Technisch document bij Convenant lichthinder melkveehouderij LTO Noord / FMF / NMF

april 2015



SOTTO LE STELLE
ONDERZOEK EN ADVIES LICHTHINDER

Rofianda
Consultancy B.V.

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave 2

Samenvatting 3

Voorgestelde richtlijnen 4

Toelichting richtlijnen 6

Verlichtingsplan 8

Verantwoording 10

Inleiding 10

1. Criteria waaraan de richtlijn moet voldoen 11
2. Melkveestal als lichtbron 12
3. Hinder door het licht van melkveestallen 14
4. Methodiek om de hinder te beperken 15
5. Grenswaarden vaststellen 16

Bijlagen 19

Bijlage 1 De richtlijnen in relatie met Maatlat Duurzame Veehouderij 19

Bijlage 2 Lichtberekeningsprogramma's en meten 20

Bijlage 3 Meten van verlichting in de praktijk 21

Bijlage 4 Lichttechnische grootheden en definities 22

Bijlage 5 Literatuurlijst 23

SAMENVATTING

De nieuwe generatie melkveestallen wordt gekenmerkt door hogere en tevens meer open zijwanden dan hun voorgangers. Het welzijn en gezondheid van het vee zijn gebaat bij deze ontwikkeling. Tevens is er in de nieuwe stallen meer verlichting . Dit heeft een positief effect op de vruchtbaarheid, het dierenwelzijn, de melkproductie en de werkzaamheden die in de stal gedaan worden.

Het open karakter van deze stallen houdt ook in dat direct omwonenden en voorbijgangers van deze stallen tijdens de donkerteperiode (herfst en winter) hinder kunnen ervaren vanwege de nieuwe verlichting die in deze stallen toegepast wordt. Storend vanwege de lichtintensiteit, het zichtbare oppervlakte, de helderheid van het oppervlakte en het contrast met de omgeving. Door deze kenmerken kunnen verlichte stallen opvallen, met name in het donkere buitengebied. Om deze hinder te beperken is een methodiek ontwikkeld, die tot doel heeft grenzen te stellen aan de maximale hoeveelheid licht die op enig moment nog vanuit een melkveestal naar buiten mag treden. De verschillende groepen gehinderden worden benoemd, waarbij ook wordt bepaald waar ze mogelijk hinder van kunnen ondervinden.

Voorgesteld wordt om de lichthinder- richtlijnen van de Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde (NSVV), als uitgangspunt te nemen voor het vaststellen van maximale waarden aan de verlichting in de stallen. In deze richtlijnen worden voor verschillende typen verlichting maximale waarden aangegeven waarboven de verlichting als hinderlijk beschouwd moet worden. Deze grenswaarden verschillen per type omgeving en voor de avond- en nachtsituatie. De praktische bruikbaarheid van de grenswaarden is gevalideerd door middel van een aantal metingen aan melkveestallen in Groningen en Fryslân.

De combinatie van praktijkmetingen en de richtlijnen van de NSVV leveren een aantal aanbevelingen op die kunnen dienen als uitgangspunten van beleid. De aanbevelingen richten zich in het bijzonder op de lengte van de donkerteperiode, op kleurkeuze van bouwmaterialen (in het bijzonder de stalgordijnen) en op plaatsing van en het aantal lichtarmaturen. De Universiteit van Wageningen (WUR) heeft de onderbouwing geleverd van de gewenste donkerteperiode. De meer technische aanbevelingen zijn zoals gezegd afkomstig van metingen die in het kader van dit project op praktijkbedrijven in Groningen en Friesland zijn uitgevoerd.

Het heeft geleid tot aanbevelingen, waarvan de belangrijkste zijn:
1.een donkerteperiode
2. grenswaarden t.a.v. de verlichtingssterkte
3. voorwaarden t.a.v. de montage van de verlichting
4. criteria voor een lichtplan

Er is getracht een zo volledig mogelijke beschrijving en zo veel mogelijk voorschriften te geven van hoe de lichtemissie beperkt kan worden, maar dat betekent niet dat hiermee het laatste woord gezegd is. Alleen al de ontwikkelingen in stalbouw en verlichting zorgen er voor dat het noodzakelijk is om de eventuele richtlijnen up te date te houden en bij te stellen. De in dit technisch document genoemde grensvoorwaarden borgen dat toekomstige technieken hieraan voldoen.

Implementatie van deze aanbevelingen zullen naar verwachting leiden tot een minimalisering van klachten over lichtemissie vanuit melkveestallen.

VOORGESTELDE RICHTLIJNEN

De combinatie van praktijkmetingen en de richtlijnen van de NSVV leveren onderstaande aanbevelingen op die kunnen dienen als uitgangspunten van beleid. De richtlijnen richten zich in het bijzonder op de lengte van de donkerteperiode, op kleurkeuze van bouwmaterialen (in het bijzonder de stalgordijnen) en op plaatsing van lichtarmaturen. De richtlijnen t.o.v. de plaatsing beperken de lichtoverlast vanuit de stallen doordat ze bijdragen aan verlichting die niet van buitenaf zichtbaar is en door gericht te verlichten niet onnodig naar buiten schijnt. De verlichting dient te voldoen aan de richtlijnen geformuleerd in tabel A tot en met C.

Tabel A : maximale grenswaarde (gemiddelde van alle metingen) van de verlichtingssterkte in relatie tot tijdstippen, stand en kleur van het stalgordijn.

Periode van de dag	Hoofd verlichting	Stand stalgordijn	Kleur stalgordijn	Type meting	Maximale gemiddelde verlichtingssterkte (*)	Locatie
dag/avond (maximaal) 05.00-23.00	aan	gesloten	wit	verticale verlichtingssterkte op binnenkant stalgordijn	12 lux	binnenkant stalgordijn
			groen-antraciet-zwart		60 lux	binnenkant stalgordijn
		open	wit-groen-antraciet-zwart	verticale verlichtingssterkte buiten stal	5 lux	buiten de stal, zie tabel B
Nacht (**) (minimaal) 23.00-05.00	uit	gesloten-open	wit-groen-antraciet - zwart	horizontale verlichtingssterkte op grond	5 lux	in de stal op de grond

(*) Na onderzoek zijn we gekomen tot o.a. bovenstaande tabel met grenswaarden voor verlichtingssterkte (naast een donkerperiode, voorwaarden voor montage en criteria voor een lichtplan). De norm voor verlichtingssterkte van respectievelijk 12 en 60 lux is op basis van praktijkmetingen vastgesteld. Hiermee denken wij een voor de burger acceptabele norm te hebben vastgesteld. Na een bepaalde periode zal de norm geëvalueerd worden en kan indien noodzakelijk (naar beneden) bijgesteld worden.
(**) Voor een gezond dag-nachtritme hebben koeien behoefte aan een dagelijkse donkerperiode van ten minste 6 uur met minder dan 5 lux verlichtingssterkte (WUR).

Tabel B : afstand en aantal te meten of berekenen vlakken

voorgevelbreedte stal	afstand meting (breedte *0,75) max.25m
20 m	15 m
30 m	22,50 m
40 m	25 m
50 m	25 m
60 m	25 m

zijgevellengte stal	aantal te meten of berekenen vlakken, elke 10 meter
40 m	5
50 m	6
60 m	7
70 m	8
80 m	9
90 m	10
100 m	11

Tabel C : voorwaarden voor de montage van verlichting en uitstraling armaturen

Voorwaarden montage verlichting en uitstraling armaturen
A. de onderkant van alle armaturen hangen minimaal 1 meter boven de goothoogte B. het armatuur is zo afgeschermd dat geen licht boven 90 graad met de verticaal straalt. C. als de onderkant van een armatuur minder dan 1 meter boven de goothoogte gemonteerd is, is het armatuur zo afgeschermd dat geen licht boven 80 graad met de verticaal straalt. D. elk armatuur dient ten minste 5 meter van elke zijmuur geïnstalleerd te worden E. vanaf de meetpunten genoemd in tabel B geldt dat de verlichting tot aan de middellijn van de stal (meestal de nok) niet gezien mag worden. De verlichting die is gemonteerd voorbij de middellijn (gezien vanaf de locatie waar vandaan de meting wordt uitgevoerd) mag wel zichtbaar zijn.

TOELICHTING RICHTLIJNEN

Periode van de dag

De stallen hebben, behoudens calamiteiten, een aaneengesloten nachtelijke donkerteperiode van minimaal 6 uur. In de periode tussen 23 uur en 05.00 uur is standaard de hoofdverlichting uit. Daarbij wordt aangesloten bij de wetenschap dat koeien (net als mensen) minimaal 6 uur duisternis nodig hebben.

Kleur stalgordijn

In de praktijk worden er momenteel vier kleuren stalgordijn gebruikt, te weten wit, groen, antraciet en zwart. Om zoveel mogelijk licht in de stal te houden, kan het beste gekozen worden voor een zo donker mogelijke kleur van het stalgordijn. Een wit stalgordijn straalt het opvallende licht als een groot vlak naar buiten toe uit waardoor de helderheid van het zichtbare oppervlakte toeneemt.
Daarom zijn de voorgestelde maximale verlichtingssterkte waarden bij een wit stalgordijn lager dan bij de donkere stalgordijnen. Uit praktijkmetingen is gebleken dat de combinatie ligboxen langs de gevelrand en een wit doek niet kunnen voldoen aan de gestelde grenswaarden. Bij nieuwbouw is voor deze combinatie een verbod te overwegen.
Mochten er andere kleuren stalgordijnen gebruikt gaan worden dan kan bepaald worden hoe deze het licht uitstralen en de tabel aangepast worden.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte dag/avond bij dicht stalgordijn

Uit praktijkmetingen is gebleken dat met de genoemde verlichtingssterkte aan de binnenkant van de schermen voldaan kan worden aan de grenswaarden die wenselijk zijn buiten de stal. De genoemde waarden betreffen het maximum van de gemiddelde verlichtingssterkte.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte dag/avond bij open stalgordijn

Bij een open stalgordijn wordt er voor de metingen een vlak gekozen op een bepaalde afstand van de stal. Dit gebeurt aan de zijden waar de openingen in de stal aanwezig zijn. De maximale gemiddelde verlichtingssterkte op dit vlak mag niet meer dan 5 lux bedragen. In het algemeen wordt hieraan voldaan als er geen direct licht vanuit de stal op dit vlak schijnt.

Methodiek en locatie metingen

Metingen worden uitgevoerd om te controleren of aan de richtlijn voldaan wordt. In het algemeen zal er eerst in een lichtplan berekeningen uitgevoerd worden. Metingen zijn dus bedoeld om te controleren of de berekeningen in het lichtplan correct zijn. Daarom kan volstaan worden met slechts een aantal metingen.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte avond/dag

- Bij een gesloten stalgordijn dient aan de binnenkant van het stalgordijn elke 10 m op een hoogte van 1,5 m (=10 cm onder de gemiddelde ooghoogte) op het stalgordijn de verticale verlichtingssterkte met de meter naar de stal toe gericht, gemeten te worden.
- Bij een open stalgordijn is de afstand van het meetpunt te berekenen via de formule (breedte van de stal * 0,75) met een maximum van 25 m. Tabel B geeft de afstand tot de stal en het aantal metingen voor elk type stal met een bepaalde breedte en lengte locatie.
  Ook hier geldt dat de verticale verlichtingssterkte met de meter naar de stal toe gericht gemeten wordt, elke 10 m in de lengte op een hoogte van 1,5m. Metingen ter hoogte van voor- en achtergevels worden ook uitgevoerd, om (ten overvloede) te duiden dat lichtemissie daar geen probleem is. Deze twee laatste metingen tellen niet mee in de bepaling van de gemiddelde verlichtingssterkte.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte nacht

- Tijdens de nacht van 23 uur tot 5 uur is behoudens calamiteiten de hoofdverlichting uit. In deze periode is de maximale horizontale verlichtingssterkte op de grond gemeten maximaal 5 lux, zowel als de stal open als gesloten is. Daarvoor wordt in de stal op diverse plaatsen een meting uitgevoerd. Geen van deze metingen mag de 5 lux overschrijden.

Methodiek berekeningen

Berekeningen worden uitgevoerd als de stal in aanbouw is en de verlichting nog niet aanwezig is. De gemiddelde verlichtingssterkte wordt berekend op de relevante vlakken.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte avond/dag

- stalgordijn binnenkant: als het stalgordijn gesloten is, wordt de gemiddelde verlichtingssterkte op het hele stalgordijn berekend door middel van een raster met een minimale grootte van 1 bij 1 meter.
- Vlak buiten: als het stalgordijn open is, wordt er een berekening gemaakt van een vlak met als lengte de totale lengte van het gordijn en een hoogte vanaf de grond met een hoogte van 4 meter, door middel van een raster met een minimale grootte van 1 bij 1 meter.

Maximale gemiddelde verlichtingssterkte nacht

- Op de grond in de hele stal wordt de verlichtingssterkte berekend door middel van een raster met een minimale grootte van 1 bij 1 meter. Geen van deze berekende waarden mag 5 lux overschrijden.

Montage van verlichting en uitstraling armaturen

Stallen worden steeds opener, met lagere daken en hogere zijopeningen. Dat betekent dat de lampen direct van buiten te zien zijn. Het kijken in een lamp is hinderlijk, maar door de montage-hoogte te beperken en de uitstraling van een lamp boven een bepaalde hoek te beperken wordt er voor gezorgd dat je van buiten de stal niet direct in een lamp kan kijken. Op 25 meter afstand van de stal (minder bij een kleinere stal) mag niet direct in de verlichting worden gekeken. Dit geldt voor de verlichting die is gemonteerd tot aan de middenlijn van de stal. In de praktijk komt dit neer op de eerste 2 rijen van verlichting.

De verlichting die eventueel is gemonteerd voorbij de middenlijn (gezien van de locatie waarvandaan de observatie wordt uitgevoerd) mag wel zichtbaar zijn.

Moment eventuele controlemeting:

Een eventuele controlemeting dient minimaal 3 maanden na oplevering/ingebruikname van de stal plaats te vinden, dit vanwege de hogere reflectie van de vloer, wanden en plafond direct na oplevering en verminderde reflectie na ingebruikname van de stal.

VERLICHTINGSPLAN

Het verlichtingsplan is het instrument om de mate van lichtemissie te berekenen. Input van tal van gegevens en uiteraard gegevens over armaturen en lampen in het lichtberekeningprogramma moeten leiden tot een optimale verlichting in de stal en een minimale emissie van licht uit de stal. In het verlichtingsplan wordt zowel de bereikte verlichtingssterkte op de vloer voor koe en boer berekend als de waarden zoals in Tabel A (blz.4) benoemd.
In een verlichtingsplan dienen de algemene gegevens, lichtparameters en reflectiewaarden opgenomen te worden. Deze zijn nader uitgewerkt in het protocol verlichtingsplan.
Daarbij zijn enige technische afspraken nodig, zodat iedereen dezelfde input gebruikt bij de berekeningen.

In een verlichtingsplan moet opgenomen worden:

- Keuze lichtberekeningprogramma

Op dit moment gebruikt elke leverancier van verlichting zijn eigen lichtberekeningsprogramma. Hierdoor is niet te controleren of deze programma uitkomsten geven die overeenstemmen met de metingen. Voorgesteld wordt daarom dat de opdrachtgever van een leverancier eist, dat hij een algemeen geaccepteerd lichtberekeningsprogramma gebruikt. Aangeraden wordt daarvoor Dialux te gebruiken. Dit is een gratis programma waar eigenlijk alle leveranciers van verlichting hun armaturen in opnemen.

Gegevens

1. de afmetingen van de stal (lengte/breedte/hoogte/dakhelling)
2. de hoogte van de zijwanden (= goothoogte) en de hoogte van de borstwering,
3. de oppervlakte en kleurstelling van belangrijke grote vlakken (zoals een melkstal)
4. de locatie van de armaturen, inclusief hoogte en de hoek waaronder de lampen opgehangen worden
5. de gebruikte armaturen en lampen (type en technische specificaties)

- Lichtparameters

    - Behoudfactor.

    De behoudfactor wordt ingesteld op 0,85 (=officiële NEN-norm binnenverlichting en rekening houdend met 15 % terugval gedurende de levensduur van de lampen)

    - Reflectiewaarden

    Reflectiewaarden kunnen de uiteindelijke uitslagen op zowel positieve als negatieve beïnvloeden waardoor een verkeerde uitkomst in de praktijk wordt waargenomen. Om hier duidelijkheid in te scheppen worden de volgende instellingen geadviseerd (gehanteerd in de Europese norm voor stallenbouw).[1].

    Instellingen reflectie:
    Plafond : 20%
    Wanden : 20%
    Vloeren : 10%
    Stalgordijnen : zie onderstaande tabel

[1] De MDV stelt de reflectiewaarde van alle materialen op nul. Als dit ook voor de berekening van lichthinder gebruikt wordt, zullen de rekenresultaten sterk afwijken van eventueel meetresultaten die slechts verwarring en onzekerheid te weeg brengen. Daarom wordt voorgesteld hier af te wijken van de MDV en reële reflectiewaarden te hanteren (zie bijlage 1)

Kleur	Transparantie	Reflectie
Wit	75%	25%
Groen	25%	60%
Zwart	20%	70%
Antraciet	25%	65%

Doorrekening van alle gegevens en lichtparameters leidt tot onderstaande resultaten en voorschriften die een installateur nauwgezet dient op te volgen.

Licht berekeningen

1. de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte wordt op 70 cm hoogte berekend over de oppervlakte van de ligboxen. De gemiddelde waarde van dat vlak wordt samen met de gelijkmatigheid berekend . Met gelijkmatigheid wordt daarbij verstaan: ,,de laagste waarde gedeeld door de gemiddelde waarde."
2. de verlichtingssterkte op het hele raster op de vloer moet lager zijn dan 5 lux als de hoofdverlichting uitgeschakeld is.
3. de gemiddelde verlichtingssterkte van de zijopening(en) moet onder de grenswaarde liggen, zowel bij open als bij gesloten stalgordijn.
4. de onderkant van de lampen moet minimaal 1 meter hoger zijn dan de bovenkant van de zijopening
5. uit bijvoorbeeld de I tabel van de armatuur moet duidelijk zijn dat er geen direct uitgestraalde licht is boven de horizontale lijn. (als van eis onder 4 afgeweken wordt moet de maximale uitstraalhoek van het armatuur 80 graad bedragen met de vertikaal).
6. Door middel van een tekening van een zijaanzicht moet duidelijk gemaakt worden dat de verlichting tot aan de middellijn niet zichtbaar is op de waarneempunten buiten de stal.

Conclusie

Het lichtplan moet de conclusie bevatten dat al of niet voldaan wordt aan de criteria van het convenant lichthinder melkveehouderij.

VERANTWOORDING

INLEIDING

In het convenant wordt afgesproken dat de emissie van licht uit nieuw te bouwen melkveestallen beneden bepaalde grenswaarden blijft en overmatige lichtemissie vanuit bestaande stallen in redelijkheid gereduceerd kan worden. In dit document wordt toegelicht hoe op een (wetenschappelijk) verantwoorde wijze de mate van lichtemissie te bepalen is. Doelstelling van de in dit document omschreven richtlijnen is om :

1) Lichthinder uit melkveestallen te beperken/voorkomen.
2) Grenswaarden en richtlijnen te geven die praktisch toepasbaar zijn in de bedrijfsvoering en bovendien
3) Goed op te nemen zijn in beleid en vergunningverlening.

Daarnaast is objectivering van de methodiek om te bepalen of er sprake is van overmatige lichtemissie van belang. Dit is met name van belang in geval van handhaving .
Aangezien deze activiteit, inclusief het aspect verlichting gemeld of vergund is, ontbreekt voor handhavers het instrumentarium om bij bestaande bedrijven handhavend te kunnen optreden. Reductie van lichtemissie is niet zonder meer afdwingbaar. De praktijk heeft inmiddels aangetoond dat met relatief kleine aanpassingen de verlichting in de stal verbeterd kan worden en de emissie naar buiten gereduceerd. Stimulerend beleid vanuit de provinciale overheden kan het proces van aanpassingen versnellen.

In het convenant worden op verschillende niveaus afspraken gemaakt over hoe lichtemissie vanuit melkveestallen beperkt kan worden. Daarbij wordt voor nieuwe stallen gesproken over grenswaarden. In deze bijlage wordt dit verder uitgewerkt.

Deze verantwoording behandelt achtereenvolgens

1 Criteria waaraan de richtlijn moet voldoen
2 De melkveestal als lichtbron, vergeleken met andere typen lichtbronnen
3 Hinder door het licht van melkveestallen
4 Methodiek om hinder te beperken
5 Grenswaarden vaststellen

Verder zijn de volgende bijlagen opgenomen
Bijlage 1 De richtlijnen in relatie met Maatlat Duurzame Veehouderij
Bijlage 2 Lichtberekeningsprogramma's en meten
Bijlage 3 Meten van licht in de praktijk
Bijlage 4 Lichttechnische grootheden en definities
Bijlage 5 Literatuurlijst

1. CRITERIA WAARAAN DE RICHTLIJN MOET VOLDOEN

Het doel van het convenant is dat de lichtuitstoot voldoende terugdrongen wordt, zodat de ongewenste effecten vermeden worden. Hoe dient een stal ingericht te worden, waardoor de lichtemissie dermate klein is dat de hinder voor de omgeving aanvaardbaar is?

De uitdaging is het vinden van regels die algemeen geaccepteerd worden. Om dit te bereiken bevat het convenant richtlijnen waarbij zoveel mogelijk nagestreefd wordt dat ze aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Eenvoud; elke betrokken partij kan het begrijpen.
- Uitvoerbaar; de lichtleverancier moet op eenvoudige wijze een lichtplan op kunnen stellen.
- Kosten; uitgaven moeten voor de boer binnen het redelijke blijven.
- Controleerbaar; de gemeente moet op eenvoudige wijze kunnen controleren en handhaven.
- Consequentheid; het moet aansluiten bij andere programma's zoals de Maatlat Duurzame Veehouderij (MDV)

Aansluiting van het convenant bij de MDV vergroot een brede acceptatie van deze richtlijnen. Het convenant en de ruime implementatie ervan zou mogelijk een schaalgrootte voor de leveranciers kunnen opleveren, die er voor zorgt dat ze een scala aan producten kunnen leveren die voldoen aan de richtlijnen . Op den duur zou het gewenste effect zijn dat de lichtleveranciers slechts producten aan de boer aanbieden die zonder veel reken- en of meetwerk inherent aan de richtlijn voldoen.

2. MELKVEESTAL ALS LICHTBRON

Melkveestallen worden altijd al verlicht. Daar werd nooit hinder van ondervonden. Met de komst van nieuwe typen armaturen en lampen met grotere verlichtingssterktes , open zijgevels en hogere goothoogten zijn deze nieuwe stallen in de donkere uren nadrukkelijker in het landschap aanwezig en nemen de klachten toe.

De nieuwe verlichting in melkveestallen is in principe een simpele constructie. Het doel van de verlichting is een egaal verlicht vloeroppervlak te verkrijgen. Daartoe worden aan het plafond een aantal lampen opgehangen. Om met een zo min mogelijk aantal lampen de hele stal te belichten worden meestal armaturen gebruikt die een groot oppervlak bestrijken, zogenaamde breedstralers. Deze breedstralers zijn meer geschikt voor de tuinbouw (als meer vierkante gebouw) dan voor een meer smalle en lange ligboxenstal voor melkvee.

Daarnaast wordt de moderne melkveestal op dit moment gebouwd met open zijkanten, waardoor ook veel licht direct en indirect (via reflectie aan wand, dak en dergelijke) naar buiten kan stralen. Deze open zijkanten kunnen gesloten worden, door een half doorlatend stalgordijn, waardoor slechts een deel van het licht naar buiten straalt. De stalgordijnen zijn meestal geopend, maar onder slechte weersomstandigheden worden ze gesloten. Momenteel zijn er drie soorten stalgordijnen op de markt, te weten wit, groen en zwart.

Hieronder worden de twee situaties beschreven: situatie met open stalgordijn en situatie met gesloten stalgordijn.



Figuur 1 zicht op een stal met open stalgordijn

Stalgordijn open: het licht komt van de lampen, straalt op alle oppervlakken in de stal en wordt gedeeltelijk naar buiten gestraald. De verlichte binnenkant van de stal is van buiten te zien: muren, onderkant dak, koeien, buizen etc. Dicht genoeg bij de stal zijn de lampen zelf te zien.



Figuur 2: zicht op een stal met gesloten stalgordijn

Stalgordijn gesloten: bij een gesloten stalgordijn straalt binnen in de stal het licht ook op alle oppervlakken, maar komt er geen direct licht naar buiten. Dat licht valt nu op het stalgordijn. Vanaf het stalgordijn straalt het licht alle kanten op. Het stalgordijn functioneert als secondaire straler. Van buiten naar een stal met dicht stalgordijn kijkend, is er slechts één egaal verlicht oppervlak te zien.

De verlichting van een melkveestal is vergelijkbaar met veel andere bouwwerken. Een melkveestal lijkt op hoe een parkeergarage verlicht wordt, of zelfs een modern kantoor met veel glas. In een kantoor is de verlichtingssterkte vergelijkbaar met die in een stal. Het licht van kantoren schijnt door glas of gordijnen naar buiten, terwijl het bij stallen direct of indirect via het stalgordijn naar buiten schijnt.



Figuur 3: melkveestal in Groningen



Figuur 4: flat in Utrecht

3. HINDER DOOR HET LICHT VAN MELKVEESTALLEN

Het licht dat naar buiten schijnt kan negatieve effecten hebben. Achtereenvolgens komen verschillende effecten aan de orde die in diverse publicaties genoemd worden. Aan de hand van deze effecten wordt bepaald wat de lichtparameters zijn, waar de richtlijnen zich op dienen te richten om lichthinder tegen te gaan.

3.1. *beleving van duisternis*

De beleving van duisternis wordt aangetast door het zien van open stallen. Men ziet een verlicht vlak of sterke lampen in een verder bijna volledig donker landschap. Het contrast tussen de verlichte stal en het donkere landschap is groot. Luminantie (het verlichte vlak) en lichtsterkte (de lampen) zijn hierbij de lichtparameters.

Het open karakter (open zijwanden voor voldoende ventilatie en natuurlijk daglicht) van de stallen kan inhouden dat direct omwonenden en voorbijgangers deze open stallen met nieuwe verlichting tijdens de donkerteperiode (herfst en winter) als hinderlijk/storend kunnen ervaren. Hinderlijk vanwege de lichtintensiteit, het zichtbare oppervlakte, de helderheid van het oppervlakte en het contrast met de omgeving.

3.2. *aantrekkende en afstotende werking van licht op de fauna*

Een verlichte stal, en zeker als die afgesloten wordt met een min of meer transparant / wit stalgordijn, geeft een groot verlicht vlak, dat een aantrekkende en afstotend effect op sommige fauna heeft. Als een stalstalgordijn open is, kunnen ook de lampen zelf een aantrekkend effect hebben. Luminantie en lichtsterkte zijn ook hierbij de lichtparameters.

3.3. *oplichten van de hemel*

Uit metingen van TNO blijkt dat melkveestallen geen invloed hebben op de hemelhelderheid. De gebruikte verlichting is daar voor niet sterk genoeg. Berekeningen laten zien dat 200 verlichte melkveestallen maximaal ongeveer 3,2 promille bijdragen ten opzichte van de openbare verlichting in de provincie.

3.4. *hinder voor verkeer*

Er kunnen melkveestallen zijn die zo dicht bij een weg liggen dat het verkeer mogelijk door de verlichting afgeleid, verblind wordt, waardoor de verkeersveiligheid in het geding is. Lampen en of het verlichte vlak stralen in de ogen van de verkeersdeelnemer, waardoor er een verslechtering optreedt van het zien van de weg en het andere verkeer. Lichtparameter in dit geval is de lichtsterkte.

3.5. *hinder voor omwonenden*

Er zijn incidenteel melkveestallen, waar woningen zo dichtbij staan dat het stallicht naar binnen schijnt. Het gaat hier dus niet over het feit dat een stal zichtbaar is, maar dat het licht uit de stal direct een huis belicht. Dit treedt alleen op als de afstand van de stal tot het huis klein is (in het algemeen minder dan 30 meter). Verlichtingssterkte is hierbij de lichtparameter.

3.6. *hormonale effecten*

Licht is de belangrijke regulator van de biologische klok. Daarom kan kunstmatige verlichting 's nachts de biologische klok ontregelen en de aanmaak van essentiële hormonen beïnvloeden. De grenswaarden die in de literatuur genoemd worden zijn in de orde van 50 lux. Deze hoge waarden treden alleen op vlakbij een stal, tot maximaal 30 meter. Dit is een dermate klein oppervlak dat deze vorm van hinder verder buiten beschouwing wordt gelaten. Samenvattend blijven het oplichten van de hemel en de hormonale effect buiten beschouwing en ligt de focus op de vier andere vormen van mogelijke hinder.

4. METHODIEK OM DE HINDER TE BEPERKEN

Aangezien de grond, stalgordijnen en het plafond ook (net zoals bijvoorbeeld kerktorens in de openbare ruimte) door verlichting direct of indirect aangestraald worden is als oplossingsrichting gekozen voor de lichthinder-regulering die in Nederland bestaat en verwoord wordt in de lichthinder uitgaven van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, NSVV.

4.1. *NSVV lichthinder richtlijnen*

De commissie lichthinder van de Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde (NSVV) die onderzoek doet naar lichthinder en regulering ervan, onderscheidt verschillende toepassingsgebieden van licht in de openbare ruimte, zoals sportverlichting en reclameverlichting. Over de toepassing licht van binnen naar buiten, zoals melkveestallen, zal binnenkort een uitgave verschijnen.

In de uitgaven staat de omwonende centraal. Vanuit het perspectief van de omwonende wordt gekeken welke verlichting mogelijk hinder oplevert en wat er aan te doen is om dit te voorkomen. Voor omwonenden zijn er grenswaarden gegeven. Komt de verlichting daarboven dan wordt de verlichting als hinderlijk beschouwd, daaronder niet.

Er worden grenswaarden gesteld in lichttechnische termen en niet ingegaan op de manier van verlichten. Er wordt alleen naar het licht dat naar buiten schijnt gekeken: alle technieken waarmee men onder de grenswaarden blijft zijn toegestane technieken.

In de richtlijnen wordt onderscheid gemaakt in de mate van de omliggende verlichting, verdeeld in 4 zones zoals natuur, landelijk en stedelijk . Hoe meer verlichting in de omgeving, hoe hoger de grenswaarden liggen. Verder wordt er onderscheid gemaakt naar het tijdstip van de dag. Daarbij wordt in het algemeen gehanteerd dat er een avondsituatie tot 23 uur is en een nachtsituatie na 23 uur tot 5 à 7 uur in de ochtend.

4.2. *Toepassing NSVV lichthinder richtlijnen op melkveestallen*

Verreweg de meeste stallen liggen in landelijk gebied. Een klein aantal stallen is in de omgeving van natuurgebieden gevestigd . Vanwege de eenduidigheid van de regeling wordt de zone ‘landelijk gebied’ gebruikt zoals de commissie lichthinder die hanteert.

Aangezien de universiteit van Wageningen adviseert om niet de hele nacht te verlichten maar een donkerteperiode voor de koeien te hanteren, is het raadzaam om daarbij aan te sluiten en een onderscheid te maken tussen de situatie van zonsondergang tot bijvoorbeeld 23 uur en een nachtsituatie tussen 23 uur en de ochtendschemering.

Aangezien een melkveestal groot is, en daarbij worden oppervlakken groter dan 100 vierkante meter bedoeld, worden grenswaarden uit de NSVV genomen die daarop van toepassing zijn. Dat onderdeel wordt beschreven in de uitgave deel 3 Aanstraling van gebouwen en objecten buiten, NSVV 2004.

De kenmerkende grenswaarden, die in landelijk gebied voor de 'avond situatie' genoemd worden zijn:

1. luminantie onder 5 cd/m²
2. lichtsterkte onder 1200 cd
3. verlichtingssterkte onder 5 lux
4. upward light ratio (ULR) onder 5%.

5. GRENSWAARDEN VASTSTELLEN

Er zijn meerdere vormen van hinder en er zijn vier parameters van verlichting genoemd. Dat levert een veelheid aan mogelijkheden op. Het is nu de uitdaging om keuzes te maken die voldoen aan de eerder gestelde randvoorwaarde van eenvoud.

5.1. *Donkerperiode*

De NSVV richtlijn geldt in de avondperiode vóór 23 uur en sluit aan bij het biologisch ritme. Eenzelfde regeling wordt voorgesteld bij melkveestallen. Daarbij wordt aangesloten bij de wetenschap dat koeien (net als mensen) minimaal 6 uur duisternis nodig hebben.

We stellen daarom de volgende regel voor:

De stallen hebben, behoudens calamiteiten, een aaneengesloten nachtelijke donkerteperiode van minimaal 6 uur en in tijdsspanne tussen 23 uur 's nachts en 5 uur in de ochtend. In deze donkerteperiode is de gemiddelde horizontale verlichtingssterkte op vloerhoogte minder dan 5 lux.

5.2. *Verlichtingssterkte*

De verlichtingssterkte neemt sterk af naarmate de afstand tot een stal groter wordt. Op 20 meter van een stal is de verlichtingssterkte in alle in dit project uitgevoerde metingen bij praktijkstallen minder dan 1 lux en dus zeker minder dan de grenswaarde 5 lux. De verlichtingssterkte buiten de stal speelt geen significante rol in de vormen van hinder zoals we die benoemd hebben en wordt hier verder buiten beschouwing gelaten.

5.3. *Lichtsterkte*

De lichtsterkte geeft de mate van direct zicht op een lamp aan. Het “in de lamp kunnen kijken” wordt als hinderlijk ervaren. Dit is bij een melkveestal makkelijk te voorkomen door er voor te zorgen dat de lampen buiten de stal niet direct te zien zijn. Dat kan bijvoorbeeld door de lampen hoger te bevestigen dan de goothoogte. We stellen daarbij een verschil in hoogte van 1 meter voor. Dan zijn de lampen van een afstand niet te zien en is de lichtsterkte dus 0 candela. Deze oplossingsrichting lijkt veel logischer dan een maximale waarde van 1200 cd aan te houden. Om een waarde van 1200 cd te bepalen is een technisch meetbureau vereist, terwijl de voorwaarde stellen dat de lamp zelf niet zichtbaar is, begrijpelijk is voor iedereen . Bovendien is dit inlichtplan gemakkelijk aan te tonen.

A. de onderkant van alle armaturen hangen minimaal 1 meter boven de goothoogte
B. als de onderkant van een armatuur minder dan 1 meter boven de goothoogte gemonteerd is, is het armatuur zo afgeschermd dat geen licht boven 80 graad met de verticaal straalt.
C. elk armatuur dient ten minste 5 meter van elke zijmuur geïnstalleerd te worden.
D. Vanaf de meetpunten genoemd in tabel B geldt dat de eerste en tweede rij verlichting tot aan de middellijn van de stal (= nok) niet gezien mag worden. De verlichting die is gemonteerd voorbij de middellijn (gezien vanaf de locatie waar vandaan de meting wordt uitgevoerd) mag wel zichtbaar zijn.

5.4. *Upward Light Ratio (URL)*

De Upward Light Ratio (ULR) is de hoeveelheid licht die direct van een lamp boven de (denkbeeldige) horizontale lijn uitgestraald wordt. Toegepast op een melkveestal is dat het licht dat direct van een lamp vanuit een melkveestal de hemel bereikt, via bijvoorbeeld ramen in het dak. Als het armatuur zelf niet boven de horizon straalt kan dat ook de hemel niet bereiken.

De voorgestelde regels luiden:
-het armatuur straalt geen licht boven 90 graad met de verticaal uit.
-indien een leverancier van verlichting de verlichting direct boven de dieren (dus lager dan de goothoogte) wil installeren dient hij zorg te dragen dat nooit direct in de lichtbron vanaf gesteld meetpunt kan worden gekeken (er schijnt geen licht vanuit het armatuur boven 80 graad met de verticaal).

5.5. *Luminantie*

De luminantie, de helderheid van een stal, is de belangrijkste vorm van lichthinder waarover mensen klagen. Er zijn binnen en buiten een aantal stallen metingen van de luminantie uitgevoerd met verschillende armatuurtypes, met kappen op de lampen, met diverse stalgordijnen en er is gekeken of dit in verlichtingssoftware te reproduceren is.
De uitkomsten van dit onderzoek zijn als volgt samen te vatten:

- de luminantie met open stalgordijn is in het algemeen ruim beneden 5 cd/m².
- de luminantie was alleen hoger met grote witte vlakken in de stal, bijvoorbeeld een grote deur .
- de luminantie met gesloten stalgordijn was 2 tot 5 keer zo hoog als met open stalgordijn.
- de luminantie met gesloten stalgordijn is voor de meeste stallen in de orde van 3 tot 5 cd/m².
- de luminantie van de stalgordijnen is niet goed te berekenen in berekeningssoftware.

Dit betekende dat de grenswaarde 5 cd/m² niet onlogisch lijkt. In veel gevallen wordt er al aan voldaan. De situatie is met dicht stalgordijn kritischer dan met open stalgordijn. De laatste conclusie uit het rijtje betekent echter wel dat luminantie als grenswaarde losgelaten moet worden. Als een waarde niet van te voren te berekenen is, is deze niet te gebruiken.
De oplossing is te vinden binnen de stal: alleen de hoeveelheid licht die op de binnenkant van het stalgordijn valt, kan naar buiten stralen. Door die hoeveelheid licht te beperken, door daar dus een grenswaarde aan te stellen, wordt bovenmatige lichtemissie voorkomen. De handigste parameter daarvoor is verlichtingssterkte.

Voordelen van de grenswaarde verlichtingssterkte.

1. Elk berekeningsprogramma voor licht kan verlichtingssterkte in een ruimte berekenen.
2. Verlichtingssterkte is relatief simpel te meten: verlichtingssterkte meters zijn goedkoop. Er zijn zelfs apps op een smart Phone beschikbaar die een 'inschatting' maken van de verlichtingssterkte.
3. Met de parameter verlichtingssterkte wordt ook tegelijkertijd de situatie met open stalgordijn hanteerbaar. De grenswaarden zijn er niet alleen voor de zijopening maar voor elk vlak dat mogelijk zichtbaar is.

Nadelen van een grenswaarde verlichtingssterkte

1. Voor een maximale luminantie van 5 cd/m² moet een nieuwe grenswaarde in lux gevonden worden .
2. Het stalgordijn doet mee in de grenswaarde en elk type stalgordijn zou een andere verlichtingssterkte kunnen opleveren.

Er is daarom een aanvullend praktijkonderzoek uitgevoerd naar gebruikte stalgordijn typen en de relatie tussen opvallend en uitstralend licht.

5.6. *Stalgordijnen in de kleuren groen en zwart*

Er blijkt de laatste jaren één bepaald type stalgordijn populair te zijn. Verreweg de meeste nieuwe stalgordijnen zijn in de kleuren groen of antraciet.

Meestal bestaat een stal uit twee dichte kopse kanten en twee zijkanten die beneden een borstwering van steen hebben en daarboven open zijn. Soms zijn er in de stal ook nog aparte ruimtes, afgesloten met muren.

Op de binnenkant van het stalgordijn mag de verticale verlichtingssterkte gemiddeld niet meer zijn dan 60 lux. De borstwering zelf wordt niet meegenomen in deze berekening. Dit vlak grenst aan de vloer en over het algemeen is dit dus een vlak waar veel licht op valt.

De waarde van 60 lux is op verschillende manieren gecontroleerd. Er zijn in twee stallen metingen uitgevoerd waarbij bleek dat een doek dat met maximaal deze verlichtingssterkte verlicht wordt een uitstraling naar buiten heeft die zeker onder de 5 cd/m2 blijft. Uit de metingen bleek ook dat de meeste stalgordijnen in de loop van de tijd vervuilen en daarmee minder licht uitstralen dan berekend wordt. Dit kwam ook al naar voren in het TNO onderzoek waar ook een lagere luminantie gemeten werd dan berekend werd.
Door 60 lux te kiezen wordt er zowel voor schone als voor vuile stalgordijnen een verlichting gerealiseerd die niet te veel licht naar buiten zal schijnen.

Ook als het stalgordijn open is en men van buiten de stal naar binnen kan kijken, is 60 lux een goede waarde. De gemiddelde reflectiecoëfficiënt van wanden in een stal is in de orde van 25%. De luminantie van een dergelijk vlak dat met 60 lux aangestraald wordt, is in het algemeen minder dan 5 cd/m².

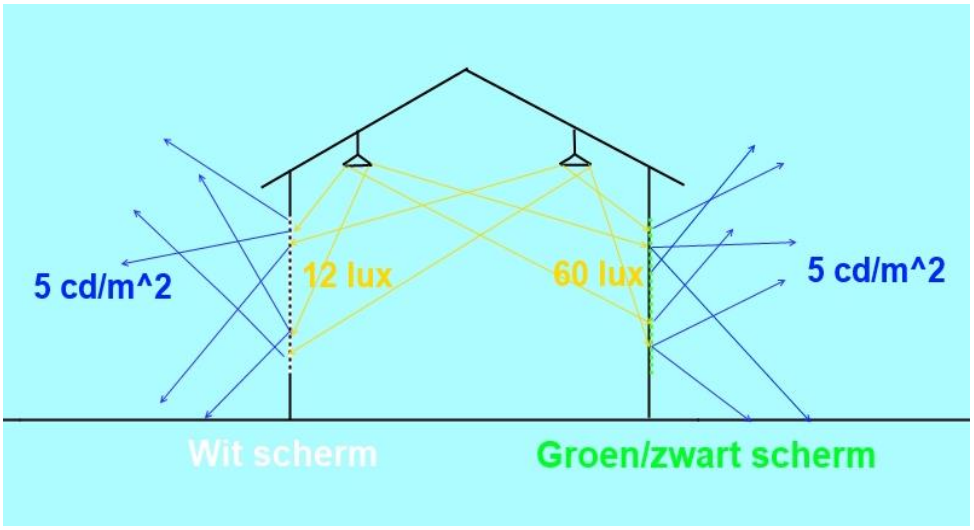
5.7. *Stalgordijnen in de kleur wit*

Er zijn ook metingen uitgevoerd aan witte stalgordijnen. Deze stalgordijnen bleken veel meer licht uit te stralen dan de meer gebruikte groene of antraciet / zwarte stalgordijnen. Er bleek vanaf witte stalgordijnen, bij zowel oude als nieuwe, een factor 5 meer licht uit te stralen. Om te zorgen dat ook witte stalgordijnen niet meer dan 5 cd/m² uitstralen is de grenswaarde voor de gemiddelde verlichtingssterkte aan de binnenzijde van een wit stalgordijn vijf keer zo laag, namelijk 12 lux.

Voor de verschillende typen stalgordijn stellen we de volgende grenswaarden voor:

Voor groene en zwarte stalgordijnen:
De gemiddelde verticale verlichtingssterkte op de zijopening(en) is maximaal 60 lux.

Voor witte stalgordijnen:
De gemiddelde verticale verlichtingssterkte op de zijopening(en) is maximaal 12 lux.



Figuur 5: grafische uitbeelding van de maximale verlichtingssterkte: links een wit stalgordijn en rechts een groen stalgordijn

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 DE RICHTLIJNEN IN RELATIE MET MAATLAT DUURZAME VEEHOUDERIJ

In de Maatlat Duurzame Veehouderij worden een aantal maatregelen genoemd om de energie te beperken die een melkveestal gebruikt voor verlichting, zoals bewegingsmelders en een bepaalde lumen/watt verhouding. Eén maatregel raakt de voorgestelde beperking van de lichthinder. In de energiemaatlat van de MDV versie 8 versie1 wordt gesteld dat:

> *Hoofdverlichting wordt bepaald aan de hand van het lichtplan en betreft de verlichting welke het belangrijkste bijdraagt aan het elektriciteitsverbruik (lampvermogen x branduren). Het lichtplan is berekend o.b.v. de gerealiseerde verlichtingssterkte op vloerniveau, zonder reflecterende omgevingsfactoren en met een gelijkmatigheid[2] van tenminste 0,4.*

Reflectie

We zouden graag met het convenant bij de Maatlat Duurzame Veehouderij aansluiten, om te zorgen dat de acceptatie van de richtlijnen zo eenvoudig mogelijk verloopt. Daarom zouden we graag bovenstaande regel ook toepassen op de lichthinder richtlijn. Helaas staat bovenstaande regel haaks op de wens tot reductie van de verlichting die naar buiten straalt. Een eerste probleem is het feit dat de reflectie van alle wanden op nul gesteld wordt. Dat is in werkelijkheid nooit het geval en verhindert een reële berekening van de stal. De wanden zullen zeker met een bepaalde reflectiecoëfficiënt berekend moeten worden, aangezien er anders geen licht van af zal komen. We stellen daarom een aantal vaste waardes voor van de verschillende elementen in een stal, zoals plafonds en wanden, deze staan vermeld bij de reflectie instellingen op pagina 7.

Gelijkmatigheid

Dat is er nog het probleem van de gelijkmatigheid [1.] De waarde voor de gelijkmatigheid van 0,3 wordt regelmatig gebruikt en deze waarde lijkt in de stal veel geschikter dan de strenge eis van 0,4.
Als de minimale gelijkmatigheid van de verlichtingssterkte 0,4 voor de hele stal bedraagt, blijkt uit proefberekeningen dat dit leidt tot een ongewenste hoeveelheid licht aan de randen van de stal/dicht bij de zijopeningen. De eis van een gelijkmatigheid van 0,4 voor de gehele stal zal leiden tot ongewenste lichtemissie. Voorgesteld wordt de 0,4 te handhaven maar als oppervlakte van het rekenveld de oppervlakte van de ligboxen (en niet de gehele stal) te nemen. Buiten de ligboxen kan en mag de gelijkmatigheid minder dan 0,4 bedragen. Door een waarde van 0,4 te hanteren met als rekenveld de oppervlakte van de ligboxen, zal de hoeveelheid licht in verreweg het grootste deel van de stal niet veranderen en aan de rand van de stal verminderen, waardoor het energieverbruik zal afnemen, terwijl het licht dat naar buiten schijnt sterk vermindert.

Een alternatieve eis die misschien toegevoegd zou kunnen worden aan de Maatlat Duurzame Veehouderij is het rendement van het armatuur. Het rendement is de verhouding tussen het totaal geproduceerde licht en het echt uitgestraalde licht. Veel licht wordt door de reflectiematerialen rond de lamp weer naar de lamp zelf verstrooid en gaat daarmee verloren en komt nooit meer uit het armatuur. We kwamen rendementen van iets boven 50% tegen. Door als maatregel punten te geven voor een bepaald rendement, zal de totale hoeveelheid energie aanzienlijk gereduceerd kunnen worden.

[2] We gaan daarbij uit dat gelijkmatigheid gedefinieerd wordt als minimale luxwaarde gedeeld door de gemiddelde luxwaarde over het berekende vlak. Het berekende vlak is de oppervlakte van de ligboxen..

BIJLAGE 2 LICHTBEREKENINGSPROGRAMMA'S EN METEN

Uit communicatie met diverse partijen die licht in de stal produceren, bleek dat het ontbreekt aan een eenduidige manier van vaststellen van waarden, van een protocol hoe iets berekend en gemeten wordt. Dat geeft problemen, onduidelijkheden voor zowel producenten als boeren. Door een eenduidige uniforme manier van meten en berekenen te introduceren, denken we dat er een professionalisering zal plaatsvinden die de kwaliteit van de verlichting in stallen zal doen toenemen.

Elk verlichtingsbedrijf dat verlichting voor melkveestallen ontwerpt, gebruikt daarbij in het algemeen zijn eigen programma. De geleverde waarden waren dan ook alleen te controleren door achteraf te meten of de berekende waarden klopten met de metingen.

De berekeningen bleken zelden overeen te komen met de metingen of bleken bij verschillende leveranciers verschillende uitkomsten te hebben. Dit had meerdere oorzaken.

Aangeraden wordt in het vervolg daarom Dialux te gebruiken. Het is gratis, maar betekent wel enige scholing van de medewerkers. Dat geeft meer eenvormigheid en controleerbaarheid.

De gehanteerde ingevoerde lichtparameters verschilden wat betreft zaken als behoudfactor, gelijkmatigheid en dergelijke. Hier wordt in de richtlijn een poging gedaan om deze gelijk te schakelen.

Ook bij het meten werden veel verschillen geconstateerd. Zo waren er metingen van de verlichtingssterkte op de grond of op 75 cm hoogte. Er werden metingen uitgevoerd waarbij de meter zo gedraaid werd dat de maximale verlichtingssterkte opgezocht werd. Ook het vlak dat gemeten werd, werd verschillende gedefinieerd: de gehele vloeroppervlakte, alleen de ligboxen etc. Gelijkmatigheid werd op verschillende manier gedefinieerd en ook het vlak waarover dat berekend werd verschilde.

Voorgesteld wordt om een eenduidige manier van werken zowel wat betreft berekeningen als meten na te streven.

Een mogelijke oplossing is het gebruik van een onafhankelijk lichtberekeningsprogramma . Daarbij wordt met name gedacht aan Dialux-Evo. Dit lichtprogramma heeft de mogelijkheid om de beschreven situatie volledig na te bootsen waarbij zogenaamde “waarnemers” kunnen worden geplaatst die de situatie op zowel lux als cd/m^2 kan laten weergeven. Het gebruik van Dialux Evo vraagt weliswaar enige oefening, maar heeft uitgebreide mogelijkheden, die goed voor de berekening van de richtlijnen gebruikt kunnen worden. Wel zijn er een aantal standaard afspraken waar het om de instellingen gaat zodat er te allen tijde een goed vergelijk tussen theorie en praktijk mogelijk blijft. Dit omdat er anders wederom discussie gaat ontstaan in de praktijk.

BIJLAGE 3 METEN VAN VERLICHTING IN DE PRAKTIJK

In principe kunnen twee lichtparameters gemeten worden: luminantie en verlichtingssterkte. De richtlijn heeft alleen grenswaarden benoemd in de maximale verlichtingssterkte. Daarom wordt dit onderdeel hieronder toegelicht. Verlichtingssterkte meten is relatief simpel maar er dient wel zorgvuldigheid in acht genomen te worden.
Er zijn meters te koop vanaf een tientje, zelfs gratis apps op smartphones, en er zijn meters van meer dan 1000 euro te koop. Als er een officiële meting uitgevoerd dient te worden, dan moet een meter aan strenge eisen voldoen en moet deze jaarlijks gekalibreerd worden. Voor alleen een meting om een indicatie te krijgen van de verlichtingssterkte, is elke meter geschikt.

Verlichtingssterkte meter of luxmeter
Belangrijk hierbij is hoe licht gemeten dient te worden. De stand van de meetsensor bepaald of er sprake is van horizontale of verticale verlichting.

Horizontaal en verticaal
Als de meetsensor zelf horizontaal staat, dan praten we over horizontale verlichting. Wanneer deze verticaal is gericht, dan wordt er over verticale verlichting gesproken. De stand van de meter is leidend hierin.
Ook dient de meetcel niet dicht bij het lichaam gehouden te worden omdat afhankelijk van de kleur van de gedragen kleding de meetwaarde hierdoor positief dan wel negatief beïnvloed wordt. Het beste kan, net als op de afbeelding, de meetcel op een statief worden geplaatst waarbij een knielende houding wordt aangenomen. Hierdoor wordt er zo min mogelijk verstoring van het invallende licht gemeten.


schematisch voorbeeld horizontale lichtmeting

Verticale lichtmeting is de meting waarbij de lichtsensor verticaal staat

BIJLAGE 4 LICHTTECHNISCHE GROOTHEDEN EN DEFINITIES

- Luminantie is hoeveelheid licht dat van een verlicht vlak wordt uitgestraald of weerkaatst wordt. Eenheid: candela per vierkante meter (cd/m^2)
- Lichtsterkte is de hoeveelheid licht die een verlichtingsbron in een bepaalde richting uitzendt. Eenheid: candela (cd)
- Verlichtingssterkte is de totale hoeveelheid licht dat op een oppervlakte valt. Eenheid: lux
- ULR is het percentage licht van een installatie, dat boven de horizon uitgestraald wordt ten opzichte van het totale uitgestraalde licht. Eenheid: percentage

BIJLAGE 5 LITERATUURLIJST

- Optimale verlichting van melkveestallen Projecten LTO Noord
- Lichtemissiemetingen van vier melkveestallen in Friesland TNO-rapport Jan Ruigrok Egon Janssen
- Optimale verlichting van melkveestallen G.L.A.M. Wageningen UR Swinkels
- Voorlopers van dit rapport:
    - Technische bijlage versie november 2013
    - Tussenevaluatie melkveestallen jan 2014
    - Twee controle metingen februari 2014
    - Controlemeting wit stalgordijn februari 2014