

Adviseur Arbeidshygiëne Prevent

Ioniserende, niet-ioniserende en optische straling (lasers)

Locatie: Provinciaal Veiligheidsinstituut (PVI) Antwerpen

Elektromagnetische
stralingsrisico's: ioniserende,
niet-ioniserende en optische
straling

Situering:  Fysische agentia

Inhoud

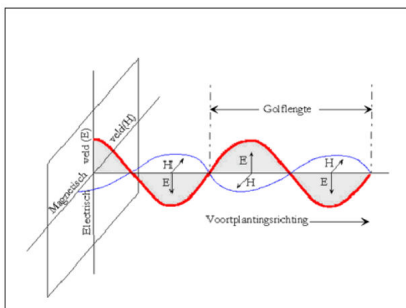
- Elektromagnetisch spectrum
- Begrippen en definities
 - want komen in de wetgeving voor
 - bij uitvoeren van metingen
- Plausibel maken
 - Moeilijke materie eenvoudig maar correct voorstellen
 - Praktisch inzicht verwerven
 - Om risico's snel te kunnen inschatten
 - Logica van preventiemaatregelen in te zien

Inhoud

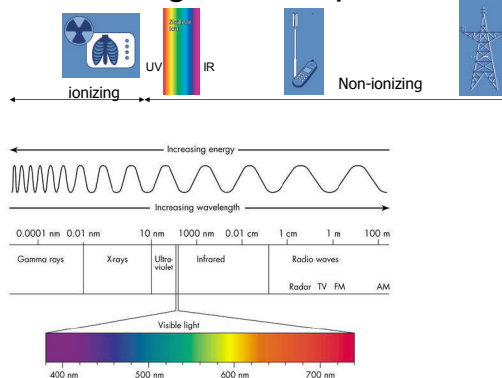
- Ioniserende straling
- Niet-ioniserende straling
 - Inclusief optische straling (laserstraling)

Bronnen: BSOH-website

Elektromagnetische golf



Het elektromagnetisch spectrum



Radioactiviteit

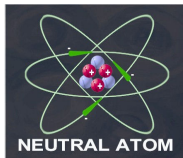
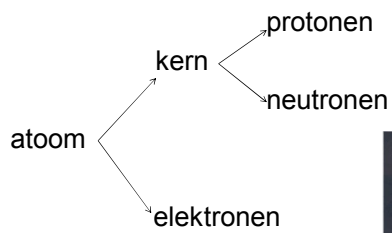
- Radioactiviteit = gevolg van desintegratie (verval) van instabiele atoomkern

⇒ Structuur van een atoom

Leert ons:

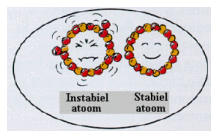
- hoe alfa- bèta-, gamma- en X-straling ontstaan
- Praktisch inzicht verwerven in preventiemaatregelen en wetgeving

Structuur van een atoom



Radioactiviteit

- Stabiel atoom: evenwicht tussen kerndeeltjes

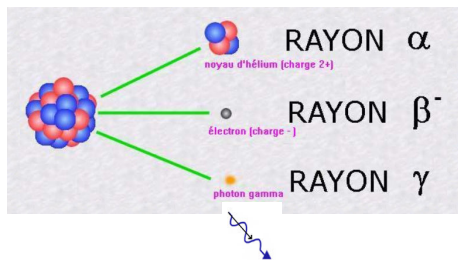


- Instabiel atoom: verstoord evenwicht

Radioactiviteit

- Desintegratie of verval om overtollige energie kwijt te raken tot evenwicht in kern bereikt is
 - in verschillende stappen
 - energie afgestoten in vorm van:
 - deeltjes
 - zuivere golfstraling
- ⇒ Radioactiviteit
- De instabiele kern wordt radioactief genoemd

Teveel aan energie in de kern uitgestraald onder vorm van:



Ioniserende straling

- Ioniserende straling: voldoende energie om ionisatie te veroorzaken:

Ioniserende straling is straling, die zo energierijk is, dat ze elektronen uit een atoom kan losslaan. Het atoom raakt dan 'geïoniseerd'.

Soorten ioniserende straling

- Alfastralen
 - Bètastralen
 - Gammastralen
 - Röntgen (X-)stralen
 - Neutronenstralen
- } natuurlijke radioactiviteit
- } kunstmatige radioactiviteit

Alfastraling

- Alfadeeltje - grote massa,
- trage snelheid
- snelle afremming
- doordringend vermogen: gering
 - blad papier
 - luchtlaag 3 à 10 cm

Alfastraling

- Buitengewoon ioniserend vermogen
- Kan enorme biologische schade aanrichten bij:
 - inademen
 - inslikken
 - inbedding in weefsel (wonde)



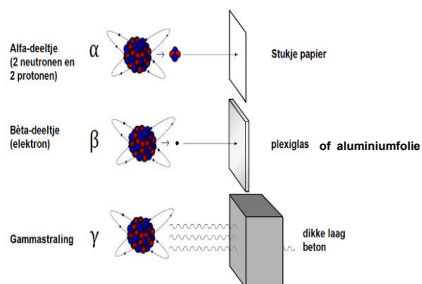
Bètastraling

- Deeltjesstraling
 - ↳ = snelle elektronen
- Bètastraling heeft groter doordringend vermogen dan alfastraling
 - in lucht: enkele meters
 - in aluminium: enkele millimeters

Gammastraling

- Elektromagnetische straling (zoals licht)
- Zeer kleine golflengte, dus hoge f
- Buitengewoon energierijke fotonen
- Afremming = gering
 - Stoffen met grote dichtheid (Fe, Pb, beton) van enkele cms tot meters dik in functie van de intensiteit
 - Luchtlaag van honderden meters remt nauwelijks af
- Doordringend vermogen is GROOT

Afscherming van straling



Röntgen- of X-straling

The diagram illustrates the components and operation of an X-ray tube. On the left, a small inset shows a 'cathode' and a 'metal target'. The main diagram shows a cross-section of the tube with a central filament (K) and a target (A). A curved plate (C) is positioned around the target. Labels include U_1 and U_2 for voltages, W_e for electron work, and W_{cur} for current work. Green arrows represent X-ray emission from the target.

Halfwaardetijd

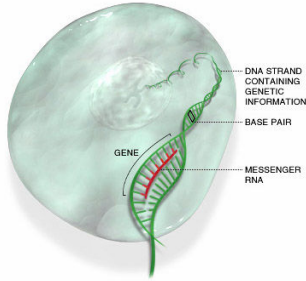
- Radioactief verval
- Verzwakking radioactiviteit = f(tijd)
- **Definitie:**
 - tijd die een radioactieve stof nodig heeft om de helft van haar radioactiviteit te verliezen
 - Is een maat voor de snelheid van afname van de radioactiviteit van een stof
- **Seconden** → **miljarden jaren**

Isotope	Half-life
Iodine-131	8 days
Technetium-99m	6 hours
Strontium-90	28 years
Uranium-238	4.5 billion years

Biologische effecten

- Celschade: beschadiging door ionisatie van atomen en moleculen in biologisch weefsel
- Het lichaam heeft een beperkt herstellend vermogen
- Blootstelling werkt cumulatief
- Sneldelende cellen (ruggenmerg; geslachtscellen) en weinig gedifferentieerde cellen

Basis van erfelijkheid



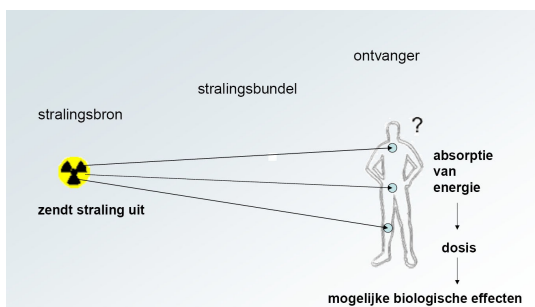
Biologische effecten van straling

- Stralingsdeeltje/foton draagt direct of indirect kinetische energie aan de cel over:
 - ionisatie van atomen en moleculen
 - celbeschadiging
 - wijzigingen in DNA
 - evt. aanleiding kanker

Andere effecten dan kanker

- Schildklierandoeningen
 - Hypertensie
 - Hartinfarct
 - Chronische leverandoeningen
-
- Genetische gevoeligheid: risico's niet voor iedereen gelijk bij zelfde blootstelling (b.v. slecht werkend DNA-herstelmechanisme)

Dosisbegrippen en stralingsbescherming



Dosisbegrippen en grootheden

- Activiteit
- Geabsorbeerde dosis
- Equivalente dosis
 - Stralingsweegfactor of kwaliteitsfactor
- Effectieve dosis
 - Orgaanweegfactor
- Dosistempo

Activiteit

- Eenheid van radioactiviteit: Becquerel (Bq)
= aantal desintegraties of vervalprocessen per seconde

Geigerteller



Radioactiviteit kan opgespoord worden met een geigerteller.

Geabsorbeerde dosis

- Overdracht van energie aan absorberend materiaal
- Eenheid: $1\text{J/kg} = 1\text{Gray (Gy)}$
- Zuiver natuurkundig gedefinieerde grootheid
- Niet bruikbaar in de praktische stralingsbescherming

Geabsorbeerde dosis

- Geabsorbeerde dosis houdt GEEN rekening met:
 - verschil in biologische werkzaamheid van verschillende stralingssoorten
 - verschil in stralingsgevoeligheid van verschillende organen
 - ongelijke dosisverdeling over de organen

Equivalente dosis

- Biologische werkzaamheid (RBE)
- Eenheid: Sievert [Sv]
- Geabsorbeerde dosis x kwaliteitsfactor
- Kwaliteitsfactor = stralingsweegfactor W_R

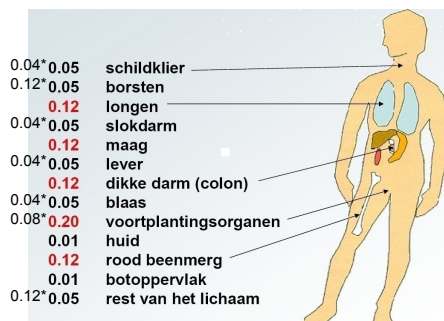
Kwaliteitsfactor

Stralingstype	Energie	Weegfactor W_R
Gammastraling	Alle	1
Röntgenstraling	Alle	1
Bètastraling	Alle	1
Neutronen:	< 10 keV	5
	10-100 keV	10
	0,1-2 MeV	20
Protonen	< 20 MeV	5
Alfastraling	Alle	20

Effectieve dosis

- Meestal: niet uniforme dosis, want sommige delen ontvangen hogere dosis dan andere,
- bv. radioactieve stoffen opgenomen in weefsel/orgaan
- Niet alle lichaamsdelen even gevoelig voor straling \leftrightarrow weefselweegfactor W_T
bv. voet \leftrightarrow geslachtsorganen
- \rightarrow invoering begrip effectieve dosis

Weefselweegfactoren ('91)



* ICRP 2006

Persoonsdosimeter



Digitaal en direct afleesbaar

Persoonsdosimeter

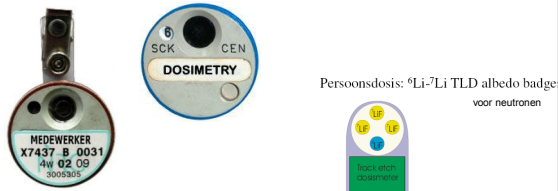
- Al wie uit hoofde functie blootgesteld kan worden aan IS
- Borstdosimeter of aangepaste vorm
- Doel:
 - wettelijke limieten niet overschreden?
 - geen hogere dosis dan verwacht opgelopen? (eventueel abnormale oorzaken opsporen)

Persoonsdosimeters



Borstdosimeter

- Persoonlijk
- Uniek nummer per personeelslid
- Niet ter hoogte van broekzak (foute inschatting dosis)



Borstdosimeter

- Maandelijks bijhouden stralingsdosis
- Per jaar individuele bestralingstabel opgemaakt (vermelding maandelijks opgelopen dosis)
- Jaarlijks aan Ministerie van Arbeid en Tewerkstelling overgemaakt
- 30 jaar bewaard
- Uitz.: niet verplicht dragen: laagenergetische β -stralers (H-3, C-14, S-35)

Dubbele dosimetrie

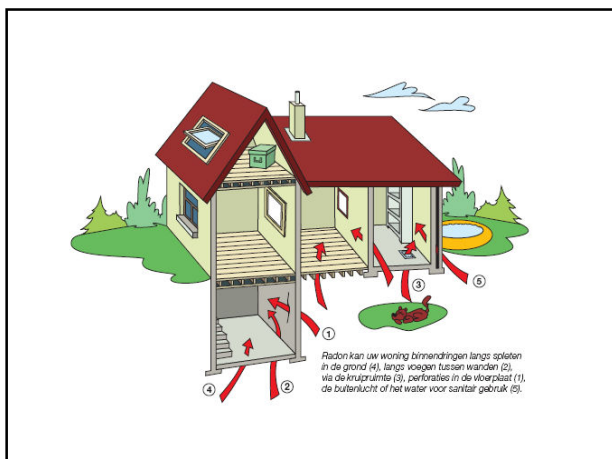
- In geval dragen loodschort
- Schatting werkelijk opgelopen dosis
- Een verplichte borstdosimeter onder loodschort
- Een extra borstdosimeter (te herkennen aan groene fluorescerende merking) boven loodschort

Natuurlijke achtergrondstraling België



Gemiddelde stralingsbelasting in België

- 4.5 mSv/jaar
 - 2.5 mSv/jaar natuurlijke stralingsbronnen
 - 2 mSv/jaar kunstmatige stralingsbronnen
- Rn-concentratie sinds '70: +50%
- Nieuwbouw >
- Betere isolatie
- Emanatie: radioactieve gassen die zich uit uranium, thorium en actinium ontwikkelen





Wetgeving

- Aanbevelingen van de ICRP ("International Commission on Radiation Protection")
 - ↓
 - Europese wetgeving.
 - ↓
 - Belgische wetgeving.

Aanbevelingen Europese Unie (1990) m.b.t. woningen

- concentratie > 200 Bq/m³ voorkomen
- concentratie > 400 Bq/m³ saneren
- nieuwbouw: 200 Bq/m³
- bestaande woningen: 400 Bq/m³

Preventieve maatregelen

- Goede ventilatie door regelmatig verluchten
- Dichtstoppen van kieren, openingen, scheuren in vloer en kelderwanden

Belgische wetgeving (KB 20.07.2001 – BS 30.08.2001)

Categorie	Totale lichaam
Beroepshalve blootgestelden	20 mSv/jaar
publiek	1 mSv/jaar

- 500 mSv voor huid*, handen, polsen, voeten, en enkels
 - 150 mSv voor oog lens
 - ICRP2007 aanbeveling: 20mSv/jaar of 100 mSv/5 j zonder 50 mSv/j te overschrijden.

- 50 mSv voor handen, polsen, voeten, enkels en huid*
 - 15 mSv voor de oog lens

*Gemiddelde dosis op 1 cm²

Belgische wetgeving

Categorie	Totale lichaam
Zwangere vrouwen	1 mSv ter hoogte abdomen
Vrouwen borstvoeding	Niet werken met open bronnen

Belgische wetgeving

Categorie	Totale lichaam	
Leerlingen >18j in kader studies	20 mSv/jaar	- 500 mSv voor handen, polsen, voeten, enkels en huid - 150 mSv voor ooglenzen
Leerlingen 16-18 jaar	6 mSv/jaar	- 150 mSv voor handen, polsen, voeten, enkels en huid - 50 mSv voor ooglenzen

Wat zegt de wet?

- Plichten exploitant
 - Dienst fysische controle oprichten
 - afbakening en signalisatie van de gecontroleerde zones
 - onderzoek en controle van beschermingsmiddelen
 - voorstellen formuleren voor aanvullende beschermingsmiddelen en werkwijzen
 - Regelmatige medische controle
 - Jaarlijks document Minister (opgelopen dosis per werknemer)

Plichten exploitant

- Elke werknemer degelijk informeren:
 - de arbeidsrisico's op het vlak van de gezondheid en eventueel de eerste hulp
 - de basisnormen inzake bescherming tegen de blootstelling aan ioniserende straling
 - de betekenis van de waarschuwingstekens, symbolen en vermeldingen gebruikt om bepaalde zones aan te duiden en af te bakenen.
 - het belang van het naleven van de veiligheidsvoorschriften

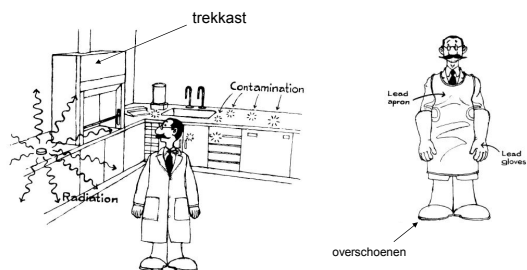
Plichten exploitant

- Aangepaste vorming specifiek werkplaats inzake gebruik toestellen en bronnen bij:
 - Indienstneming
 - Overplaatsing
 - Invoering van een nieuw arbeidsmiddel (b.v.. toestel)
 - Invoering van een nieuwe technologie

Principes stralingsbescherming

- Justificatieprincipe:
 - rechtvaardiging van de praktijk
 - risico's van blootstelling aan straling moeten gerechtvaardigd zijn door de gebruiksvoordelen
- Principe optimalisering bescherming
 - ALARA (rekening houden met economische, sociale factoren) cfr. Ult.
- Principe van de individuele dosislimieten

Praktische stralingsbescherming



Beschermingskledij

- Labojas
- Handschoenen
- Overschoenen
- Veiligheidsbril
- Schildklierbeschermer

loodschort

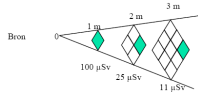


Afsluitbaar lokaal



- Eventueel met toegangscontrole (personeelsbadge)
- Pictogram
- Eventueel brandende rode lamp op het moment dat er binnen met radioactiviteit gewerkt wordt

Preventieve maatregelen op het werk



- afstand houden,
 - dosis $\sim 1/\text{afstand}^2 \rightarrow$ tangen gebruiken
 - gecontroleerde zone afbakenen \rightarrow cfr. vb.
- blootstellingstijd beperken
- afscherming gebruiken
- opvangen radioactief afval; gescheiden
- hygiëne
- voorkomen van inwendige besmetting

Pictogram

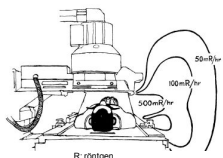


Preventieve maatregelen op het werk (cont'd)

- verbod in werkplaatsen te eten, drinken, roken; cosmetica
- speciale werkkledij \rightarrow cfr. vbn.
- aparte kapstokken, kasten,... scheiding werkkledij en stadskledij
- geen onnodige verplaatsingen, geen labo's in refter!
- aanduiding zones radioactieve producten, ioniserende straling (pictogram, eventueel rode lamp)
- **Goede voorlichting en instructies!**

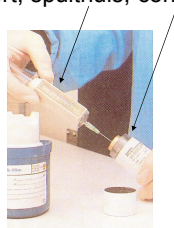
Bescherming tegen uitwendige bestraling

- **1. Beperking van de bronsterkte.**
 - Activiteit: laboratoria die werken met open bronnen (geen stockfles 20 Bq als 5 Bq o.k. is; verdun).
 - Voltage en veldgrootte: X-stralen apparaatuur.
 - hoe meer voltage, hoe meer detail je ziet: als 'bot' voldoende is, geen zachte weefsels visualiseren
 - Rx-veld precies afbakenen
 - werknemers radiologie: scatter



Bescherming tegen uitwendige bestraling (cont'd)

- **2. Afscherming**
 - β : Plastic schermen.
 - X en γ : Lood (schort, spuithuls, container) of beton.



Bescherming tegen uitwendige bestraling (cont'd)

- **3. Afstand**
 - Gecontroleerde zone afbakenen, tangen gebruiken,...
- **4. Tijd**
 - 2 x minder lang blootgesteld = 2 x minder dosis
 - Blootstelling: niet langer dan strikt nodig
 - Experimenten plannen (voorbereiden en pas in laatste fase de radioactieve stof erbij halen)
- Vermijd diefstal, verlies, ...
 - *Achter slot en grendel*
 - *Inventaris bijhouden*

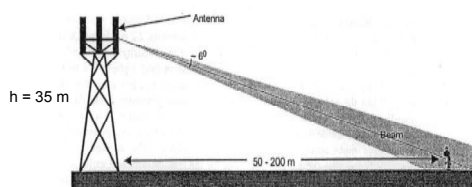
Niet-ioniserende straling

- Waarom?
- Wat?
- Enkele grootheden in wetgeving
- Biologische effecten
- Preventieve maatregelen
- Wetgeving

Waarom?

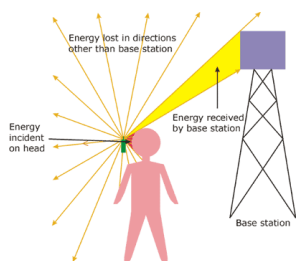
- Elektromagnetische straling
 - Exponentiële toename:
 - GSM: sinds 2000
 - UMTS: Universal Mobile Telecom System
 - 4G: technologie vlot mobiel tv kijken
 - WiFi; Blue Tooth; ...
 - RFID: Radio Frequency Identification
 - Lassen
 - Drogen
 - Diathermie

Hoofdbundel van antenne



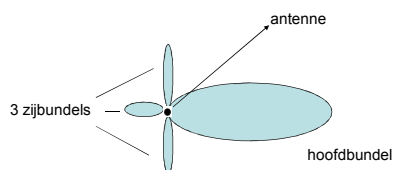
- + in realiteit serie kleine zijbundels

Stralingspatroon

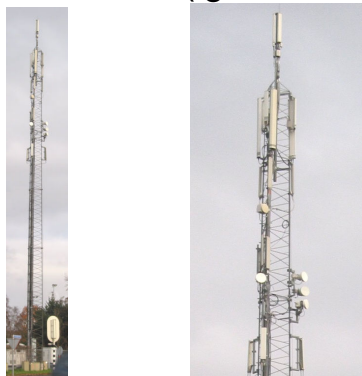


Stralingspatroon van een antenne

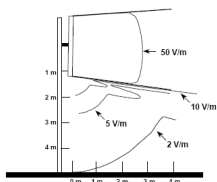
- Weergave van de ruimtelijke verdeling van de vermogensdichtheid



Basisstation ('gsm-mast')



Elektrische veldsterkte rond
antenne (900 MHz, 20 W)



Blootstelling arbeiders

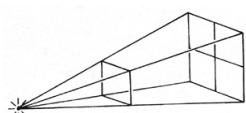


Blootstelling werknemers



Metingen uitvoeren

- Elektrische veldsterkte (V/m)
- Vermogensdichtheid (W/m²)
- Magnetische veldsterkte (A/m)
- Theoretisch (in labo-omstandigheden):
 - SAR (Specific Absorption Rate) in W/kg



Vermogensdichtheid (W/m²)

Vermogensdichtheid

- Internationale normen uitgedrukt in termen van vermogensdichtheid of elektrische veldsterkte
- Eenheid: W/m²
- Vermogen per opp. eenheid golffront
- Omgekeerd evenredig met kwadraat van de afstand tot de antenne
- $S = E \times H$
 - E: Elektrische veldsterkte (V/m)
 - H: Magnetische veldsterkte (A/m)

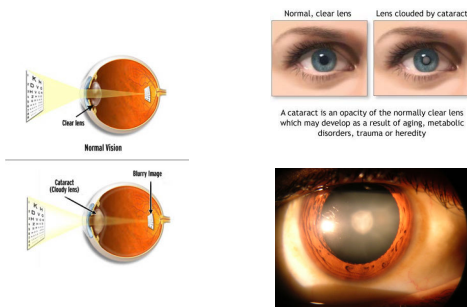
Specific Absorption Rate

- SAR = Specific Absorption Rate
 - Maat voor opname van e.m. energie (RF) in biologische weefsels
 - Eenheid: W/kg

Biologische Effecten

- Thermische effecten
 - Denaturatie proteïnen
 - Cataract
 - Degeneratie fotoreceptoren retina
 - Brandwonden
 - Hyperthermie
 - Vruchtbaarheid
 - Spermatogram
 - Thermo-elastisch effect (auditief)
- Low-level effecten: onderzoek gaande

Cataract of grauwe staar



Ribbeldijen, deukdijen



Lipotrophia semicircularis

Preventieve maatregelen

- Afstand houden tot de bron
- Blootstellingsduur beperken
- Rekening houden met stralingspatroon van de antenne
- Shielding
- Informeren werknemers: o.a. pictogram, sessies, ...

Pictogram niet-ioniserende straling



Preventieve maatregelen

- Mobiele telefoon: om de 10 minuten handset van kant verwisselen
- Amplitude uitgezonden vermogen van handset is grootst tijdens maken van connectie met basisstation
- Gevoelige groepen
 - Kinderen
 - Implantaten (EMC)

Preventieve maatregelen

- Niet telefoneren vanuit rijdende trein, auto, ondergrondse parking
- 'oortjes'

Normen en aanbevelingen

Europese Richtlijn (werknemers 2004/40/EC)

Richtlijn 2004/40/EG elektromagnetische velden dient nog omgezet te worden in nationale wetgeving!

>< 30/4/2008 → 30/4/12 → 31/10/13

Structuur van de Richtlijn

Blootstellingslimieten

Tekst zelfs aangepast ondertussen

Actiewaarden

Verplichtingen van de werkgever

Schikkingen om risico's te vermijden of te reduceren

Informatie en vorming van de werknemers

Raadpleging en deelname werknemers

Europese Richtlijn werknemers 2004/40/EC

Actiewaarden

De actiewaarden zijn in de volgende tabel bijeengebracht.

Actiewaarden voor de veldsterkte en vermogensdichtheid

Frequentiegebied	Elektrische veldsterkte E	Magnetische veldsterkte H	Magnetische fluxdichtheid B	Equivalente vermogensdichtheid vlakke golf, S_{eq}
	(V/m)	(A/m)	(μ T)	(W/m ²)
0-1Hz	-	$1,63 \times 10^2$	2×10^2	-
1-8 Hz	20000	$1,63 \times 10^2/f^2$	$2 \times 10^2/f^2$	-
8-25 Hz	20000	$2 \times 10^2/f$	$2,5 \times 10^2/f$	-
0,025- 0,82 kHz	500f	20f	25f	-
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	-
65 - 100 kHz	610	1800/f	2000/f	-
0,1 - 1 MHz	610	1,6f	2f	-
1-10 MHz	610f	1,6f	2f	-
10-400 MHz	61	0,16	0,2	10
400-2000 MHz	3f ^{0,5}	0,008f ^{0,5}	0,01f ^{0,5}	f/40
2-300 GHz	137	0,36	0,45	50

Opmerkingen:

- De frequentie f in de kolommen is uitgedrukt in de eenheid van die van de eerste kolom.
- Voor frequenties tussen 100 kHz en 10 GHz moeten S_{eq} , E^2 , H^2 en B^2 berekend worden als gemiddelden over een periode van zes minuten (root mean square-waarden). Boven 10 GHz gelden kortere middellingsperiodes.

Risico-inventarisatie: arbeidsomgeving

	Cat*
Onderzoekstoepassingen	Ia/b
Installatie en onderhoud	Ib
Dielektrische verwarmers	Ib
Elektriciteitsproductie en -distributie, centrale	Ib
Elektriciteitsproductie en -distributie, luchtspoelen in condensatorbanken	Ib
Elektrochemische processen, stroomtoevoer	Ib
Elektrochemische processen, elektrolysehal	Ib
Inductieverwarming, open spoelen	Ib
Inductieverwarming, grotere ovens	Ib
Lassen, booglassen, kabel	Ib
Medische toepassingen, MRI	Ib
Medische toepassingen, dialthermie	Ib
Zendinstallaties, Kleine omroepzenders	Ib
Zendinstallaties, radarsystemen, lucht/waterverkeer	Ib
Niet-destructief onderzoek, hand yokes	Ib
Niet-destructief onderzoek, testbanken	Ib
Installatie en onderhoud, troubleshooting	III
Elektrochemische processen, gelijkrichters	III
Inductieverwarming, kleinere smeltovens	III
Puntlassen, inductielassen, half-automatisch	III
Medische toepassingen, MRI-interventie	III
Grotere omroepzenders	III

*De categorie-indeling is gebaseerd op het risico en de te nemen maatregelen:

- Cat I Geen overschrijding van actiewaarden
- Cat IIa Overschrijding van actiewaarden mogelijk, afstand houden
- Cat IIb Overschrijding van actiewaarden mogelijk, technische beheersmaatregelen
- Cat III Overschrijding van actiewaarden waarschijnlijk, uitgebreide beheersmaatregelen

Actiewaarden zijn getalwaarden van meetbare grootheden. Zijn de meetwaarden kleiner dan de actiewaarden dan worden geen blootstellingslimieten overschreden.

Werkomgeving Cat 0

- Kantooromgeving
- Handgereedschap met elektrische aandrijving (NEN 60745)
- Verplaatsbaar elektrisch gereedschap met motoraandrijving (NEN 61029)
- Huishoudelijke en soortgelijke apparaten (NEN 60335)
- Elektrische laagspanningsinstallaties
 - Laagspanning < 1000 V
 - Vermogen < 200 kVA
 - Op 60 cm afstand van vermogens < 1000 kVA
- Elektromotoren en elektrische pompen < 200 kVA of op 60 cm van 1000 kVA
- Meetinstrumenten, behalve bij niet-destructief magnetisch onderzoek
- Mobiele telefoons
- Radioapparatuur op batterijen met uitgangsvermogen < 100 mW
- Audio- en videoapparatuur
- Verlichtingsapparatuur

Werkomgeving Cat I

Elektrisch handgereedschap, behalve lasapparatuur
Artikel- en personsdetectie met laag vermogen, handmetaaldetectoren
Elektriciteitsproductie en -distributie: onderstations, bovengrondse hoogspanning leidingen, transformatorhuisjes, schakel- en verdeelkasten
Geautomatiseerde inductieverwarming
Geautomatiseerde lasystemen
Medische toepassingen: oppervlakkige hyperthermie, couveuse, fotherapie, draadloze communicatie, verwarming t.b.v. pijnbestrijding of botgroei
Vervoer: railvervoer op gelijkstroom, voertuigen, vaartuigen, vliegtuigen, grote elektromotoren
Zendinstallaties: straalzenders < 1 W, telefoons en portofoons, radarsystemen voor snelheidscontrole, weerradar
Inductiekookplaten in de horeca

Werkomgeving Cat II

Installatie en onderhoud: apparatuur die wordt onderhouden	b
Installatie en onderhoud: apparatuur in de buurt van te onderhouden apparatuur	a/b
Artikel- en persoonsdetectie: poortjes met hoger vermogen, vaste metaaldetectoren	a
Diëlektrische verhitting: plastic sealers, houtverlijmers	b
Elektriciteitsproductie en -distributie: centrale, luchtspoelen in condensatorbanken	b
Elektrochemie: stroomtoevoer (<i>bus bars</i>), elektrolysehal	b
Inductieverwarming: grotere ovens, openspoelen	b
Lassen: booglassen	b
Medische toepassingen: MRI, korte- en microgolfterapie	b
diepe hyperthermie, elektrochirurgie	a
Open magnetron	b
Onderzoek	a/b
Vervoer: railvervoer op wisselstroom, HSL	b
Zendinstallaties, straalzenders, basisstations GSM en UMTS en radarsystemen, TETRA-zenders, WLL-systemen	a
Kleine omroepzenders, amateurzenders, radarsystemen bij lucht en waterverkeer	b
Overig: bandenwissers (<i>tape erasers</i>), radiofrequent- of microgolflverlichting, niet-destructief magnetisch onderzoek	b

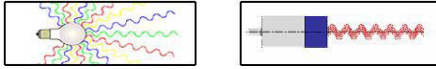
Werkomgeving Cat III

- Installatie en onderhoud: *trouble shooting*
- Gelijkrichters bij elektrochemie
- Inductieverwarming: smeltovens
- Lassen, halfgeautomatiseerd punt- en inductielassen
- MRI interventie
- Grotere omroepzenders

Kunstmatige optische straling

- Lampen
 - Verlichting
 - Verwarming
 - Zonnecentra
 - Lab
 - Medische toepassingen
- Lasers
- Stoffen hoge temperatuur
 - Lassen, metaalbewerking
 - Ovens/branden

Niet-coherent ><coherent

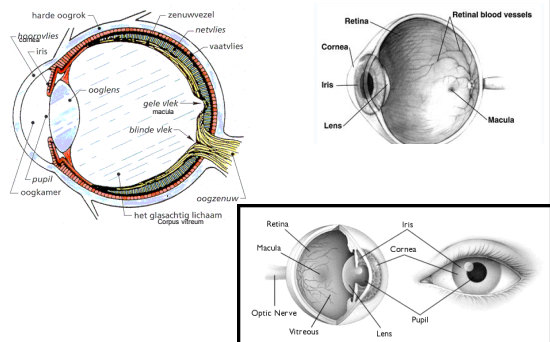


- Laserstraling is coherente straling met een hoog vermogen in een klein oppervlak: de bundel waaert nauwelijks uit bij toenemende afstand.

Verwijdering tatoeage m.b.v. Nd:YAG



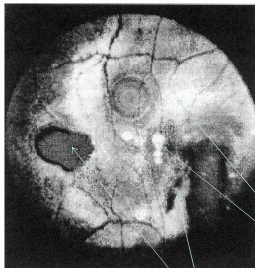
Anatomie oog





- Laserstraling van een 1 mW He-Ne laser kan een permanente beschadiging van het netvlies veroorzaken wanneer u rechtstreeks in de bundel kijkt! Vermijd daarom ieder oogcontact met een laserbundel !
- Lasers: coherente bron, stralen parallel!
- Focussing door bolle lens (ooglenzen)

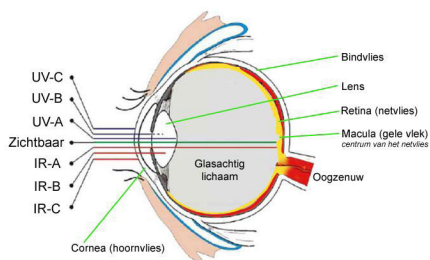
Biologische effecten



Retina aap:
Nd:YAG

Witte centrale vlekken: thermische belasting (brandvlekken)
Bij hogere vermogens: kraters en bloedingen

Menselijk oog doordringbaarheid f(golflengte)



Wetgeving kunstmatige optische straling (KB 22/04/10)

• Basis:

- Algemene Richtlijn 89/391/EEG: gezondheid- en veiligheidsrisico's op het werk in het algemeen (geluid, trillingen, elektromagnetische velden, chemische stoffen,...)
- EN 12198 (geldig sinds 2000) (verbonden aan de EU-machinerichtlijn 98/37/EG) kunstmatige bronnen
- Richtlijn 2006/25/EG: EU-Richtlijn aangaande blootstelling aan kunstmatige optische straling; deadline 27 mei 2010

Beschrijving van de laserklasse	Klasse 1	Klasse 1M	Klasse 2	Klasse 2M	Klasse 3B	Klasse 3R	Klasse 4
Gecontroleerde zone	Niet verplicht	Plaatselijk of afgeschermd	Niet verplicht	Plaatselijk of afgeschermd	Afgeschermd	Afgeschermd, met blokkeerinrichting	Afgeschermd, met blokkeerinrichting
Steatschakelaar	Niet verplicht	Niet verplicht	Niet verplicht	Niet verplicht	Niet verplicht	Verplicht	Verplicht
Opleiding	Volg instructies van de fabrikant voor een veilig gebruik	Aanbevolen	Volg instructies van de fabrikant voor een veilig gebruik	Aanbevolen	Verplicht	Verplicht	Verplicht
PBM	Niet verplicht	Niet verplicht	Niet verplicht	Niet verplicht	Kan vereist zijn, afhankelijk van de resultaten van de risicobeoordeling	Verplicht	Verplicht
Beschermingsmaatregelen	Niet nodig bij normaal gebruik	Het gebruik van optische instrumenten met een vergrotend, concentrerend of collimerend effect voorkomen.	Niet in de straal staren	Niet in de straal staren. Het gebruik van optische instrumenten met een vergrotend, concentrerend of collimerend effect voorkomen	Directe blootstelling van de ogen voorkomen	Blootstelling van de ogen en de huid aan de straal voorkomen. Bescherming tegen onbedoelde reflectie	Blootstelling van de ogen en de huid aan directe en diffuse reflectie van de straal voorkomen

Indeling laserklassen (>2002) Praktisch

Klasse	Voorbeelden	Beschrijving gevaar
1	Laserprinters, cd-spelers, dvd-spelers	Veilig onder normale omstandigheden
1M	Optische vezels voor communicatie	Veilig voor het oog, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
2	Laseraanwijzers, barcodescanners	Veilig bij korte blootstelling; oog bescherming door wegkijk reflex
2M	Nivellerings- en oriëntatie-instrumenten	Veilig voor het oog bij korte blootstelling, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
3R	Roterende lasers, topografische lasers	Relatief laag risico op schade, maar kan gevaarlijk zijn bij verkeerd gebruik door ongetraind personeel
3B	In onderzoekslaboratoria, fysiotherapie	Direct kijken in de lichtbundel is gevaarlijk
4	Chirurgie, graveringen, snijden van metalen	Gevaarlijk voor huid en oog; brandgevaar

Veiligheidsmaatregelen

Algemene laserveiligheidsmaatregelen

- Laserbrillen (laser safety glasses) beschermen de ogen tegen schadelijke laserstraling, omdat ze net zo geconcentreerd zijn dat de waarde van hun transmittantie juist 'nul' bedraagt voor die golflengte waarvoor ze bescherming moeten bieden. Het is dus belangrijk hier te benadrukken dat er geen universele laserveiligheidsbrillen bestaan (de golflengte staat gewoonlijk vermeld op het montuur van de bril). Verifieer daarom steeds voor welke golflengte de laserveiligheidsbril in kwestie bescherming biedt. Niets is immers zo gevaarlijk als in de waan te verkeren dat men beschermd is en verder geen voorzorgsmaatregelen meer neemt. Laserveiligheidsbrillen kunnen momenteel ook vervaardigd worden door middel van holografische technieken.
- Aangezien de energiedichtheid van de uitgezonden laserstraling afneemt met het kwadraat van de afstand, verhoogt het vergroten van de afstand tot de laserbron meteen ook de veiligheid.
- Aan de ingang van lokalen waar er een laser opgesteld staat, dienen waarschuwingborden aangebracht te worden. Verder moet vermeden worden om de laser op te stellen op ooghoogte.
- Tijdens het gebruik van de laser moet vermeden worden om reflecterende voorwerpen (metaal, glas ...) in de laserbundel te houden.

Laser opstellen in lokaal met weinig personenverkeer

Veiligheidsmaatregelen

- Aangezien de meeste laserstralen doorheen vensterglas gaan, is het aangeraden hierop ondoorschijnende bekleding aan te brengen wanneer de laser in werking is.
- De afneembare sleutel (lasers van de klasse 3b en klasse 4) worden best op een afsluitbare plaats afzonderlijk opgeborgen.
- Aangezien een donkere omgeving de pupilopening van het menselijk oog vergroot en dus ook het risico op oogschade, dient er steeds in voldoende verlichte lokalen met lasers gewerkt te worden.
- Een regelmatig oogheelkundig onderzoek wordt sterk aangeraden.

Verlichtingssterkte lokaal 2000 lux

Lasers met verschillende golflengten in 1 lokaal:

- niet gelijktijdig in werking of
- tussen de lasers schermen, ondoordringbaar
- + waarschuwing: "(type)laser, gebruik de juiste laserbril"

Waarschuwingssignalering volgens KB 22/04/2010 (kunstmatige optische straling)

- De klasse is op laser aangebracht: zwarte letters, gele achtergrond, geplaatst in rechthoek met zwarte rand



- Waarschuwingssymbool moet eveneens op lasertoestel aangebracht zijn



Waarschuwingssignalering volgens KB 22/04/2010

- Eveneens: maximaal vermogen in de stralingsbundel, pulsduur, golflengte en norm waarop de classificatie is gebaseerd, op een duidelijk zichtbare plaats aanbrengen

Waarschuwingssignalering

Voorbeeld van Europees waarschuwingssignalering volgens de norm EN-IEC 60825-1. Van hoofdlijnen en richtlijnen worden het vermogen en de golflengte vermeld, met daarbij het lasersymbool en een waarschuwing.
Bron: IEC

Conform met KB 22/4/2010

Waarschuwingssignalering volgens ANSI bevatten minder informatie. De USA wijkt hiermee af van Europa.
Bron: American Laser Inc.

Niet conform met KB 22/4/2010

Waarschuwingssignalering

Niet conform met KB 22/4/2010

Laserveiligheidsbrillen



Onderhoud

- Controleer regelmatig bril op krassen en breuken
- Controleer regelmatig of coating niet is aangetast
 - Reiniging: mild sopje
 - geen agressief reinigingsmiddel
 - geen alcohol (reageert o.a. met Al)
- Leg bril niet op de glazen

Optische densiteit (OD)

- Afschermingsfactor laserbril (-schem)
- Tiendelig logaritme
- Verhouding densiteit intredende straal tot densiteit uittredende straal
- Laserbril OD 6:
 - verzwakt densiteit straal dus 1000 000 maal

Laserbeschermbрил

- Laserbril moet weerstand kunnen bieden:
 - continue straal gedurende 10 seconden
 - 100 pulsen (gepulste laser)
 - Idem voor montuur
- Op frame en glazen, gegraveerd (volgens DIN-normen)
 - golflengte
 - aard straling (CW/PW)
 - OD
 - kenletters fabrikant

Laserblokkerende schermen



5 cm dik staal + laserabsorbant + wit laminaatafwerking
Blokkeert elk soort laserlicht.



rolluik

Waarschuwborden



Waarschuwbord voor v.l.n.r. laser-, UV-, niet-ioniserende straling

Risicobeoordeling praktisch volgens EN-12198

- **Cat 0:** blootst. verwaarloosbaar → Safe
- **Cat 1:** veilig (normale omst. + S-voorschriften producent naleven)
- **Cat 2:** beschermende maatregelen nodig (risico overschrijding blootstellingslimieten)
 TNO: → **2A** (blootstelling voorspelbaar – veilig als juiste beheersmaatregelen)
 → **2B** (blootstelling niet voorspelbaar)
 ↳ nadere beoordeling nodig.

Bron of activiteit met optische straling	Normaal gebruik	Onderhoud
Hetrisico	0	0
Amusementsector: backlight	1	2A
Amusementsector: laser	*	2B
Röntgencamera	0	1
Communicatielaser: gesloten systeem	0	2A
Communicatielaser: open systeem	1	2A
Desinfecteren van luchtoppenvlakken (UV-C): gesloten systeem (inbouw)	0	2B
Desinfecteren van luchtoppenvlakken (UV-C): losse verwisselbare lampen	2B	2B
Desinfecteren van luchtoppenvlakken (UV-C): open systeem luchtdesinfectie	0	2A
Desinfecteren van luchtoppenvlakken (UV-C): gesloten systeem met interlock	0	2B
Desinfecteren van water	0	2B
Reiniging en schermen	*	*
Droogprocessen met IR	1	2A
Droogprocessen met UV	1	2B
Fluorescentie-onderzoek	*	2B
Forensisch onderzoek: IR-bron en camera	0	0
Forensisch onderzoek: UV-A fluorescentie	*	*
Grafische processen	*	2B
Hygiënische toepassingen	*	*
IR-therapie	0	1
Laser in de gezondheidszorg	2A	2B
Lasers (laboratoria): gesloten opstelling	0	*
Lasers (laboratoria): open opstellingen: klasse 1	0	0
Lasers (laboratoria): open opstellingen: klasse 2	1	1
Lasers (laboratoria): open opstellingen: klasse 3 en hoger	2B	2B
Laserbewerkingen (incl. laserslassen)	1	2B
Laserbewerkingen met secundaire emissie ^{1,2}	2A	2B
Laserprinter	0	2A
Laserprojector	*	2B
Lassen (behalve puntlassen en laserlassen) ¹	2A	2A
Materiaalonderzoek	*	*
Mee- en richtlaser	1	1
Puntlassen (elektrisch)	0	0
Reiniging van oppervlakken met laser	2B	2B
Reiniging van oppervlakken met UV/ozon	0	2B
Straal	0	1
Smelt-, giet- en walsprocessen (metaal/glas) ¹	2A	2B
Schijden door verhitte	2A	*
Schermen (onder verhitte)	2A	2A

* Er kan geen eenduidige Cat. toegekend worden

1: straling ≠ bijproduct
2: secundaire UV-straling, v.b. metaalbewerking met infrarode laser hoge pulsen (kW's)

Bron of activiteit met optische straling	Normaal gebruik	Onderhoud
UV-therapie	1	2B
Vals geld-detectie (UV-A)	1	1
Vals geld-detectie (UV-C)	0	2B
Verlichting (normaal)	0	0
Verlichting (sterke bronnen)	0	1
Verlichting (sterke bronnen, experimenteel)	1	2A
Warm houden voedsel met IR	0	1
Zonnepaneel	1	*

¹ Betreft dat de relevante straling een bijproduct van proces of bron is
² Vijfkomer UV-straling bij lasersprocessen waarbij primaire golfengete riet in UV-gebied ligt, bijvoorbeeld metaalbewerking met infrarode lasers met zeer snelle en krachtig pulsen (enkele kW)
 * Er kan geen eenduidige categorie worden toegelend

VEILIGE BRONNEN/OMSTANDIGHEDEN CONFORM DE NON-BINDING GUIDE TO THE ARTIFICIAL OPTICAL RADIATION DIRECTIVE

Bronnen met verwaarloosbare blootstelling, die als 'veilig' beschouwd kunnen worden
Plafond TL-verlichting met diffusers op de lampen
Computer of een soortgelijke beeldschermapparatuur
Plafond compacte fluorescentielampen
Compacte TL-verlichting
UV-A-verlichting
Plafond halogeen algemene verlichting
Tungstenlamp voor taakverlichting
Plafond wotlammen
Fotokopieerapparaten
Interactieve whiteboard presentatie-apparatuur
Indicator LED's
Personal digital assistants
Verkeersindicatie, rechte achteruitrij- en mistlampen
Fotografische flitslampen
Gasgeboude straatlantaarns
Straatverlichting

Beheersmaatregelen praktisch: metaalbewerking (autogeen lassen) = Cat 2A



Gebodsborden 'oogbescherming verplicht' en 'gelaatsbescherming verplicht'
K.B. 17 juni 1997, veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk.

- Afschermen omgeving: schermen/lasgordijnen, beperkte toegang
- Signalering met waarschuwing bij toegangsdeur
- Voorlichting en onderricht
- Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen
- Autogeenbril, werkkleding
- Elektrisch booglassen: oog- en gelaatsbescherming (vb. lashelm), werkkleding, handschoenen
