

# Dossier Kunstmatige Optische Straling

Opgesteld door:

René Heerlien  
Frank Jungbauer  
Max Vermeij  
Paul Beumer

Reviewer:

Drs. J.H.G.M. (Jos) van den Eijnde

Maart 2014

Bijgewerkt: Oktober 2014

# Inhoud

1. Beschrijving onderwerp .....	4
1.1 Beschrijving onderwerp .....	4
1.1.1 Definities van optische straling.....	5
1.1.2 Golflengtebanden .....	5
1.1.3 Coherent versus niet-coherent .....	6
1.1.4 Gevaren bij het werken met optische straling.....	6
1.1.5 Laserclassificatie.....	9
1.2 Psychosociale aspecten.....	11
1.2.1 Psychosociale aspecten algemeen.....	11
1.2.2 Psychosociale aspecten PBM .....	11
2. Relevante werksituaties.....	12
2.1 Relevante branches.....	12
2.2 Relevante beroepen.....	13
3. Inventarisatie en evaluatie.....	14
3.1 Inventarisatie .....	14
3.2 Evaluatie.....	14
3.3 Valkuilen bij de risico-inventarisatie en -evaluatie .....	16
3.4 Meten.....	16
3.5 Blootstellingsmetingen .....	17
3.6 Effectmetingen.....	17
4. Wetgeving .....	18
4.1 Arbeidsomstandighedenwet.....	18
4.2 Arbeidsomstandighedenbesluit .....	18
4.3 Arbeidsomstandighedenregeling .....	19
4.4 Overige Nationale wetgeving.....	19
4.5 Europese wetgeving.....	19
5. Beleid .....	20
5.1 Arbocatalogi .....	20
5.2. CAO-afspraken .....	20
5.3 Branche-afspraken .....	20
5.4. Standaardisatie en normalisatie .....	21
5.4.1 ICNIRP.....	21

5.5	Certificering.....	21
6.	Beheersmaatregelen.....	22
6.1	Arbeidshygiënische strategie .....	22
6.1.1	Bronaanpak .....	23
6.1.2	Groepsgerichte maatregelen .....	24
6.1.3	Maatregelen voor het individu .....	27
6.1.4	Overzicht maatregelen lasers naar laserklasse.....	30
6.2	Psychosociale aspecten van beheersmaatregelen .....	31
6.3	Implementatie van beheersmaatregelen .....	32
6.3.1	Organisatie van laserveiligheid .....	32
7.	Medisch Onderzoek .....	34
7.1	Gezondheidseffecten en beroepsziekten .....	34
7.1.1	Het oog.....	35
7.1.2	De huid .....	37
7.1.3	Beroepsziekten.....	39
7.2	Diagnostiek en behandeling/begeleiding.....	41
7.2.1	Diagnostiek.....	42
7.2.2	Behandeling en begeleiding.....	42
7.3	Kwetsbare groepen en aanstellingskeuring.....	43
7.3.1	Aanstellingskeuring.....	43
7.4	Preventief medisch onderzoek inclusief vroegdiagnostiek.....	43
8.	Werkgeversverplichtingen .....	44
9.	Werknemersverplichtingen .....	46
10.	Werknemersrechten .....	47
11.	Praktijkverhalen .....	48
12.	Referenties.....	49
13.	Referentie auteurs .....	50
14.	Peer review .....	51

# 1. Beschrijving onderwerp

Overall om ons heen vindt blootstelling aan optische straling plaats, afkomstig vanuit kunstmatige bronnen. Denk hierbij aan TL-verlichting, PC-monitoren, zonnebank, etc. In de werkomgeving kunnen werkmiddelen worden gebruikt of processen worden uitgevoerd, waarbij de blootstelling aan kunstmatige optische straling de veilige grenzen voor blootstelling aan dit type straling mogelijk overschrijdt. Bijvoorbeeld bij het gebruik van hoogvermogen LED's, UV-lampen, keramische verwarmers en lasers.

## Scope

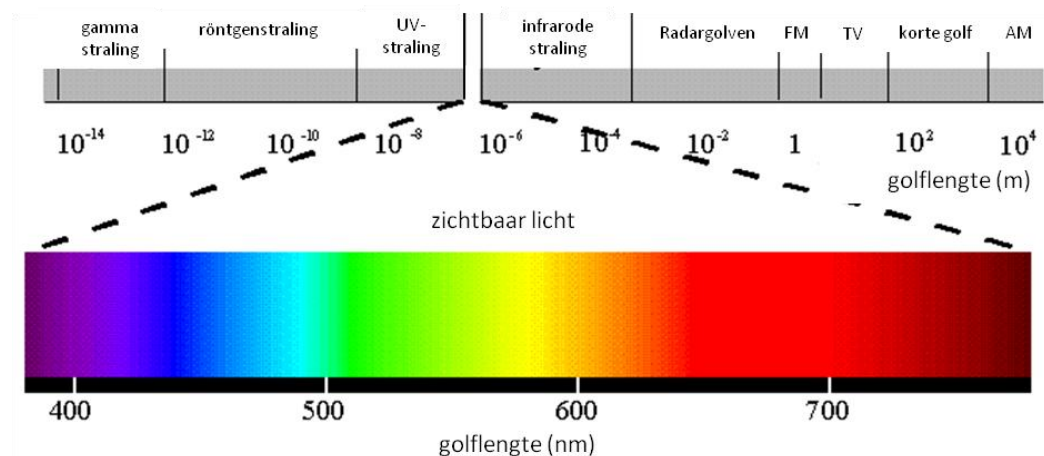
Dit dossier behandelt de achtergronden van kunstmatige optische straling. Daarnaast biedt het een handreiking met betrekking tot de verplichtingen wat betreft de beoordeling van de risico's en het beperken hiervan binnen de werkomgeving.

Binnen de kunstmatige optische straling nemen coherente bronnen (lasers) en niet-coherente bronnen een aparte plaats in met betrekking tot het bepalen van de blootstellingsrisico's. Daarom wordt in de behandeling van het onderwerp op meerdere plaatsen specifiek onderscheid gemaakt tussen coherente en niet-coherente bronnen of krijgen lasers bijzondere aandacht.

Natuurlijke bronnen van optische straling, waaronder de zon, vallen buiten de scope van dit dossier. Ook wordt er niet ingegaan op positieve aspecten van licht en op ergonomisch verantwoorde verlichtingsniveaus.

## 1.1 Beschrijving onderwerp

Optische straling is een type stralingsenergie die waarneembaar is met het menselijke oog. Het meest voorkomende type optische straling is daglicht. We nemen daglicht waar als wit licht, omdat er geen dominante kleur in aanwezig is. Met behulp van een prisma is wit licht te splitsen in de verschillende afzonderlijke kleurbanden, met violet aan de ene kant en rood aan de andere kant van de kleurenreeks. Deze kleurenrange wordt spectrum genoemd. Het zichtbare licht is maar een heel klein deel van een groter spectrum dat elektromagnetisch spectrum wordt genoemd.



Figuur 1. Het spectrum van zichtbaar licht, in vergelijking met de andere soorten straling.

Het optische gedeelte van het elektromagnetische spectrum beslaat ultraviolet, zichtbaar licht en infraroodstraling. Dit gebied beslaat een golflengte tussen 100 nm en 1 mm.

## 1.1.1 Definities van optische straling

Hierna wordt een aantal definities, in gebruik bij optische straling, beschreven.

### Golflengte

De positie van de straling binnen het elektromagnetische spectrum wordt bepaald door de golflengte van de straling. De straling kan worden gezien als iets dat zich van de bron (bijvoorbeeld een lamp) weg beweegt in de vorm van een golf. De afstand tussen de pieken (of dalen) van de golf is een golflengte, weergegeven met  $\lambda$  (lambda) en uitgedrukt in nanometers (nm).

### Snelheid

Straling verplaatst zich vanuit een bron met een constante snelheid in het materiaal. Wanneer er geen interactie met materiaal is (in vacuüm) bedraagt de snelheid afgerond  $3 \times 10^8$  m/s (de lichtsnelheid).

### Frequentie

Wanneer golven zich bewegen vanaf een bron en je zou op een vast punt van de bron het aantal golven tellen, dan is de frequentie het aantal golven dat in één seconde dit punt passeert, weergegeven in hertz (Hz). Het is hiermee mogelijk de frequentie van straling te berekenen als de golflengte en de snelheid bekend zijn:

$$\text{frequentie (Hz)} = \text{snelheid (m/s)} / \text{golflengte (m)}$$

De frequentie van optische straling is zeer hoog, bijvoorbeeld rood licht met een golflengte van 694 nm (ofwel  $694 \times 10^{-9}$  m) heeft een frequentie van 432 THz (ofwel 432 terahertz, gelijk aan  $432 \times 10^{12}$  Hz). Ter vergelijking, radiogolven worden meestal weergegeven op basis van hun frequentie; Radio 1 zit op ongeveer 99 MHz (ofwel  $99 \times 10^6$  Hz).

### Niet-ioniserende straling

Het optische deel van het spectrum (100 nm tot 1 mm) wordt gerekend tot het domein van de niet-ioniserende straling.

## 1.1.2 Golflengtebanden

Het optische deel van het spectrum is nader onderverdeeld. Het zichtbare gebied heeft zijn naam ontleend aan de manier waarop de straling interactie aangaat met het oog en het de mens de sensatie van 'zien' geeft. Het oog kan echter ook straling in het IR-A gebied focuseren, maar dit blijft onopgemerkt, omdat de fotoreceptoren in het oog deze straling niet kunnen detecteren. Dit wordt in hoofdstuk 7; "Gezondheidseffecten en beroepsziekte" nader behandeld.

Band	Onderverdeling	Golflengtegebied
Ultraviolet (UV)	UV-C	100 nm – 280 nm
	UV-B	280 nm – 315 nm
	UV-A	315 nm – 400 nm
Zichtbaar	Thermische gevaren	400 nm – 700 nm
	Fotochemische gevaren	400 nm – 600 nm
Infrarood (IR)	IR-A	700 nm – 1400 nm
	IR-B	1400 nm – 3000 nm
	IR-C	3000 nm – 1 mm

Deze onderverdeling ligt niet exact vast en verschillende teksten zullen mogelijk verschillende grenzen hanteren. Voor zichtbaar licht bijvoorbeeld wordt ook de grens van 780 nm genoemd. De regelgeving op het gebied van lasers hanteert als bovengrens voor zichtbaar licht 700 nm, deze grens wordt in dit dossier aangehouden.

### 1.1.3 Coherent versus niet-coherent

Optische straling kan zich zowel coherent als niet-coherente voortbewegen. Bij een niet-coherente bundel bewegen de fotonen zich van de bron af in alle richtingen, waarbij deze fotonen geen onderlinge relatie hebben in tijd en plaats. Ieder foton gaat zijn eigen richting en dit maakt dat niet-coherente straling zich in alle richtingen verspreidt, zoals bijvoorbeeld het licht vanuit een gloeilamp.

Bij coherente straling hebben de fotonen een onderlinge afhankelijkheid die resulteert in een samenhang in tijd en plaats. Dit betekent dat fotonen zich niet meer afzonderlijk bewegen. Hierdoor kan een bundel die een bepaalde richting in wordt gestuurd, deze vorm over grote afstand behouden, waarbij deze slechts zeer weinig uitwaaiert. De straling beweegt zich dan in vrijwel één richting voort. Coherentie is een unieke eigenschap van laserstraling.

#### Lasers

Laser is een acroniem voor **L**ight **A**mplification by the **S**timulated **E**mission of **R**adiation. De laser bevat een actief medium. Dit medium kan een gas, vloeistof of vaste stof zijn. Daarnaast bevat een laser een energiebron om het actieve medium te exciteren (als het ware actief maken) en een set spiegels.

Tijdens terugval van atomen in het geëxciteerde medium naar de grondtoestand wordt een verschilenergie uitgezonden die kenmerkend is voor het medium en die de golflengte van de bundel bepaalt. Lasers kunnen een goed gecollimeerde (zeer weinig uitwaaierende) bundel produceren die over grote afstand slechts zeer weinig divergeert. Dit maakt dat de energie per vierkante centimeter bundeloppervlak bij lasers vele malen hoger ligt dan bij niet-coherente stralingsbronnen van dezelfde energie. Alle energie die wordt geproduceerd wordt in één richting uitgezonden en niet, zoals bij een gloeilamp, in alle richtingen verspreid.

De afstand waarop de laserbundel zodanig gedivergeerd is dat hij niet mee gevaarlijk is (energiedichtheid is kleiner of gelijk aan de maximaal toelaatbare blootstellingswaarde) heet de nominale oculaire of nominale huid risico-afstand. Kennis over deze afstand is nodig in het kader van de risico-evaluatie. Bij de meeste klasse 4 lasers is deze afstand al snel een paar honderd meter. Echter, als de bundel sterk divergeert, zoals bijvoorbeeld bij uittreding uit een fiber, kan deze afstand minder dan een meter zijn.

### 1.1.4 Gevaren bij het werken met optische straling

De gezondheidseffecten van blootstelling aan kunstmatige optische straling zijn beschreven in [hoofdstuk 7: "Gezondheidseffecten en beroepsziekten"](#). Vaak wordt de bundel als de voornaamste gevaarsbron beschouwd bij het werken met bronnen van optische straling. In de praktijk is dit meestal niet het geval. De niet bundelgerelateerde gevaren vormen, met name bij het gebruik van de laser of in het laserproces, vaak een groter gevaar. Voorbeelden van dergelijke gevaren zijn: elektrocutie, vrijkomen van bijproducten tijdens materiaalbewerking, gebruik van chemicaliën, bewegende delen in de opstelling, pompactiviteit et cetera.

De overige gevaren kunnen worden opgedeeld in de categorieën:

- Elektrisch
- Chemisch
- Mechanisch
- Thermisch
- Röntgen

#### Elektrische gevaren

In hoog voltage voedingsvoorzieningen die nodig zijn voor hoog vermogen lasertoepassingen schuilt een dodelijk gevaar. Een aantal gevallen van dodelijke elektrocutie door voedingen van lasers zijn gerapporteerd door de jaren heen. Het grote gevaar bij voedingen is gelegen in de aanwezigheid van een hoog voltage, een groot vermogen en vermogensopslag in condensatoren en ontladingscircuits.

Een hoogvermogen voeding kan noodzakelijk zijn, vanwege de inefficiëntie van het omzetten van elektrische energie in optische output. Met name lasers (diodelasers uitgezonderd) zijn extreem inefficiënt in het omzetten van elektrisch vermogen naar optische straling. Zie voor aanvullende informatie m.b.t. hoogspanning het kennisdossier [Elektrische veiligheid - Hoogspanning](#).

### **Voorbeeld**

Een argonlaser produceert een gemiddeld vermogen tussen 50 mW en 20 Watt. De bijbehorende energiebehoefte ligt tussen de 500 Watt en de 60 kW. Een typische 5 W argonlaser heeft een voeding van 15 kW nodig, hetzelfde geldt voor een vergelijkbare HeNe-laser.

Om warmteopbouw tegen te gaan wordt het systeem vaak water- of (pers)luchtgekoeld, waarbij water en elektriciteit bij samenkomst een significant elektrocutiegevaar vormen.

De effecten van een elektrische schok variëren van een tintelend gevoel tot onmiddellijk overlijden, hetzij door verbranding, hetzij door verlamming van de hart- of longspieren.

### **Chemische gevaren**

De meeste materialen die worden gebruikt voor lasertechnologie herbergen een chemisch gevaar. Excimer lasers gebruiken bijvoorbeeld fluor- of chloorgas als actief medium. Gevaarlijke stoffen kunnen ook vrijkomen als gevolg van laser-materiaalinteractie. Zo komt er bij het snijden van PVC met een CO<sub>2</sub>-laser benzeen en waterstofchloride vrij. Optische fibers zijn gecoat met een brandvertragend materiaal dat bijtend is en kan zorgen voor huidletsels. Resten als gevolg van slijpen en polijsten van optische fibers kunnen longschade veroorzaken. Chemicaliën die worden gebruikt voor het schoonmaken van optische componenten zijn corrosief, toxisch of brandbaar en moeten op de juiste wijze worden bewaard, gebruikt en afgevoerd.

### **Spiegels**

Bij het gebruik van hoogvermogen lasers kunnen spiegels worden gebruikt van zinkselenide (ZnSe), bijvoorbeeld in de *cavity* van CO<sub>2</sub>-lasers. Als gevolg van inbranding door de laser en contact met de lucht oxideert het ZnSe aan de oppervlakte onder vorming van selenide-oxide (SeO<sub>2</sub>). Dit selenide-oxide is zeer toxisch bij inademing (in o.a. Duitsland gehanteerde grenswaarde voor de inhaleerbare fractie: 0,05 mg/m<sup>3</sup>, dus zeer laag). Bij breuk van een dergelijke spiegel moet daarom rekening worden gehouden met de gevaren van het mogelijk vrijkomen van deze stof.

### **Vloeistoflasers**

De vloeistoffen die worden gebruikt als actief medium in lasers dienen met de nodige omzichtigheid te worden betracht. Veel van deze vloeistoffen zijn irriterend voor de huid en luchtwegen, zijn toxisch bij opname door de huid of via de mond (al in slechts zeer kleine hoeveelheden), werken sensibiliserend of zijn kankerverwekkend. Voorbeelden van dergelijke vloeistoffen zijn Rhodamine 6G en DMSO. Daarnaast zijn veel van de (organische) oplosmiddelen brandbaar.

### **Gevaar van microdeeltjes**

Het is noodzakelijk om voorafgaand aan het bewerken van materialen de risico's van het vrijkomen van ongewenste bijproducten te onderzoeken. Het risico van deeltjes in de lucht hangt nauw samen met de deeltjesgrootte.

### **Voorbeeld**

Bij het snijden van roestvrij staal (RVS) met een CO<sub>2</sub>-laser wordt een laserbundel gebruikt met een hoge energiedichtheid. Deze energie is voldoende om chroom(VI) en vanadium(VI) vrij te maken uit het RVS. Beide van deze stoffen zijn zeer schadelijk in lage concentraties, chroom(VI) is kankerverwekkend.

Bij het inventariseren van chemische risico's is het belangrijk om te kijken naar de afbraakproducten van het bewerkte materiaal en de vereiste mate, wijze en positie van afzuiging. Deze factoren bepalen in grote mate de maatregelen die moeten worden genomen om de risico's te minimaliseren. Efficiënte afzuiging en filtratie aan de bron reduceert het risico voor de operateur en de directe werkomgeving aanzienlijk. Zie verder het [kennisdossier lasrook](#).

## Mechanische gevaren

Mechanische gevaren kunnen snel over het hoofd worden gezien bij de beschouwing van de veiligheid bij het werken met lasers. De meeste mechanische gevaren treden op bij:

- Watergekoelde installaties bij hoogvermogen voedingstoepassingen, waarbij slechte verbindingen en pijpen kunnen zorgen voor lekkage, oververhitting et cetera;
- Gasvoorzieningen, waarbij slechte verbindingen kunnen zorgen voor gaslekkages;
- Bewegende machineonderdelen, zoals bewegende (snij)tafels, ventilatoren en aandrijfriemen als onderdeel van een bewegende laserkop;
- Lawaai ten gevolge van het laden van condensatoren en vanuit koelventilatoren;
- Fragmenten van optische fibers die oog- of huidbeschadigingen kunnen veroorzaken.

Een specifiek voorbeeld van een mechanisch risico is het gebruik van zgn. *herbie* clips om koelsslagen tussen laser en koeling te bevestigen. Deze clips worden bros onder invloed van blootstelling aan UV-straling en kunnen het op een gegeven moment begeven, waardoor water kan vrijkomen in de omgeving van de hoogvermogen voeding.



## Optische gevaren

Los van de bundel zelf kan het bundeltransportsysteem optische gevaren met zich meebrengen. In de meeste laseropstellingen wordt de laser weggeleid van de apertuur (de opening waar de laserbundel de behuizing verlaat), vaak over grote afstand, door bundelpijpen en verschillende optische componenten, alvorens een interactie aan te gaan met materiaal of een component. Verkeerde uitlijning van bundelpijpen of omsluitingen kan een onverwacht optisch gevaar opleveren in de vorm van laserstraling op onverwachte plaatsen, ook wel parasitaire laserstraling genoemd. Verstoring van het bundeltransportsysteem of optische componenten kan ervoor zorgen dat een bundel in plaats van naar zijn oorspronkelijke locatie, wordt geleid naar een andere positie, waardoor er bijvoorbeeld gevaar voor brand ontstaat.

## Fibers

Fibers worden veelvuldig gebruikt voor het transporteren van met name laserbundels, maar ook voor hoogvermogen LED-licht en moeten voorzichtig worden behandeld om te voorkomen dat ze breken en de bundel kan ontsnappen. Fibers kunnen worden voorzien van een flexibele metalen behuizing om beschadiging van de kwetsbare vezel te voorkomen.

Stralingschade aan optische fibers kan ontstaan door toegenomen demping in de vezel ten gevolge van verlies door absorptie, verstrooiing, enz. Het effect van straling op de kwaliteit van optische fibers is cumulatief en degradatie kan catastrofaal of geleidelijk optreden.

## Brandgevaar

Lasers in klasse 4 ([zie 1.1.5](#)) vormen een gevaar voor het tot ontbranding brengen van materialen. Vuur, thermisch geïnduceerde beschadigingen in optische componenten en het smelten of verdampen van oppervlakken die bedoeld zijn om de laserbundel te stoppen, of op zijn plaats te houden zijn allen gevaren van klasse 4 lasers.

## Bewerking brandbaar materiaal met laser

Directe bundels en gereflecteerde bundels kunnen brand veroorzaken wanneer zij worden gericht op een brandbaar materiaal. In het bijzonder de materialen die met lasers worden gesneden, waaronder papier, hout en stof, ontvlammen makkelijk. Bij snijprocessen van ontvlambare materialen (bijv. stoffen voor kleding of papier) wordt niet zelden onder stikstofatmosfeer gewerkt, ter verdringing van zuurstof en het voorkomen van ontbranding van het te snijden materiaal.



## Röntgenstraling

Röntgenstraling behoort, in tegenstelling tot laserstraling, tot de ioniserende straling. Ze draagt meer energie en is in staat om biologische veranderingen in het menselijk lichaam teweeg te brengen. In de stralingshygiëne wordt aangenomen dat elke dosis ioniserende straling een extra kans op het ontwikkelen van kanker inhoudt. Röntgenstraling kan bij lasergebruik op twee manieren ontstaan:

### 1. Röntgenstraling gegenereerd door voedingsvoorzieningen

Wanneer het vermogen van een thyatron-voeding (gebruikt bij sommige hoogvermogen lasers) de 5 kV overstijgt kan het apparaat röntgenstraling genereren. Onderhoudspersoneel dat aan dit type voedingen werkt loopt een kans op blootstelling wanneer de afschermdende behuizing is verwijderd.

### 2. Röntgenstraling gegenereerd door laser-materiaalinteractie

Dit verschijnsel komt alleen voor bij het gebruik van de sterkste researchlasers, waarbij hoogenergetische laserstraling in contact komt met zware metalen. In voorkomende gevallen is het doelmetaal meestal zodanig afgeschermd dat alleen de laserbundel het metaal kan bereiken en het verder volledig is afgeschermd om te voorkomen dat gegenereerde röntgenstraling in de ruimte kan komen.

## 1.1.5 Laserclassificatie

Lasers worden onderverdeeld in groepen op basis van hun schadeveroorzakend potentieel. Het gevaar is gerelateerd aan de golflengte en afhankelijk van energie (puls karakteristiek) of vermogen. Daarnaast is het gevaar afhankelijk van de divergentie van de bundel. De eisen waaraan een laserproduct moet voldoen worden genoemd in [NEN-EN-IEC 60825-1](#). De norm vermeldt tevens tabellen om fabrikanten of hun vertegenwoordigers te ondersteunen bij de toewijzing van de juiste klasse. Per laserklasse zijn er specifieke productvereisten en veiligheidsmaatregelen. De te nemen veiligheidsmaatregelen worden genoemd in [NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#).

De maximale emissie van laserstraling wordt vergeleken met de **Accessible Emission Limit (AEL)** voor een gegeven klasse. Dit is het maximale niveau aan laserstraling dat de laser **kan** verlaten tijdens bedrijf, bij maximale capaciteit op enig moment na de vervaardiging ervan. De AEL houdt rekening met de golflengte, de blootstellingsduur (voor zowel continue als gepulste lasers) en waarnemingscondities van de laserstraling. NEN-EN-IEC 60825-1 geeft tabellen met AEL-waarden voor iedere laserklasse. Deze specificeren het maximale vermogen en de blootstellingsduur binnen iedere klasse. [NEN-EN-IEC 60825-1](#) specificeert zeven laserklassen. Het classificatieschema is van toepassing op 'laserproducten', wat wordt gedefinieerd als:

"Ieder product of samenstel van componenten dat een laser of lasersysteem vormt, gebruikt of omvat, of bedoeld is dit te doen".

Een laserproduct kan dus een 'lasersysteem' van een hogere klasse bezitten!

### Voorbeeld

Een DVD-recorder wordt omschreven als een laserproduct, omdat het een lasersysteem bevat, namelijk de laser en een geschikte energiebron. De classificatie van een laserproduct bedraagt klasse 1. Intern bevindt zich een laserdiode van klasse 3B. Deze wordt echter alleen toegankelijk na het verwijderen van de behuizing. Het product zelf heeft daarom een lagere klasse-indeling dan het feitelijke lasersysteem.

De laserclassificatie wordt tegenwoordig weergegeven met numerieke waarden 1 t/m 4. Op oudere lasers, met name van Amerikaanse origine, wordt nog wel een de indeling in Romeinse cijfers aangetroffen (class I t/m class IV). De betekenis hiervan is identiek aan de numerieke indeling.

### Klasse 1 (beschouwd als veilig)

Onder voorziene gebruikstoepassingen zijn klasse 1 lasers veilig voor zowel oog als huid. Het maximale vermogen in klasse 1 bedraagt  $<0,5 \mu\text{W}$ . Deze klasse is van toepassing op zowel zichtbare als niet-zichtbare lasers. Klasse 1 laserproducten kunnen een hoogvermogen lasersysteem bevatten (bijvoorbeeld de klasse 3B laser in een confociaal lasermicroscop), waarbij de technische vormgeving

ervoor zorgt dat het vermogen bij gebruik nooit de bovengrens van deze klasse kan overschrijden.  
*Voorbeeld: DVD-recorder.*

### **Klasse 1M** *(onder normale omstandigheden beschouwd als veilig)*

Alleen van toepassing voor golflengten tussen 302,5 en 4000 nm. Klasse 1M lasers mogen de AEL voor klasse 1 lasers niet overschrijden, maar het vermogen van de bundel kan behoorlijk hoog zijn. Het concept is gebaseerd op de hoeveelheid bundel die in het oog valt. Laserbundels in klasse 1M zijn zeer divergent (nemen snel toe in diameter bij toenemende afstand) of hebben een grote diameter en zijn gecollimeerd.

*Een maximaal gedilateerd pupil heeft een diameter van 7 mm. De grote divergentie leidt, door afbeelding van slechts een deel van de bundel (oppervlak pupil / oppervlak bundel) onder normale condities tot een blootstelling beneden de maximaal toelaatbare blootstellingswaarde voor het oog. Wanneer deze gedivergeerde bundel met een lens wordt bekeken (bijv. 50 mm oculair van een verrekijker) wordt niet 7 mm doorsnede van de bundel, maar 50 mm doorsnede van de bundel in het oog gekoppeld. Deze inkoppeling van een groter deel van de bundel als gevolg van de lens, leidt tot een blootstelling boven de maximaal toelaatbare blootstellingswaarde. Vergelijkbaar geldt dit voor gecollimeerde bundels met een grote diameter. Bijvoorbeeld een laser torch met een vermogen van 50 mW in een 50 mm bundel heeft een oogblootstelling onder normale condities van < 1 mW (in een 7 mm pupilopening). Wanneer een lens van 50 mm de volledige bundel in het oog brengt betekent dit een toename tot 50 mW in het oog. De 1 mW blootstelling was veilig, de 50 mW na de lens niet.*

Daarom zijn lasers in deze klasse niet veilig voor huid en oog wanneer gebruik wordt gemaakt van optische hulpmiddelen, bijvoorbeeld lenzen. *voorbeeld: Testuitrusting voor optische fibers.*

### **Klasse 1C**

Deze laserklasse is met NEN-EN 60825-1:2014 in augustus 2014 geïntroduceerd. Klasse 1C kan worden toegekend aan apparaten met een directe contact-toepassing op de huid of niet-oogweefsel. Hoewel de output van deze lasers van klasse 3R, 3B of 4 kan zijn, zijn ze technisch zodanig beveiligd, dat tijdens gebruik geen oogblootstelling boven maximaal toelaatbare blootstellingsgrenzen kan plaatsvinden.  
*Voorbeeld: opto-acoustic imaging.*

### **Klasse 2** *(laag vermogen)*

Klasse 2 is enkel van toepassing voor lasers in het zichtbare gebied (400 – 700 nm). Ze kunnen continu of gepulst zijn. Bescherming van het oog wordt bewerkstelligd door natuurlijke afweerreacties, waaronder de knipperreflex. Er wordt aangenomen dat de maximale blootstellingstijd voor het oog 0,25 seconde bedraagt (de tijd die nodig is om het hoofd af te wenden of met de ogen te knipperen). Het maximale vermogen in klasse 2 bedraagt <1 mW.

*Voorbeeld: geleidelasers op gereedschappen en waterpassen.*

### **Klasse 2M** *(laag risico, onder normale omstandigheden)*

Klasse 2M lasers mogen de AEL voor klasse 2 lasers niet overschrijden, maar het vermogen van de bundel kan behoorlijk hoog zijn. Het concept is gebaseerd op de hoeveelheid bundel die in het oog valt. Laserbundels in klasse 2M zijn daarom zeer divergent (nemen snel toe in diameter bij toenemende afstand) of hebben een grote diameter en zijn gecollimeerd. Daarom zijn lasers in deze klasse niet veilig voor huid en oog wanneer gebruik wordt gemaakt van optische hulpmiddelen, bijvoorbeeld lenzen.

*Voorbeeld: laser torch.*

### **Klasse 3R** *(gemiddeld vermogen)*

Klasse 3R lasers beslaan het golflengtegebied van 302,5 nm tot 1 mm. Directe blootstelling aan de bundel is gevaarlijk, maar het gevaar is kleiner dan bij een klasse 3B laser product (3R = 3 Reduced). De AEL ligt binnen 5x de AEL-waarde voor klasse 1 of klasse 2 (400 – 700 nm). Het maximale vermogen bedraagt <5 mW. Klasse 3R is de vervanger van de vroegere klassen 3a en IIIa. *Voorbeeld: apparatuur voor landmeting, terrestriële laserscanning.*

### **Klasse 3B (gemiddeld / hoog vermogen)**

Klasse 3B is van toepassing op zowel zichtbare als niet-zichtbare laserstraling. Direct in de bundel kijken is altijd gevaarlijk. Diffuse reflecties zijn normaal gesproken veilig om in te kijken, gegeven dat het oog zich niet dichterbij dan 13 cm van het reflecterend oppervlak bevindt en de blootstellingsduur niet langer bedraagt dan 10 seconden. Het maximale vermogen in klasse 3B bedraagt < 500 mW.

*Voorbeeld: Research helium-neon-laser.*

### **Klasse 4 (hoog vermogen)**

Klasse 4 lasers zijn gevaarlijk. Zowel het direct in de bundel kijken als het kijken in een gereflecteerde bundel is bijzonder gevaarlijk en de kans op letsels ten gevolge hiervan is groot, tenzij de bundel voldoende gedivergeerd is. Ook beschadigingen aan de omgeving (brand) zijn een serieuze mogelijkheid. Diffuse reflecties kunnen nog steeds gevaarlijk zijn en bijdragen aan oog- en huidletsel of het tot ontbranding brengen van materiaal.

## **1.2 Psychosociale aspecten**

De psychosociale aspecten van de risico's van optische straling zijn niet of nauwelijks beschreven in de literatuur. Derhalve beroepen wij ons in dit dossier op algemene kennis van psychosociale aspecten in het algemeen en in het bijzonder op het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen.

### **1.2.1 Psychosociale aspecten algemeen**

Het voortdurend blootgesteld worden aan invloeden die de gezondheid ernstig kunnen schaden brengt spanningen met zich mee, vooral als men zich niet zeker voelt of er onvoldoende bekend is over de risico's. Mensen die blootgesteld worden zullen geconcentreerd moeten werken en op de hoogte moeten blijven van de mogelijke gevaren. Langdurig geconcentreerd werken veroorzaakt vermoeidheid en gaat ten koste van kwaliteit van werken en het geleverde product. Onduidelijke of onvoldoende informatie over de gevaren die met de werkzaamheden zijn gemoeid kan tot spanningen leiden.

Het is van belang dat werkgever en werknemer zich op de hoogte stellen van de voorwaarden die veilig en gezond werken met optische straling mogelijk maken. Bijvoorbeeld door het hebben van aandacht voor de technische aspecten, maar ook voor de veiligheid en gezondheidsaspecten tijdens reguliere werkoverleggen. Het bespreekbaar maken van de gevaren geeft erkenning van de gebruikers en degene die in de zones met optische straling werken of zich hierin bevinden. Voor algemene aspecten van psychosociale arbeidsdruk, zie verder het [kennisdossier werkdruk](#).

### **1.2.2 Psychosociale aspecten PBM**

Om negatieve gevolgen van optische straling te voorkomen, dienen er vaak persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) te worden gebruikt. Deze bestaan uit specifieke brillen, die ook aan de zijkant afsluiten, zuurstofapparatuur en beschermende kleding om blootstelling aan de huid te voorkomen. Het dragen van PBM's brengt lichamenlijk ongemak met zich mee en kan leiden tot irritatie en demotivatie. Een gebrek aan draagcomfort, warmte en verplichting kunnen bij langdurig gebruik leiden tot concentratieverlies, aversie en disfunctioneren. De kwaliteit van het werk kan daardoor afnemen. Onderzoek naar verbetering van het draagcomfort en de gebruikte materialen zijn dan ook essentieel om de werkzaamheden te kunnen blijven uitvoeren.

Werkinstructies en voorlichting, audits en toetsen van de werksituatie zijn dan ook noodzakelijk om blootstelling te voorkomen en het belang van het dragen te blijven benadrukken. *Job rotation* kan de medewerker verlichten van blootstelling en dragen van PBM.

## 2. Relevante werksituaties

Toepassing van kunstmatige optische straling vinden we in een grote diversiteit. Veelal is de toepassing toegespitst op de omgeving waarin deze wordt gebruikt. Zo vindt men in de industrie wezenlijk andere toepassingen dan in het wetenschappelijk onderzoek en weer andere specifieke toepassingen in bijvoorbeeld de medische sector.

### 2.1 Relevante branches

Hierna volgt een aantal toepassingen die binnen verschillende sectoren vaak voorkomen. Deze sectoren zijn beperkt tot de industrie, het wetenschappelijk onderzoek, de ICT-sector, infratechniek, entertainment en de medische sector, waarbij de lijst niet bedoeld is compleet te zijn.

- Industrie
  - Materiaalbewerking (Lassen / snijden / graveren)
  - Procescontrole (sensoren in productielijn, bijv. voor vulhoogtedetectie)
  - Product-labeling (laserscanning van houdbaarheidsdatum of productspecificatie)
  - Barcode scanning (kassasystemen en logistieke centra)
- Onderzoek
  - Open laseropstelling
  - Laserdiffractie
  - Confocaalmicroscopen
  - Cell sorters (FACS)
  - DNA sequencers
  - IR-lasermicroscopie
  - Optical tweezers
- Medisch
  - Light-scalpel
  - Huidtherapie (lasertherapie, IPL)
  - Tandheelkunde (UV-behandeling, boren met laser)
  - Tumorbehandeling (ablatie van tumorweefsel)
  - Pijnbestrijding (lasertherapie, lichttherapie, IPL)
  - Plastische chirurgie (lasersnijden)
  - Oogheelkunde (oogcorrectie, oogchirurgie)
  - Urologie (vergruizen van nierstenen)
  - Laboratoriumdiagnostiek (DNA-sequencers, confocaal lasermicroscopen, optical tweezers, cell sorters)
  - Cosmetische behandeling (verwijderen tatoeages, laserbehandeling, IPL)
- ICT
  - Optische dataverbindingen
- Infratechniek
  - Terrestriële laserscanning
  - Geodesie (laserbundels i.c.m. gebruik theodolieten)
- Entertainment
  - Showlasers / laser displays
  - LED-spots / floodlights

## **2.2 Relevante beroepen**

Bronnen van kunstmatige optische straling worden steeds meer als gemeengoed gebruikt, waarbij blootstelling aan deze bronnen reeds kan optreden vanuit de toepassing van omgevingsverlichting of signalering, projectie of het maken van bijvoorbeeld fotokopieën. Een significant grotere blootstelling aan kunstmatige optische straling ontvangen zij die als onderdeel van de dagelijkse werkzaamheden blootstaan aan deze bronnen. Hierbij kan worden gedacht aan laser operateurs binnen alle relevante sectoren, glasblazers, light-jockeys, schoonheidsspecialisten, medisch personeel en tandartsen. Speciale aandacht is nodig in geval van onderhoud en reparatiewerkzaamheden. Dit geldt in het bijzonder wanneer het apparaat is ingeschakeld, bijvoorbeeld tijdens uitlijnwerkzaamheden. De bescherming is dan namelijk vaak afwezig.

### 3. Inventarisatie en evaluatie

Het uitvoeren van een risico-inventarisatie en –evaluatie, verder afgekort als RI&E, is vanuit de Arbeidsomstandighedenwet verplicht aan ieder arbeidsmiddel en voor alle werkzaamheden, waarvan men een risicodragend karakter kan vermoeden.

#### 3.1 Inventarisatie

Op het gebied van kunstmatige optische straling zijn in het Arbobesluit nadere voorschriften gegeven voor de uitvoering van de RI&E aan bronnen van kunstmatige optische straling. De beoordeling (incl. meting of berekening) moet worden gedaan aan de hand van de normen van de Internationale Elektrotechnische Commissie met betrekking tot laserstraling; en de aanbevelingen van de Internationale Commissie voor Verlichtingskunde en de Europese Commissie voor Normalisatie met betrekking tot niet-coherente straling. [NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#) kan in dit verband specifiek als handreiking voor de RI&E aan lasers en de te nemen maatregelen worden aangewend.

Voor lasers in klassen 1,2 en 3R en niet-lasers kan een primaire beoordeling van de risico's, op basis van de beoordeling van eigenschappen van het apparaat en informatie van de fabrikant, een goed beeld geven van de aanwezige risico's. Wanneer na deze eerste beoordeling vermoedens bestaan dat werknemers een gezondheidsrisico kunnen lopen ten gevolge van optische straling, dan is een meer gedetailleerde risicobeoordeling nodig. De primaire beoordeling van bronnen van kunstmatige optische straling is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 7.1 t/m 7.3 van het dossier : "[Kunstmatige optische straling](#)" van Arbo Unie

In het Arbobesluit staat expliciet beschreven waaraan in de risico-inventarisatie voor kunstmatige optische straling aandacht moet worden besteed. Dit betreft ten minste de volgende punten:

- a) Het niveau, de golflengtegebieden en de duur van de blootstelling aan kunstmatige optische straling;
- b) De grenswaarden voor oog- en huidblootstelling;
- c) Mogelijke gevolgen voor de veiligheid en de gezondheid van werknemers die tot een bijzonder gevoelige risicogroep behoren;
- d) Mogelijke gevolgen voor de veiligheid en de gezondheid van werknemers van de interactie op de arbeidsplaats tussen optische straling en fotosensibiliserende chemicaliën;
- e) Mogelijke indirecte effecten, zoals tijdelijke blindheid, ontploffing of brand;
- f) Het bestaan en gebruik van vervangende arbeidsmiddelen, die ontworpen zijn om de blootstelling aan kunstmatige optische straling te verminderen;
- g) De door de arbeidsgeneeskundige onderzoeken verkregen relevante informatie, met inbegrip van gepubliceerde informatie voor zover dat mogelijk is;
- h) De blootstelling aan verscheidene bronnen van kunstmatige optische straling;
- i) Een classificatie die wordt toegepast op lasers, die wordt gedefinieerd conform de desbetreffende norm van de Internationale Elektrotechnische Commissies, alsook soortgelijke classificaties met betrekking tot kunstmatige bronnen, die soortgelijke schade kunnen toebrengen als lasers in de klassen 3B of 4 en:
- j) De door de producent van bronnen van optische straling en aanverwante arbeidsmiddelen opgegeven informatie in overeenstemming met de gemeenschappelijke richtlijnen.

Voor meer informatie zie [Arbeidsomstandighedenbesluit, hoofdstuk 6, afdeling 4a "kunstmatige optische straling"](#).

#### 3.2 Evaluatie

Belangrijk is om niet alleen risico's te benoemen maar om ook de ernst ervan in te schatten. Sommige risico's zijn zo laag dat ze als aanvaardbaar mogen worden beschouwd. Andere risico's zijn zo ernstig dat de bron direct buiten gebruik moet worden gesteld, waarbij de bron pas weer in gebruik mag worden genomen wanneer er voldoende maatregelen zijn genomen.

Het door de overheid uitgebrachte rapport "["optische straling in arbeidssituaties"](#)" biedt een handreiking om risico's aan kunstmatige optische straling te evalueren. Bij het evalueren van risico's volgens dit document wordt, bij beschouwing van laser, afgeweken van hun formele classificatie in klasse 1 t/m 4. Wanneer men enkel lasers beschouwt is er niets op tegen om zich te beperken tot de laserklassen, zoals deze zijn voorgesteld in [NEN-EN-IEC 60825-1](#), omdat deze norm in de wetgevende tekst wordt aangewezen als toe te passen norm voor het invullen van laserveiligheid. Dit voorkomt het door elkaar gebruiken van verschillende classificatiesystemen met ieder hun eigen criteria. Voor klasse 3B en 4 lasers zijn het verhoogde risico en de wijze van beoordeling immers reeds expliciet als onderdeel van wetgeving genoemd. In dit verband kan [NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#) als handreiking worden gebruikt voor de evaluatie en de inperking van lasergemedieerde risico's.

Om de ernst van risico's in kaart te brengen is een veel gebruikte methode die van Kinney en Wiruth. Hierbij wordt op grond van 3 factoren de hoogte van een risico bepaald:

- Het mogelijke effect op de mens.
- De kans (waarschijnlijkheid dat dat effect optreedt).
- De mate waarin men aan dat risico bloot staat.

Voor verdere uitleg over deze methode wordt verwezen naar het [kennisdossier Risicoinventarisatie](#), par. 3.1.2.

Ter illustratie van het gebruik is een praktijkvoorbeeld uitgewerkt dat betrekking heeft op kunstmatige optische straling:

#### **Voorbeeld**

In de kliniek wordt voor de behandeling van nierstenen en niertumoren een fiberlasersysteem gebruikt. Tijdens de behandeling van de patiënt wordt een fiber in het lichaam gebracht en na inbrengen wordt door de fiber een laserbundel het lichaam ingeleid ter vernietiging van nierstenen of het verwijderen van tumorweefsel. Het fibersysteem wordt door de operateur bediend, middels het indrukken van twee aparte voetpedalen (twee voetenbediening). De beoordeling wordt gevraagd met betrekking tot de veiligheid van de patiënt en het omlooppersoneel, ten aanzien van blootstelling aan de laserbundel en het gebruik van laserbrillen tijdens de behandeling. Een eventuele vrijkomende bundel uit de fiber heeft een vermogen boven de maximaal toelaatbare blootstellingsgrenzen.

Een bundel komt alleen en slechts dan in de ruimte wanneer de volgende systemen falen:

- De chirurg vuurt een bundel af wanneer de fiber niet in de patiënt is ingevoerd,
- Bij fiberbreuk in combinatie met een falend veiligheidssysteem dat onder normale omstandigheden bij breukdetectie onmiddellijk de bundel stopt.

Is het dragen van een bril tijdens de uitvoering van deze werkzaamheden vereist voor patiënt en personeel (dus ook de operateur), of zijn de risico's op blootstelling verwaarloosbaar?

De kenmerken van deze situatie leiden tot de volgende scores (Kinney en Wiruth):

Mogelijk effect: blijvende beschadiging van het oog: E= 7,

Kans erop: ongewoon maar mogelijk (nl. bij een menselijke fout van de chirurg): W= 1

Blootstelling: personeel staat er dagelijks aan bloot: B= 6

Patiënt staat er zelden aan bloot (jaarlijks): score 1

Dit geeft de volgende totaalscores (ExWxB):

Voor medewerkers:  $7 \times 1 \times 6 = 42$ : aandacht vereist

Voor patiënt:  $7 \times 3 \times 1 = 21$ : aandacht vereist

Gezien deze scores is het advies dat in ieder geval de medewerkers een veiligheidsbril verplicht te laten dragen. Dan zakt de W score namelijk van 1 naar 0,2 (praktische onmogelijk), en daarmee de totale risicoscore naar  $7 \times 0,2 \times 6 = 8$ : aanvaardbaar risico.

Bovendien is het advies (in lijn met de brongerichte strategie, dus het streven om risico's aan de bron aan te pakken) om na te gaan of de kans verkleind kan worden dat de chirurg een bundel afvuurt als de fiber niet in de patiënt is ingevoerd.

Voor patiënten is de risicoscore geen reden om een veiligheidsbril te verplichten. Echter om te bepalen of een maatregel zinvol is moet volgens Fine en Wiruth ook de kosteneffectiviteit van die maatregel in rekening worden gebracht. Omdat een bril voor een patiënt vrijwel niets kost (dus erg kosteneffectief is) volgt hieruit dat je die maatregel moet treffen. Daarnaast is het zo dat, wanneer medewerkers wel beschermd worden en patiënten niet, dit mogelijk moeilijk uit te leggen valt. Dat op zich kan een reden zijn om voor patiënten ook een veiligheidsbril te verplichten.

In het gebruikte voorbeeld betreft het een nabij infrarood laser. Voor de ernst van het effect maakt het verschil of de golflengte zich bevindt in het nabij-IR/zichtbaar licht-gebied of in een ander golflengtegebied. Bij toepassing van een nabij-IR/zichtbaar licht is het mogelijke effect groot ( $E=7$  netvliesschade), bij een andere golflengte is het mogelijke effect minder groot ( $E=3$  hoornvliesschade).

### 3.3 Valkuilen bij de risico-inventarisatie en -evaluatie

#### Checklists

Het gebruik van een checklist kan een prima instrument zijn voor de herbeoordeling van een reeds bestaande risico-inventarisatie. Echter, wanneer een checklist op voorhand wordt gebruikt, zonder onderliggende open RI&E is de kans op het missen van risico's, ten aanzien van het gebruik van kunstmatige optische straling, aanmerkelijk. Door de complexiteit van met name lasertoepassingen is het moeilijk om alle potentiële risico's in een checklist te vangen en wordt aanbevolen om altijd eerst een open risicoanalyse uit te voeren.

#### Softwarepakketten

Het gebruik van softwarepakketten (bijv. LaserBee of Laser Safe PC) kan een waardevolle ondersteuning bieden in de berekening van maximaal toelaatbare blootstellingswaarden, of het gewenste beschermingsvermogen van een afschermingsbril. Echter, wanneer men softwarepakketten gebruikt moet men zeer goed op de hoogte zijn van de principes die aan de berekeningen ten grondslag liggen [NEN-EN-IEC 60825-1](#), waaronder de kennis hebben van de gebruikte tabelgegevens uit de standaarden. Wanneer men zonder besef waarden invoert in een dergelijk programma levert dit een typisch geval van 'garbage in – garbage-out' op en kan dit in de praktijk tot onvoldoende afgeschermd en daarmee gevaarlijke situaties leiden.

### 3.4 Meten

Wanneer er genoeg informatie is voor een kwantitatieve blootstellingsschatting of berekening dan zijn metingen op de werkplek overbodig. Beoordeling zonder metingen heeft de voorkeur. Het meten van optische straling is een complexe aangelegenheid, waarbij o.a. onder normcondities oog- en huidblootstelling moet worden nagebootst. Een goede bekendheid met de beschikbare apparatuur (inclusief de beperkingen van wat wel en niet gemeten wordt), evenals een goede kennis op het gebied van foutenanalyse en de juiste wijzen van meten, is noodzakelijk om een meting betekenisvol en accuraat te kunnen uitvoeren. De norm [NEN-EN-IEC 60825-1](#) en, meer in detail, [NPR-IEC/TR 60825-13](#) beschrijven meetmethoden voor bepaling van het laservermogen, gericht op de classificatie van een laser, maar indirect ook voor de bepaling van oog- en huidblootstelling (2). Geadviseerd wordt, in het geval meten noodzakelijk is, een hiertoe gespecialiseerd bedrijf in te schakelen.



## 3.5 Blootstellingsmetingen

Het is meestal niet noodzakelijk om blootstellingsmetingen uit te voeren aan opstellingen. Wanneer er wel behoefte bestaat tot het meten van vermogen, energie of bundelkarakteristiek, dan is het zaak een aantal belangrijke factoren in ogenschouw te nemen om te garanderen dat de gemeten waarde een accurate weerspiegeling is van de actuele stralingsniveaus. Situaties waarin blootstellings- of vermogensmetingen nodig kunnen zijn:

- Tijdens afstellings- of uitlijnwerkzaamheden vaststellen van het maximale vermogen in de bundel waarmee wordt gewerkt,
- Bepaling van de intensiteit van optredende reflecties,
- Tijdens het uitvoeren van de RI&E door meting vaststellen hoe actuele waarden zich verhouden tot de blootstellingsgrenzen voor humane blootstelling,
- Procescontrole (bijv. voor het vaststellen van de optimale snij- en lascondities),
- Her-classificatie nadat de gebruiker modificaties aan de laser heeft gedaan.

## 3.6 Effectmetingen

De gezondheidseffecten van blootstelling aan optische straling kunnen in beeld worden gebracht: Inspectie (van de huid, lens en het netvlies) en gezichtsveld onderzoek zijn de belangrijkste methoden. Netvliesschade kan met behulp van oogspiegeling (fundoscopie) en Optical Coherence Tomografie (OCT-netvlies) in beeld worden gebracht. Lensvertroebelingen (cataract) kunnen met een spleetlamp worden gezien en hiervoor kan ook oculometrie worden verricht.

Screenend Preventief Medisch Onderzoek (PMO) van huid en/of lens/ netvlies van aan optische straling blootgestelde medewerkers wordt gewoonlijk niet geadviseerd bij aan optische straling blootgestelde groepen. De prevalentie van schadelijke gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan optische straling is te laag om screenend onderzoek uit te voeren in de vorm van fundoscopie, oculometrie en/ of OCT . Diagnostiek met behulp van eenvoudiger onderzoek zoals vragenlijstonderzoek en screenend gezichtsveld onderzoek volgens Donders heeft een te lage sensitiviteit en specificiteit om als screeningsmethode voor lens of netvliessschade in te zetten.

Effecten van optische straling op de huid zijn bij voldoende blootstelling direct zichtbaar roodheid(erytheem) en brandwonden. De belangrijkste bron voor huidschade als gevolg van optische straling is de zon. De zonlichteffecten op de huid zijn aanvankelijk subtiel, maar kunnen ontaarden in (pre-) maligne huidafwijkingen. Blootstelling aan zonlicht valt buiten de scope van dit arbodossier. Arbeidsgerelateerde blootstelling van de huid aan optische straling levert vooral directe effecten op zoals brandwonden. Het risico op het ontstaan van (pre-) maligne huidafwijkingen als gevolg van arbeidsrelevante blootstelling aan optische straling is minimaal. Preventief onderzoek danwel voegdiagnostiek is bij deze vorm van gezondheidseffecten niet zinvol.

## 4. Wetgeving

Een groot deel van het wettelijke kader rond kunstmatige optische straling wordt gevormd door het Arbeidsomstandighedenbesluit. Hoofdstuk 6 van dit besluit is per 27 april 2010 uitgebreid met [afdeling 4a 'Kunstmatige optische straling'](#). Deze afdeling beschrijft de verplichtingen waaraan moet worden voldaan op het terrein van kunstmatige optische straling in de arbeidssituatie. De wetgeving is voortgekomen uit de implementatie van de Europese Richtlijn nr. van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 5 april 2006.

Afdeling 4a is van toepassing op arbeid waarbij de werknemer wordt of kan worden blootgesteld aan kunstmatige optische straling in zodanige mate dat dit een gevaar voor de gezondheid en veiligheid kan opleveren door het optreden van negatieve effecten op met name de ogen of de huid.

In het geval van laserstraling betreft het hier lasers van de klassen 3B en 4. en laseropstellingen van lagere klassen die onder bepaalde toepassing of omstandigheid een significant risico vormen (w.o. klasse 3R). Tevens betreft het lasers in klasse 1M en 2M, wanneer zij worden bekeken met optische hulpmiddelen. Van lasers in klasse 1C moet worden vastgesteld of aan de technische voorwaarden die in de product-specifieke normen staan beschreven (op moment van schrijven nog in de maak) is voldaan.

Hoewel de wetgeving een implementatie is van de Richtlijn 2006/25/EG, met daarin opgenomen de tabellen voor het bepalen van de toelaatbare blootstellingswaarden, wordt voor de risicobeoordeling expliciet verwezen naar de normen op het gebied van kunstmatige optische straling. Voor de meest actuele tabellen dient dan ook gebruik te worden gemaakt van de meest recente uitgave van de oorspronkelijke normen, waaruit deze tabellen afkomstig zijn. De beoordeling (incl. meting of berekening) moet worden gedaan aan de hand van de normen van de Internationale Elektrotechnische Commissie met betrekking tot laserstraling en de aanbevelingen van de Internationale Commissie voor Verlichtingskunde en de Europese Commissie voor Normalisatie met betrekking tot niet-coherente straling. Deze normen worden zo nodig gewijzigd op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten.

Voor wat betreft de blootstellingsparameters is de wetenschappelijke input afkomstig van de International Commission on Non Ionising Radiation Protection (ICNIRP). De tijd tussen een relevante ICNIRP-publicatie en de doorvertaling naar Europese en Nationale wetgeving bedraagt doorgaans acht tot tien jaar.

Het door de inspectie SZW [uitgebrachte rapport](#) biedt ook een handreiking om kunstmatige optische straling te classificeren. Bij het classificeren van risico's volgens dit document wordt, bij beschouwing van laser, afgeweken van hun formele classificatie in klasse 1 t/m 4. Wanneer men enkel lasers beschouwd is er niets op tegen om zich te beperken tot de laserklassen, zoals deze zijn voorgesteld in NEN EN IEC/TR 60825-1, omdat deze norm in de wetgevende tekst wordt aangewezen als toe te passen norm voor het invullen van laserveiligheid. Dit voorkomt het door elkaar gebruiken van verschillende classificatiesystemen met ieder hun eigen criteria. Voor klasse 3B en 4 lasers zijn het verhoogde risico en de wijze van beoordeling immers reeds expliciet als onderdeel van wetgeving genoemd.

### 4.1 Arbeidsomstandighedenwet

Naast de specifieke opname van kunstmatige optische straling in het Arbeidsomstandighedenbesluit, wordt in algemene zijn in artikel 5, Risico-inventarisatie en evaluatie en artikel 8, Voorlichting en onderricht van de [Arbeidsomstandighedenwet](#) de verplichting gesteld voor het uitvoeren van een RI&E en het opleiden en instrueren van personeel bij het werken met een gevaarlijk arbeidsmiddel.

### 4.2 Arbeidsomstandighedenbesluit

Hoofdstuk 6 van dit besluit is per 27 april 2010 uitgebreid met [afdeling 4a 'Kunstmatige optische straling'](#). Deze afdeling beschrijft de verplichtingen waaraan moet worden voldaan op het terrein van kunstmatige optische straling in de arbeidssituatie. In het Arbobesluit is tevens opgenomen dat binnen de onderneming de werknemersvertegenwoordiging (naast het instemmingsrecht op de RI&E dat ze in het

kader van art 27 van de Wet op de Ondernemingsraden heeft) ook de gelegenheid moet worden gegeven een oordeel kenbaar te maken over de vormgeving van de RI&E.

### **4.3 Arbeidsomstandighedenregeling**

In de Arboregeling is de vormgeving van de waarschuwborden opgenomen; verder zijn er geen voorschriften opgenomen over kunstmatige optische straling.

### **4.4 Overige Nationale wetgeving**

Er is geen overige Nationale wetgeving op het gebied van het gebruik van kunstmatige optische straling in de arbeidsomgeving.

### **4.5 Europese wetgeving**

[Deze richtlijn](#) heeft als basis gediend voor de implementatie van kunstmatige optische straling in de arbeidsomgeving in Nationale wetgeving. Nederland heeft deze Richtlijn één op één geïmplementeerd. Daarmee staat de Nationale wetgeving gelijk aan de minimale vereisten die vanuit Europa op het gebied van kunstmatige optische straling zijn gesteld.

## 5. Beleid

Op beleidsniveau is in verschillende bronnen informatie te vinden met betrekking tot gemaakte afspraken of te raadplegen literatuur. In dit hoofdstukken worden de relevante bronnen nader genoemd.

### 5.1 Arbocatalogi

Meerdere arbocatalogi, binnen verschillende branches, bevatten concrete voorschriften en richtlijnen over kunstmatige optische straling. Bijvoorbeeld in de catalogi voor:

- [ziekenhuizen](#),
- [sociale werkvoorzieningen](#) (blz 17-18),
- bouw en infra,
- afbouw,
- schilders- en vastgoedonderhoud,
- theaters (podiumkunsten),
- evenementen,
- provincies,
- spoorwagonderhoud,
- [schoonheidsspecialist](#) (blz 18-19),
- [voetverzorging](#) (blz 19-20).

Geadviseerd wordt steeds op het [Arboportaal](#) na te gaan of in de betreffende branche een arbocatalogus van kracht is met branche specifieke afspraken wat betreft blootstelling aan kunstmatige optische straling.

### 5.2. CAO-afspraken

Op CAO-niveau zijn, voor zover bekend, geen specifieke afspraken gemaakt met betrekking tot het toepassen van kunstmatige optische straling. De inrichting van medezeggenschap, zoals genoemd onder 4.2, kan onderdeel zijn van de cao-afspraken.

### 5.3 Branche-afspraken

Voor zover bekend zijn er geen afspraken op brancheniveau. In het onderstaande is enige branche-specifieke literatuur genoemd die beschouwd kan worden als een goede beschrijving van best-practices voor de betreffende branche.

Voor de gezondheidszorg zijn de downloadbare publicaties van de [Stichting Laserveiligheid in de gezondheidszorg](#) in de praktijk te beschouwen als *good practices*. Het boek [CMLSOs' Best Practices in Medical Laser Safety](#) uit 2012 van het *Laser Institute of America* bevat ook een aantal bruikbare suggesties.

Voor de research is vooral het boek *Laser Safety in the Lab* uit 2012 van Ken Barat bruikbaar. Ook het aloude IAVM-rapport [Richtlijnen laserveiligheid in voor instellingen voor onderzoek en onderwijs](#) uit 1985 is nog steeds goed bruikbaar en er zijn op het internet goede laser veiligheidsregelingen van diverse universiteiten te vinden.

Voor de industrie is de SZW-publicatie *Veiligheids- en gezondheidsaspecten van het werken met hoogvermogen lasers* (ISBN 90-803478-6-8) uit 1998 nog goed bruikbaar.

In alle branches zullen laserpointers worden gebruikt en de arbo-deskundige zal hier vroeger of later vragen over krijgen. Het is dan zinvol het rapport Gezondheidsraad [Laserpointers tegen het licht gehouden](#) te lezen. Daarin is opgenomen dat laserpointers meer risico's kennen dan op het eerste gezicht lijkt. Het rapport bevat overigens ook een uitstekende beschrijving hoe de 1 mW en 5 mW grenzen gerelateerd zijn aan de mogelijke schade op het netvlies.

## 5.4. Standaardisatie en normalisatie

Vanuit de wetgeving (hoofdstuk 4) wordt expliciet verwezen naar de toepassing van normen op het gebied van kunstmatige optische straling. Voor kunstmatige optische straling zijn de belangrijkste normen de veertien delen van NEN-EN / IEC-TR 60825. Deze behandelen per deel een bepaalde toepassing van lasers, de vereisten bij de productie van lasers en het classificatiesysteem en de rekenmethodieken voor niet-coherente optische straling.

Overzicht van toe te passen normen:

- NEN-EN / IEC-TR 60825 deel 1 t/m 14 (NEN-EN-IEC normen en NPR-IEC/TR richtlijnen)

Daar waar van toepassing aangevuld met bijvoorbeeld:

- IEC 60601-2-22; chirurgie, cosmetische therapie en diagnostische apparaten.
- NEN-EN-ISO 11553-1 Laser processing machines, general requirements
- NEN-EN-ISO 11553-2 Laser processing machines, safety requirements hand-held processing devices.
- NEN-EN 207; Persoonlijke oogbeschermingsmiddelen, bescherming
- NEN-EN 208; Persoonlijke oogbeschermingsmiddelen, uitlijning
- Machinerichtlijn (2006/42/EG)

Per toepassing zal moeten worden onderzocht of en welke aanvullende standaarden van toepassing zijn.

### 5.4.1 ICNIRP

Publicaties die ten grondslag liggen aan wetgeving en normaanpassingen op het gebied van kunstmatige optische straling zijn veelal afkomstig van de International Commission on Non Ionizing Radiation Protection ([ICNIRP](#)). Op dit moment van schrijven heeft de ICNIRP in 2013 haar meest recente publicatie met betrekking tot blootstelling aan kunstmatige optische straling gepubliceerd, waarbij de blootstellingslimieten op bepaalde vlakken vergaand zijn bijgesteld: [Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 nm. ICNIRP \(2013\)](#).

In de hierin opgenomen rationale zijn aanwijzingen opgenomen voor de wijziging van de geldende richtlijnen. Dit document zal daarmee tot een toekomstige aanpassing leiden van de normen voor laserveiligheid, met name op het gebied van gehanteerde blootstellingslimieten en -tijden.

## 5.5 Certificering

De RI&E moet conform [artikel 14.1.a](#) van de Arbeidsomstandighedenwet uiteindelijk getoetst worden door een gecertificeerd kerndeskundige. In de praktijk kan de RI&E op het gebied van kunstmatige optische straling alleen worden uitgevoerd door iemand die bekend is met dit specifieke vakgebied. Hiertoe wordt vaak de Laser Safety Officer in dit soort taken betrokken.

[NPR IEC/TR 60825-14](#) beschrijft geen directe details over de opleidingseisen van de Laser Safety Officer, maar de gevolgtrekking uit de Richtlijn is, dat de genoten opleiding op laserveiligheidsgebied minstens zo grondig moet zijn als dat voor elk van de gebruikers die zij adviseren.

Voor de concrete eisen aan de opleiding is een aparte richtlijn opgesteld. Voor Nederland geldt [NPR-CLC/TR 50448](#) 'leidraad voor niveaus van geschiktheid vereist in laserveiligheid'. Deze richtlijn biedt uitgangspunten voor het niveau van bekwaamheid voor de Laser Safety Officer, laserwerker, laserveiligheidsadviseur en 'overige personen'.

## 6. Beheersmaatregelen

Op basis van de uitkomsten van de RI&E en de berekeningen van de blootstellingsparameters worden maatregelen vastgesteld ter voorkoming en beperking van blootstelling aan de optische straling en inperking van de overige risico's. Om deze maatregelen binnen de arbeidsomgeving op de juiste wijze te implementeren moeten de uitgangspunten van hoofdstuk 6, afdeling 4a van het Arbeidsomstandighedenbesluit worden gevolgd. Hierin staan expliciete voorwaarden vermeld, waaraan de organisatie van het gebruik van kunstmatige optische straling moet voldoen. De manier waarop dit wordt uitgevoerd hangt sterk af van de specifieke toepassing. Bij het zoeken naar maatregelen is het de bedoeling dat de zogenaamde arbeidshygiënische strategie wordt toegepast.

### 6.1 Arbeidshygiënische strategie

Voorkomen is beter dan genezen. Om de risico's voor de gezondheid ten gevolge van geluid zo veel mogelijk te beperken is aanpak van kunstmatige optische straling bij de bron het meest effectief, vervolgens dat de straling bij de ontvanger komt en tenslotte de ontvanger af te schermen voor de straling.

De arbeidshygiënische strategie legt de voorkeursvolgorde vast van veiligheidsmaatregelen. De aanpak heeft de volgende stappen:

- Bronaanpak (eliminatie),
- Het treffen van groepsgerichte maatregelen,
- Het treffen van maatregelen voor het individu.

Het totaal aan maatregelen zal moeten leiden tot het beheersen van de straling en het voorkomen van gezondheidsschade.

Schematisch weergegeven: Arbeidshygiënische prioriteit van HOOG naar LAAG

MAATREGEL	APPARAAT PROCES	WERKHANDELING	OMGEVING
1 Bronaanpak			
-Eliminatie	Ander proces, bijv. HPL (pulsed light) i.p.v. laser bij cosmetische toepassingen	Automatisering, robotisering	
-Reductie	Preventief onderhoud Niet meer vermogen dan nodig	Werkhandeling, opleiding, training	
2 Groepsgerichte maatregelen			
-Isolatie	Omkasten, afscheiden	Toezicht, discipline	Lay-out, bijv. aparte cabines
-Vermijden overdracht			Absorberende verf
-Vermijden blootstelling		Korter werken, minder mensen	Controlekamer
3 Maatregelen voor het individu			
Persoonlijke beschermingsmiddelen		Kleding, bril, helm,	Voldoende voorraad, juiste maten

#### Praktijk

In de praktijk blijkt dat de maatregelen vaak in omgekeerde volgorde worden genomen. Om effectieve maatregelen aan de bron te kunnen nemen is vaak onderzoek en ontwikkeling nodig. Dat kan jaren duren, maar wel noodzakelijk. Maatregelen aan de overdrachtsweg vragen veelal een verdiepend onderzoek naar de effecten. Ook hier zijn investeringen nodig die pas na enige tijd beschikbaar zijn. Het

blijft tot die tijd dus noodzakelijk de mens te beschermen door het dragen van persoonlijke gehoorbescherming.

In de afwegingen die worden gemaakt om een bepaalde maatregel al dan niet toe te passen mogen economische motieven worden meegewogen. Ook mag rekening worden gehouden met de gevolgen voor het gebruik. Verder dienen maatregelen overeenkomstig de stand der techniek te worden geselecteerd en toegepast. [NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#) is specifiek bedoeld om ondersteuning te bieden bij de keuze van passende veiligheidsmaatregelen voor lasers.

## 6.1.1 Bronaanpak

In principe wordt gestreefd naar een inherent veilig ontwerp. Bij kunstmatige optische straling betekent dit primair het afwegen of er geen geheel andere techniek mogelijk is, met aanzienlijk minder risico's (dus: is kunstmatige optische straling in dit geval wel nodig). Als kunstmatige optische straling nodig is: kiezen voor de laagste hoeveelheid bronenergie die geschikt is voor het uitvoeren van de gewenste taak. Bijvoorbeeld: Voor uitlijnwerkzaamheden wordt zo mogelijk gekozen voor substitutiebronnen met een oog- en huidveilig vermogen. Ook wordt in het ontwerp rekening gehouden met de opbouw van de opstelling op de arbeidsplaats, bijv. geen vrije bundels richting looppaden, ramen of toegangsdeuren. Wanneer het noodzakelijk is om open bundels te gebruiken, dan moeten ze altijd boven of onder ooghoogte worden gehouden. Ook moet aandacht worden besteed aan het voorkomen van spiegelende en reflecterende oppervlakken. Andere aanbevolen technische maatregelen voor klasse 3B en 4 lasers zijn het gebruik van bundelverzwakkers in de vorm van optische dichtheidsfilters (zgn. OD / ND-filters) die leiden tot een lager vermogen of lagere vermogensdichtheid van de optische bundel.

### Aanschaffen van systemen

De aanschaf van systemen vormt een belangrijk punt van controle ten aanzien van de plaatsing op de werkplek. Het is over het algemeen gemakkelijker en goedkoper om een veilig systeem te kopen, dan het door wijziging veilig maken van een potentieel gevaarlijk systeem.

### Informatie van de leverancier / fabrikant

Tenzij er veel ervaring bestaat op het gebied van optische technologie is het waarschijnlijk dat wordt vertrouwd op de fabrikant of de leverancier om een veilig en werkzaam product te bieden, voorzien van de nodige veiligheidsvoorzieningen. De fabrikant moet uw aandacht vestigen op eventuele extra veiligheidsmaatregelen en factoren die moeten worden overwogen bij het gebruik van het product.

Voorafgaand aan de aankoop kunnen kopers meerdere leveranciers en fabrikanten benaderen. De LSO moet vroeg worden betrokken bij het verwervingsproces en veiligheidsoverwegingen moeten deel uitmaken van de definitieve keuze.

Het is niet altijd gemakkelijk om een product aan te schaffen dat voldoet aan alle van toepassing zijnde clausules van de in Nederland geldende normen. Dit kan echter gedeeltelijk worden aangepakt door bij de aanschaf aan de fabrikant of leverancier te stellen dat het product moet voldoen. Er kunnen problemen optreden met lasers vervaardigd buiten de Europese Unie, en in het bijzonder die zijn ingedeeld onder het Amerikaanse systeem (ANSI). Een gerenommeerde leverancier van overzeese producten zal ervoor zorgen dat het laserproduct correct is geclassificeerd en is voorzien van CE-markering.

De concrete uitwerking van bronmaatregelen is dermate technisch specialistisch werk (mede vanwege het grote belang van het voorkomen van fouten) dat het overgelaten moet worden aan daarin gespecialiseerde bedrijven. Het valt daarom buiten het kader van dit dossier om hier nader op in te gaan.

## 6.1.2 Groepsgerichte maatregelen

Groepsgerichte maatregelen in de omgeving zijn nodig als bronaanpak onvoldoende oplevert en zijn bedoeld om de blootstellingsrisico's zo dicht mogelijk bij de bron in te perken. De hoeveelheid te nemen maatregelen hangt af van de effectiviteit van de gekozen maatregelen. Hierbij spelen kostenoverwegingen een belangrijke rol. In principe worden die maatregelen genomen die leiden tot een maximale inperking van de risico's. Voor de invulling van de restricties worden persoonlijke beschermingsmiddelen voorgeschreven (6.1.3).

Voor lasers betekent bronaanpak dat wanneer het gebruik van lasers onvermijdelijk is, dat dan gestreefd wordt naar een zodanige afscherming dat het product, ten gevolge van de genomen maatregelen, voldoet aan laserklasse 1. Voor laserapparatuur kan meer informatie over afschermingen gevonden worden in NEN-EN-IEC 60825-4:2006 (zie verder par. 6.1.5).

Technische maatregelen bij het toepassen van kunstmatige optische straling kunnen bestaan uit:

- Interlockschakelaars op toegangspanelen tot bundels van kunstmatige optische straling,
- Toepassen van bundeldumps (verplicht bij toepassing lasers van klasse 3B en 4),
- Gebruik van bundelpijpen,
- Bundelpositie boven of beneden ooghoogte,
- Voorkomen van spiegellende / reflecterende componenten,
- Gebruik van bundelverzwakkers (OD / ND filters),
- Toepassen van black-out materialen (voor behuizingen en opstaande kanten op optische tafels),
- Toepassen van emissiefilters,
- Opnemen van (interlocked) shutters.

### Toegangsbeperking (gecontroleerde zone)

Een gecontroleerde zone heeft een beperkte toegankelijkheid, behalve voor geautoriseerde personen. Dit moet bij voorkeur worden bereikt door fysieke middelen, bijvoorbeeld met behulp van de muren en deuren om de gehele ruimte waarin de laser is opgesteld. Het gebied kan tevens worden beperkt door sluisen of barrières.

Beperking van toegang kan worden uitgevoerd met permanente beveiliging of verplaatsbare beveiliging voorzien van interlocks. Permanente beveiliging wordt gewoonlijk toegepast op delen van de apparatuur die niet regelmatig toegankelijk hoeven te zijn en zijn blijvend bevestigd, waarbij het volledige gevarengedebied wordt omsloten. Wanneer toegang is vereist dan moet de beveiliging een opening, voorzien van interlocks, bevatten.

### Interlocksystemen

Het is belangrijk dat de interlocks het bundelproces en het daarmee samenhangende gevaar beperken, wanneer de afscherming niet volledig wordt gesloten. De controle van het proces vindt meestal plaats middels een elektrische schakeling, maar mechanische, pneumatische of hydraulische methoden kunnen ook worden toegepast. Als de afscherming wordt geopend, moet dit door de interlock worden gedetecteerd en deze moet vervolgens de apparatuur veiligstellen, hetzij rechtstreeks of via enige vorm van relais.

Er zijn interlockschakelingen op te nemen waarin vergrendelde apparaten pas worden vrijgegeven nadat de afscherming is gesloten en de interlock is hersteld, waarna het apparaat weer veilig kan worden opgestart.

### Bi-toets-controlesysteem / twee handen bediening

Een eenvoudige maar effectieve methode waardoor de gebruiker er altijd van verzekerd is dat hij zich buiten een gevarengedebied bevindt is de toepassing van een bi-toets-controlesysteem, ook wel bekend als tweehandsbediening. Twee startknoppen worden gelijktijdig geactiveerd en bevinden zich zodanig naast elkaar dat beide handen van de operateur zich in een veilige positie bevinden en zich niet binnen



gevaargebied kunnen begeven. Het is belangrijk om te beseffen van dit type controle alleen de operateur beschermd en geen bescherming biedt aan anderen in de ruimte.

### **Sensoren**

Wanneer frequente toegang tot een ruimte is vereist, waarbij de interlock barrière moet worden doorbroken kan een uitgebreide reset-procedure te beperkend worden geacht. Vooral wanneer de operateur veelvuldig samples moet laden of aanpassing aan de opstelling moet verrichten. In zo'n geval is het gebruikelijk om middels sensoren de aanwezigheid of niet -aanwezigheid van een operateur vast te stellen en in reactie hierop een stopopdracht te laten uitvoeren. Dergelijke sensing technieken kunnen bestaan uit foto-elektrische lichtgordijnen, drukgevoelige matten, drukgevoelige randen en passieve infrarood detectoren. Al deze methoden kunnen worden aangemerkt als verklikkers die niet fysiek de toegang beperken, maar enkel waarnemen. Op basis van waarneming moet worden geschakeld om de veiligheid te controleren. Regelcircuits moeten betrouwbaar zijn en regelmatig op een juiste werking worden gecontroleerd. De tijd die nodig is om de apparatuur veilig te stellen, is bepalend voor de locatie of de nabijheid van een sensor.

### **Noodstopvoorzieningen**

Wanneer personeel toegang heeft tot een risicovolle ruimte, is het essentieel om bij een noodgeval het risico te stoppen en de gevarezone veilig achter te laten. De noodstop moet een snelle respons hebben en alle bronnen van gevaar in de ruimte stoppen. Veel mensen zullen bekend zijn met de rode paddenstoel noodstopknoppen. Deze moet naar behoren worden aangebracht in een zodanige hoeveelheid, dat vanuit elke positie in ieder geval een noodknopvoorziening te bereiken is. In ieder geval is er een noodstopknop in de directe nabijheid van de toegangsdeur, om veilige betreding van de ruimte door eventuele hulpverleners mogelijk te maken.

Dit veiligstellen kan betekenen dat het in sommige gevallen beter is om een shutter in te laten vallen die de bundel onderbreekt, dan de spanning af te schakelen, bijv. ter het behoud van een gaslaser, die snel in effectieve gebruikstijd achteruit gaat bij plotselinge afschakeling van de spanning. Ook kan het voor de veiligheid nodig zijn dat bijv. koeling, afzuiging of gasdetectie in werking blijven na het veiligstellen van de bundel. In die gevallen is het simpelweg afschakelen van de spanningsvoorziening niet per definitie de veiligste optie.

Om dergelijke complexe schakelroutines te managen zijn commercieel verkrijgbare interlock besturingssystemen verkrijgbaar. Deze elektronica schakelt in- en output-parameters naar gelang de gebruiker deze definieert en maakt een veiligstellen van de ruimte onder doordraaien van noodzakelijk voorzieningen mogelijk.

Voor lasers van klasse 2 en hoger zou de bundel moeten worden gestopt in een bundeldump na beëindiging van hun nuttige pad. Voor klasse 3B en 4 lasers is dit verplicht en moeten bundelpaden zorgvuldig worden gepland en zo kort mogelijk worden gehouden. In dit verband is het zinvol gebruik te maken van opstaande kanten op de optische tafel, zodat een eventuele dolende bundel in ieder geval niet van de tafel af de ruimte in kan stralen. Dit kan worden bereikt door de toepassing van geschikte black-outmaterialen (zwart karton voor lage vermogens of mat zwart metalen plaatmateriaal voor hoge vermogens).

### **Sleutelcontrole**

Wanneer niet in gebruik, moeten klasse 3B en 4 lasers worden beschermd tegen de mogelijkheid van per ongeluk of onbevoegd gebruik. Dit kan worden bereikt door het verwijderen van de bedienings sleutel. Deze sleutel valt onder de verantwoordelijkheid van de laserwerker en dient op een veilige plaats te worden bewaard, bijvoorbeeld in een sleutelkastje waartoe alleen de geautoriseerde gebruikers toegang hebben. De locatie van de sleutel, het gebruik ervan en de middelen ter verkrijging moeten worden uitgewerkt in de specifieke werkvoorschriften.

### **Procedure: gebruik door bevoegde personen**

Sleutelcontrole kan problematischer worden waar apparatuur 24 uur per dag wordt gebruikt. Onder deze omstandigheden is de sleutel vaak alleen verwijderd als het systeem is uitgeschakeld voor onderhoud of na een storing. Het is in een dergelijk geval belangrijk dat er procedures zijn om ervoor te zorgen dat de

apparatuur alleen bediend kan worden door bevoegde gebruikers (dit kan tevens worden bereikt met persoonsgebonden toegang tot de laserruimte), en dat iemand de verantwoordelijkheid heeft om de sleutel te verwijderen in het geval dat de apparatuur is uitgeschakeld (bijvoorbeeld na het falen van een veiligheidssysteem).

### **Werkinstructie**

Werkinstructies maken een belangrijk deel uit van de administratieve voorzieningen op het gebied van optische veiligheid. Naast algemene instructies heeft iedere toepassing een specifieke werkinstructie toegespitst op de aandachtspunten bij de opstelling.

### **Onderhouds- en servicedocumenten**

Gebruikers moeten gemakkelijk toegang hebben tot handleidingen of onderhoudsstaten. Ze zullen geen taken verrichten, zonder gebruik te maken van de juiste procedures.

### **Auditrondes**

Toepassingen worden, bij voorkeur jaarlijks, van een audit voorzien. Hierbij vindt, indien nodig, een herziening van de RI&E plaats en wordt de aanwezigheid van wettelijk verplichte documenten, onbeschadigde PBM, noodzakelijke afscherming en zonering en adequate waarschuwingssignalering vastgesteld. Voor de uitvoering van een audit kan gebruik worden gemaakt van een checklist, zolang de RI&E niet uit het oog wordt verloren als uitgangspunt voor de specifieke situatie. In feite zou bij de herziening van de RIE de volledige invulling van laserveiligheid opnieuw de revue passeren. Indien gewenst kan, in aanvulling op de audit, gebruik worden gemaakt van onaangekondigde locatiebezoeken om vast te stellen of in overeenstemming met het geldende beleid wordt gewerkt (bijvoorbeeld de discipline ten aanzien van het dragen van PBM).

### **Gedrag in de ruimte**

Een belangrijke gedragsregel in met name een laserruimte is het niet grijpen naar vallende objecten. Hiervoor moet worden geoefend in het onderdrukken van de natuurlijke respons om te grijpen naar vallende voorwerpen. Wanneer dit in een laserruimte gebeurt en men grijpt richting het vallende object komt men al snel op ooghoogte met de bundel op de optische tafel. Hierdoor ontstaat een ongewenst risico op blootstelling aan de directe of verstrooide laserbundel. Ook bij het oprapen van gevallen componenten moet men hierop bedacht zijn. Dit moet gebeuren met een afschermingsbril of met gesloten ogen. Wanneer gezocht moet worden naar het gevallene, worden alle bundels veiliggesteld (gestopt of onderbroken), waarna kan worden gezocht zonder bril.

Zorg ervoor dat werkers altijd op de hoogte zijn van de positie van noodstopinrichtingen, blusmaterialen en vluchtdeuren.

### **Incidentprocedure**

Het is belangrijk om voorzieningen te treffen voor redelijk voorzienbare incidenten. Het incident dat het meest waarschijnlijke probleem vormt, is wanneer iemand een bundel in het oog krijgt. Het is aan te bevelen dat een eenvoudige procedure wordt geschreven voor de behandeling van deze incidenten en deze op te nemen in de werkvoorschriften of deze erbij te houden. De procedure vermeldt hoe te handelen in geval van het voorziene incident; welke mensen moeten worden gecontacteerd voor zowel medische zorg, als in de afhandeling van het incident en welke procedures moeten worden gevolgd om herhaling te voorkomen (bijv. opstellen van een onderzoeksrapportage). Bij een laserstraal in het golfengtebereik van 400 tot 1400 nm is het netvlies het meest kritische deel van het oog. Een eenvoudige leestest kan worden gebruikt om vast te stellen of het zicht is aangetast.

Als het besluit is genomen om het slachtoffer over te dragen naar het ziekenhuis, is het handig te beschikken over de benodigde informatie. Het is belangrijk om details van de bundel mee te nemen / geven (grab pack), waarmee het ongeval heeft plaatsgevonden. Deze moet duidelijk de bundelkenmerken weergeven en het deel van het oog dat waarschijnlijk gevaar heeft gelopen. Dit kan eventueelodeloze invasieve onderzoeken voorkomen.

### **Melding aan de inspectie SZW (vm. Arbeidsinspectie)**

Wanneer er sprake is van (vermeend) blijvend letsel bij een slachtoffer, of in geval van overlijden, moet het incident binnen 48 uur worden gemeld bij de inspectie SZW. De inspectie SZW besluit vervolgens of zij, in aanvulling op een intern onderzoek, zelf een onderzoek start naar de toedracht van het ongeval.

Wanneer er geen sprake is van blijvend letsel of wanneer het gaat om een bijna-ongeval dan wordt het incident intern onderzocht en worden maatregelen vastgesteld om herhaling te voorkomen.

## **6.1.3 Maatregelen voor het individu**

In algemene termen is het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) nodig als het risico van letsel of schade aan een individu niet voldoende kan worden geminimaliseerd door het gebruik van groepsgerichte maatregelen. Meer in het bijzonder kan in verband met bronnen van kunstmatige optische straling en met name het gebruik van lasers en bijbehorende apparatuur PBM nodig zijn om te beschermen tegen lawaai, mechanische gevaren, chemische gevaren (vloeistoffen en gas), extreme temperaturen, hoge spanningen en natuurlijk de straling van de laser.

Deze paragraaf richt zich vooral op de beschermingsmiddelen die zijn ontworpen om te beschermen tegen gevaren van laserstraling voor het oog. Daarnaast wordt ingegaan op persoonlijke beschermingsmiddelen die tegen mogelijke overige blootstellingsgevaren kan worden verlangd.

Enkele voorbeelden van situaties waarin het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen kan worden verlangd:

- Uitlijnwerkzaamheden;
- Open bundel experimenten,;
- Onderhoud of service aan systemen met een bron van kunstmatige optische straling.

### **6.1.3.1 Aandachtspunten oogbeschermers tegen lasers**

Voor beschermingsmiddelen, bestemd om de ogen te beschermen tegen laserstraling, zijn twee geharmoniseerde normen van belang: [NEN-EN 207](#) (voor bescherming tegen lasers) en [NEN-EN 208](#) (bescherming tegen lasers bij instelwerk van lasers en lasersystemen). Deze normen bieden tevens de rekenmethodes voor het bepalen van de vereiste zogenaamde schaalnummers voor voldoende bescherming.

Vanaf 1 juli 1995 is het voor handelaren niet toegestaan om oogbescherming tegen laserstraling te verkopen die niet voldoet aan de eisen van een van beide normen NEN-EN 207 of NEN-EN 208 onder de wetgeving inzake consumentenbescherming. Deze twee documenten bieden gedetailleerde specificaties voor persoonlijke oogbescherming en filters. Oogbescherming tegen laserstraling in Nederland, die niet voldoet aan de eisen van een van beide NEN-EN 207 of NEN-EN 208 normen, moet als niet geschikt worden beschouwd.

PBM die voldoet aan de eisen van deze geharmoniseerde normen is CE gemarkeerd en voorzien van een schaalnummer in de vorm van resp. L of LB voor NEN-EN 207 en R of RB voor NEN-EN.

Een beschermende bril is ontworpen om bescherming te bieden tegen onbedoelde, incidentele blootstelling en mag nooit worden gebruikt voor het bewust kijken in de bundel (ook niet om de optische dichtheid door middel van meting vast te stellen). Een blootgestelde bril dient te worden vervangen, omdat de kwaliteit van de afscherming op die plaats niet meer voldoet. Het PBM is daarmee onbruikbaar geworden.

## Markering

Alle oogbeschermingsfilters en de apparatuur zijn gemarkeerd met:

1. Het symbool van de bundelkarakteristiek waartegen bescherming wordt geboden (D, I, R of M in tabel 1),
2. De golflengte of het golflengtegebied (in nanometer - nm) waartegen bescherming wordt geboden,
3. De schaalnummers of het laagste schaalnummer, wanneer bescherming wordt geboden tegen een spectrale bandbreedte,
4. Wanneer het product niet is getest met lage herhalingsfrequentie ( $\leq 25$  Hz) wordt suffix 'Y' aan het schaalnummer toegevoegd, bijv. RLB5Y,
5. De markering CE, gevolgd door het typegoedkeuringsjaar (bijv. CE 10 voor 2010 of CE95 voor 1995),
6. Eventueel Keurmerk van de controlerende instantie (TüV, DEKRA etc.).

Brillen en filters die voldoen aan NEN-EN 207 zijn getoetst op de stabiliteit aan laserstraling gedurende 5 seconden voor continue golven en 50 pulsen voor gepulste laserapparaten. Markeringen worden gebruikt om onderscheid te maken tussen continue lasers en gepulste lasers met een verdere opdeling voor gepulseerde lasers waarbij de pulsduur wordt onderscheiden. Deze markeringen worden weergegeven in de volgende tabel:

Tabel 1. Testcondities

Symbol	Lasertype	Pulsduur (s)	Minimum aantal pulsen
D	Continuous wave	5	1
I	Pulsed	$10^{-6}$ tot 0,25	50
R	Q switch	$>10^{-9}$ tot $10^{-6}$	50
M	Mode coupled pulsed	$< 10^{-9}$	50

### Voorbeeld markeringen

Een laserbril kan als volgt zijn gemarkeerd:

#### **D 652 LB7 CE10 ZZ**

- D geeft aan dat de bril bedoeld om te beschermen tegen continue laserstraling.  
652 geeft aan dat de bril alleen bescherming biedt tegen laserstraling met een golflengte van 652 nm (dwz hij is alleen getest en goedgekeurd bij deze golflengte).  
LB7 is het schaal nummer dat de optische dichtheid (OD) van het filter bij 652 nm aangeeft. Een OD van 7 geeft een spectrale transmissie bij 652 nm van  $10^{-7}$ .  
CE10 is het Europese keurmerk, de 10 is de vermelding van het jaar waarin het artikel is getest door een erkende Europese keuringsinstantie.  
ZZ Dit is het merk of het nummer van de Erkende keuringsinstantie die het PBM getest heeft.

### Voorbeeld Markeringen (2)

Oogbeschermers kunnen zijn gemarkeerd met het opschrift:

#### **DR 630-720 LB5 CE10 ZZ S**

Deze oogbescherming zal beschermen tegen continue golf (D) en Giant gepulseerde (R) laserstraling in het golflengtegebied van 630 tot 720 nm. Ze heeft een optische dichtheid van 5 dwz. ze bieden een afzwakking van de laserstraling met een factor  $10^5$  en werden goedgekeurd door de keuringsinstantie in 2010. Het symbool S geeft aan dat de oogbescherming heeft voldaan aan de eisen van een extra mechanische sterktetest beschreven in EN 166.

## 6.1.3.2. Bescherming tegen overige risico's

Deze sectie is geen uitputtende lijst met persoonlijke beschermingsmiddelen, maar dient om aan de hand van voorbeelden te illustreren waar bescherming tegen niet-optische gevaren moet worden overwogen.

### Kleurstofpoeders

Bij de bereiding van de kleurstofoplossingen voor gebruik in vloeistoflasers is er kans op gezondheidsschade door blootstelling aan het kleurstofpoeder en het oplosmiddel. Kleurstoffen kunnen kankerverwekkend zijn en de oplosmiddelen zijn in de meeste gevallen irriterende stoffen. Handschoenen en eventueel oogbescherming tegen spatten is aan te raden. Het is ook raadzaam om te controleren op eventuele bijzondere voorzorgsmaatregelen in verband met het oplosmiddel en de kleurstof bij opslag of het gebruik en op een passende wijze van verwijdering.

### Cryogene koeling

Sommige laserdetectoren, in het bijzonder die voor metingen in het infrarode gebied, vereisen cryogene koeling met vloeibare stikstof tot temperaturen van 77 K (-196°C). Het hanteren van vloeibare stikstof vereist speciale voorzorgsmaatregelen, het is onder andere sterk aanbevolen een labjas te dragen om de huid te beschermen tegen brandwonden, die zich kunnen voordoen wanneer er contact met de huid optreedt. Ook gelaatsbescherming, bijvoorbeeld in de vorm van een plastic vizier moet worden gedragen om de ogen tegen spatten te beschermen.

### Rol van de Laser Safety Officer

De keuze van de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen is cruciaal in de waarborging van veiligheid en behoort vaak tot de taken van de verantwoordelijk toezichthouder, bijvoorbeeld de Laser Safety Officer. Een werknemer moet te allen tijde worden geïnformeerd over veranderingen in de normen of het ontwerp van een PBM en moet de mogelijkheid hebben het meest geschikte beschermingsmiddel, benodigd voor de veilige uitvoering van zijn of haar werk, te kiezen.

Een samenvatting van de beschermingsmiddelen (niet uitputtend):

Persoonlijk beschermingsmiddel	Functie
Oogbescherming	laserbrillen maken het mogelijk om alles in het werkgebied te zien, maar beperken de laserstraal of reflecties tot een aanvaardbaar veilig niveau. De gebruikswaarde van oogbescherming hangt af van vele factoren, waaronder: golflengte, laser vermogen, energie, optische dichtheid, draagcomfort, enz.
Beschermende kleding en handschoenen	Klasse 4 lasers herbergen een brandrisico. Beschermende kleding kan noodzakelijk zijn. Bij bronnen die UV-straling produceren moet zo nodig de huid worden beschermd door beschermende kleding. Handschoenen moeten worden gedragen bij de bereiding van chemicaliën voor bijvoorbeeld vloeistoflasers, het gebruik van reinigingsmiddelen voor optische componenten en het hanteren van cryogene koelmiddelen.
Ademhalingsapparatuur	Bij het bewerken van materialen kunnen toxische en schadelijke gassen worden gevormd. Adembescherming kan noodzakelijk zijn in het geval van noodsituaties, bijvoorbeeld bij het ontsnappen van toxische gassen bij excimer lasers of bij breuk van een ZnSe-spiegel.
Gehoorbescherming	Geluid van industriële toepassingen en lasers kunnen een gevaar vormen. Condensatorbanken van gepulste lasers kunnen een gevaar vormen wanneer men gedurende lange tijd aan het geluidsniveau wordt blootgesteld.

## 6.1.4 Overzicht maatregelen lasers naar laserklasse

In onderstaande tabel uit [NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#) wordt in hoofdlijnen aangegeven welk beschermende maatregelen nodig zijn bij de verschillende laserklassen.

Laserklasse	Stralingsgevaar	Toegangsbeperking	Overige beschermende maatregelen
Klasse 1 Klasse 1C Klasse 2	Minimaal (let op – laserproducten die een omkasting vormen voor een hogere klasse laser vertegenwoordigen gevaaren overeenkomstig met die betreffende klasse)	Onbeperkte toegang (er is geen specifieke laserzone vereist) Bij laserklasse 1C wel ruimtesignalering.	Volg de waarschuwingen vermeld op de labels en de instructies van de fabrikant voor een veilig gebruik. Voor klasse 1C de maatregelen, zoals voorgeschreven in de product-specifieke normen (op dit moment nog in de maak).
Divergerend klasse 1M Divergerend klasse 2M (i.e. laserproducten die buiten klasse 1 of klasse 2 condities vallen)	In directe nabijheid gevaar voor het oog, wanneer optische hulpmiddelen als vergrootglazen worden gebruikt	Lokaal. Kan toegankelijk zijn, zolang er organisatorische maatregelen zijn genomen in de directe nabijheid van de laser	Opleiding aanbevolen Voorkom het gebruik van visuele hulpmiddelen in de nabijheid van de laser (ter voorkoming van herfocussing of collimatie van de bundel)
Gecollimeerd* klasse 1M Gecollimeerd klasse 2M (i.e. laserproducten die buiten klasse 1 of klasse 2 condities vallen)	Ook over grotere afstand gevaar voor het oog, wanneer optische hulpmiddelen als verrekijkers of telescopen worden gebruikt.	Afgesloten of toegankelijk. Toegang tot de gevarezone (<NOHD) moet worden gecontroleerd middels organisatorische maatregelen als waarschuwingssignalering, instructie en opleiding. Indien open dient publieke toegang tot de gevarezone te zijn beperkt.	Opleiding aanbevolen Laser Safety Officer (LSO) aanbevolen Voorkom het gebruik van optische hulpmiddelen (ter voorkoming van herfocussing van de bundel)
Klasse 3R	Gevaar voor het oog	Onbeperkte toegang (veiligheid hangt samen met verantwoord gebruik)	Opleiding vereist Voorkom directe blootstelling van het oog
Klasse 3B	Gevaar voor het oog	Afgesloten en interlock- beveiligd (toegangsbeperking middels technische maatregelen)	Opleiding en Laser Safety Officer vereist Garandeer sleutelcontrole Gebruik volledige bundelomsluiting waar mogelijk Implementeer veilige werkmethode Gebruik PBM bij onaanvaardbare blootstellingsrisico's
Klasse 4	Gevaar voor het oog en de huid Gevaar van brand en rookgassen	Afgesloten en interlock- beveiligd (toegangsbeperking middels technische maatregelen)	Opleiding en Laser Safety Officer vereist Garandeer sleutelcontrole Gebruik volledige bundelomsluiting waar mogelijk Implementeer veilige werkmethode Gebruik PBM bij onaanvaardbare blootstellingsrisico's Bescherm tegen overige risico's (brand, rook, etc.)

\*gecollimeerd wil zeggen dat de bundel middels lenzen is gevormd tot een zeer vlakke, zeer weinig divergerende bundel (bijv. een laserzaklamp met een bundeldiameter van 50 mm).

## 6.2 Psychosociale aspecten van beheersmaatregelen

Beheersmaatregelen bij een verhoogd risico hebben over het algemeen een voor het functioneren beperkend karakter. Het werk vertraagt erdoor of er moeten beschermingsmiddelen gedragen worden die niet prettig zitten of warm zijn. De werknemer zal daardoor steeds geneigd zijn om een afweging maken tussen het risico en de beperking die het beschermingsmiddel met zich meebrengt. De perceptie op het risico is dan erg belangrijk en zal onderwerp van goede voorlichting moeten zijn.

### Perceptie

Perceptie is het betekenis geven aan een risico in de toekomst. Het is de verwachting dat iets kan gebeuren in combinatie met de ernst van het te verwachten ongeval of andere gebeurtenis. Sommige beschermingsmiddelen beschermen tegen een hoog gevaar, maar het tijdstip waarop de schade optreedt is uitgesteld, denk bijvoorbeeld aan geluid.

Geluid met een geluidssterkte van meer dan 80 dB(A) levert een kans op voor gehoorschade. Doordat het effect echter sterk vertraagd optreedt (meer dan 10 jaar later) en de schade langzaam optreedt is de perceptie op het risico niet hoog. Een onduidelijk risico bv het risico van straling of nanodeeltjes geeft een heel andere perceptie. Hier wordt gedeeld dat er een hoog risico is maar dat wordt beleefd als hoger, omdat het niet zichtbaar of voelbaar is. Het verwachte effect, kanker, is dan ernstig genoeg om er erg voorzichtig mee om te gaan.

Beheersmaatregelen hebben invloed op de perceptie. Dure of futuristisch uitziende beschermingsmiddelen of hulpmiddelen geven een perceptie van meer risico dan goedkope. 'Als er in geïnvesteerd wordt zal het wel gevaarlijk zijn' is dan een mogelijke gedachte.

### Verhouding werkgever-werknemer.

Werkgevers zijn wettelijk verplicht tot het inzetten van beheersmaatregelen. Als de beheersmaatregel in de perceptie van de medewerker niet werkt, dan kan dit de verhouding verstoren tussen werkgever en werknemer. Werkgevers kunnen ook dubbele boodschappen uitzenden. Productiesnelheid is bijvoorbeeld erg belangrijk, dus er moet doorgewerkt worden, maar aan de andere kant kunnen wel extra handelingen worden verlangd in verband met de veiligheid.

Ook hier is de perceptie op het risico van de werknemer weer erg belangrijk. Het geven van dubbele boodschappen en het dwingen van het gebruik van beheersmaatregelen, die de werknemer niet snapt, zetten de verhouding onder druk. Werknemers die beheersmaatregelen uitvoeren onder druk van de werkgever, nemen hun werkgever niet meer serieus. Dwang maakt overleg minder voor de hand liggend en dus worden fouten en risico's niet meer gemeld. Dubbele boodschappen maken de werkgever onbetrouwbaar in de ogen van de werknemer.

Het overmatig gebruik van beheersmaatregelen kan ook een tegengestelde werking hebben. De perceptie op het risico wordt erdoor beïnvloed. De werkgever ziet dan in de ogen van de werknemer beren op de weg. Het gevolg is dat hij bij andere beslissingen ook niet meer zo serieus genomen wordt.

PBM's kunnen de perceptie op het risico beïnvloeden. Bij het onnodig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen kan de werknemer denken dat er overtrokken gereageerd wordt, of dat PBM's gebruikt worden om de werknemers te pesten. Bij gebruik van toepassingen met een onbekend, niet meetbaar risico, zoals straling, volgt er een inschatting van het risico door de werknemer zelf en die hoeft niet reëel te zijn. De perceptie wordt ook nog eens sterk beïnvloed door de omgeving. Na een TV-programma over mogelijke gezondheidsschade door straling is de angst voor straling altijd verhoogd.

Risicoperceptie kan dus leiden tot arbeidsdruk. Voor algemene aspecten van psychosociale arbeidsdruk Zie verder het [kennisossier werkdruk](#).

## 6.3 Implementatie van beheersmaatregelen

Op basis van de uitkomsten van de RI&E en de berekeningen van de blootstellingsparameters worden maatregelen vastgesteld ter voorkoming en beperking van blootstelling aan de optische straling en inperking van de overige risico's. Om deze maatregelen binnen de arbeidsomgeving op de juiste wijze te implementeren moeten de voorschriften van [hoofdstuk 6, afdeling 4a 'Kunstmatige optische straling'](#) van het Arbeidsomstandighedenbesluit worden gevolgd. Hierin staan expliciete voorwaarden vermeld, waaraan een zorgsysteem voor kunstmatige optische straling moet voldoen. Voor het gebruik van lasers in klasse 3B en 4 betekent dit de opzet van een beleid voor de veiligheid van lasers. De uitgangspunten van dit beleid kunnen ook worden gebruikt voor het implementeren van maatregelen van overige bronnen van kunstmatige optische straling, voor zover deze niet reeds door een ander zorgsysteem worden gedekt.

### 6.3.1 Organisatie van laserveiligheid

Veel bedrijven en organisaties wijzen een deskundig iemand aan met coördinerende en toezichthoudende taken voor de laserveiligheid. De naam die aan deze functie wordt toegekend is divers en onbelangrijk, de rol die de persoon vervult maakt het belang.

Het voeren van beleid is wettelijk verplicht en dat geldt ook voor lasers. Wanneer in het proces gebruik kan worden gemaakt van alternatieve lasers in lagere klassen (een vorm van bronaanpak, dus met hoge prioriteit in het kader van de brongerichte strategie) an is het wettelijk verplicht dat te doen.

Onderdelen die in dit kader moeten worden ingevuld zijn:

- Risico-inventarisatie en evaluatie  
Een standaard globale RI&E is daarvoor niet toereikend. Er is een verdiepende RI&E nodig,
- Vaststellen van reglementen op het gebied van veiligheid en gezondheid bij het werken met kunstmatige optische straling binnen de organisatie,
- Bieden van ondersteuning op het gebied van veiligheid en gezondheid. (beschikbaar stellen van expertise op het gebied van kunstmatige optische straling, al dan niet extern ingeleend).

De laserveiligheidsfunctionarissen spelen een rol in alle drie de onderdelen. Er zijn twee functies die hier nader worden beschouwd: die van de laserveiligheidsadviseur en de Laser Safety Officer. Titels die niet uniform worden gebruikt in alle bedrijfstakken. In de volgende paragraaf wordt nader op die functies ingegaan.

#### 6.3.1.1 Laserveiligheidsfunctionarissen

##### Laserveiligheidsadviseur

Voor veel lasertoepassingen is de opleiding van een expert in het beheer van laserveiligheid niet gerechtvaardigd. Het kan voor het personeel echter lastig zijn om bij te blijven op het gebied van laserveiligheid, in het bijzonder wanneer zij slechts af en toe worden aangesproken op deze vaardigheden. Daarom maakt een aantal bedrijven gebruik van een laserveiligheidsadviseur, bijvoorbeeld werkzaam in de Arbodienst, of op basis van consultancy. Deze adviseur kan worden geraadpleegd tijdens de planning en de specificatie van een lasertoepassing, de uitvoering van risico-inventarisaties en kan adviseren op het gebied van laserveiligheidsmanagement. De formele toetsing van de RI&E, conform art 14.1.a van de Arbowet, moet door een gecertificeerde arbeidshygiënist of veiligheidskundige plaatsvinden.

##### Laser Safety Officer (LSO).

[NPR IEC/TR 60825-14 'A user's guide'](#) vermeldt dat een LSO moet worden benoemd waar klasse 3B en klasse 4 lasers worden gebruikt. Daarnaast moet door een LSO aandacht worden geschonken aan het gebruik van gecollimeerde lasers in klasse 1M en 2M, lasers van klasse 1C en daar waar de lagere klassen lasers een aanzienlijk risico voor de gezondheid kunnen vormen (klasse 3R). Het verdient de



voorkeur de benoeming schriftelijk vast te leggen, inclusief de taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden.

Tot de taken van een LSO behoren onder andere de voorbereiding van werkvoorschriften, regelmatige controle op de werking van de veiligheids- en waarschuwingssystemen voor bijvoorbeeld de deursloten en waarschuwingsverlichting. Daarnaast kan worden verlangd dat hij / zij helpt bij de selectie en aanschaf van beschermende brillen en kleding, betrokken is bij de opleiding van personeel en contact onderhoudt met de veiligheidskundige van de organisatie. Daarnaast heeft de LSO een coördinerende en toezichhoudende taak ten aanzien van het te voeren laserveiligheidsbeleid en adviseert hij of zij gevraagd en ongevraagd met betrekking tot laserveiligheid gerelateerde aspecten binnen de organisatie.

Vóór benoeming van de voorgedragen persoon dient deze eerst een passende opleiding te hebben gevolgd vgl. [NPR/CLC 50448](#) "leidraad voor niveaus van geschiktheid vereist in laserveiligheid".

### **6.3.1.2 Laserveiligheidszorg**

De omvang van de organisatie van laserveiligheid (hoewel niet verplicht, ook toepasbaar voor het beheersen van overige bronnen van kunstmatige optische straling) hangt nauw samen met het aantal lasertoepassingen binnen een bedrijf. De ideale vorm hangt sterk af van de bestaande organisatiestructuur binnen de organisatie of instelling. Het doel is in alle gevallen het op een zodanige manier invulling geven aan laserveiligheid dat aan alle verplichtingen van de wet wordt voldaan, met als beoogd resultaat een aanvaardbaar risico.

### **6.3.1.3 Zorgsysteem**

Het hele proces van invulling van veiligheid ten aanzien van kunstmatige optische straling kan worden ondergebracht in een zorgsysteem of managementprogramma. Zie verder het [kennisdossier arbomanagementsystemen](#).

## 7. Medisch Onderzoek

### 7.1 Gezondheidseffecten en beroepsziekten

Wanneer optische straling op het lichaam valt wordt een deel van de straling geabsorbeerd in de buitenste lagen van het lichaam. Wanneer de bestralingssterkte of bestralingsdosis hoog genoeg is, kan de geabsorbeerde straling letsel veroorzaken. De twee onderdelen van het lichaam die vatbaar zijn voor letsels als gevolg van blootstelling aan optische straling zijn het oog en de huid. De effecten van optische straling zijn afhankelijk van:

- Golflengte,
- Weefseltype,
- Energie en vermogen van de invallende straling,
- Oppervlakte van het bestraalde gebied,
- Duur van de blootstelling.

#### Interactie met ogen en huid

Vanwege hun specifieke karakter veroorzaken vooral laserbundels een groot gevaar voor oog- en huidbeschadigingen. De relevante eigenschappen van de laserbundel zijn al geïntroduceerd. Voor de blootstelling van het oog en de huid zijn van belang:

- De mate van collimatatie van de laserbundel: een gecollimeerde bundel maakt het risico vrijwel onafhankelijk van de afstand tot de laser,
- Coherentie van de bundel. Een coherente bundel plant zich in fase (coherent in tijd) voort en wordt door het oog waargenomen alsof deze vertrekt vanuit een puntbron (coherent in plaats). Een zichtbare (400 nm – 700 nm) en zelfs een onzichtbare (< 1400 nm) puntbron wordt door het oog op het netvlies gefocust en leidt tot een zeer kleine spotgrootte. Dit resulteert in een enorme toename van de bestralingssterkte aan de achterzijde van het oog in vergelijking met de bestralingssterkte aan het invallende oppervlak.

#### Beschadiging van weefsels

Optische straling kan schadelijk zijn voor de ogen en de huid. Het hoge niveau van stralingssterkte bij lasers zorgt voor de overdracht van grote hoeveelheden energie in kleine volumes weefsel. Ook niet-coherente bronnen kunnen schadelijke hoeveelheden energie in weefsel deponeren. De absorptie van energie in het weefsel is het primaire proces dat tot beschadiging leidt. Overdadige blootstelling leidt tot beschadiging via meerdere processen: thermische, akoestische- of fotochemische processen. Het precieze mechanisme hangt af van fysische en biologische factoren, waaronder weefseltype (doorbloeding), golflengte van de straling, blootstellingsduur, spotgrootte en stralingssterkte:

#### Thermische effecten

Ook wel verbranding genoemd. Het primaire proces is extreme temperatuurverhoging van het absorberende weefsel.

#### Fotochemische effecten

Geabsorbeerde energie kan leiden tot destructieve chemische processen.

#### Akoestische overgangen

Absorptie van laserenergie kan een schokgolf in het absorberende weefsel teweeg brengen. Deze schokgolf kan fysieke schade toebrengen aan het omliggende weefsel.

In het UV-spectrum domineren fotochemische reacties met het lichaam. In het infrarode deel van het spectrum domineren thermische effecten.

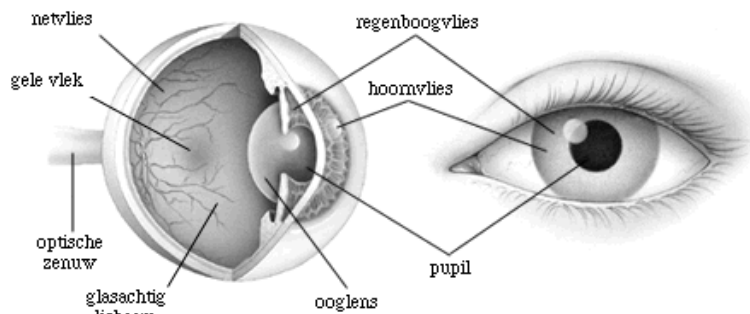
In het algemeen kunnen de biologische effecten van optische straling worden ingedeeld in:

- Acute (direct optredende) effecten.  
Voor acute effecten kan meestal een drempelwaarde worden gedefinieerd. De drempelwaarden variëren van persoon tot persoon en zijn gebaseerd op statistische extrapolaties. Overschrijding van de drempel betekent daarom nog niet per definitie dat ook daadwerkelijk schade optreedt, maar het risico neemt wel toe als de blootstelling boven de drempelwaarde stijgt.
- Chronische effecten (bij langdurige en repeterende blootstellingen over een langere tijd).  
Voor biologische effecten van chronische blootstelling aan optische straling kan gewoonlijk geen drempelwaarde worden aangegeven: risico op deze effecten kan niet naar nul worden gereduceerd. Het risico zal door verminderde blootstelling en zorgvuldige toetsing aan de blootstellinglimieten tot een aanvaardbaar niveau (en binnen de geldende normen) beperkt moeten blijven.

## 7.1.1 Het oog

Het oog is het meest kwetsbaar voor optische straling. Verwondingen treden op bij veel lagere energieniveaus dan voor de huid en verwondingen aan het oog zijn over het algemeen ernstiger van aard. Het menselijk oog kan worden gezien als een optisch systeem voor de doorgave, focusering en detectie van licht. Licht passeert het voorste deel van het oog en wordt gefocusseerd om vervolgens een omgekeerd beeld te vormen op de achterkant van de oogbol. De spotgrootte van het beeld aan de achterzijde van het oog bedraagt voor een niet-coherente lichtbron ongeveer 300 – 400  $\mu\text{m}$ , voor parallelle bundels, als die van de laser, ongeveer 10  $\mu\text{m}$  in diameter. Bij parallelle bundels treedt focusering in het brandpunt op, wat leidt tot een enorme toename in bestralingssterkte op het netvlies.

Wanneer een invallende laserbundel de 7 mm van een geheel geopend pupil vult is de bestralingssterkte aan het oppervlakte van het netvlies een factor 500.000 groter, in vergelijking met de voorzijde van het oog. Dit wordt de **optische winst** van het oog genoemd. De algemene anatomische eigenschappen worden weergegeven in afbeelding 1.

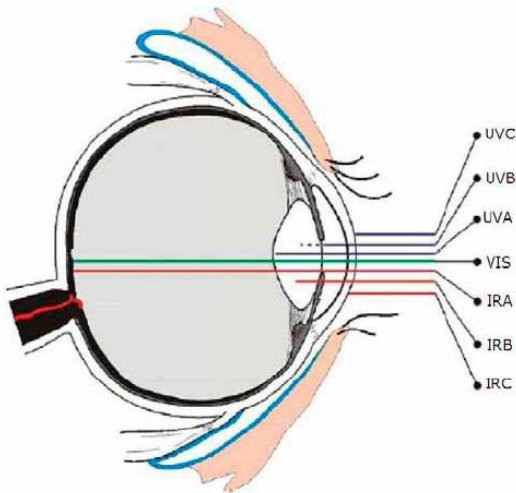


Afbeelding 1. Anatomie van het menselijke oog.

De componenten die een rol spelen bij de absorptie van optische straling zijn het hoornvlies (cornea), de ooglens en het netvlies (retina).

### 7.1.1.1 Schade aan het oog

Weefselschade kan ontstaan wanneer energie wordt geabsorbeerd door het betreffende weefsel. Verschillende golflengten beïnvloeden verschillende delen van het oog. Dit komt door de specifieke absorptiekenmerken van de betreffende weefsels (afbeelding 2).



afbeelding 2. Penetratie van optische straling in het oog.

### Ultraviolette straling (UV 180 – 400 nm) en het oog

Korte golflengten (< 315 nm) worden voornamelijk geabsorbeerd door het hoornvlies en het bindvlies (conjunctiva, slijmvliesbekleding van de oogleden en de buitenzijde van de oogbol). Dit resulteert in ontstekingen en zijn bekend onder de namen fotokeratitis (ontsteking van hoornvlies), fotoconjunctivitis (ontsteking van het bindvlies) of keratoconjunctivitis (ontsteking van hoornvlies en bindvlies). De aandoening is erg pijnlijk en gaat gepaard met hevig tranen en een hoge gevoeligheid voor fel licht. De effecten treden op binnen 30 minuten tot 1 dag. Het oog herstelt zich doorgaans binnen enkele dagen. Wanneer UV-C (180-280 nm) en UV-B (280-315 nm) straling wordt geabsorbeerd in diepere lagen van het hoornvlies, treedt een fotochemische reactie op die het hoornvlies melkachtig wit kleurt. Deze reactie treedt zes tot twaalf uur na blootstelling op.

De lens is als een primaire absorptiebron van UV-A (315-400 nm) kwetsbaar voor fotochemische reacties. Verhoogde, chronische blootstelling kan leiden tot vroegtijdige vergeling van de ooglenzen of de vorming van staar.

Normaal gesproken wordt het netvlies niet noemenswaardig blootgesteld aan UV-straling, omdat deze reeds in het hoornvlies en de lens is geabsorbeerd. Echter, persoonlijke overgevoeligheid, het gebruik van antibiotica en andere medicatie kunnen leiden tot verhoogde lichtgevoeligheid. De huidige kunstlens die wordt geplaatst na een cataract-hersteloperatie heeft een vergelijkbare absorptie-karakteristiek als de oorspronkelijke ooglenzen.

### Straling in het zichtbare en IR-A (700 - 1400 nm) gebied

Deze straling wordt door het optische systeem van het oog geleid en gefocust op het netvlies. Het grootste deel van de straling wordt geabsorbeerd in het gepigmenteerde epitheel en het vaatvlies. Dit golflengtegebied wordt geassocieerd met de gevarezone voor netvliesbeschadigingen. Permanente weefselschade kan optreden wanneer de bestralingssterkte of bestralingsdosis hoog genoeg is. De natuurlijke knipperreflex en de aversiereactie van het wegdraaien van het hoofd zorgen hier voor een zeer effectieve bescherming. Deze aversiereacties treden op in 0,25 seconden. De knipperreflex veroorzaakt, door een pupilsamentrekking, een directe reductie van een factor 30 in bestralingssterkte op het netvlies. De afweerreflex gaat gepaard met een gelijktijdige afwending van het hoofd.

Twee belangrijke factoren die een rol spelen in optische straling geïnduceerde netvliesbeschadiging zijn bestralingssterkte op het netvlies en de blootstellingstijd. Bij gepulste bronnen is ook de herhalingsfrequentie een factor van belang. Dit maakt de exacte aard en omvang van de schade moeilijk te voorspellen. De locatie van het letsel is ook van belang. Beschadigingen in het centrale deel van het netvlies, de gele vlek (macula), leiden tot een sterk verminderd gezichtsvermogen, terwijl letsels buiten dit

gebied mogelijk alleen kleine blinde vlekjes of slechts bij medisch onderzoek detecteerbare beschadiging veroorzaakt. De microscopische opbouw van het centrale deel van de gele vlek, dus van de zogeheten fovea, is bijzonder. De fovea heeft met een diameter van 1,5 mm, een oppervlakte van slechts 1,8 mm<sup>2</sup>. Binnen dit kleine oppervlak van het netvlies wordt onderscheid gemaakt tussen de parafoveale band en de perifoveale regio. De parafoveale band bevat de grootste dichtheid aan kegeltjes (tot 50 per 100 µm<sup>2</sup>) en zorgt voor een aanmerkelijk scherper beeld dan aan de periferie van de fovea. Lasers met een diameter kleiner dan 1,5 mm kunnen dus ook slechts delen van de fovea beschadigen. De ernst van het verlies aan gezichtsvermogen is daarmee afhankelijk van het specifiek getroffen deel van de fovea.

Zichtbaar licht kan dezelfde fotochemische reacties veroorzaken als UV-straling. De blinkreflex en het afweren van het licht bij te hoge blootstelling levert een praktisch effectieve bescherming op. Het fotochemisch effect is voor zichtbaar licht het grootst bij golflengtes tussen 435 en 440 nm (het risico van blauwlicht). Chronische blootstelling aan licht in dit spectrum kan tot schade leiden bijvoorbeeld verminderd vermogen kleuren te differentiëren en tot verminderd zicht 's nachts: nachtblindheid.

IR-A wordt net als zichtbaar licht door de cornea en de lens geconvergeerd en gefocust op het netvlies. Het netvlies detecteert echter geen IR-A en de natuurlijke bescherming van de blinkreflex treedt dus niet op. In essentie kan IR-A dezelfde schade aanrichten als zichtbaar licht. Vanwege deze overeenkomst wordt het spectrum van 400-1400 nm ook wel de retinale risicobandbreedte genoemd. Ook op de lens kan IR-A schadelijke effecten veroorzaken, resulterend in cataractvorming bij chronische blootstelling. IR-A bevat te weinig energie voor fotochemische reacties.

### **Infraroodstraling IR-B en IR-C (1400 nm – 1mm) en het oog**

De belangrijkste biologische effecten van IR-straling zijn infrarode staar en brandwonden op het hoornvlies. Infrarood-absorptie is voornamelijk een thermisch proces en de letsels ontstaan door verhoging van de temperatuur in het absorberende weefsel. De energie van elektromagnetische straling van golflengtes van ongeveer 1400 nm wordt door het vocht in de lens en het glasachtig lichaam (vitreum) zeer sterk geabsorbeerd. Dit effect beschermt het netvlies, maar kan de lens opwarmen en daar cataract veroorzaken. Knipperreacties en afvoeren van warmte naar omliggend weefsel kan enige bescherming bieden (3-6). Bijvoorbeeld bij glasblazers en kettingmakers is deze straling een belangrijke bron van cataract als beroepsziekte gebleken.

Boven de 2000 nm leidt de straling tot brandwonden op het hoornvlies als het gevolg van korte, doch intense warmteblootstelling. Wanneer de IR-straling sterk genoeg is om schade aan het hoornvlies toe te brengen zal de pijn die de beschadiging met zich meebrengt de afweerreactie stimuleren, waardoor weefselschade wordt beperkt.

## **7.1.2 De huid**

Het risico van letsel aan de huid wordt ondergeschikt geacht aan het risico van oogbeschadigingen. Dit komt omdat huidbeschadigingen vaak niet zo bedreigend zijn, of een lagere impact hebben op de kwaliteit van leven dan oogbeschadigingen. Huidbeschadigingen herstellen over het algemeen goed, zelfs na diepere verwonding en het optreden van infecties. Huidbeschadiging leidt meestal tot een plaatselijk verlies van functie (bijv. verminderd gevoel) of littekenvorming. Schade aan de huid kan van thermische- of fotochemische aard zijn, waarbij de intensiteit en de blootstellingsduur die leidt tot huidbeschadigingen overeenkomstig is met de waarden die gevaarlijk worden geacht voor het hoornvlies.

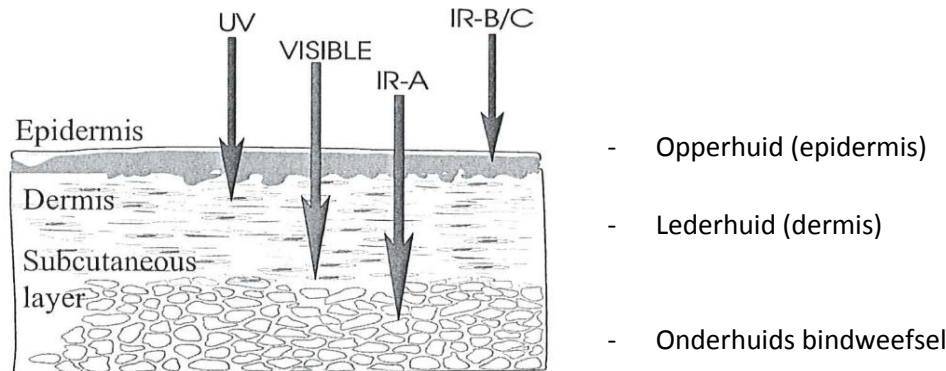
De huid bestaat uit twee lagen; de **epidermis** (opperhuid) en de **dermis** (lederhuid met onderliggend bindweefsel). De epidermis bestaat uit meerdere lagen cellen. De onderste basale cellaag is sneldelend en schuift de cellen door naar boven. De bovenste laag van de epidermis wordt **stratum corneum** genoemd, een beschermende laag van dode verhoornde cellen. Deze laag vormt de barrière met de buitenwereld en beschermt tegen het verlies van vocht, ontvelling, stof, lucht en stralingsenergie.

In de lederhuid bevinden zich speciale cellen die melanine (pigmentkorrels) produceren. Dit pigment kan zich over de gehele epidermis verspreiden en beschermt de huid tegen de invloeden van schadelijke UV-straling. De lederhuid heeft een dikte van tussen de 1 en 3 mm. Hierin bevinden zich vele

gespecialiseerde cellen en klieren. Het onderliggende bindweefsel zorgt voor elasticiteit en ondersteuning van de huid en bevat de haarfollikels, zweet- en vetklieren, zenuwuiteinden voor waarneming van pijn, warmte en druk.

### 7.1.2.1 Schade aan de huid

Het effect van optische straling op de huid hangt af van het vermogen en de golflengte, de blootstellingsduur, de spotgrootte en de bloedcirculatie en het daarmee samenhangende warmtegeleidende vermogen van de blootgestelde huid. Opeenvolgende huidlagen kunnen worden beschouwd als verschillende filters voor optische straling. Het doordringend vermogen van straling in de huidlagen wordt weergegeven in de tabel aan het eind van dit onderdeel en in figuur 3.



figuur 3. Penetratie van optische straling in de huid.

#### Ultraviolette straling en de huid

Blootstelling aan UV-straling leidt tot roodheid van de huid (erytheem) en kan resulteren in bruining van de huid (veranderingen in pigmentatie door productie van melaninekorrels). Het vormen van een gebruide huid beschermt de huid tegen verdere blootstelling aan UV-straling. Chronische blootstelling aan UV-straling verouderd de huid en vergroot de kans op huidkanker. Absorptiekenmerken van de huid worden mede bepaald door de hoeveelheid melanine in de huid en de huiddikte. Dit maakt dat de reactie verschilt van persoon tot persoon.

#### Zichtbaar licht en de huid

Golflengten in het zichtbare gebied dringen ongeveer 1 tot 2 mm door in de basale lagen van de epidermis. Thermische schade is hier mogelijk na blootstelling aan zeer hoge stralingssterkte of stralingsenergie en aanleiding geven tot huidverbranding. Het lichaam reageert op de opwarming van de huid door toename van doorbloeding (erytheem) en transpiratie om de warmte af te voeren. Bij langdurige blootstelling aan zichtbaar licht kan de lichaamstemperatuur gaan stijgen en kan een hitteberoerte optreden. Langetermijneffecten als veranderingen in huidpigmentatie kunnen ook volgen op hoge niveaus van blootstelling.

#### Infraroodstraling en de huid

Thermisch huidletsel treedt het meest op in het dichtbij IR-golflengtegebied (IR-A), zoals onder andere geproduceerd door een Nd:YAG laser (1064 nm). Deze straling dringt het diepste door in de lederhuid. Energieabsorptie verhoogt de weefseltemperatuur en zorgt voor verwijding van de bloedvaten, waardoor de huid roze kleurt. Wanneer deze koelingsmethodiek onvoldoende werkt ontstaat verbranding van de basale laag.

IR-B penetreert minder dan 1 mm in weefsel en veroorzaakt aan het oppervlak dezelfde thermische effecten als IR-A en zichtbaar licht.

IR-C kan slechts tot het bovenste dode hoornlaagje van de huid (stratum corneum) doordringen. Zeer sterke lasers in dit spectrum kunnen het vermogen hebben om via thermische effecten schade aan te

richten. Blootstelling aan hoge doses IR-C kan, net als bij zichtbaar licht en IR-A en IR-B, vanwege de overdacht van energie in de vorm van warmte een hitteberoerte veroorzaken.

De pijn die samengaat met thermisch letsel is over het algemeen voldoende om de gebruiker te alarmeren en deze te motiveren zich buiten het bereik van de bundel te gaan begeven. Zichtbare- en IR-lasers zijn echter in staat om in een fractie van een seconde huidverbranding te veroorzaken. Hierdoor heeft de gebruiker onvoldoende tijd om de laserbundel te mijden alvorens letsel ontstaat.

### Chronische blootstelling

Er zijn tevens cumulatieve of latente effecten bekend van lage chronische blootstelling aan optische straling. Hierbij duurt het jaren of tientallen jaren voordat ze zichtbaar worden. Voorbeelden hiervan zijn afwijkende pigmentkleuring, versnelde huidveroudering, verlies van elasticiteit van de huid en de vorming van huidkanker. Deze chronische effecten zijn verwaarloosbaar in vergelijking met de acute blootstellingsrisico's. Echter, onderzoek heeft gesuggereerd dat bij herhaalde blootstelling op een bepaalde plaats sensitivatie van de huid kan optreden dat leidt tot een sterkere reactie dan verwacht onder die omstandigheden. Sommige personen kunnen door hun genetische achtergrond van nature gevoeliger zijn voor bepaalde straling dan anderen en weer anderen kunnen deze vorm van overgevoeligheid hebben ontwikkeld door het gebruik van cosmetica, medicatie of blootstelling aan chemicaliën. Een overzicht van de risico's van optische straling is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. samenvatting van risico's voor het oog en de huid (spectrale bandbreedte is bij benadering).

Golflengte(nm)		Oog	Huid
100 – 280	UV-C	Fotokeratitis Fotoconjunctivitis	Erytheem Huidkanker
280 – 315	UV-B	Fotoconjunctivitis Cataract Fotokeratitis	Erytheem Elastosis (photo-ageing) Huidkanker
315 – 400	UV-A	Fotokeratitis Fotoconjunctivitis Cataract Netvliesbeschadiging	Erythema Elastosis (photo-ageing) Directe pigmentverkleuring Huidkanker
400 – 700	Zichtbaar licht	Fotoretinale schade (Blauw licht risico) Netvliesverbranding	Verbranding
700 – 1400	IR-A	Cataract Netvliesverbranding	Verbranding
1400 – 3000	IR-B	Cataract	Verbranding
3000 – 10 <sup>6</sup>	IR-C	Hoornvliesverbranding	Verbranding

## 7.1.3 Beroepsziekten

Basis voor de volgende beschrijving van de beroepsziekten veroorzaakt door optische straling vormt de registratierichtlijn B006 Oog en huidaandoeningen door niet-ioniserende straling van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (8).

Het NCvB heeft voor de registratie richtlijn niet-ioniserende straling gekozen voor een clustering van een iets ruimer spectrum van elektromagnetische straling, namelijk van straling met een golflengte van 100 nm tot 1m, waar optische straling zich beperkt tot golflengtes van maximaal 1 mm. In het kader van dit arbo-kennisdossier wordt een spectrum aangehouden dat de UV straling, het zichtbaar licht en de IR straling omvat. Het NCvB maakt voor de beroepsziekten veroorzaakt door niet-ioniserende straling onderscheid tussen ziektes van het oog en de huid. Dit is passend bij de mogelijke effecten van optische straling, waar de energie ook door deze beide organen wordt opgenomen en de gezondheidseffecten zich tot deze organen beperkt. De NCvB registratierichtlijn gaat ook uit van acute en chronische effecten op de huid en de ogen.

### 7.1.3.1 Acute gezondheidseffecten UV straling

#### **Keratoconjunctivitis ('lasogen')**

Een pijnlijke aandoening van beide ogen met conjunctivale hyperemie (sterke doorbloeding van het slijmvlies van het oog) en lichtschuwheid. Als de beschadiging veroorzaakt is door een UV-laser kan het hoornvlies ernstig beschadigd zijn en troebel worden. Beroepsziekte bij aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan UV straling, bij gebleken overschrijding van de grenswaarden. Minimale blootstellingduur: ongeveer één seconde. Maximale latentietijd: 48 uur.

#### **Fotochemische netvliesschade**

Fototrauma van het netvlies, die betrekkelijk pijnloos verloopt met tijdelijke blindheid, nabeelden en het ontstaan van donkere vlekken in het gezichtsveld (scotomen).

Beroepsziekte bij aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan een hoge dosis UV-A straling, bij gebleken blootstelling aan intense UV-A straling, in het bijzonder aan straling van industriële UV-A lasers. Minimale blootstellingduur: fractie van een seconde. Maximale latentietijd: n.v.t., het effect treedt onmiddellijk op.

#### **Effecten op de huid.**

Erytheem, verbranding.

Beroepsziekte bij aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan een hoge dosis UV-C straling, bij gebleken blootstelling aan een dosis UV –C straling groter dan  $0,03 \text{ J/cm}^2$ . Minimale blootstellingduur: één uur. Maximale latentietijd: 24 uur.

### 7.1.3.2 Chronische gezondheidseffecten UV straling

#### **Actinisch cataract**

De afwijking is gewoonlijk gelokaliseerd in de voorste kapsel en het subcapsulair epitheel van de ooglenzen. Beroepsziekte na bewezen langdurige of herhaalde beroepsmatige blootstelling aan UV-B en UV-A straling. Minimale blootstellingduur: één jaar. Maximale latentietijd: vijftien jaar.

#### **Huidkanker**

De beroepsziekten met betrekking tot huidmaligniteiten zijn gedefinieerd voor de aan zonlicht blootgestelde huid. De door zonlicht veroorzaakte carcinomen vallen buiten de scope van dit dossier. Voor een aantal is het raakvlak met andere bronnen van blootstelling beschreven:

#### **Plaveiselcel carcinomen (PCC)**

Het plaveiselcel carcinoom of spinocellulair carcinoom. Het PCC ontstaat uit keratinocyten in de epidermis die uitbreiden naar de dermis en verder. De tumor heeft de neiging om zich uit te zaaien. PCC komen overal voor, vooral in gebieden die blootstaan aan chronische UV (zon)belasting. De actinische keratosen (AK) en het intra-epitheliale carcinoom (ziekte van Bowen) worden beschouwd als voorloper van het PCC.

#### **Melanoom**

Het melanoom gaat uit van melanocyten. Het klinisch beeld is meestal een moedervlek die onregelmatig van vorm en pigmentatie is. De kleur is rood-bruin tot blauw-zwart. Er is vergrote neiging tot bloeden en soms zijn er satellietlaesies. Het melanoom is een zeer kwaadaardige tumor die overal op de huid voor kan komen en soms snel uitzaait in het lymfestelsel. De latentietijd is mogelijk enkele tientallen jaren.



### 7.1.3.3 Acute gezondheidseffecten van zichtbaar licht

#### **Fotochemische netvliesschade.**

Fotochemische netvliesschade kan veroorzaakt worden door blauw licht met een golflengte van 400 tot 550 nm of door breed-spectrum licht met een hoge intensiteit (xenonprojectors, booglampen, elektronenflitsers). Netvliesschade is beschreven na blootstelling aan klasse 3 en 4 lasers in het gebied van het zichtbare licht. Het leidt tot pijn in het oog, voorbijgaande blindheid, nabeelden en verminderd kleurenzien. Fotochemische netvliesschade kan ook asymptomatisch ontstaan bij blootstelling aan 'continuous wave lasers'. Beroepsziekte bij aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan een hoge stralingsdosis van bovengenoemde golflengte. Minimale blootstellingduur: enkele seconden. Maximale latentietijd: één jaar.

### 7.1.3.4 Chronische gezondheidseffecten van zichtbaar licht

#### **Mijnwerkers nystagmus.**

Deze aandoening kan optreden als gevolg van werk bij een zeer lage lichtintensiteit, waardoor problemen met het focuseren ontstaan. Treedt op bij bijvoorbeeld ondergronds werk bij een zeer laag verlichtingsniveau. Minimale blootstellingduur: vijf jaar. Maximale latentietijd: één jaar.

### 7.1.3.5. Acute gezondheidseffecten van IR straling

#### **Effecten van warmtestraling op de voorzijde van het oog en de omringende weefsels.**

Een branderig gevoel rond de ogen, ontstoken oogleden (blefaritis) en keratitis. Beroepsziekte na aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan hoge intensiteit breedspectrum IR-B en IR-C straling (zonlicht, stralende hittebronnen, speciale lampen) en aan bepaalde industriële lasers. Minimale blootstellingduur: enkele minuten. Maximale latentietijd: 24 uur.

#### **Hittebeschadiging van het netvlies.**

Geringe afwijkingen met uitval in het gezichtsveld, acuut optredende zwellingen, later gevolgd door afwijkingen in het retinale pigmentepitheel. Beroepsziekte bij aannemelijke beroepsmatige blootstelling aan een krachtige laser. Minimale blootstellingduur: ongeveer één seconde. Maximale latentietijd: 24 uur.

### 7.1.3.6 Chronische gezondheidseffecten van IR straling

#### **Glasblazersstaar.**

Door de oogarts geverifieerd cataract, beginnend aan de achterste schors van de lens met later op de achterpool een onregelmatige schijfvormige troebeling. Beroepsziekte bij aannemelijke herhaalde of langdurige beroepsmatige blootstelling aan infraroodstraling van gloeiend glas of metaal met een temperatuur boven 1500°C. Minimale blootstellingduur: één jaar. Maximale latentietijd: vijftien jaar. Een samenvattend overzicht van beroepsziekten als gevolg van blootstelling aan optische straling worden gegeven in referenties 1,6 en 8 van dit dossier.

## 7.2 Diagnostiek en behandeling/begeleiding

Diagnostiek en behandeling van arbeidsgerelateerde gezondheidsrisico's begint altijd bij het herkennen en inventariseren van de risico's. Daar waar optische stralingsbronnen in de werkomgeving aanwezig zijn

is het noodzakelijk de risico's voor de werkers te inventariseren en evalueren. Pas als je weet welk risico wordt gelopen kan je effectieve maatregelen nemen om de risico's te verminderen. In dit hoofdstuk worden deze activiteiten in de RI&E en het opstellen en uitvoeren van een adequaat plan van aanpak, gericht op verminderen van risico's, niet verder belicht. In deze paragraaf wordt verder ingegaan op de mogelijkheden om arbeidsgerelateerde gezondheidsschade als gevolg van blootstelling aan optische straling vroegtijdig te herkennen en adequaat te behandelen.

## 7.2.1 Diagnostiek

Een laagdrempelige mogelijkheid om gebruik te maken van een arbeidsgezondheidskundig spreekuur is essentieel. Elke werker in een arbeidssituatie met optische stralingsbronnen moet met gezondheidsvragen bij een deskundige bedrijfsarts terecht kunnen. De bedrijfsarts heeft, voor het goed kunnen uitvoeren van dit arbeidsgezondheidskundig spreekuur, kennis van en ervaring met de diagnostiek van aan optische straling gerelateerde beroepsziekten nodig.

Iedereen die tijdens het verrichten van arbeid blootgesteld wordt aan optische straling moet geadviseerd worden bij visusklachten, conjunctivitis klachten, eczeem en huidverbranding / verandering de bedrijfsarts te bezoeken. Dit advies geldt ook als de klachten tijdelijk zijn en verdwijnen of minderen bij gebruik van medicatie.

De bedrijfsarts neemt een zorgvuldige anamnese af van de klachten, het tijdsbeloop van de klachten de relatie van de ervaren gezondheidsklachten met de blootstelling aan de optische straling. Ook vraagt de bedrijfsarts naar het gebruik van medicatie en het eventuele effect op de ervaren klachten. Tevens vraagt de bedrijfsarts naar mogelijke aanleg factoren, zoals aanwijzingen voor huid type en eventuele allergieën. De arbeidsanamnese (type taken, mogelijke wijzen van blootstelling aan optische straling, gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen en eventuele veranderingen in de werkwijze) zal zorgvuldig afgenomen moeten worden voor een goede diagnostiek. Na de anamnese inspecteert de bedrijfsarts de aangedane of blootgestelde organen (huid en ogen).

Op basis van de bevindingen stelt de bedrijfsarts een differentiaal diagnoselijst op en waar mogelijk een waarschijnlijkheidsdiagnose. De bedrijfsarts vormt zich een beeld van de relatie tussen de (waarschijnlijkheids-)diagnose en de arbeid: etiologische relatie en relevantie van de diagnose voor de arbeid. Hij gaat na of er een risicoanalyse of risico-inventarisatie is en overlegt met de deskundige in deze (veiligheidskundige / arbeidshygiënist / LSO). Indien nodig (en veilig mogelijk) maakt de bedrijfsarts gebruik van de tijd en de blootstellingmogelijkheden tijdens arbeid om de relatie tussen klacht en blootstelling te testen. Deze vorm van provocatie kan helpen bij het vaststellen van de diagnose. Indien nodig kan de bedrijfsarts voor nadere diagnostiek naar oogarts of dermatoloog verwijzen (bijv. voor spleetlamponderzoek, fundoscopie, dermatoscopie of allergietesten).

## 7.2.2 Behandeling en begeleiding

De behandeling van beroepsziekten ten gevolge van blootstelling aan optische straling moet allereerst uitgaan van de juiste (waarschijnlijkheids-)diagnose. Uitgaande van deze situatie en een goed afgeronde diagnostiek zal de behandeling zich eerst richten op stoppen van de etiologische factoren, het laten stoppen van de blootstelling. De beroepsziekte kan pas genezen als de oorzakelijke blootstelling wordt gestopt. Daarnaast zal de aangerichte gezondheidsschade behandeld moeten worden. Soms is stoppen van de blootstelling al voldoende om herstel op te laten treden. In situatie waarbij de optische straling een ontstekingsproces in huid en ogen heeft geïnduceerd kunnen ontstekingsremmende medicatie of immunosuppressiva een bijdrage leveren aan een efficiënt en succesvol herstel van de aangerichte gezondheidsschade. In die gevallen, waarbij blijvende schade aan het weefsel is aangericht (bijvoorbeeld vroegtijdige cataract vorming), zullen in overleg met de medisch specialist andere behandelingen overwogen moeten worden. Ook bij irreversibele gezondheidsschade zijn vaak behandelingen beschikbaar die kunnen helpen bij functioneel herstel. De bedrijfsarts richt zijn advies primair op functioneel herstel van de verrichte gezondheidsschade, maar heeft daarnaast tegelijkertijd aandacht voor secundaire preventie: hoe kan de arbeid hervat worden zonder verdere gezondheidsschade? Bij het vaststellen van een beroepsziekte, ook als deze het gevolg is van blootstelling aan optische straling, is de bedrijfsarts wettelijk verplicht dit te melden aan het [NCvB](#).

## 7.3 Kwetsbare groepen en aanstellingskeuring

De kans op het ontwikkelen van een beroepsziekten als gevolg van professionele blootstelling aan kunstmatige optische straling wordt enerzijds bepaald door de individuele mate van gevoeligheid en anderzijds door het type en de mate van blootstelling.

Endogeen risico, de individuele gevoeligheid voor lichamelijke schade van optische straling:

- Huidtype (UV gevoeligheid volgens Fitzpatrick, type I t/m VI)
- Mate van sensibilisatie voor fotoallergische stoffen

Exogeen risico:

- De mate van blootstelling,
- De aard van de optische straling,
- Golfengte/ energie,
- Vermogen.

Kwetsbare groepen worden uitgebreider behandeld in paragraaf 4.2 van de [brochure 'kunstmatige optische straling'](#) van Arbo Unie.

### 7.3.1 Aanstellingskeuring

Voor het verrichten van aanstellingskeuringen heeft de wetgever in Nederland strikte juridische kaders aangegeven. Een aanstellingskeuring heeft per definitie rechtspositionele consequenties (wel of geen aanstelling in nieuwe functie). Selectie bij aanstelling op medische gronden is slechts mogelijk als het missen van de diagnose en het verhoogde risico op gezondheidsschade niet op een andere manier is te vermijden. De werkgever moet aannemelijk maken dat alle maatregelen voor vermindering van het risico op gezondheidsschade bij de aangeboden arbeid zijn geïmplementeerd. Ondanks alle maatregelen moet een substantieel risico blijven bestaan dat bovendien, vanwege een specifieke gezondheidstoestand van de sollicitant, tot een substantieel extra verhoogd risico op gezondheidsschade oplevert. Voor optische straling zijn geen indicaties bekend voor aanstellingskeuringen.

## 7.4 Preventief medisch onderzoek inclusief vroegdiagnostiek

Schadelijke gevolgen aan huid of ogen van blootstelling aan optische straling in het werk moet voorkomen worden. Het risico op schade kan niet altijd 100% vermeden worden. Het zou mooi zijn als we met eenvoudig uit te voeren screeningsonderzoek in een vroegtijdig stadium konden zoeken naar schadelijke effecten. Als we vroegtijdig schadelijke effecten herkennen kunnen tijdig maatregelen worden getroffen om erger te voorkomen. De aard van het risico bij blootstelling aan optische straling in arbeid is echter onvoldoende om in het algemeen een preventief medisch onderzoek te adviseren voor alle mensen die worden blootgesteld. Preventief screenend onderzoek heeft altijd risico's in zich zelf. Zeker als preventief medisch onderzoek verplicht wordt opgelegd aan grote groepen kan er op bevolkingsniveau een substantieel risico door worden veroorzaakt. Preventief medisch onderzoek zal gericht en specifiek ingezet moeten en kunnen worden. De gevolgen voor het ondergaan van het onderzoek voor grote groepen mensen moet opwegen tegen het risico van niet of te late diagnose van de gezondheidsschade. Voor de mogelijke diagnostische middelen van periodiek vragenlijstonderzoek, spreekuur bezoek (met anamnese en inspectie van ogen/ huid) bestaat onvoldoende indicatie om dat aan blootgestelde werkers te adviseren. In specifieke arbeidsomstandigheden kan het risico van de optische stralingsbron wat betreft golfengte, kracht en mate/ wijze van gebruik toch een aanleiding vormen voor preventief medisch onderzoek. Deze indicatie zal voort moeten komen uit de zorgvuldig uitgevoerde inventarisatie en evaluatie van de optische stralingsrisico's op de werkvloer.

## 8. Werkgeversverplichtingen

Bij de uitvoering van het arbeidsomstandighedenbeleid werken de werkgever en de werknemers samen, Arbowet art. 12.

### Taken werkgever

Conform Arbeidsomstandighedenwet art. 3 dient de werkgever voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers te zorgen inzake alle met de arbeid verbonden aspecten en voert daartoe een beleid dat is gericht op zo goed mogelijke arbeidsomstandigheden. Daarbij gelden de volgende bepalingen die de werkgever moet regelen:

- Van het werk mag geen nadelige invloed uitgaan op de veiligheid en de gezondheid van de werknemer.
- Om risico's te reduceren moet de brongerichte aanpak worden toegepast.
- De inrichting van de arbeidsplaatsen, de werkmethoden en de bij de arbeid gebruikte arbeidsmiddelen alsmede de arbeidsinhoud moeten zoveel als redelijkerwijs kan worden gevegd worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van werknemers;
- Monotone en tempo-gebonden arbeid moet, zoveel als redelijkerwijs kan worden gevegd, vermeden worden dan wel, indien dat niet mogelijk is, beperkt;
- Doeltreffende maatregelen moeten getroffen zijn op het gebied van de eerste hulp bij ongevallen, de brandbestrijding en de evacuatie van werknemers en andere aanwezige personen, en doeltreffende verbindingen moeten worden onderhouden met de desbetreffende externe hulpverleningsorganisaties.
- Tevens moet de werkgever binnen het algemeen arbeidsomstandighedenbeleid, een beleid voeren gericht op voorkoming en indien dat niet mogelijk is beperking van psychosociale arbeidsbelasting (Arbeidsomstandighedenwet art. 3 lid 2).
- De werkgever moet zorgen voor een goede verdeling van bevoegdheden en verantwoordelijkheden tussen de bij de werkgever werkzame personen, waarbij hij rekening houdt met de bekwaamheden van de werknemers (Arbeidsomstandighedenwet art. 3 lid 3).
- De werkgever moet het arbeidsomstandighedenbeleid regelmatig toetsen aan de ervaringen die daarmee zijn opgedaan en past de maatregelen aan zo dikwijls als de daarmee opgedane ervaring daartoe aanleiding geeft (Arbeidsomstandighedenwet art. 3 lid 4).

Daarnaast moet de werkgever voor werknemers met een structurele functionele beperking hun arbeidsplaatsen aanpassen vgl. [Arbeidsomstandighedenwet, artikel 4](#).

Conform [Arbeidsomstandighedenwet, artikel 5](#) dient de werkgever in een inventarisatie en evaluatie schriftelijk vast welke risico's de arbeid voor de werknemers met zich brengt. Deze risico-inventarisatie en -evaluatie bevat tevens een beschrijving van de gevaren en de risico-beperkende maatregelen en de risico's voor bijzondere categorieën van werknemers. Aan deze risico-inventarisatie en -evaluatie worden tal van eisen gesteld. Zie hierover verder het [Arbokennisdossier Risico-inventarisatie](#).

Daarnaast moet de werkgever conform [Arbeidsomstandighedenwet, artikel 8](#) ervoor zorgen dat de werknemers doeltreffend worden ingelicht over de te verrichten werkzaamheden en de daaraan verbonden risico's, alsmede over de maatregelen die erop gericht zijn deze risico's te voorkomen of te beperken.

De werkgever dient conform [Arbeidsomstandighedenwet, artikel 9](#) te regelen dat ongevallen gemeld en geregistreerd worden (zie boven).

### Medezeggenschap

De RI&E en RI&E-methodiek moet ter instemming worden voorgelegd aan een medezeggenschapsorgaan. Bij kleine bedrijven kan hieraan invulling worden gegeven door belanghebbende medewerkers.

**Voorlichting en onderricht**

Werknemers dienen voldoende geïnstrueerd te zijn betreffende de geldende algemene en specifieke werkvoorschriften. Daarnaast moeten zij voldoende zijn opgeleid. Als referentie kan gebruik worden gemaakt van de Nederlandse Praktijkrichtlijn 'leidraad voor niveaus van geschiktheid vereist in laserveiligheid', NPR-CLC/TR 50448:2005.

**Beschikbaarheid van Arbeidsgeneeskundig onderzoek**

Er is geen verplichting voor het invullen van een periodiek oogonderzoek. Indien er sprake is van blootstelling of vermeende blootstelling aan een laserbundel moet er toegang tot adequate medische zorg mogelijk zijn.

## 9. Werknemersverplichtingen

### Algemene verplichtingen van de werknemers

Bij de uitvoering van het arbeidsomstandighedenbeleid werken de werkgever en de werknemers samen.

Arbeidsomstandighedenwet art. 3 lid 1f:

Elke werknemer moet bij ernstig en onmiddellijk gevaar voor zijn eigen veiligheid of die van anderen, rekening houdend met zijn technische kennis en middelen, de nodige passende maatregelen kunnen nemen om de gevolgen van een dergelijk gevaar te voorkomen (Arbeidsomstandighedenwet art.3 lid 1f). De werknemer is bevoegd het werk te onderbreken in bepaalde situaties (Arbeidsomstandighedenwet art. 29).

De werknemer is verplicht om in zijn doen en laten op de arbeidsplaats, overeenkomstig zijn opleiding en de door de werkgever gegeven instructies, naar vermogen zorg te dragen voor zijn eigen veiligheid en gezondheid en die van de andere betrokken personen (Arbeidsomstandighedenwet art. 11). Met name is hij verplicht om:

- a) Arbeidsmiddelen en gevaarlijke stoffen op de juiste wijze te gebruiken;
- b) De hem ter beschikking gestelde persoonlijke beschermingsmiddelen op de juiste wijze te gebruiken en na gebruik op de daartoe bestemde plaats op te bergen, een en ander voor zover niet krachtens deze wet is bepaald dat werknemers niet verplicht zijn beschermingsmiddelen als vorenbedoeld te gebruiken;
- c) De op arbeidsmiddelen of anderszins aangebrachte beveiligingen niet te veranderen of buiten noodzaak weg te halen en deze op de juiste wijze te gebruiken;
- d) Mede te werken aan het voor hem georganiseerde onderricht bedoeld in artikel 8;
- e) De door hem opgemerkte gevaren voor de veiligheid of de gezondheid terstond ter kennis te brengen aan de werkgever of degene die namens deze ter plaatse met de leiding is belast;
- f) De werkgever en de werknemers en de andere deskundige personen, bedoeld in artikel 13, eerste tot en met derde lid, de personen, bedoeld in artikel 14, eerste lid, en de arbodienst, indien nodig bij te staan bij de uitvoering van hun verplichtingen en taken op grond van deze wet.

### Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen

Wanneer de werkgever in het huishoudelijk reglement, of middels werkinstructies, aangeeft dat er bij bepaalde werkzaamheden PBM verplicht zijn, dan dienen deze ook gedragen te worden. In de Arbeidsomstandighedenwet staat dat de medewerker verplicht is gezond en veilig te werken. De werkgever is verplicht daarop te handhaven en toezicht te houden.

## **10. Werknemersrechten**

De werknemer heeft recht op een werkplek, waarbij het werk geen nadelige invloed heeft op zijn veiligheid en de gezondheid (zie boven onder Zie plichten werkgever).

De werknemer heeft recht van inzage in de risico-inventarisatie en –evaluatie.

De werknemer heeft er recht op dat hij wordt voorgelicht over de te verrichten werkzaamheden en de daaraan verbonden risico's, alsmede over de maatregelen die erop gericht zijn deze risico's te voorkomen of te beperken en worden ingelicht over de wijze waarop de deskundige bijstand in zijn bedrijf of inrichting is georganiseerd.

De werknemer heeft recht op periodiek arbeidsgezondheidskundig onderzoek (PAGO's) wanneer zijn werkzaamheden daartoe aanleiding geven. Zie voor de opvattingen ten aanzien van periodieke medische controle bij het werken met optische straling paragraaf 7.4.

# 11.       Praktijkverhalen

## **Groene DPSS-lasers en onvermoede IR-A blootstelling**

In de huidige markt zijn zogenoemde Diode Pulsed Solid State lasers en laserpointers te verkrijgen met een uitgangsvermogen tot ruim 5W aan continue vermogen. Een diodelaser levert de energie voor het actieve medium, waardoor vanuit dit medium een bundel wordt opgewekt. Voor een groene laserpointer betekent dit dat een 808 nm laserdiode gebruikt wordt in combinatie met een kunstmatig kristal (bv. Nd:YVO<sub>4</sub>). Hierdoor genereert het kristal de laserbundel in de groene kleur van 532 nm. Maar..... in dit kristal wordt ook een fractie (procenten) licht met een golflengte van 1064 nm geproduceerd. Deze procenten 1064 nm laserlicht leiden bij 5W uitgangsvermogen tot een bijdrage boven de maximaal toelaatbare blootstellingsgrenzen, maar zijn niet zichtbaar (IR-A) voor het menselijke oog. Normaal gesproken is een dergelijke laser voorzien van een uitredfilter dat de fractie IR-A absorbeert, echter is er regelmatig gezien dat in met name de goedkopere importmodellen dit filter ontbreekt. Het is dus zaak vast te stellen dat een dergelijk filter is geplaatst, dan wel door meting te achterhalen of er IR-A emissie plaatsvindt. Alleen op die manier kan een oogbeschermer worden gekozen die, in geval noodzakelijk, niet alleen tegen de golflengte van 532 nm beschermt, maar ook voldoende bescherming biedt tegen de emissie van het onzichtbare IR-A licht.

## **Detectiekaarten en uitlijnbrillen**

Een veel gehoorde klacht bij het voorschrijven van laserveiligheidsbrillen is het feit dat men met de bril op de bundel niet meer kan zien. Een reëel probleem in geval van uitlijning, maar middels eenvoudige hulpmiddelen op te lossen. Door het gebruik van detectiekaartjes kan het bundelverloop middels reflecterende kaartjes zichtbaar worden gemaakt. De emissie van de kaartjes is te kiezen in een golflengte die door de bril wel wordt doorgelaten (bij zichtbare bundels kies je een VIS-detectiekaartje met een emissiegolflengte aan de andere kant van het zichtbare spectrum dan waarvoor de bril bescherming biedt). Op deze manier is onder bescherming tegen de primaire laserbundel toch veilig het bundelverloop te volgen. Primair onzichtbare UV en IR-bundels kunnen op een detectiekaart een emissie genereren in het zichtbare gebied, zodat de onzichtbare bundel te volgen is via de detectiekaartjes. Een alternatief bij zichtbare bundels is het gebruik van een uitlijnbril. Deze bril reduceert het niveau van de invallende laserstraling tot < klasse 2. Hiermee blijft de bundel zichtbaar tijdens het uitvoeren van uitlijnwerkzaamheden.

## **Uitlijnen witte laserbundel**

Het uitlijnen van een witte laserbundel stuit in eerste benadering op een probleem. Het blokkeren van alle golflengtes leidt tot een transmissie van 0%, waardoor men niets meer zou zien door een geschikte afschermbril. Toch moet een witte bundel, vaak met behoud van bundelkarakteristiek, worden uitgelijnd, waardoor het strippen van de bundel in de afzonderlijke kleuren of het reduceren van het vermogen tot maximaal klasse 2 niet tot de mogelijkheden behoort. Door het toepassen van een golflengtefilter kan een bandbreedte worden geselecteerd die afschermbaar is met een afschermbril. De bundelkarakteristiek blijft behouden en men kan zonder vermogensreductie en beschermd tegen de geselecteerde golflengte de uitlijnwerkzaamheden uitvoeren. Na instelling van het systeem en de positionering van de bundel kan het filter worden verwijderd en heeft men de witte bundel, veilig uitgelijnd, terug in het systeem.



## 12. Referenties

### 12.1 Web-bronnen

- [www.wetten.nl](http://www.wetten.nl) (overzicht geldende wet- en regelgeving);
- [www.nen.nl](http://www.nen.nl) (brondocumenten normen en richtlijnen, tegen betaling ook in abonnementsvorm NEN Connect);
- [AI-blad 60](#) (tegen betaling);
- [Oog- en huidaandoeningen door niet-ioniserende straling](#);
- [Arbokennisnet](#) (kennisdossiers, algemene arbo-informatie);
- [Grenswaardenoverzicht SER](#) (databank grenswaarden).

### 12.2 Literatuurbronnen

- (1) European Commission Employment Social Affairs and Equal Opportunities DG. A Non-binding guide to the artificial optical radiation directive 2006/25/EC. 2007.
- (2) Post, W. - Beumer, P. - Schumacher, C.- Cauwenbeghe van, S. SZW-Brochure Optische Straling. Arbounie. 2011.
- (3) Hietanen M. Health risks of exposure to non-ionizing radiation--myths or science-based evidence. Med Lav 2006 Mar-Apr;97(2):184-188.
- (4) Gov UK HSE. Guidance for Employers on the control of Artificial Optica radiation at Work regulation (AOR) 2010. 201.
- (5) Okuno T. Thermal effect of visible light and infra-red radiation (i.r.-A, i.r.-B and i.r.-C) on the eye: a study of infra-red cataract based on a model. Ann Occup Hyg 1994 Aug;38(4):351-359.
- (6) Oriowo OM, Chou BR, Cullen AP, Robinson BE. Occupational exposure to optical radiation and the ocular health status of glassblowers. Ophthalmic Physiol Opt 1997 Nov;17(6):483-491.
- (7) Vos JJ, van Norren D. Thermal cataract, from furnaces to lasers. Clin Exp Optom 2004 Nov;87(6):372-376.
- (8) Registratierichtlijn B006 Oog en huidaandoeningen door niet-ioniserende straling, Nederlands Centrum voor Beroepsziekten 2010.
- (9) Dossier "Optische straling in arbeidssituaties", Inspectie SZW, 2006.
- (10) ICNIRP guidelines in limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 mm, International Commission on radiation Protection 2013.
- (11) NEN-EN-IEC 60825-1:2007 Safety of laser products – Part 1. Equipment classification and requirements.
- (12) NPR IEC/TR 60825-14:2004/2 Safety of laser products – A user's guide.
- (13) IEC / TR 60825-9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation.
- (14) NEN-EN 207:2010 personal eye-protection equipment – Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye protectors).
- (15) Veiligheids- en gezondheidsaspecten van het werken met hoog vermogen lasers, Ministerie SoZaWe, 1998. (nog steeds toepasbaar als naslagwerk voor het vrijkomen van lasergemedieerde partikels en rook).

## **13. Referentie auteurs**

René Heerlien (Stralingsdeskundige / Laserveiligheidsadviseur)

Frank Jungbauer (Stralingsarts)

Max Vermeij (Arbeids- en organisatiedeskundige)

Paul Beumer (Veiligheidskundige / Arbeidshygiënist)

## 14. Peer review

Dit kennisdossier is een goede ontsluiting van de aanwezige kennis op het gebied van kunstmatige optische straling en zal voor verreweg de meeste toepassingen bruikbaar zijn om conform de stand van de professionele dienstverlening te kunnen adviseren.

In sommige situaties zal het echter ook nodig zijn om feeling te hebben voor de daadwerkelijk hoogte van het risico. Bijvoorbeeld: er moet toezicht zijn, maar hoe streng moet die zijn? En als er ook andere risico's zijn (bijvoorbeeld infectiegevaar) hoe zwaar moet dan het laserrisico ten opzichte van het andere risico gewogen worden?

Over de daadwerkelijke hoogte van de risico's is in dit dossier de kennis niet ontsloten, omdat die kennis er in Nederland helaas nog niet is, in de openbare literatuur. Dit kennisdossier zal bij het ontwikkelen van die kennis een uitstekend startpunt kunnen zijn.

22-12-2013

Jos van den Eijnde (Veiligheidskundige / stralingsdeskundige)