woordenlijst voor de verlichtingskunde



1 Concepten / glossarium

Het is noodzakelijk een terminologie te gebruiken die niet in strijd is met de definities uit de bestaande normen, opdat een verlichtingsproject aansluit op de logica van dit document en om elk misverstand in de praktijk te vermijden.

Zo werden voor wat betreft de referentieoppervlakken bepaalde termen, zoals “effectief” ingevoerd.

1.1 Referentieoppervlakken en Referentiezones

1.1.1 Definities

Deze paragraaf vermeldt de definities van de meest gebruikte referentievlakken die in de praktijk kunnen beschouwd worden.

DRIEDIMENSIONALE BEGRIPPEN

- **Werkplaats**
Plaats waar gewerkt wordt (ruimte in zijn geheel).

TWEEDIMENSIONALE BEGRIPPEN

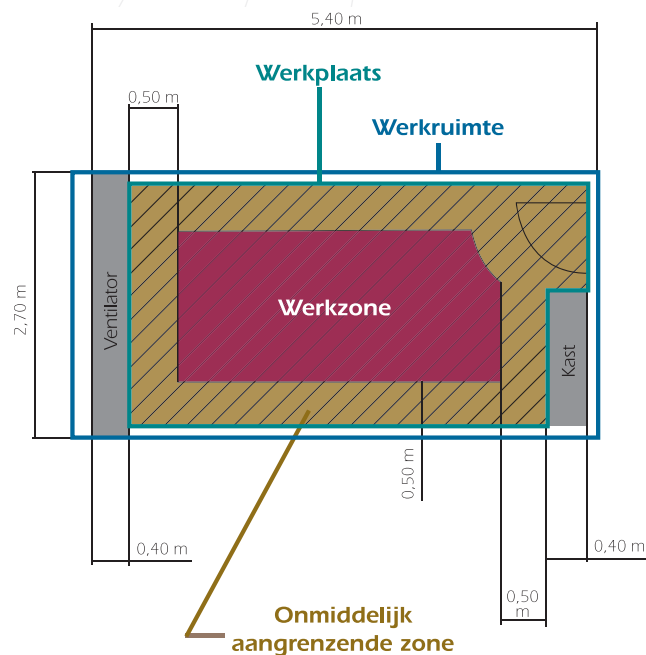
- **Nuttig vlak (NBN L13-001)**
Referentieoppervlak dat gevormd wordt door een vlak waarop normaal gewerkt wordt. Tenzij anders aangegeven, is dit vlak per definitie horizontaal, gelegen op 0,85 m van de grond en beperkt door de wanden van de ruimte.
- **Werkvlak**
Deel van het nuttig vlak dat zich beperkt tot de werkpost (meestal horizontaal vlak begrensd door het meubilair).
- **Werkzone (NBN EN 12464-1)**
Het deel van de werkplaats waar de visuele taken worden uitgevoerd.
- **Effectief werkvlak**
Oppervlak van de werkpost waar de belangrijkste visuele taak wordt uitgevoerd. In een kantoor gaat het meestal om lezen, schrijven, typen of tekenen. Het effectief werkvlak omvat gewoonlijk de onderlegger en het toetsenbord van de PC. Het is vaak identiek aan de werkzone. Het is in dat geval in dit vlak dat de eisen m.b.t. de norm van toepassing zijn.

- **Onmiddellijk aangrenzende zone (NBN EN 12464-1)**

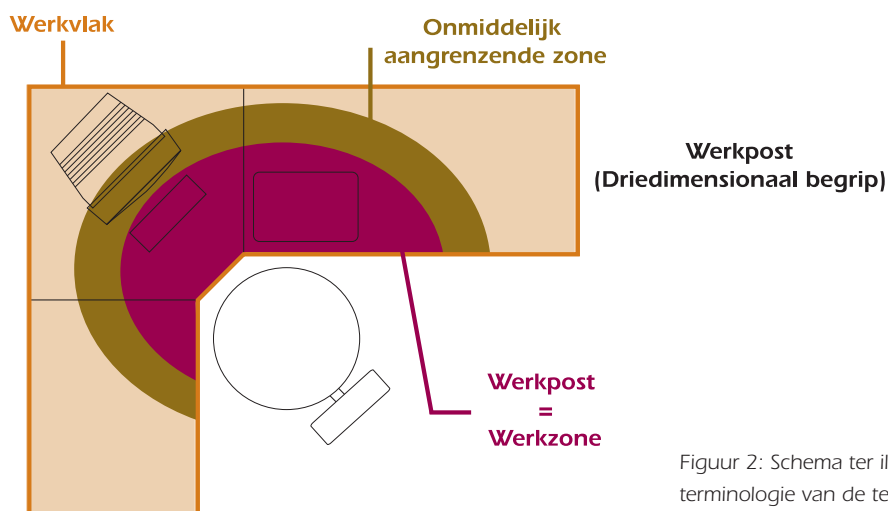
Band van minstens 0,5 m rond de werkzone binnen het gezichtsveld.

De eisen uit de NBN EN 12464-1 norm zijn van toepassing op de werkzone en op de onmiddellijk aangrenzende zone.

Als er geen specifieke voorschriften bestaan voor de werkvlakken en de horizontale effectieve werkvlakken, wordt een hoogte aangenomen van 0,85 cm.



Figuur 1: Schema ter illustratie van de terminologie: wanneer de werkpost onbekend is



Figuur 2: Schema ter illustratie van de terminologie van de terminologie; wanneer de werkpost gedefinieerd is

1.1.2 Aanvullende definities

Deze paragraaf vermeldt verschillende definities ter aanvulling van de definities in het vorige punt. Deze definities zijn nuttig voor de praktische toepassing van de voorschriften.

- **Werkruimte**
Ruimte waarbinnen een activiteit effectief kan worden uitgevoerd (bruikbare ruimte van de werkplaats, van de ruimte – driedimensionaal begrip).
- **Visuele taak (NBN EN 12464-1)**
Alle visuele elementen van de taak die wordt uitgevoerd.
- **Werkpost**
Alle meubilair nodig om de taak uit te voeren.
- **Referentieoppervlak (NBN EN 12665)**
Vlak waarop de verlichtingssterkte gemeten of gespecificeerd wordt. Dit vlak moet nauwkeurig vastgelegd worden. In vele gevallen is dit oppervlak gelijk aan het effectief werkvlak of de werkzone.
- **Aangrenzende zone (van de werkzone)**
De aangrenzende zone van de werkzone wordt bepaald door de werkzone af te trekken van de werkruimte. Deze zone bestaat gewoonlijk minimum uit een strook van 0,5 m langs de wanden en/of het meubilair van het lokaal.

1.1.3 Concrete voorbeelden van zones en oppervlakken

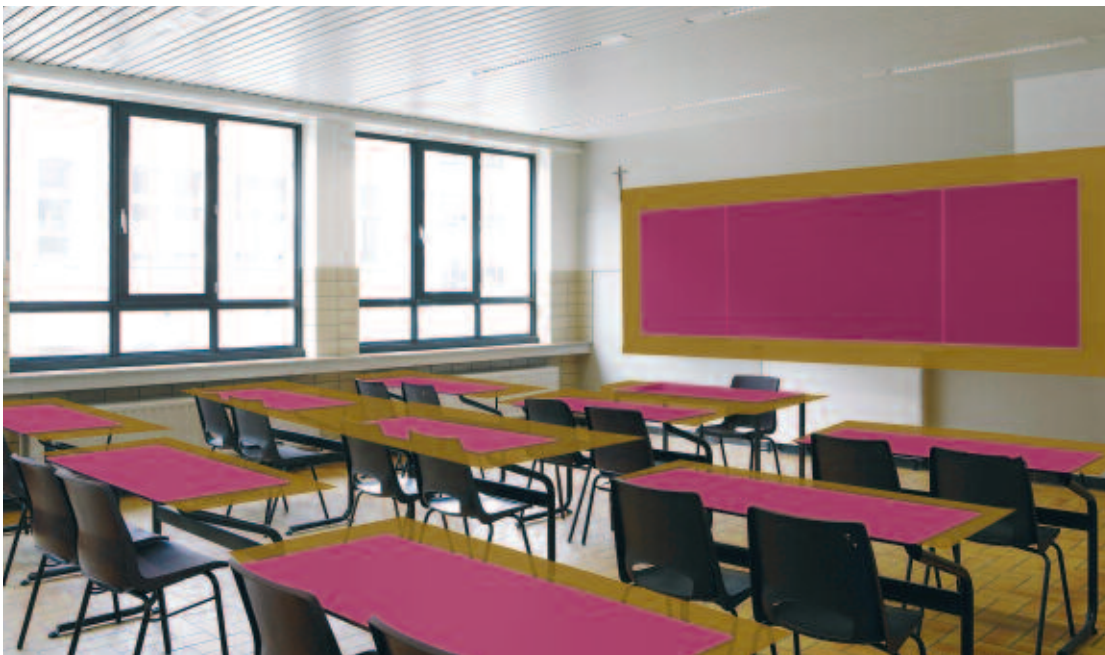
Legende:

-  Werkzone
-  Aangrenzende zone
-  Werkplaats

COURANTE GEVALLEN



Figuur 3: Kantoor



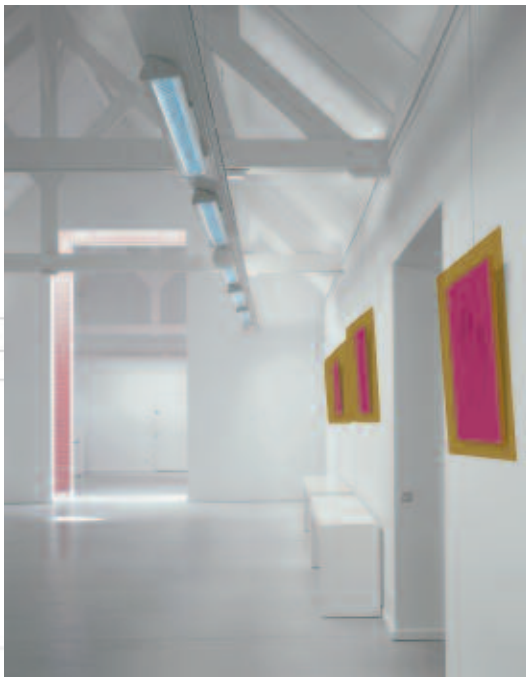
Figuur 4: School



Figuur 5: Postsorteercentrum – Werkposten



Figuur 6: Productiehall – Werkpost



Figuur 7: Museum – Expositiezaal



Figuur 8: Ziekenhuis – Onderzoekruimte

SPECIALE GEVALLEN

A. Opbergrekken

Standaard is het werkvlak voor opbergrekken verticaal en valt het samen met het opbergrek.

Als de exacte positie gekend is van de elementen die moeten geobserveerd worden in verhouding tot de rand van het opbergrek, kan gewerkt worden met een verticaal vlak langsheen de objecten die

moeten gezien worden (rug van de boeken in een bibliotheek, de voorkant van de producten in een winkel, positie van de kisten in een opslagzone,...).



Figuur 9: Verticaal opbergrek – Standaard verticaal vlak



Figuur 10: Verticaal opbergrek – Verticaal vlak



Figuur 11: Verticaal opbergrek – Standaard verticaal vlak

B. Het waargenomen voorwerp is niet vlak

Een typisch voorbeeld is het werk op een machinepost.

Indien de visuele taak betrekking heeft op de binnkant van een voorwerp (werk in een motor,...), moet de verlichtingssterkte beschouwd worden in een vlak loodrecht op de voornaamste hoofdkijkrichting van de waarnemer, waarbij dit vlak door het midden van het waargenomen voorwerp gaat.

Indien de visuele taak daarentegen betrekking heeft op het oppervlak van een voorwerp, zijn er 2 mogelijkheden:

Ofwel bestaat het waargenomen voorwerp grotendeels uit een beperkt aantal vlakke oppervlakken. In dit geval zijn de eisen van toepassing op deze oppervlakken. (bv.: werk op een machinepost).



Figuur 12 : Productiehall – Werkpost

Ofwel is het moeilijk om het voorwerp te modelleren aan de hand van enkele loodrechte op elkaar staande vlakke oppervlakken. In dit geval wordt het werk uitgevoerd op het zichtbare vlakke oppervlak loodrecht op de kijkrichting van de waarnemer en meestal rakend aan het waargenomen voorwerp. (bv.: controle van de naden van een voetbal).

ONBEKENDE WERKPOST

Indien de werkpost onbekend is, is het aangewezen het werkvlak te beschouwen als equivalent van het

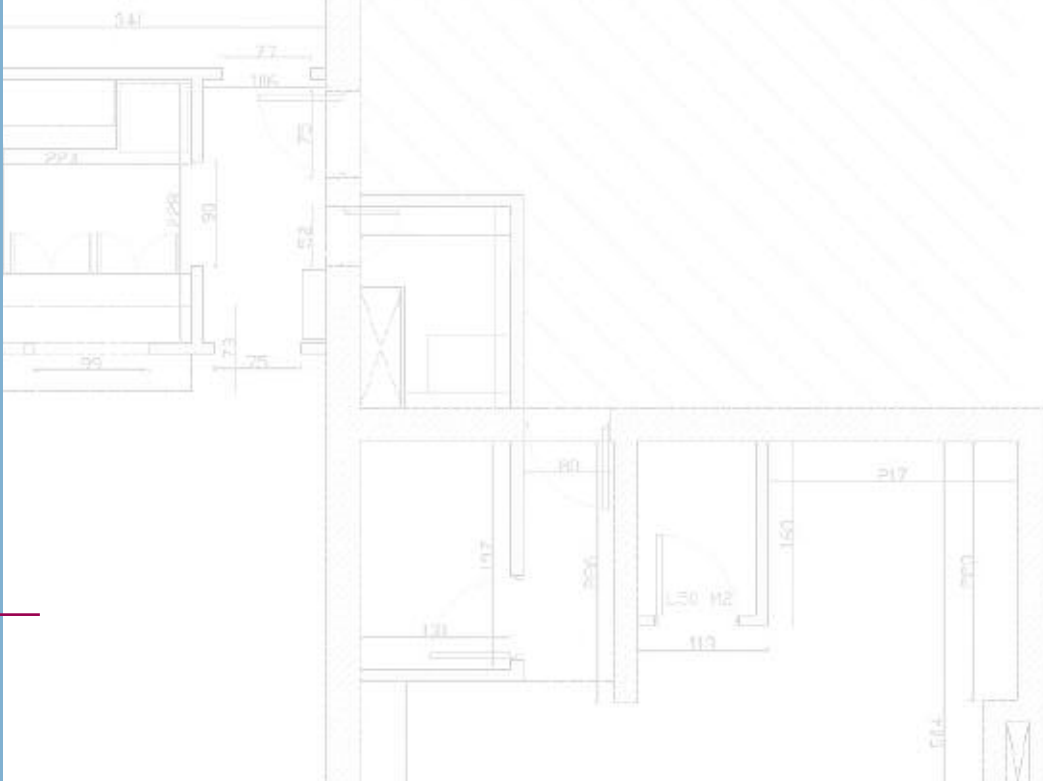
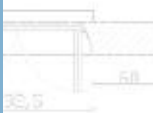
nuttige vlak waarvan 50 cm van de rand werd afgetrokken. De werkzone is dan gelijk aan het werkvlak (de 2 begrippen worden in dat geval door elkaar gebruikt).

EEN GANG

In gangen wordt de werkzone gedefinieerd op een hoogte van 0,1 m boven de vloer, waarbij een zone van 0,5 m breedte langs de wanden wordt afgetrokken van de vloeroppervlakte.



Figuur 13 : Gang



1.2 De verlichtingssterktes en uniformiteit

1.2.1 Definities

Deze paragraaf vermeldt de regelmatig gebruikte normatieve definities die in de praktijk worden gebruikt.

Te verzekeren verlichtingssterkte - E_m - NBN EN 12464-1

Minimumwaarde van de gemiddelde verlichtingssterkte op het beschouwde oppervlak.

Het is de gemiddelde verlichtingssterkte op het moment dat er onderhoud moet gebeuren (NBN EN 12665).

De NBN EN 12464-1 norm hanteert volgende waarden voor de te verzekeren verlichtingssterkte:

20	30	50	75
100	150	200	300
500	750	1000	1500
2000	3000	5000	

Maximale verlichtingssterkte - E_{max} - NBN EN 12665

De maximale verlichtingssterkte op de representatieve punten van het gespecificeerde oppervlak.

Minimale verlichtingssterkte - E_{min} - NBN EN 12665

De minimale verlichtingssterkte op de representatieve punten van het gespecificeerde oppervlak.

Gemiddelde verlichtingssterkte - E - NBN EN 12665
Gemiddelde verlichtingssterkte op het gespecificeerde oppervlak.

In de praktijk kan dit bepaald worden door ofwel de totale ontvangen lichtstroom te delen door de totale oppervlakte van het oppervlak, ofwel door het gemiddelde te berekenen van de verlichtingssterkte gemeten op een bepaald aantal representatieve punten van het oppervlak.

In oudere normen wordt de gemiddelde verlichtingssterkte genoteerd als E_{moy} .

Uniformiteit van de verlichting - U - NBN EN 12464-1

Verhouding tussen de minimale en de gemiddelde verlichtingssterkte op een oppervlak.

$$U = \frac{E_{min}}{E} \quad [-]$$

1.2.2 Aanvullende definities

Deze paragraaf vermeldt verschillende definities ter aanvulling van de definities in het vorige punt die in de praktijk worden gebruikt.

Verlichtingssterkte in bedrijf - E_δ - NBN L13-001

Wanneer de hypothesen van de NBN L14-002 norm "Methoden ter voorafbepaling van verlichtingssterkten, luminanties en verblindingsindices bij kunstmatige verlichting in gesloten ruimten." van toepassing zijn, wordt de verlichtingssterkte in bedrijf als volgt berekend:

$$E_\delta = \frac{\Phi \times u \times \delta}{S} \quad [lx]$$

Waarbij:

Φ de totale lichtstroom is die wordt uitgestraald door de lampen van alle armaturen;

u de gebruiksfactor is;

δ de onderhoudsfactor is;

S de oppervlakte van het nuttige vlak in m^2 is.

Opgelet, op heden is het beter het symbool MF te gebruiken voor de onderhoudsfactor en niet δ .

Dienst verlichtingssterkte - E_s - NBN L13-001

Gewogen gemiddelde van de gemiddelde verlichtingssterktes gemeten op het nuttige vlak tussen twee lampvervangingen met gelijke tijdsintervallen indien de vervanging systematisch per groepen gebeurt of na een tijdsinterval gelijk aan de nuttige mediane levensduur van de lampen indien ze individueel worden vervangen.

Initiële verlichtingssterkte - E_i - NBN EN 12665

De gemiddelde verlichtingssterkte bij een nieuwe installatie.

De initiële verlichtingssterkte hangt af van de te verzekeren verlichtingssterkte en van de onderhoudsfactor van een armatuur.

$$E_m = E_i \times MF$$

U_d - CIE S015

Verhouding tussen de minimale verlichtingssterkte E_{min} en de maximale verlichtingssterkte E_{max} op een gegeven oppervlak.

$$U_d = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad [-] \text{ (Engelse benaming : Illuminance diversity)}$$

Deze waarde wordt ook **algemene uniformiteitsfactor** genoemd in de NBN L13-001 norm waar ze genoteerd wordt als g_1 .

Gemiddelde uniformiteitsfactor - g_2 - Addendum NBN L13-001

Verhouding tussen de minimale verlichtingssterkte $E_{\min}$ en de gemiddelde verlichtingssterkte E_{moy}

$$g_2 = \frac{E_{\min}}{E_{\text{moy}}} \quad [-]$$

Waarbij bendaderd:

$$g_2 = \frac{2 \cdot E_{\min}}{E_{\min} + E_{\max}} \quad [-]$$

Of: $g_1 = \frac{g_2}{2 - g_2} \quad [-]$

Onderhoudsfactor - δ - NBN L13-001

Verhouding tussen de gemiddelde verlichtingssterkte op het nuttige vlak na een bepaalde gebruiksduur van een verlichtingsinstallatie en de gemiddelde verlichtingssterkte in dezelfde omstandigheden voor de nieuwe installatie.

Belangrijke opmerking:

Het gebruik van de term δ zou moeten afgeschaft worden, gezien het risico op verwarring met de term die bepaald wordt door de CIE 97 die de onderhoudsfactor MF definieert.

Onderhoudsfactor - MF - CIE 97 : 2006

Reductiefactor die rekening houdt met de vermindering van de gerealiseerde verlichtingssterkte te wijten aan verschillende parameters die verband houden met de veroudering van de installatie en de ruimten.

$$MF = \frac{E_m}{E_i} \quad [-]$$

Gebruiksfactor - u - NBN L13-001

Begrip gebruikt bij kunstmatige verlichting dat de verhouding uitdrukt tussen de nuttige lichtstroom die ontvangen wordt door het nuttige vlak en de lichtstroom die uitgestraald wordt door de lampen.

1.3 Toepassing op een concreet geval

Ter illustratie volgt een toepassing van de afbakening van de oppervlakken en van de selectie van de verlichtingssterkteniveaus die vereist zijn in een kantoor waar schrijf-, lees- en typwerk wordt verricht.

1.3.1 Definitie van de oppervlakken en zones - voorbeeld

De werkplaats wordt gedefinieerd als de ruimte in zijn geheel.

De werkrimte wordt gedefinieerd als de ruimte waaruit de zogeheten “niet toegankelijke” volumes werden verwijderd. In dit geval betreft het de kasten en de radiatoren.

De werkposten worden gedefinieerd als de verschillende bureaus (meubels) waaraan de gebruikers plaatsnemen.

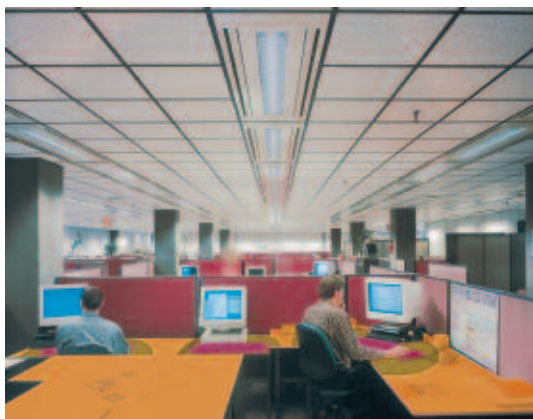
Het werkvlak van elke werkpost wordt hier gedefinieerd als de volledige oppervlakte van de bureaus waarop de gebruikers verschillende visuele taken uitvoeren.

Het effectief werkvlak is dat deel van het werkvlak waar de gebruiker de belangrijkste visuele activiteit uitoefent. In dit geval is ze identiek aan de werkzone.

De onmiddellijk aangrenzende zone van het effectief werkvlak wordt hier gedefinieerd als een zone van 0,5 m rond het effectief werkvlak.

Het nuttige vlak wordt gedefinieerd als het horizontaal vlak dat zich op 0,85 m van de grond bevindt. Het wordt begrensd door de wanden van de ruimte. Indien geen enkele werkpost of effectief werkvlak gedefinieerd of vermeld wordt, is het standaard aangewezen het nuttige vlak, mat aftrek van een randzone van 0,5 m, te gebruiken om de verlichtingssterktes vast te leggen.

De visuele taak wordt gedefinieerd als het geheel van schrijf-, typ- en leeswerk en gegevensverwerking.



Figuur 14: Kantoor



Figuur 15: Kantoor

1.3.2 Bepaling van de verlichtingssterktes – voorbeeld

OP DE TAAK

Voor de beschouwde visuele taak (schrijven, typen, lezen en gegevensverwerking) beveelt de NBN EN 12464-1 aan zich te beroepen op sectie 3.2 van tabel 5.3 met betrekking tot de verlichting in kantoren. Deze tabel vermeldt 3 eisen voor de te verzekeren verlichtingssterkte E_m , de maximale UGR_L en de kleurenweergave-index (R_a).

Voor de te verzekeren verlichtingssterkte op het effectief werkvlak vermeldt de norm een waarde van 500 lx.

Aangezien de onderhoudsfactor (verminderingfactor) van de installatie standaard wordt vastgelegd op 0,85, is het van belang een initiële verlichtingssterkte op te leggen die hoger is dan de gemiddelde te verzekeren verlichtingssterkte.

Te verzekeren verlichtingssterkte: $E_m = 500$ lx.

Onderhoudsfactor MF : MF = 0,85

$$E_m = 0,85 \times E_i \quad [\text{lx}]$$

Bij de ingebruikname van de installatie moet dus een hogere initiële verlichtingssterkte verzekerd worden.

$$E_i = \frac{500}{0,85} = 588 \quad [\text{lx}]$$

Table 5.3: Offices

3 Offices					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m	UGR_L	R_a	Remarks
3.1	Filing, copying, etc.	300	19	80	
3.2	Writing, typing, reading, data processing	500	19	80	DSE-work: see clause 4.11.
3.3	Technical drawing	750	16	80	
3.4	CAD work stations	500	19	80	DSE-work: see clause 4.11.
3.5	Conference and meeting rooms	500	19	80	Lighting should be controllable.
3.6	Reception desk	300	22	80	
3.7	Archives	200	25	80	

Figuur 16: Uittreksel uit de NBN EN 12464-1 norm

Aangezien de uniformiteit U op de werkzone, volgens de norm NBN EN 12464-1, maximaal 0,7 mag bedragen, is het de waarde van de initiële gemiddelde verlichtingssterkte die 588 lx moet bedragen en niet de verlichtingssterkte in elk punt van de werkzone.

$$U = \frac{E_{\min}}{E_m} \geq 0,7 \quad [-]$$

In dit geval moet bij de ingebruikname:

$$\frac{E_{\min}}{E_i} \geq 0,7$$

$$\frac{E_{\min}}{588} \geq 0,7$$

$$E_{\min} \geq 0,7 \times 588 \quad [\text{lx}]$$

$E_{\min} \geq 412$ lx voor een te verzekeren gemiddelde verlichtingssterkte van 500 lx.

In dit voorbeeld moet de verlichtingssterkte, loodrecht op de werkzone waar de visuele taak moet uitgevoerd worden, bij de ingebruikname van de installatie in elk punt hoger zijn dan 412 lx als de gemiddelde initiële verlichtingssterkte 588 lx bedraagt.

De door de norm vereiste verlichtingssterkte in de onmiddellijk aangrenzende zone is op haar beurt lager.

IN DE ONMIDDELIJK AANGRENZENDE ZONE

De te verzekeren verlichtingssterkte in de onmiddellijk aangrenzende zone bedraagt 300 lx, voor de beschouwde visuele taak.

Dit komt overeen met een waarde van 353 lx als rekening wordt gehouden met de onderhoudsfactor.

Zoals uitgelegd in Figuur 17, gaat het om een waarde van gemiddelde initiële verlichtingssterkte waarvan de uniformiteit niet lager mag zijn dan 0,5 (en niet 0,7).

$$U = \frac{E_{\min}}{E_m} \geq 0,5$$

De minimale verlichtingssterkte in de onmiddellijk aangrenzende zone moet dus bij de ingebruikstelling van de installatie hoger zijn dan 176 lx, als de gemiddelde initiële verlichtingssterkte 353 lux bedraagt.

Want :

$$\frac{E_{\min}}{E_i} \geq 0,5$$

$$\frac{E_{\min}}{353} \geq 0,5$$

$$E_{\min} \geq 0,5 \times 353 \quad [\text{lx}]$$

$E_{\min} \geq 176$ lx voor een te verzekeren gemiddelde verlichtingssterkte van 300 lx.

Aangezien het werkvlak groter is dan het effectief werkvlak, wordt het vereiste verlichtingssterkeniveau op deze plaats niet meer opgenomen in tabel 5.3. "Kantoorverlichting" van de NBN EN 12464-1 norm. Het is dus van belang na te gaan of er geen andere activiteiten worden uitgevoerd in de rest van de ruimte en, in voorkomend geval, opnieuw dezelfde redenering toe te passen.

Table 1: Uniformities and relationship of illuminances of immediate surrounding areas to task area

Task illuminance (lx)	Illuminance of immediate surrounding areas (lx)
□ 750	500
□ 500	300
□ 300	200
□ 200	E_{task}
Uniformity: □ 0,7	Uniformity: □ 0,5

Figuur 17 : Uittreksel uit de NBN EN 12464-1 norm

1.4 De onderhoudsfactor

Om de te verzekeren verlichtingssterkte te garanderen, moet rekening gehouden worden met een vermindering van de gerealiseerde verlichtingssterkte die veroorzaakt wordt door verschillende parameters die rekening houden met de veroudering van de installatie en van de ruimten.

Om deze vermindering mee in rekening te brengen, werd de zogenoemde onderhoudsfactor in het leven geroepen. Dit is een vermenigvuldigingsfactor MF die bij de dimensionering van de installatie gecombineerd wordt met de initiële verlichtingssterkte (E_i) om de te verzekeren verlichtingssterkte (E_m) te verkrijgen.

$$E_m = E_i \times MF \quad [\text{lx}]$$

De onderhoudsfactor is afhankelijk van verschillende parameters die rekening houden met de veroudering van de installatie en van de ruimten. Deze waarde vervangt de vroeger gebruikte globale verminderingsfactor en houdt rekening met:

- de vermindering van de lichtstroom van de lamp;
- de frequentie van defecten aan de lampen zonder dat ze onmiddellijk vervangen worden;
- de vermindering van het rendement van de armaturen (door vervuiling);
- de vervuiling van de ruimte.

Deze vier parameters zitten in de definitie van de onderhoudsfactor vervat onder de vorm van vier vermenigvuldigingsfactoren.

$$MF = \text{LLMF} \times \text{LSF} \times \text{LMF} \times \text{RSMF} \quad [-]$$

Waarbij:

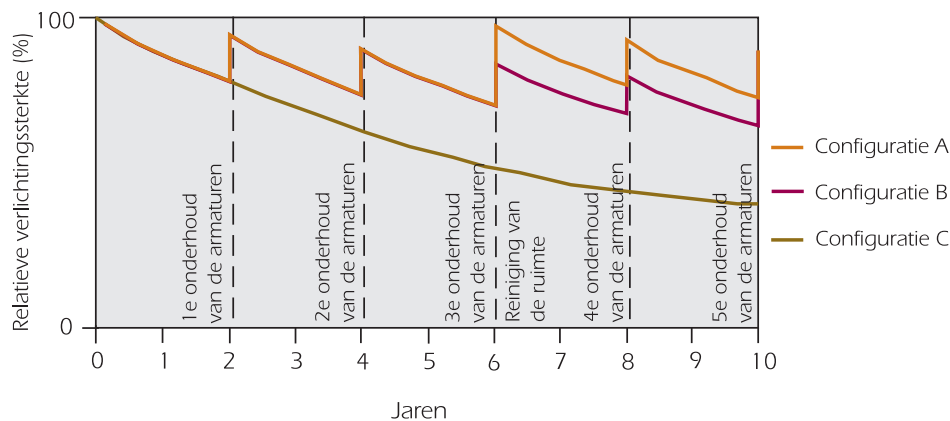
- LLMF de onderhoudsfactor van de lichtstroom van de lamp is;
- LSF de levensduurfactor van de lamp is;
- LMF de onderhoudsfactor van de armatuur is;
- RSMF de onderhoudsfactor van de wanden van de ruimte is.

De grafiek van Figuur 18 illustreert de relatieve evolutie van de verlichtingssterkte van een systeem voor verschillende configuraties. Uit de interpretatie ervan blijkt het belang van de inspectie en het regelmatige onderhoud van de verlichtingsinstallatie.

Indien de installatie niet onderhouden wordt (configuratie C), is er een continue daling van de verlichtingssterkte. Configuratie B stelt de evolutie van de verlichtingssterkte van dezelfde installatie voor, waarbij er een tweejaarlijks onderhoud van de armaturen wordt voorzien. Configuratie A illustreert op haar beurt het gedrag van de verlichtingssterkte, indien het onderhoud van de armaturen (tweejaarlijks) gecombineerd wordt met een reiniging van de wanden van de ruimte (na 6 jaar).

Deze drie voorbeelden tonen het belang van een systematisch onderhoud van de verlichtingsinstallatie aan (er werden lichtrendementsverminderingen van om en bij de 50 % opgetekend) en rechtvaardigen het feit dat men bij het ontwerp van de installatie een onderhoudsfactor in rekening brengt die representatief is voor de toekomstige situatie.

Voor elk van bovenvermelde configuraties kan een gedetailleerde berekening van de onderhoudsfactor MF gedaan worden, maar in de praktijk kunnen volgende standaardwaarden gebruikt worden:



Figuur 18 : Vermindering van de verlichtingssterkte in de tijd

MF	Vervuilingsgraad			
	Minimaal	Laag	Gemiddeld	Hoog
Open armaturen voor een rechtstreekse verlichting (downlights)				
T5 of T8 – reeks 800				
Vervanging van de groep	0,85	0,80	0,75	0,70
Vervanging van de defecte lampen + vervanging van de groep	0,90	0,85	0,80	0,70
Correctiefactor voor				
Armaturen met afdekplaat voor een rechtstreekse verlichting	MF x 0,95			
Armaturen met beschilderde reflector	MF x 0,90			
Armaturen voor een onrechtstreekse verlichting (up-light)				
T5 ou T8 – série 800				
Vervanging van de groep	0,85	0,70	0,65	0,65
Vervanging van de defecte lampen + vervanging van de groep	0,90	0,75	0,70	0,65
Armaturen met afdekplaat	MF x 0,95		MF x 0,90	
Correctiefactor voor armaturen met beschilderde reflector	MF x 0,90			
Pendelarmaturen met rechtstreekse en onrechtstreekse verlichting (up-light en downlight)				
T5 of T8 – reeks 800				
Vervanging van de groep	0,85	0,75	0,70	0,65
Vervanging van de defecte lampen + vervanging van de groep	0,90	0,80	0,75	0,70
Armaturen met afdekplaat	MF x 0,95			
Correctiefactor voor armaturen met beschilderde reflector	MF x 0,90			

Tabel 1: Standaardwaarden van de onderhoudsfactor

1.5 De UGR

De UGR - Unified Glare Rating (gelijkgeschakelde index van de directe verblinding) – is een internationaal eengemaakte index, ontwikkeld door de CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), voor de evaluatie van de directe verblinding, in functie van de opstelling van de verlichtingstoestellen, de karakteristieken van de ruimte (afmetingen, reflecties) en de waarnemingspositie van de gebruikers.

Concreet wordt een UGR-waarde berekend voor een gegeven positie van de waarnemer in een ruimte en wordt deze waarde vergeleken met een grenswaarde: de grenswaarde voor de hinderlijke verblinding (van de verlichtingsinstallatie) is de door de norm vastgelegde maximale waarde voor de ver-

blinding waaronder er geen hinder ontstaat bij de uitvoering van de taak.

Voor een gegeven positie van een waarnemer, wordt de UGR berekend aan de hand van volgende formule:

$$UGR = 8 \times \log \left[\frac{0,25}{L_b} \times \sum \frac{L^2 \times \omega}{p^2} \right]$$

Waarbij:

- L_b de achtergrondluminantie [cd/m^2] is die berekend wordt op basis van de rechtstreekse verlichtingssterkte van de armaturen op de oppervlakken;
- L de luminantie van de lichtgevende delen van de armatuur [cd/m^2] is, die bepaald wordt op basis van de lichtintensiteit van de armatuur in

- de richting van de waarnemer;
- ω de lichaamshoek is vanuit het oogpunt van de waarnemer, uitgedrukt in steradianen [sr];
- p de positie-index van Guth [-] is. Deze index is afhankelijk van de relatieve positie van de waarnemer tot de armatuur en wordt bekomen door interpolatie van de tabel uit het technisch rapport CIE 117.

Gezien de discretisatie van de waarnemingshoeken, gebeurt de precieze berekening van de UGR voor een welbepaalde positie van een waarnemer gewoonlijk op basis van een computerberekening. Er kan echter een vereenvoudigde methode gebruikt worden om de UGR te berekenen: de **tabelmethode**.

Deze tabelmethode is aangewezen bij een eerste schatting. Ze baseert zich op de bepaling van de verblinding in een rechthoekige ruimte voor twee observatieposities die theoretisch gezien het meest ongunstig zijn. Deze twee posities worden in het midden van de wanden van de ruimte geplaatst en zijn elk gericht volgens de loodrechte richtingen, respectievelijk longitudinaal (endwise) en transversaal (crosswise) genoemd.

De longitudinale kijkrichting is evenwijdig met de vlakken C90/C270 en de transversale kijkrichting is evenwijdig met de vlakken C0/C180. Deze vlakken worden gedefinieerd overeenkomstig de NBN EN 13032-1 norm.

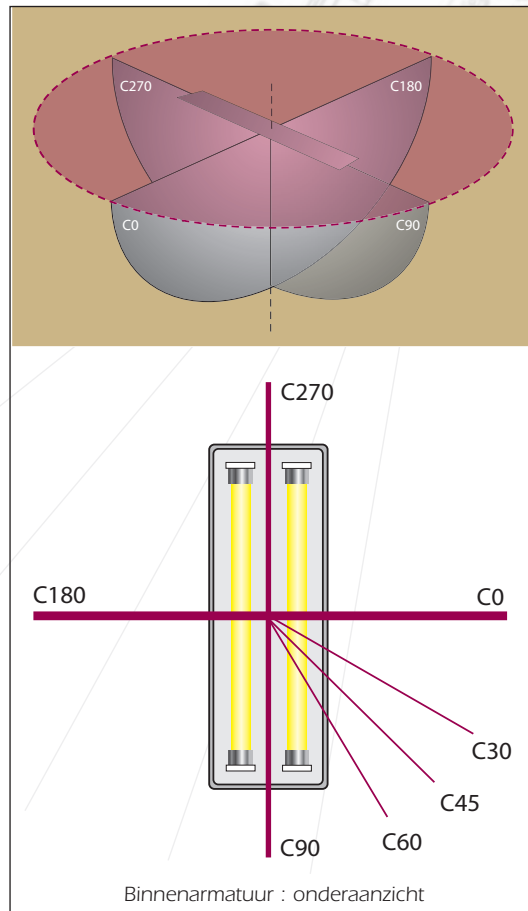
De tabelmethode berust op het gebruik van de UGR-tabel (verschafte door de armatuurfabrikant) waarvan de waarden indien nodig moeten gecorrigeerd worden. Deze methode vereist verschillende gegevens met betrekking tot de vorm van de ruimte, de plaatsing van de armaturen en de reflectiecoëfficiënt van de wanden.

De UGR-waarden voor de twee kijkrichtingen (longitudinaal en transversaal) worden bepaald door de afmetingen van de ruimte uit te drukken in verhouding tot H , de afstand tussen de hoogte van de ogen van de waarnemer en het montagevlak van de armaturen.

Zo wordt H voor een ruimte van 12 m lang, 6 m breed en 2,7 m hoog als volgt bepaald :

- Montagehoogte van de armaturen: 2,7 m (hoogte onder plafond);
- Ooghoogte van de waarnemer: 1,2 m (ooghoogte van een zittend persoon).

Hoogte boven de ogen: $H = 1,5$ m



Figuur 19: C0/C180 en C90/C270 vlakken

Nota: De afmeting x is loodrecht genomen t.o.v. de observatierichting en y is parallel genomen t.o.v. de observatierichting.

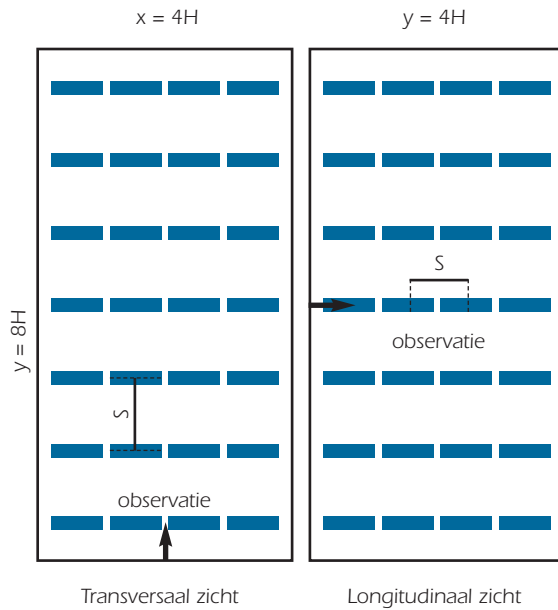
De afmetingen van het lokaal kunnen dus als volgt uitgedrukt worden:

Transversaal: $x = 6 \text{ m} \rightarrow x = 4 H$
 $y = 12 \text{ m} \rightarrow y = 8 H$

Longitudinaal: $x = 12 \text{ m} \rightarrow x = 8 H$
 $y = 6 \text{ m} \rightarrow y = 4 H$

Zodra de x - en y -waarden bepaald zijn in functie van H , worden de UGR-waarden uit de tabel gehaald in functie van de reflectiecoëfficiënten van het lokaal.

Indien de reflectiecoëfficiënten van het plafond 70 % zijn, die van de muren 50 % en die van de vloer 20 %, zijn de UGR-waarden uit de tabellen voor het bovenstaande voorbeeld respectievelijk gelijk aan 14,0 voor het transversaal zicht (evenwijdig met de vlakken C0/C180) en 13,1 voor het lon-



Figuur 20 : Standaard UGR-tabel

gitudinaal zicht (evenwijdig met de vlakken C90/C270). Zie Figuur 21.

Wanneer in de tabel geen enkele specifieke indicatie gegeven is, zijn de vermelde UGR-waarden niet-gecorrigeerde waarden. De standaardtabel wordt namelijk opgesteld voor een lamp met een bepaald vermogen en een lichtstroom van 1.000 lm.

Het is aangewezen de UGR-waarden te corrigeren in functie van de reële prestaties van de lampen die gebruikt worden, daar de waarden uit de UGR-tabel mee de UGR van gelijkaardige armaturen uigert met lampen met een verschillend vermogen en verschillende lichtstromen, bepalen.

Bij een lamp van 36 W en een lichtstroom van 3.250 lm, wordt een eerste correctiefactor ingevoerd met de waarde zoals vermeld in Figuur 21 (0 in dit geval).

De tweede correctie wordt gedaan om de totale lichtstroom van de lamp (3.250 lm) in rekening te brengen. Ze wordt opgeteld bij de reeds berekende waarde en wordt als volgt berekend:

$$8 \times \log \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right) = 8 \times \log \left(\frac{3.250}{1.000} \right) + 4,1$$

Reflectances:		0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
ceiling/cavity		0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
walls		0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
working plane		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Room dimensions:		Viewed crosswise					Viewed endwise				
x = 2H	y = 2H	14,4	15,4	14,6	15,6	16,0	13,5	14,5	13,7	14,7	15,1
	3H	14,3	15,3	14,6	15,5	15,8	13,3	14,3	13,6	14,5	14,8
	4H	14,2	15,1	14,5	15,3	15,6	13,2	14,1	13,5	14,3	14,6
	6H	14,0	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,8	13,4	14,1	14,4
	8H	14,0	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,8	13,4	14,1	14,4
	12H	14,0	14,8	14,3	15,0	15,4	13,0	13,8	13,3	14,0	14,4
4H	2H	14,4	15,3	14,7	15,5	15,8	13,6	14,5	13,9	14,7	15,0
	3H	14,3	15,1	14,6	15,3	15,7	13,4	14,2	13,7	14,4	14,8
	4H	14,1	15,0	14,5	15,2	15,7	13,2	14,1	13,6	14,3	14,8
	6H	14,1	14,7	14,6	15,1	15,6	13,2	13,8	13,7	14,2	14,7
	8H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	12H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
8H	4H	14,6	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	14,0	14,5	14,5	14,9	15,3	13,1	13,6	13,6	14,0	14,4
	8H	13,9	14,3	14,4	14,7	15,3	13,0	13,4	13,5	13,8	14,4
	12H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
	4H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	13,9	14,3	14,4	14,7	15,3	13,0	13,4	13,5	13,8	14,4
12H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4	
Variations with the observer position at spacings:											
S = 1H		+0,9 / -2,1					+0,8 / -1,5				
1,5H		+2,2 / -7,9					+2,6 / -12,1				
2H		+4,0 / -16,0					+4,0 / -22,9				
Corrections for other luminaires of the same type:											
1 x 18W: +2,4				1 x 36W: 0				1 x 58W: -0,8			

Figuur 21 : Type tabel voor de UGR

	Transversaal (Crosswise)	Longitudinaal (Endwise)
Niet gecorrigeerde UGR	14	13,1
Correctie type lamp	0	0
Lichtstroomcorrectie van de lamp	4,1	4,1
Gemiddelde UGR	18,1	17,2

Tabel 2 : Berekening van de gemiddelde UGR

De berekende UGR-waarden zijn gemiddelde waarden. Om de variaties van de posities in aanmerking te nemen en de maximale UGR te berekenen, wordt een bijkomende correctie opgeteld afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de armaturen in de kijkrichting. Hoe groter de onderlinge afstand, hoe belangrijker deze correctie. Wanneer er namelijk weinig ruimte zit tussen de armaturen, is uniformiteit van de luminanties hoog. Enkel wanneer de onderlinge afstand groter wordt, is er een meer duidelijke variatie van de luminantie.

De correctie die rekening houdt met de onderlinge afstand, S genaamd, wordt bepaald door de

onderlinge afstand uit te drukken in functie van de hoogte H, zoals hierboven reeds gebruikt.

Opmerking: met onderlinge afstand wordt de afstand van midden tot midden tussen twee naburige armaturen bedoeld.

Als de onderlinge afstand tussen de armaturen in ons voorbeeld 1,5 m bedraagt, komt dit overeen met 1 H. S is dus = 1 H.

Met behulp van de twee vermelde waarden kunnen de maximale en minimale UGR voor elke kijkrichting berekend worden. Met de twee berekende max. UGR-waarden (één in elke richting) moet

8H	13,9	14,3	14,4	14,5	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
Variations with the observer position at spacings:										
S = 1H		+0,9 / -2,1					+0,8 / -1,5			
1,5H		+2,2 / -7,9					+2,6 / -12,1			
2H		+4,0 / -16,0					+4,0 / -22,9			
Corrections for other luminaires of the same type:										
1 x 18W:	+2,4									
1 x 36W:		0								
1 x 58W:								-0,8		

Figuur 22 : Type tabel voor de UGR

	Transversaal	Longitudinaal
Niet gecorrigeerde UGR	14	13,1
Correctie type lamp	0	0
Lichtstroomcorrectie	4,1	4,1
Gemiddelde UGR	18,1	17,2
Min. correctie S	-2,1	-1,5
Max. correctie S	0,9	0,8
Min. UGR	16,0	15,7
Max. UGR	19,0	18,0

Tabel 3 : Berekening van de gecorrigeerde UGR-waarden

rekening gehouden worden: ze moeten lager zijn dan de waarde die aanbevolen wordt in de norm NBN EN 12464-1.

Hoe lager de waarde is, hoe minder er directe verblinding is. Voor UGR-waarden lager dan 10 treedt geen enkele merkbare verblinding op. Het is pas vanaf waarden rond 22 dat de verblinding sto-

Kantoren	UGR ≤ 19
Kantoren waar detailwerk wordt verricht (bv.: technisch tekenen)	UGR ≤ 16
Vergaderzalen	UGR ≤ 19
Onthaal	UGR ≤ 22
Trappen	UGR ≤ 25
Gangen	UGR ≤ 28

Tabel 4 : Type waarden voor de UGR

rend wordt. Voor waarden hoger dan 28 wordt de verblinding zelfs ondraaglijk.

De norm NBN EN 12464-1 stelt de volgende typische waarden voor:

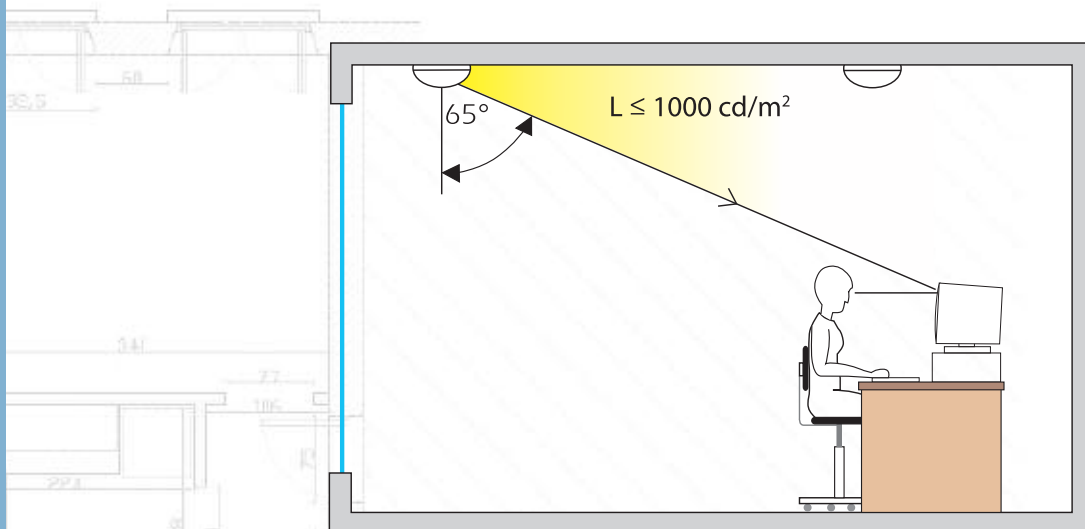
Voor de UGR-eisen hanteert de norm standaardwaarden, verdeeld in categorieën: 16, 19, 22, 25 en 28.

Voor de werkposten met beeldscherm voorziet de norm NBN EN 12464-1 eveneens een maximale gemiddelde luminantie van de armaturen voor elevatiehoeken van 65° tot 85° in alle kijkrichtingen.

Dit kan niet bepaald worden op basis van een benaderende methode. Men moet zich tot de fabrikant richten of meer gedetailleerde berekeningen uitvoeren.

Soorten schermen volgens ISO 9241-7	I	II	III
Schermkwaliteit	Goed	Gemiddeld	Slecht
Gemiddelde luminantie van de lampen die weerkaatst worden in het scherm	$\leq 1000 \text{ cd/m}^2$		$\leq 200 \text{ cd/m}^2$

Tabel 5: Schermklassen volgens ISO-9242-7



Figuur 23 : Maximum van de luminantie voor een elevatiehoek die groter is dan 65°

2 Een kwaliteitsvol project volgens de gestelde prioriteiten

Er zijn twee voorwaarden verbonden aan een kwaliteitsvol verlichtingsproject: voldoende visueel comfort verzekeren en streven naar energiebesparing.

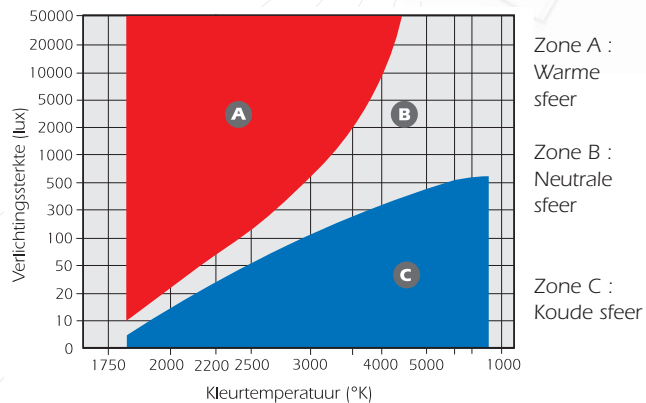
De eerste voorwaarde, die van het visuele comfort, is de doelstelling die moet bereikt worden. De tweede voorwaarde - het rationele gebruik van verlichting - is een logica die moet geïntegreerd worden van aan het begin tot het einde van het project.

Naast de eisen bepaald in de norm NBN EN 12464-1, zijn de te beschouwen parameters voor deze twee voorwaarden verschillend.

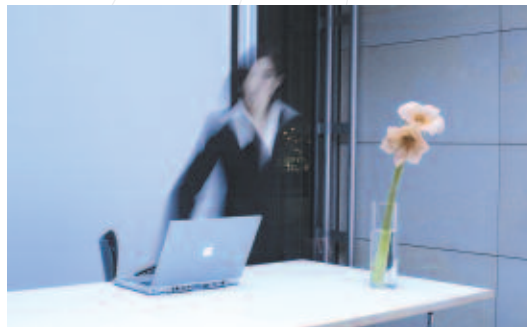
2.1 Het visuele comfort

Boven de eisen in de NBN EN 12464-1 norm (gemiddeld verlichtingssterkteniveau, uniformiteit, UGR en kleurweergave-index), bestaan er ook andere factoren om voldoende visueel comfort te waarborgen:

- Het evenwicht tussen de luminanties in het hele lokaal (luminanties van de verschillende wanden, van de werkoppervlakken, van de computerschermen, ...);
- De kleurtemperatuur. Deze parameter is dan wel een psychologisch begrip, maar er is toch een tendens om te kiezen voor lichtbronnen met een lage gecorreleerde kleurtemperatuur voor ruimtes die weinig verlicht zijn en aan lichtbronnen met een hoge gecorreleerde kleurtemperatuur voor goed verlichte ruimtes;
- Naast de kleurtemperatuur en de kleurweergave-index, is het bij speciale toepassingen (zoals beenhouwerijen, vishandels, ...) belangrijk te kiezen voor bronnen met een uitstekende kleurweergave voor de hoofdkleur van de gebruiksvoorwerpen;
- Voor visueel comfort is het ook uiterst belangrijk dat er geen flikkering is. Dit hangt sterk af van de voedingsfrequentie van de lichtbronnen. Bij 30.000 Hz kunnen de lokaalgebruikers geen enkel probleem van flikkering waarnemen;
- De afwezigheid van schaduwen - met inbegrip van de schaduwen van de gebruikers of eventuele meubelstukken -, in de werkzone of van verblinding door reflectie op blinkende oppervlakken of door het sluiereffect.



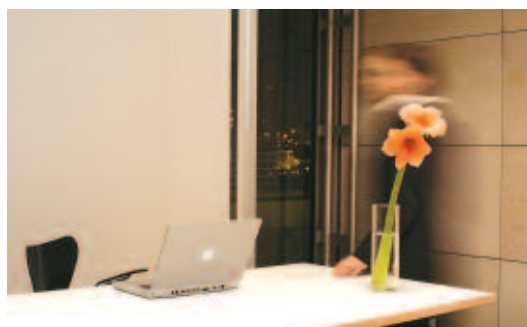
Figuur 24 : Kruithoff diagram



Figuur 25 : Koud licht (5.000 K)



Figuur 26 : Neutraal licht (3.500 K)



Figuur 27 : Warm licht (2.500 K)

2.2 Rationeel energiegebruik

Reeds vanaf de ontwerpfasen van de verlichtingsinstallatie dient rekening gehouden te worden met rationeel energiegebruik. De ontwerper ziet erop toe dat:

- De waarden van de NBN EN 12464-1 norm nageleefd worden zonder dat ze bovenmatig overschreden worden. Het is aangewezen om het niveau van de gemiddelde te verzekeren verlichtingssterkte in de norm met niet meer dan 20% te overschrijden;
- Gekozen wordt voor kwaliteitsmateriaal (lampen, ballast¹ en armatuur);
- Naar boven gerichte lichtstromen beperkt wordt in de lokalen waar de onrechtstreekse verlichting niet noodzakelijk is;
- De algemene verlichting van het lokaal in de mate van het mogelijke op een doordachte manier gecombineerd wordt met de verlichting van de werkzones;
- Enkel de **noodzakelijke hoeveelheid** licht geleverd wordt, **waar** en **wanneer** nodig. Men moet dus de voorkeur geven aan een verlichtingsbeheer dat afhankelijk is van de activiteit, de aanwezigheid, de natuurlijke verlichting, ...

2.2.1 Het geïnstalleerde vermogen

De meest directe manier om in te spelen op de installatie is het beperken van het geïnstalleerde vermogen terwijl toch het comfort van de gebruikers gegarandeerd blijft: het elektrische vermogen, dat gedefinieerd wordt door de som van alle armaturen in een lokaal (met inbegrip van de gedecentraliseerde armaturen), moet zo laag mogelijk zijn.

We vermelden hier ter informatie enkele geïnstalleerde vermogens van een verlichtingsinstallatie die men energetisch gezien als goed ontworpen kan beschouwen:

- max. 2 tot 2,5 W/m² per 100 lux voor kantoren, leslokalen, ...
- max. 3,5 W/m² per 100 lux voor grote halls (echter niet hoger dan 5 m);
- max. 3,5 W/m² per 100 lux voor circulatie.

Een andere manier om het energieverbruik van de verlichtingsinstallatie te beperken is het voorzien van een degelijk verlichtingsbeheer. In het ideale geval worden de beide manieren gecombineerd.

2.2.2 Het verlichtingsbeheer

Het verlichtingsbeheer is een belangrijke parameter voor een goede verlichtingsinstallatie. Dankzij een goede regeling kan tegelijkertijd het visuele comfort verbeterd worden (antwoord op de vraag van de gebruikers) en energie bespaard worden.

Kunnen vermeld worden:

- Zonering;
- Tijdsregeling;
- Aan- of afwezigheidsdetectie;
- Regeling van de geleverde lichtstroom in functie van het beschikbare daglicht;
- Programmeerbaarheid (à conserver note : autre terme à utiliser).

Zonering met een afzonderlijke regeling van de armaturen kan gerealiseerd worden dicht bij vensteropeningen, in grote kantoren of vergaderzalen.

Dankzij een tijdsregeling kan de verlichting volledig of gedeeltelijk uitgeschakeld worden op tijdstippen dat er niemand in het gebouw is (bv.: automatische uitschakeling om 19u00).

Een aan- en/of afwezigheidsdetectie maakt het mogelijk de verlichting aan of uit te schakelen, in functie van de bezetting van de lokalen (technische lokalen die weinig gebruikt worden, landschapskantoren,...).

Een regeling van de lichtstroom in functie van het beschikbare daglicht kan plaatselijk (per armatuur) of centraal (per armatuurgroep) gebeuren door het opmeten van de verlichtingssterkte op het werkvlak of van de luminantie van de vensteropening en soms zelfs in functie van de gemeten verlichtingssterkte buiten het gebouw.

De manier waarop de regeling van de armaturen gebeurt, is echter afhankelijk van het type armatuur en van het type regeling.

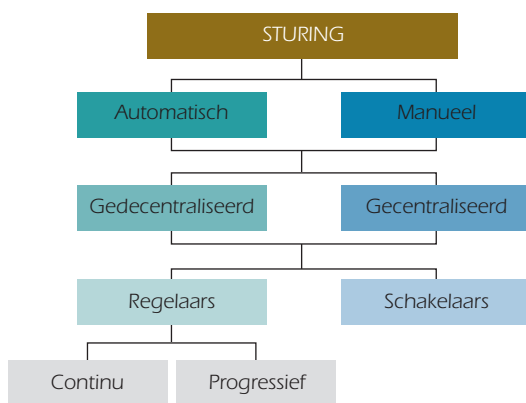
De regeling op basis van analoge signalen (spanning van 1 tot 10 V) of digitale signalen (systemen die informatie overbrengen met behulp van communicatieprotocollen van het type DALI of andere) kan

¹ Voor ballasten moet men conform zijn met de Europese richtlijn 2000/55/CE die sinds november 2005 het gebruik verbiedt van ballasten van categorie C en D, alsook naar de koninklijke besluiten die van toepassing zijn

een invloed hebben op de bekabeling en/of op de toekomstige flexibiliteit van de regeling.

De bedieningssystemen voor verlichting kunnen onderverdeeld worden in schakelende of module-rende systemen, manuele of automatische systemen en gecentraliseerde of gedecentraliseerde systemen.

Hoewel in de praktijk alle combinaties mogelijk zijn, zijn de meest gebruikte systemen de automatische gedecentraliseerde schakelaar in combinatie met aanwezigheidsdetectie, de tijdsschakelaar, de plaatselijke automatische regeling in functie van het daglicht en natuurlijk ook de klassieke manuele gecentraliseerde of gedecentraliseerde schakelaars.



Figuur 28 : Classificatie van de bedieningssystemen voor verlichting

De technologie van de automatische bediening van verlichting evolueert snel en er komen steeds méér gesofistikeerde systemen op de markt die het mogelijk maken de prestaties te verbeteren, alsook de flexibiliteit van de kantoren, de tevredenheid van de gebruikers en het energetisch rendement.

De voornaamste argumenten voor het plaatsen van een automatische bediening zijn:

- Energiebesparing: vermindering van de branduur buiten de gebruiksperiodes van het lokaal, exploitatie van daglicht;
- De hoogste graad van tevredenheid van en comfort voor de gebruiker die de visuele omgeving beter kan controleren;
- De hoogste flexibiliteit voor de ruimtes (bijzonder duidelijk bij kantoorverdiepingen), want de schakel- en variatiefuncties worden onafhankelijk van de fysieke voedingsbekabeling.

Wanneer de wanden tussen de bureaumodules of werkposten verplaatst worden, kunnen de armaturen en schakelaars, afhankelijk van de behoeften, gemakkelijk anders ingericht worden via programmering van het regelsysteem;

- De uitgebreide regelmogelijkheden. Bepaalde systemen laten toe om, gecentraliseerd of gedecentraliseerd, de regelingen, de prestaties en de onderhoudsinformatie te wijzigen;
- De vereenvoudiging van het ontwerp en van de installatie, want de elektronica, de voedingscircuits en de afstandsbedieningen kunnen vaak los staan van de inrichting van de lokalen.

Over het algemeen maakt de regeling van een verlichtingsinstallatie via sensoren en controle-units het mogelijk om een energiebesparing te garanderen. Het is echter belangrijk aandacht te besteden aan het parasitair verbruik van het geheel, dat voor bepaalde systemen niet verwaarloosbaar is, of soms zelfs energieverslindend.

3 De dimensionering van het project

3.1 De bepaling van de roosterpunten

Tijdens de dimensioneringsfase van het project, wanneer men de installatie wenst te dimensioneren op basis van berekeningen, is het noodzakelijk de roosterverdeling van het berekeningsrooster aan te passen aan de afmetingen van de beschouwde oppervlakte.

Het is hier van belang een onderscheid te maken tussen de roosterverdeling die standaard wordt toegepast en de roosterverdeling van sportinstallaties vastgelegd in de norm NBN EN 12193.

3.1.1 Standaardroosterverdeling

De roosterverdeling gebeurt standaard door de belangrijkste kijkrichtingen (longitudinaal en transversaal) te beschouwen. Voor elke kijkrichting wordt een maaswijdte (p) berekend.

Nota: de maaswijdte is per definitie de afstand tussen twee meet- of dimensioneringspunten.

Deze afstand varieert voor de 2 kijkrichtingen afhankelijk van de afmetingen van het lokaal en wordt bepaald op basis van de berekening van het aantal roosterpunten (zie Figuur 29).

Als het lokaal in de beschouwde richting langer is dan 20 meter, dan wordt het aantal roosterpunten in deze richting bepaald met behulp van volgende formule:

$$n = (0,375 \times d) + 12,5 \quad [-]$$

Als het lokaal in de beschouwde richting tussen 5 en 20 meter lang is, dan wordt het aantal roosterpunten in deze richting bepaald met behulp van volgende formule:

$$n = \frac{2}{3} \times (d + 10) \quad [-]$$

Als het lokaal in de beschouwde richting tussen 2 en 5 meter lang is, dan wordt het aantal roosterpunten in deze richting bepaald met behulp van volgende formule:

$$n = \frac{1}{3} \times [(4 \times d) + 10] \quad [-]$$

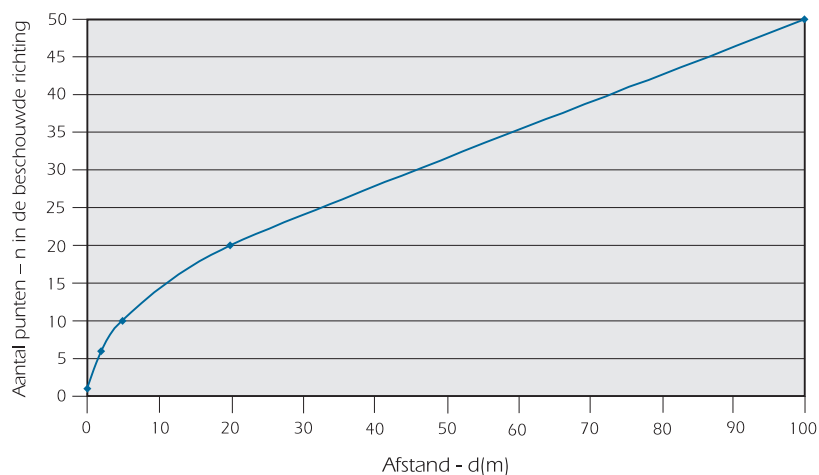
Als het lokaal in de beschouwde richting korter is dan 2 meter, dan wordt het aantal roosterpunten in deze richting bepaald met behulp van volgende formule:

$$n = 3 \times d \quad [-]$$

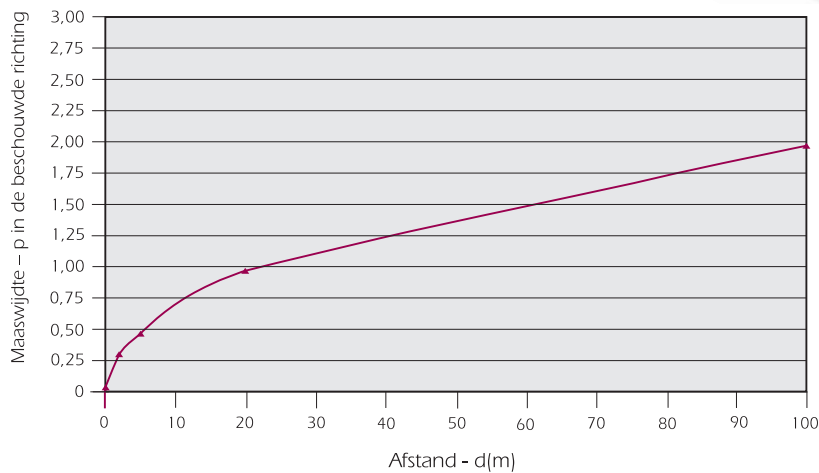
De maaswijdte (afstand tussen de rekenpunten) wordt dan bepaald door de afstand d te delen door het aantal roosterpunten volgens de beschouwde richting.

$$p = \frac{d}{n} \quad [m]$$

In de voorgaande formules is d de lengte van het lokaal in de beschouwde kijkrichting, uitgedrukt in meter.

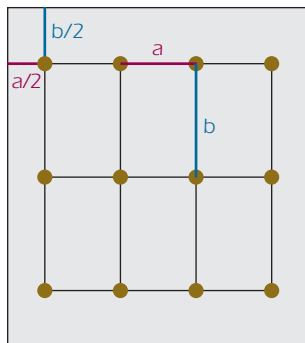


Figuur 29: Variatie van het aantal roosterpunten in functie van de afmetingen van het lokaal volgens de beschouwde kijkrichting



Figuur 30 : Standaardroosterverdeling met afstanden a en b in de longitudinale en transversale richting

Ongeacht het beschouwde oppervlak moeten de roosterpunten in de mate van het mogelijke zodanig geplaatst zijn dat afstand tussen een punt van de rand/periferie van de roosterverdeling en de rand van de bestudeerde ruimte gelijk is aan de helft van de gebruikte afstand in deze richting.



Figuur 31 : Standaard maaswijdte a en b in de longitudinale en transversale richtingen

Opmerking: Het aantal roosterpunten voor de bepaling van de maaswijdte, is de waarde die bekomen wordt met de formule die hoger wordt vermeld, naar boven afgerond (als bijvoorbeeld $n = 4,3333$ dan wordt het aantal roosterpunten afgerond op 5).

De gebruikte afmetingen worden d1 en d2 genoemd en worden uitgedrukt in meter. Het is uiteraard steeds toegelaten een groter aantal punten te beschouwen.

3.1.2 Sportinstallaties

Bij de dimensionering van sportinstallaties varieert de maaswijdte (afstand tussen twee meet- of rekenpunten, uitgedrukt in meter) die gebruikt wordt voor de dimensionering en de berekening, wat normaalgezien niet het geval is bij de dimensionering van binnenverlichting.

Voor sportinstallaties is de maaswijdte (p) afhankelijk van:

- De beoefende sport;
- De geometrie van de installatie;
- De lichtverdeling van de geïnstalleerde armaturen;
- De verwachte nauwkeurigheid.

Omdat het in de praktijk erg moeilijk is de maaswijdte te bepalen in functie van al deze parameters, kan deze geschat worden met behulp van volgende formule:

$$p = 0,2 \times 5^{\log(d)}$$

waarbij

- p de maaswijdte is (uitgedrukt in meter);
- d de grootste afmeting van het referentievlak is (uitgedrukt in meter). De waarden voor de grootste afmetingen van het referentievlak zijn per sport vastgelegd (voor de meest courant beoefende sporttakken in Europa).

Zo bekomt men:

- $p = 0,2$ m indien $d = 1$ m;
- $p = 1$ m indien $d = 10$ m;
- $p = 5$ m indien $d = 100$ m.

Het aantal roosterpunten in de langste richting wordt gegeven door het gehele getal dat het dichtst de verhouding d/p benadert.

We verwijzen naar bijlage 4.3 *Controle ter plaatse* voor de bepaling van de roosterverdeling bij de controle ter plaatse.

3.2 De reflectiecoëfficiënten van de wanden

De reflectiecoëfficiënt van de wanden $\rho(\%)$ is zeer belangrijk op het niveau van de waarneming van het visuele comfort. Hij wordt gedefinieerd als de hoeveelheid lichtenergie die weerkaatst wordt door een oppervlak gedeeld door de hoeveelheid lichtenergie die het oppervlak ontvangt.

3.2.1 Standaardreflectiecoëfficiënten

Indien er geen specifieke voorschriften zijn bij de dimensionering van een ontwerp, worden de volgende coëfficiënten als referentiewaarden genomen.

Standaardreflectiecoëfficiënt	
Plafond	0,7
Wanden	0,5
Vloer	0,3

Tabel 6: Te beschouwen standaardreflectiecoëfficiënt

Deze oppervlakken worden standaard als perfect diffuus beschouwd, wat natuurlijk een benadering is. Het ligt echter niet zo ver van de werkelijkheid: de meeste bouwmaterialen zijn gewoonlijk heel diffuus (met uitzondering van gepolijste oppervlakken of inox materialen,...)

3.2.2 Specifieke reflectiecoëfficiënten

Voor meer gedetailleerde berekeningen op basis van echte waarden is het aangewezen rekening te houden met de reële reflectiecoëfficiënten van de wanden die gebruikt worden.

Deze informatie kan bekomen worden bij de leveranciers van materialen of aan de hand van metingen.

De informatie verkregen bij de leveranciers bestaat bijvoorbeeld uit een RAL-code (kleurcode) die het mogelijk maakt via conversie naar de colorimetrische ruimte, de Y_{xy} gegevens te bekomen en dus via Y de hemisferische reflectiecoëfficiënt.

De colorimetrische meting van de materialen maakt het op haar beurt mogelijk om rechtstreeks de colorimetrische gegevens Y_{xy} van het beschouwde materiaal te bekomen en dus via Y de hemisferische reflectiecoëfficiënt.

4 Bijlagen

4.1 Technische fiche van een armatuur

Om het visuele comfort en de verlichtingsinstallatie zo goed mogelijk te ontwerpen, is het van belang de geplaatste armaturen zo gedetailleerd mogelijk te beschrijven.

Hiertoe is het aangewezen:

- De referenties van de armatuur in detail te beschrijven (soort materiaal, merk, referenties van de fabrikant);
- Beknopt de armatuur te beschrijven (algemene eigenschappen);
- Te verduidelijken of het toestel gelijkvormigheidsattesten of kwaliteitslabels heeft;
- De verschillende onderdelen van de armatuur

gedetailleerd te beschrijven (lamp, ballasten en voorschakelapparatuur, steun, reflector en/of optieken) ;

- De fotometrische eigenschappen van de armatuur te verduidelijken (polair diagram van lichtintensiteit in cd/1.000 lm volgens de vlakken C0/C180 en C90/C270, tabel van lichtintensiteit in cd/1.000 lm, luminantietabel voor de nominale lichtstroom van de lamp, hemisferische rendementen volgens de CIE 100 classificatie, CIE-fluxcodes volgens het technische rapport CIE 52, CEN-fluxcodes volgens de NBN EN 13032-2 norm, lichtoppervlak, UGR volgens het technische rapport CIE 117).

Hieronder vindt u een voorbeeld van een technische fiche die kan gebruikt worden om een armatuur te beschrijven.

4.2 Standaard technische fiche

Technische fiche nr. x	
Datum: xx/xx/20xx	
Referentie	
Materiaal	:
Merk van het toestel	:
Referentie fabrikant	:
Beknopte beschrijving van de armatuur	
Gelijkvormigheid	
Het materiaal:	
☐ heeft een gelijkvormigheidattest van de fabrikant	
Soort attest:	Reeks:
Datum van inwerkingtreding:	Einddatum:
☐ heeft kwaliteitslabels van de fabrikant	
Soort label:	
☐ werd geproduceerd in een erkende fabriek:	
☐ werd geproduceerd volgens de beschermingsklasse:	
☐ werd geproduceerd volgens de schokbestendigheidsklasse IK-- : --	
Beschrijving	
D.1. Lamp	
- Merk :	
- Type :	
- Nominaal vermogen	: W
- Nominale lichtstroom * na 100 u werking	: lm
- Kleurtemperatuur *	: K
- Kleurweergave-index *	:
- Omgevingstemperatuur voor optimale werking	: °C
- Gemiddelde levensduur*	: uren
* met ballast hernoemen in D.2	
D.2. Hulpmiddelen (ballast)	
- Merk	:
- Type	:
☐ Ferromagnetische ballast	:
• Klasse volgens richtlijn 2000/55/CE	:
• Systeemvermogen	: W
☐ Elektronische ballast	:
• Klasse volgens richtlijn 2000/55/CE	:
• Systeemvermogen	: W
- Ballast lumen factor (BLF volgens CIE 121)	:

D.3. Armatuur

- Beschrijving van de behuizing van de armatuur: (bijvoorbeeld: plaat, plaatdikte, corrosieweerstand, lak, positie lampen, afmetingen van de armatuur,.....)
- Beschrijving van het optisch systeem: (bijvoorbeeld: soort reflector, aluminiumkwaliteit, vorm van de schotten, bevestiging van de reflector op de steun, afschermhoeken, aansluiting van de reflector op de aarding,.....)
- Beschrijving van het montagesysteem: (bijvoorbeeld: via draadstangen)

Foto's en detailplannen in bijlage (aantal) :

Fotometrische eigenschappen van de armatuur

E.1. Polair diagram van lichtintensiteit in cd/1000 lm

Volgens de vlakken C0/C180 en C90/C270

E.2. Tabel van lichtintensiteit in cd/1000 lm

Volgens de Gamma-vlakken C0 - C15 - C30 - C45 - C60 - C75 - C90 voor de vlakken gericht volgens stappen van telkens 5°.

E.3. Luminantietabel voor de nominale lichtstroom van de lamp

(In dezelfde vlakken als E.2.)

E.4. Hemisferische rendementen volgens CIE 100 classificatie

- | | | | |
|----------|---|-------|---|
| - Boven | : | ..... | % |
| - Onder | : | ..... | % |
| - Totaal | : | ..... | % |

E.5. Fluxcodes CIE - CEN

CIE-fluxcodes volgens CIE 52

- | | | | |
|-------------------|---|-------|----|
| - .N1 (= FC1/FC4) | : | ..... |  |
| - .N2 (FC2/FC4) | : | ..... |  |
| - .N3 (FC3/FC4) | : | ..... |  |
| - .N4 (FC4/F) | : | ..... |  |
| - .N5 (F/PHIS) | : | ..... |  |
| - PHIS | : | ..... | lm |

CEN-fluxcodes, afgekort volgens NBN EN 13032-2

- | | | |
|-------------|---|-------|
| - FCL1/FCL4 | : | ..... |
| - FCL2/FCL4 | : | ..... |
| - FCL3/FCL4 | : | ..... |
| - DFF | : | ..... |
| - LOR | : | ..... |

E.6. Lichtoppervlak

- | | | | |
|------------------|---|-------|-----------------|
| - Lengte | : | ..... | mm |
| - Breedte | : | ..... | mm |
| - Lichtoppervlak | : | ..... | mm ² |

E.7. Evaluatie van de verblinding volgens UGR overeenkomstig CIE 117 (tabel)

Het is aangewezen voor de UGR-tabel het soort lamp, evenals de lichtstroom te verduidelijken waaraan voornoemde tabel beantwoordt.

4.3 Controle ter plaatse

Indien een meting van de gemiddelde verlichtingssterkte en van de uniformiteit van de verlichtingssterkte ter plaatse noodzakelijk is, dienen volgende stappen gevolgd te worden:

- De metingen moeten gebeuren nadat de installatie in totaal minstens een honderdtal uren gewerkt heeft.
- Alle meubilair dat niet gepreciseerd werd in het lastenboek dient uit het lokaal verwijderd te worden.
- Bij meting in geval van betwisting, dienen de reflectiecoëfficiënten van de wanden overeen te stemmen met de reflectiecoëfficiënten die aanbevolen worden in het lastenboek. Wanneer dit niet het geval is, dienen aanvullende computersimulaties te worden uitgevoerd.
- De installatie moet minstens 1 uur voor het aanvatten van de metingen aanzet worden. Voor gloei- en halogeenlampen volstaan 15 minuten van voorverwarming.
- Vooreerst over te gaan tot het meten van de verlichtingssterkte, is het noodzakelijk de voedingsspanning van de verlichtingstoestellen te meten (deze spanning moet minimum 220 V bedragen), alsook de omgevingstemperatuur van het lokaal (indien er geen specifieke voorschriften in het lastenboek vermeld staan, dient de temperatuur tussen 18 en 25°C te liggen). Als deze twee voorwaarden niet voldaan zijn, kunnen de metingen van de verlichtingssterkte niet worden uitgevoerd.
- Om de meetpunten te bepalen, dient de te meten werkzone afgebakend te worden, zoals vermeld in het oorspronkelijk bestek. Idealiter wordt de werkzone begrensd door een rechthoek.
 - Voor werkoppervlakken van meer dan 10 m² is de onderlinge afstand tussen de meetpunten max. 1 m. (Conform met addendum I van de NBN L14-002), er wordt echter geen enkele meting uitgevoerd op minder dan 0,5 m van een wand, om randeffecten te vermijden.
 - Voor kleinere werkoppervlakken of werkvlakken die niet kunnen begrensd worden door een rechthoek wordt de positie van de meetpunten die gebruikt werd tijdens de dimensi-

onering overgenomen. Bij gebrek hieraan wordt een onderlinge afstand van 30 cm aanbevolen.

- De meetpunten worden symmetrisch in de ruimte geplaatst.



Figuur 32 : Luxmeter V(λ)

- De gebruikte luxmeter dient een V(λ) luxmeter te zijn, geijkt en gecorrigeerd voor $\cos(\phi)$. De opgemeten waarden ter plaatse dienen bovendien gecorrigeerd te worden met een correctiefactor waarbij rekening gehouden wordt met het type lichtbronnen.
- De meting van de verlichtingssterkte gebeurt in elk roosterpunt zoals hierboven gedefinieerd. De luxmeter wordt evenwijdig met het verlichte oppervlak geplaatst (horizontaal bij een horizontaal werkoppervlak, verticaal bij een bord, diagonaal bij een hellende werkpost of tekentafel, ...). Voor de horizontale verlichtingssterkte is de meethoogte gelijk aan de hoogte van het werkvlak.
- Voor metingen in lokalen met natuurlijke verlichting is de meest eenvoudige manier van werken om nachtmetingen uit te voeren en eventueel kunstmatig licht van buitenaf af te schermen. Indien dit niet mogelijk is, dienen de metingen van de verlichtingssterkte in 2 stappen te gebeuren die in de tijd zo dicht mogelijk op elkaar volgen: een eerste stap waarbij de meting gebeurt met diffuus natuurlijke (overtrokken hemel) verlichting en kunstverlichting en een tweede stap met enkel natuurlijke verlichting. Het verschil tussen de resultaten in een zelfde punt is het aandeel van de kunstverlichting in dit punt.

- Wanneer alle metingen werden uitgevoerd en gecorrigeerd met de factoren die van toepassing zijn, is het rekenkundig gemiddelde van de waarden op de verschillende roosterpunten gelijk aan de gemiddelde verlichtingssterkte. De nauwkeurigheid van de bekomen meting wordt geschat op 5%. De uniformiteit is de verhouding tussen de minimale gemeten waarde en de gemiddelde verlichtingssterkte.
- Het is belangrijk alle informatie samen te brengen in een verslag (gemeten spanning, omgevingstemperatuur, leeftijd van de installatie, werkingsduur vóór de meting, inplantingschets, gebruikte luxmeter, gebruikte correctiefactoren, types aanwezige lichtbronnen, reflectiecoëfficiënt van de wanden, ...).



Figuur 33 : Afscherming van de vensteropening d.m.v. afdekzeilen



Figuur 34 : Opstellen van de luxmeter

5 Referenties

[BAK 1993]	Baker N., Fanchiotti A., Steemers K., "Daylighting in Architecture, A European Reference Book", James & James, 1993.
[BAK 2003]	Baker N., Steemers K., "Daylight Design of Buildings", James & James, 2003, 250 bladzijden.
[BOD 1999]	Bodart Magali, De Herde André, "Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel", Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Division Energie, 1999, 197 bladzijden.
[WTCB 2002]	WTCB, "Probe : Stap-voor-stap-renovatie van kantoorgebouwen - Voor een beter binnenklimaat met minder energie", WTCB verslag nr 6, 2002, 75 bladzijden.
[DIN 2006]	DIN EN 12464-1 - Zvei Leitfaden zur DIN EN 12464-1, 2005, 26 bladzijden.
[REI 2002]	Reiter Sigrid, De Herde André, "L'éclairage naturel des bâtiments", Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Division Energie, 2002, 265 bladzijden.
[RTV 01]	RTV 01 - Woordenschatgids voor de verlichtingskunde, BIN, september 2001.

6 Bron van de foto's

Wij danken volgende bedrijven voor hun foto's en illustraties:

- Architecture et climat - UCL, pagina's: 23,33
- CSTC - WTCB, pagina's: 7, 8, 17, 19, 25, 32, 33
- ETAP N.V., pagina's: 9, 10, 11, 15
- Mitralux, pagina's: 10, 12, 15
- Philips Lighting, pagina's: 9, 11, 23

Belgisch Instituut voor de Verlichtingskunde

Informatie en contact

Secretariaat van het IBE-BIV
c/o VUB - TW - ETEC
Pleinlaan 2
1050 Brussel

Tel: +32/(0)2-629.28.19
Fax: +32/(0)2-629.36.20
E-mail: ibe-biv@vub.ac.be
www.ibe-biv.be