

## Kunstmatige Optische Straling

Seminarie Arbeidsgeneeskunde  
Gent, 9 februari 2011

dr. Maurits De Ridder  
Afdeling Normen, HUA, FOD WASO  
Arbeids- en milieugezondheidskunde, Universiteit Gent

ir. Steven Van Cauwenberghe  
TWW Oost-Vlaanderen, FOD WASO

## Menu

- Fysica, bronnen en toepassingen
- Gezondheidseffecten
- K.B. kunstmatige optische straling
- Risicobeoordeling
- Preventiemaatregelen
- Voorlichting en opleiding
- Gezondheidstoezicht

## Fysica

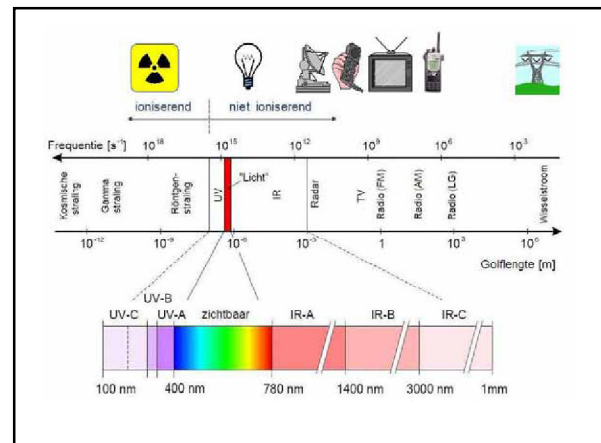
Soorten optische straling:

### incoherent

- Ultraviolette straling (UV)
- Zichtbare straling (VIS)
- Infrarode straling (IR)

### coherent

- Laserstraling (UV, VIS, IR)



## Bronnen

### Lampen

- Verlichting
- Verwarming
- Zonnecentra (gebruik van UV)
- Laboratoriumtoepassingen (UV)
- Medische toepassingen (UV, VIS, IR, Laser)

### Materiaal op hoge temperatuur

- Metaalbewerking, lassen (vrijkomen van UV)
- Ovens (IR)
- Branden (IR)

### Lasers

## Toepassing van UV

- Bruinen van de huid (UVB)
- Ontsmetten en sterilisatie (UVC, 254 nm)
- Uitharden van inkt, verf, lijm, kunststof,...
- Niet-destructief onderzoek
- Fluorescentie (UVA)
- Chromatografie
- Detectielampen, projectoren,...
- Insectlokkende lampen
- Behandeling huidziekten (psoriasis)

## Toepassing van IR

- Verwarming
- Drogen, bakken, polymeriseren,...
- Smelten van metaal
- Glasproductie
- Afstandsbediening
- Infrarode camera's op elektrische borden
- Thermometer

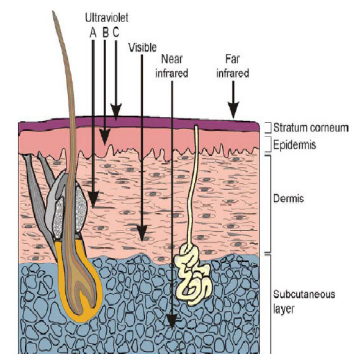
## Toepassing van Laser

- Bouw: richten, nivellering, telemetrie...
- Snijden van materialen: Al, Staal, ...
- Boren en graveren in materialen
- Metaalverdampen
- Codeherkenning, dataverwerking
- Holografie
- Chirurgie, oftamologie en dermatologie

## Penetratie Biologische effecten Gezondheidseffecten

- UV C < 180 nm wordt geabsorbeerd door de zuurstof in de lucht
- UV C < 240 nm wordt geabsorbeerd door de omhulling van de lamp
- **Indringdiepte:** is afhankelijk van de golflengte

Figure B4. Penetration of different wavelength through the skin



## UV indringdiepte in de huid

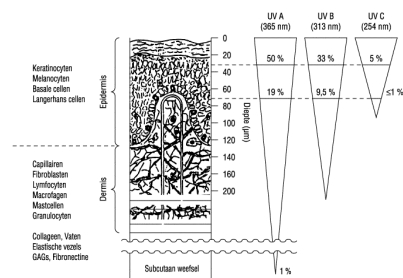
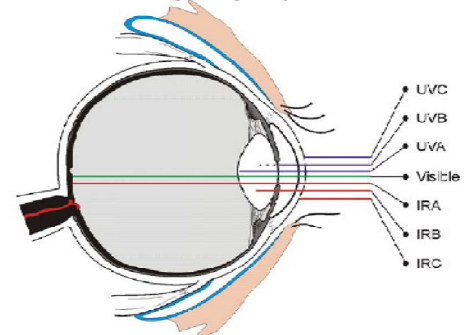
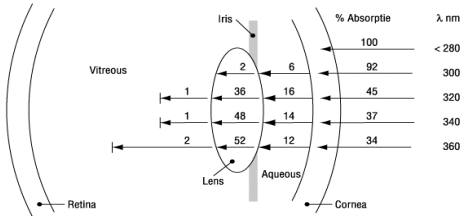


Figure B2. Penetration of different wavelength through the eye



## UV indringdiepte ogen



## Wijzigingen in de transmissie van de lens met de leeftijd (spectraal leeftijdseffect)

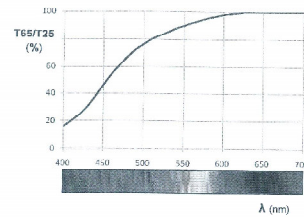


Fig. 5. Transmissie van het oog van 65-jarigen relatief t.o.v. 25-jarigen, 1/65/725, in afhankelijkheid van de golflengte van het licht, [6].

## Biologische effecten

### 1. Thermisch effect

- Lokale opwarming (temperatuurstijging)
- Verspreiding van de warmte in omgevend weefsel, de bloedbaan en de lucht
- Direct waarneembaar (= waarschuwing)
- Pijndrempel: huidtemperatuur = 44 °C
- Brandwonde: functie van huidtemperatuur en duur
  - huid: mogelijk vanaf 43 °C indien langdurige blootstelling
  - ogen: vanaf 45 °C
- Bestralingssterkte is belangrijk

## Relatieve spectrale effectiviteit thermische schade aan de retina

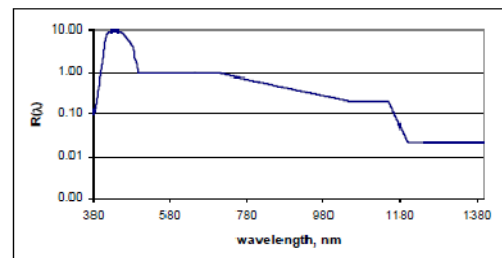


Figure 5.3 – Weighting function R(λ)

## Biologische effecten

### 2. Fotochemisch effect

- Maximum rond 270 nm, tot 600 nm
- Interactie met (bio)moleculen (aminozuren, nucleïnezuren)
- Rechtstreekse DNA schade tot ongeveer 325 nm
- Vorming van vrije zuurstof radicalen
- Kan leiden tot inflammatie, celdood, groeistimulatie
- + scavenging (eumelanine) en reparatiemechanismen en apoptose
- Niet direct waarneembaar (latentietijd), geen waarschuwing
- (Dag)dosis is belangrijk

## Ionisatiegrens

12,4 eV (100 nm) = grens ioniserend – niet-ioniserend  
 Ionisatie van atomen: fotonenergie > 12,3 eV voor koolstofatoom tot 14,5 eV voor stikstofatoom  
 Verbreken van covalente bindingen (één ionenpaar): > 5 eV (250 nm)  
 Excitatie van een atoom (vrije radicaalvorming): > 5 eV voor OH en > 2 eV (tot 620 nm) voor H

Dierproeven en in vitro onderzoek:

- oogtumoren t.g.v. maligne transformatie door blue light 434 - 475 nm
- cellulaire schade aan normale retina pigmentepitheel cellen t.g.v. blue light

### Relatieve spectrale effectiviteit Fotochemisch effect huid en ogen

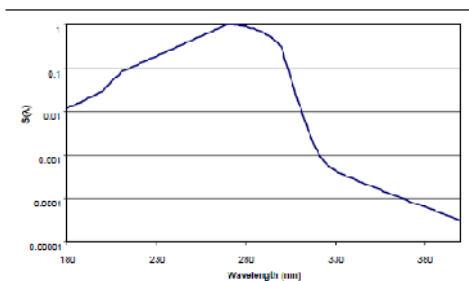


Figure 5.1 – Weighting function S(λ)

### Relatieve spectrale effectiviteit Fotochemisch effect netvlies

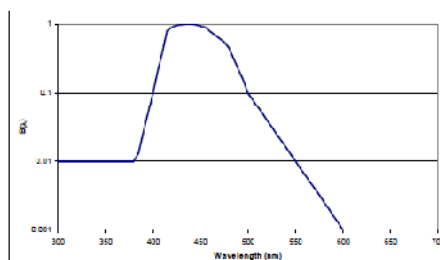


Figure 5.2 – Weighting function B(λ)

### Ultraviolette straling: effecten ter hoogte van de huid

- UV B: vorming van vitamine D<sub>3</sub> (calcium homeostase van het bot)
- Bruinen (UV A en UV B), verdikking van de hoornlaag (enkel UV B) = adaptatie, protectie
- Erytheem, zonnebrand (afhankelijk van fototype). Waarneembaar na minimum 4 uren (piek na 8 à 12 uren). Max: 250-290 nm.
- Abnormale reacties: fotosensitisatie (erytheem) en fotoallergie (immunologische reactie, eczeem ook op niet-blootgestelde plaatsen)
- Suppressie van cellulaire immuniteit, systemisch (enkel UV B) en lokaal (Herpes Virus reactivatie, HPV wratten)
- Huidveroudering (elastose)
- Huidkanker



#### Enkele indicatiewaarden voor de invloed van adaptatie (5):

Huidtype	MED zonder adaptatie *	MED met adaptatie *
I-II	2 SED	6 SED
III-IV	7 SED	10 SED
V	10 SED	60 SED
VI	15 SED	80 SED

\* Onder adaptatie wordt in deze tabel een periode van 3 weken geleidelijke bruining door de zon *zonder tussentijdse verbrandingen* verstaan. De afkorting SED staat voor Standard Erythemal Dose. 1 SED = 100 J/m<sup>2</sup> gewogen volgens het actiespectrum van de norm CIE S007. MED staat voor Minimal Erythemal Dose (dit is een per individu verschillende drempelwaarde voor erytheemvorming).

### Fotogevoeligheid versterkende stoffen

- Medicijnen, plantaardige stoffen (psoralenen), parfum en ingrediënten voor cosmetica, kleurstoffen, polycyclische koolwaterstoffen in houtconserveringsmiddelen, koolteer, roet en vervuiling, zonnebrandmiddelen en drukinkten
- Kunnen van buitenaf of via opname door mond of neus in de huid binnendringen.
- Men kan met zulke stoffen te maken krijgen
  - op het werk
  - bij medische behandeling
  - in een huishoudelijke omgeving
  - tijdens recreatie

Tabel D.3 Fotogevoeligheid versterkende stoffen in werkomgeving	
Kleurstoffen op anthraquinon basis:	benzanthrone; Disperse Blue 35
Polycyclische koolwaterstoffen:	roet, koolteer, houtconserveringsmiddelen, anthracen, fluorantheen
Drukinkt:	amyl-o-dimethylaminobenzoic acid
Diervoedersupplement:	quinoxaline-n-dioxide

Tabel D.4 Fotogevoeligheid versterkende stoffen in medische omgeving	
Antibacteriële middelen	tetracyclines, sulphonamides, nalidixic acid, 4-quinolones
Tranquilizers:	phenothiazines (chloromazine)
Antidepressiva:	Protryptiline
Diuretica ("plaspillen"):	chloorthiazides, frusemide
Middelen tegen hartritme-stoornissen of hoge bloeddruk:	amiodarone, methyldopa, quindine, propranolol
Middelen tegen ontstekingen:	ibuprofen, azapropazone, naproxen
Middelen tegen schimmels:	Grizeofulvin
Bacteriostaten:	gehalogeniseerde salicylanilides, bitionol, buclosamide
Plaatselijk aan te brengen middelen tegen schimmel:	fentichlor, hexachlorophene
Anti-krampp middelen:	Quinine
PUVA-therapie	8-methoxy psoralen, 5-methoxy psoralen, trimethyl psoralen
Behandeling van angina pectoris of astma:	dimethoxymethylfuranochromone
Fotodynamische therapie	photofrin II

### Immunosuppressie door UV A, UV B en interactie Bij dosis > 0,5 MED (erytheemdosis)

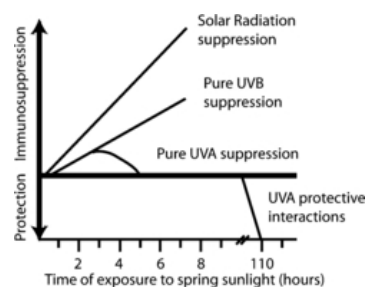
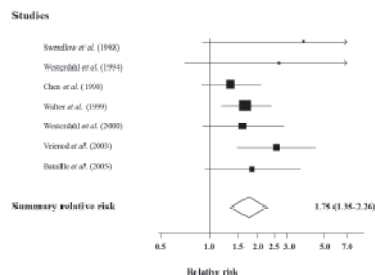


Table 18. Meta-analysis of studies of exposure to artificial UV radiation and risk for non-melanoma skin cancers			
Diagnosis	Number of studies	Summary relative risk (95% CI)	P-value $\chi^2$ Heterogeneity
SCC	3	2.25 (1.08-4.70)	0.10
BCC	4	1.03 (0.56-1.90)	0.06

BCC, basal cell carcinoma; SCC, squamous cell carcinoma

Figure 3. Relative risk for cutaneous melanoma associated with first use of indoor tanning equipment at age <35 years: estimates of 7 studies and summary estimate



### Ultraviolette straling: effecten op de ogen

- Fotokeratitis en fotoconjunctivitis
  - = lasogen en sneeuwblindheid
  - roodheid, pijn, fotofobie, gevoel zand in de ogen, wazig zien, tranen
  - latentietijd: 6 uren. Duur 12 à 24 uren.
  - max: 280 nm
  - drempel = 50 J/m<sup>2</sup> voor 270 nm
- (Corticaal) cataract (300 – 370 nm)
- Pterygium, pingueculum, droplet keratopathy
- Uveaal melanoom

### Uveaal melanoom Epidemiologisch onderzoek: werkfactoren

- Lassen (5) OR 2,05 (1,20 – 3,51)
- >5 keer fotokeratitis OR 7,17 en 3,3 en 1,8 en 1,6
- Buitenwerk (4) OR 1,37 (0,96 – 1,96)
- Niet werkgebonden blootstelling (buitenshuis vrijetijdsbesteding, lifetime UV exposure): geen verband

## Uveaal melanoom Epidemiologisch onderzoek: gastfactoren

- Lichte kleur van ogen OR 1,75
- Lichte huidkleur OR 1,80
- Onvermogen om te bruinen OR 1,64
- Atypische huidnaevi OR 2,82
- Gewone huidnaevi OR 1,74
- Sproeten OR 1,22
- Iris naevi OR 1,53

## Expert panel evaluaties

### NRPB UK 2002

There is no good evidence to suggest a relationship between solar UVR exposure and choroidal melanoma, although a weak relationship may exist for iris melanoma. Studies have supported a relationship between choroidal melanoma and exposure to sunlamps and arc welding sources

### ICNIRP en WHO 2007

There is no consistent evidence for an effect of solar UV exposure on ocular melanoma risk, but there is **limited but not conclusive support** to a relation to exposure to artificial UV sources – sunlamps and arc welding

## Effecten van zichtbaar licht

- 400 -780 nm
- Dringen diep door in de ogen (netvlies is meest gevoelige orgaan)
- Veiligheidsmechanismen tegen hoge blootstelling
  - Afwendreflex
  - Oogsluitreflex
  - Pupilreflex

### Effecten:

- Thermische effect (thermische retinitis)
- Beperkte fotochemische reactie (diepblauw) (fotochemische retinitis)

## Effecten van infrarode straling

### Biologische effecten:

- **opwarming**. Direct merkbaar → aversie-reactie (sterke absorptie door water en dus ook door de huid).
- geen fotochemische reactie

### T.h.v. de ogen:

- Acute hoge intensiteit: hyperthermie met conjunctivitis (pijn, roodheid) tot brandwonden
- + retinabeschadiging (enkel IR A)
- + cornea brandwonden (IR B en IR C)
- Chronisch: cataract (IR A en IR B)

### T.h.v. de huid: oppervlakkige opwarming

- Acuut: hyperthermie met pijn, roodheid en brandwonden
- Chronisch: roodheid, pigmentatie, oedeem

## Effecten van laserstraling

- Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
- UV, zichtbaar licht of IR
- Intense coherente, evenwijdige (geringe divergentie), gebundelde straling.
- Continu doorlopend of gepulseerd
- Hoge vermogensdichtheid mogelijk: hoog vermogen in een kleine oppervlakte, ook op grote afstand
- Effect en plaats van effect is afhankelijk van
  - golflengte
  - vermogensdichtheid

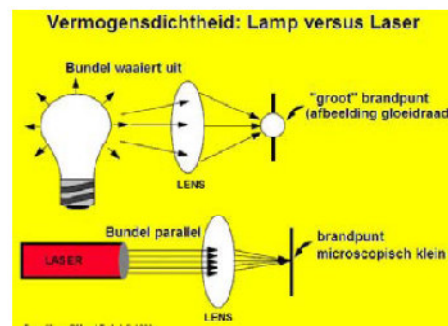


Fig 7 Verschil in vermogensdichtheid bij bundeling van lamplicht resp. laserstraling door een lens. Hoe kleiner het brandpunt, hoe groter de vermogensdichtheid. Oogartsen kunnen b.v. een losgeraakt netvlies weer vastzetten door laser-puntlassen.

## Laserstraling

Effect :

- energie wordt omgezet in warmte
- en deze warmte wordt door het weefsel via diffusie of bloeddorstroming afgevoerd

Thermisch effect indien temperatuursverhoging:

- Huid: brandwonden
- Ogen zijn meest gevoelig. Oogletsels afhankelijk van indringdiepte die afhankelijk is van de frequentie zichtbaar licht en IR A : netvliesverbranding (scotomen)

## K.B. kunstmatige optische straling

- Koninklijk besluit van 22 april 2010 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk.
- Hoofdstuk V van Titel IV van de Codex over het welzijn op het werk.
- Omzetting van Richtlijn 2006/25/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 april 2006 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan risico's van fysische agentia (kunstmatige optische straling).

## Inhoud van K.B. kos

1. Toepassingsgebied en definities
2. Grenswaarden voor blootstelling
3. Bepaling van de blootstelling en risicobeoordeling
4. Maatregelen ter voorkoming of vermindering van risico's
5. Voorlichting en opleiding van de werknemers
6. Raadpleging en participatie van de werknemers
7. Gezondheidstoezicht
8. Slotbepalingen

## Grenswaarden voor blootstelling

= grenzen (limieten) voor de blootstelling aan optische straling, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen.

Inachtneming van deze grenswaarden waarborgt dat aan kunstmatige bronnen van optische straling blootgestelde werknemers worden beschermd tegen alle bekende negatieve gevolgen voor de gezondheid

Onderscheid tussen

- Niet-coherente kos
- Laserstraling

Afkomstig van ICNIRP (wetenschappelijke grenswaarden)

Voor een bepaalde bron van kos kan meer dan één blootstellingswaarde met bijhorende grenswaarde gelden.

## Verschillende effecten → verschillende normen

De gevoeligheid voor optische straling verschilt

- volgens locatie: huid en verschillende delen van het oog
- volgens effect (thermisch of fotochemisch)
- volgens het tempo en de duur van de blootstelling
- volgens de koordehoek van de bestraling van de retina
- volgens de golflengte

Actiespectra:

Golflengte afhankelijke weging gebeurt volgens een actiespectrum:

- Blue Light Hazard  $B_{(A)}$ : fotochemische schade aan het netvlies
- Retinal Thermal Hazard  $R_{(A)}$ : thermische schade aan het netvlies
- UV-Hazard  $S_{(A)}$ : schade aan oog en huid gecombineerd

Biologisch effectieve straling =  
fysisch invallende straling  $\times$  wegingsfactor

## Grenswaarden voor blootstelling aan incoherente straling

Zeven formules gelden in verschillende, maar soms overlappende golflengtegebieden die één van de volgende parameters geven die te vergelijken zijn met de grenswaarden

**H**: bestralingsdosis [ $J/m^2$ ] voor UV,

**L**: radiantie [ $W/(m^2 \cdot sr)$ ] voor blauwlicht

**E**: bestralingssterkte, vermogensdichtheid [ $W/m^2$ ] voor blauwlicht en infrarode straling

### Grenswaarden voor blootstelling aan laserstraling

Volgende parameters worden berekend en dienen te worden vergeleken met de grenswaarden:

**E:** bestralingssterkte [ $W/m^2$ ]

**H:** bestralingsdosis [ $J/m^2$ ]: de tijdsintegraal van E

De tabellen geven de grenswaarde in functie van de golflengte en de tijd voor blootstelling

- van het oog voor korte blootsteldingsduur (<10 s)
- van het oog voor lange blootsteldingsduur (>10 s)
- van de huid

### Risicobeoordeling

#### Preventiemaatregelen

(zie tekst)

### Voorlichting en opleiding

Wie:

- Werknemers die aan een risico worden blootgesteld
  - het is mogelijk dat de grenswaarde wordt overschreden
  - gevoelige personen
- Comité PBW

Inhoud:

- Potentiële gevaren en grenswaarden
- Resultaten van de risicobeoordeling
- Preventiemaatregelen, veilige werkmethode, eventueel gebruik van de juiste PBM
- Tekenen van gezondheidseffecten en hoe ze te melden
- Recht op gezondheidstoezicht

### Gezondheidstoezicht door arbeidsgeneesheer

Wie?

Werknemers die een gezondheidsrisico tgv KOS blootstelling lopen. Wanneer er een blootstelling is die van dien aard is dat een verband kan worden gelegd tussen de blootstelling en gezondheidseffecten (Praktijk: wanneer de grenswaarden kunnen overschreden worden)

Wat?

Beproefde technieken om de gezondheidseffecten op te sporen  
Doel: preventie (geschiktheid) en vroegtijdige diagnose van iedere aandoening die het gevolg is van blootstelling aan KOS  
Er is geen zinvolle screening voor langetermijn effecten.  
→ bevraging van klachten en incidenten en contra-indicaties  
→ opsporing brandletsels en vlekken op de huid en uitwendig onderzoek van het oog

Wanneer?

- Aanwerving, jaarlijks en na 4 weken afwezigheid wegens ziekte of ongeval
- Wanneer een blootstelling boven de grenswaarde wordt vastgesteld
- Wanneer bij een collega werknemer met soortgelijke blootstelling gezondheidseffecten veroorzaakt door KOS zijn vastgesteld
- WHO en ICNIRP: om de 5 jaar

### Contra-indicaties voor blootstelling aan KOS

- Bestaande ziekte die verergert door blootstelling aan UV (lupus ED, porfyrie, lentiginose, xeroderma pigmentosum, vroeger melanoom)
- Gebruik van stoffen die fotosensitiviteit veroorzaken
- Fotodermatosen
- Organische en functionele oogafwijkingen (retinopathie, afakie, geen pupilreflex, geen oogsluitreflex, fotofobie, overgevoeligheid voor flinkerend licht)
- Migraine met lichtovergevoeligheid

SCENIHR Light sensitivity

[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihrr/docs/scenihrr\\_o\\_019.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihrr/docs/scenihrr_o_019.pdf)

### Wanneer een arbeidsgeneesheer schadelijke effecten veroorzaakt door KOS vaststelt bij een werknemer

1. Arbeidsgeneesheer brengt werknemer op de hoogte en geeft hem informatie en advies
2. Arbeidsgeneesheer
  - brengt werkgever op de hoogte dat er een probleem is met de blootstelling aan KOS (cave beroepsgeheim)
  - geeft een advies in verband met te nemen maatregelen
  - geeft een advies over de noodzaak om andere blootgestelde personen aan een gezondheidstoezicht te onderwerpen
3. Werkgever herzielt de risicobeoordeling
4. Werkgever herzielt de maatregelen
5. Werkgever houdt bij het nemen van de maatregelen rekening met het advies van de arbeidsgeneesheer of van een ander ter zake voldoende gekwalificeerde persoon
6. Eventueel onderzoek van andere werknemers door arbeidsgeneesheer
7. Eventueel voortgezet onderzoek van slachtoffer door arbeidsgeneesheer