

# Fiche 1

## Hoe is het hoogspanningsnet ontstaan?

Het industriële gebruik van elektriciteit gaat terug tot de 19e eeuw, toen Zénobe Gramme in 1869 de dynamo uitvond. In die tijd was er alleen sprake van **gelijkstroom**.

Met de toename van de vraag en de noodzaak om steeds hogere elektrische vermogens te transporteren, heeft de gelijkstroom geleidelijk de baan moeten ruimen voor **wisselstroom**. Dit was mogelijk dankzij de uitvinding van de transformator in 1881. Met dit systeem kon men de spanning van de elektrische verbindingen verhogen en de verliezen, voorkomend uit het transport van de elektriciteit over lange afstanden, verminderen.

### HET HOOGSPANNINGSNET OM ELEKTRICITEIT TE TRANSPORTEREN

Het hoogspanningsnet bestaat uit luchtlijnen en ondergrondse kabels. Je kunt het vergelijken met een immens spinnenweb dat de productiecentrales verbindt met de grote verbruikscentra. Wanneer de elektriciteit de centrale verlaat, wordt de spanning eerst sterk verhoogd door een transformator. In transformatiestations wordt de spanning daarna weer verlaagd tot de niveaus die de verschillende verbruikers afnemen.

Wie zijn die hoogspanningsverbruikers? Allereerst de grote industriële bedrijven die veel elektriciteit verbruiken zoals de chemische sector, de spoorwegen en de distributiemaatschappijen Eandis en Infrax (Vlaanderen),

Sibelga (Brussel), Ores en Tecteo (Wallonië), die de elektriciteit verder vervoeren naar kleinere bedrijven en tot bij de gezinnen.

Het hoogspanningsnet van Elia bestaat uit verbindingen met spanningsniveaus van 380 000 volt (380 kilovolt of kV), 220 000 volt (220 kV), 150 000 volt (150 kV), 110 000 volt (110 kV), 70 000 volt (70 kV), 36 000 volt (36 kV), 30 000 volt (30 kV) of 26 000 volt (26 kV). De distributiebedrijven brengen de energie op een spanning tussen 15 000 en 5 000 volt (tussen 15 kV en 5 kV) en ze leveren op een spanning van 230 volt aan de gezinnen.

### EEN VERMAASD NET

Om te vermijden dat er te veel productieplaatsen zouden zijn en om toe te laten ze buiten de stedelijke gebieden te kunnen installeren, werden 'vermaasde' netten (verwijzend naar de structuur van een spinnenweb) uitgebouwd. Door de mazen kon men immers een gegeven punt in het net voeden langs verschillende wegen en de productiecentrales verbinden met de verbruikscentra.

Deze vermaasde netten bevorderen ook de continuïteit en de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. Bij een defect in een centrale of wanneer een verbinding onbeschikbaar wordt ten gevolge van een storing, nemen de naburige centrales of verbindingen onmiddellijk over en wordt de energietoevoer niet onderbroken.

# Fiche 1

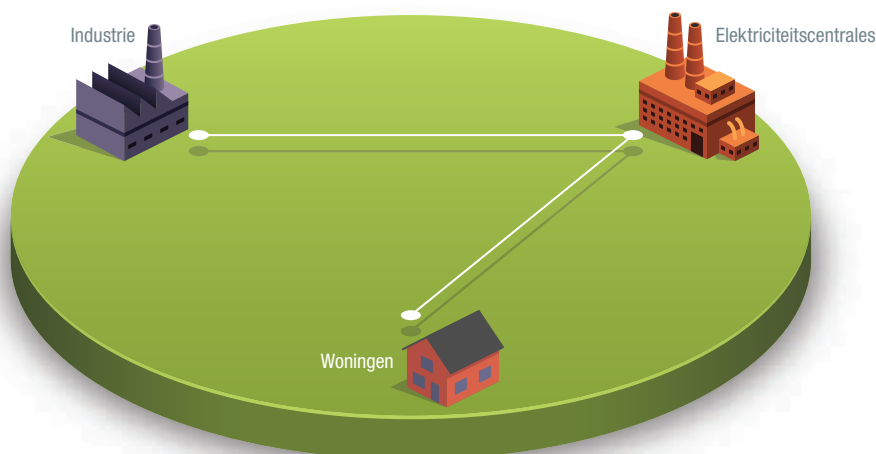
## HET NET AANPASSEN AAN DE NIEUWE CONTEXT

De continuïteit van de bevoorrading is een belangrijke uitdaging voor de komende jaren. De veroudering van het klassieke energieproductiepark, de kernuitstap en de integratie van hernieuwbare energiebronnen leiden tot een fundamentele verandering in de manier waarop wij ons van energie voorzien in Europa. De nieuwe productie-eenheden voor hernieuwbare energie (bv offshore windmolenparken)

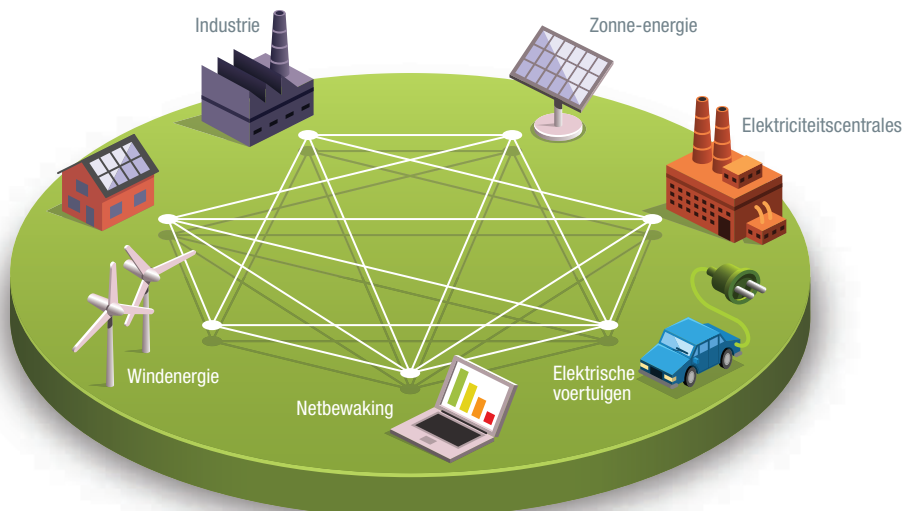
bevinden zich steeds verder van de steden.

De gedecentraliseerde productie (fotovoltaïsche systemen, biomassa enz.) neemt een hoge vlucht. Die ontwikkelingen hebben gevolgen voor het transmissienetbeheer. Bovendien nemen onze energiebehoeften almaar toe. Om de energiestromen te verbeteren en ze beter te integreren, moeten wij het transmissienet aanpassen aan deze nieuwe context.

### Traditioneel net



### Huidig net

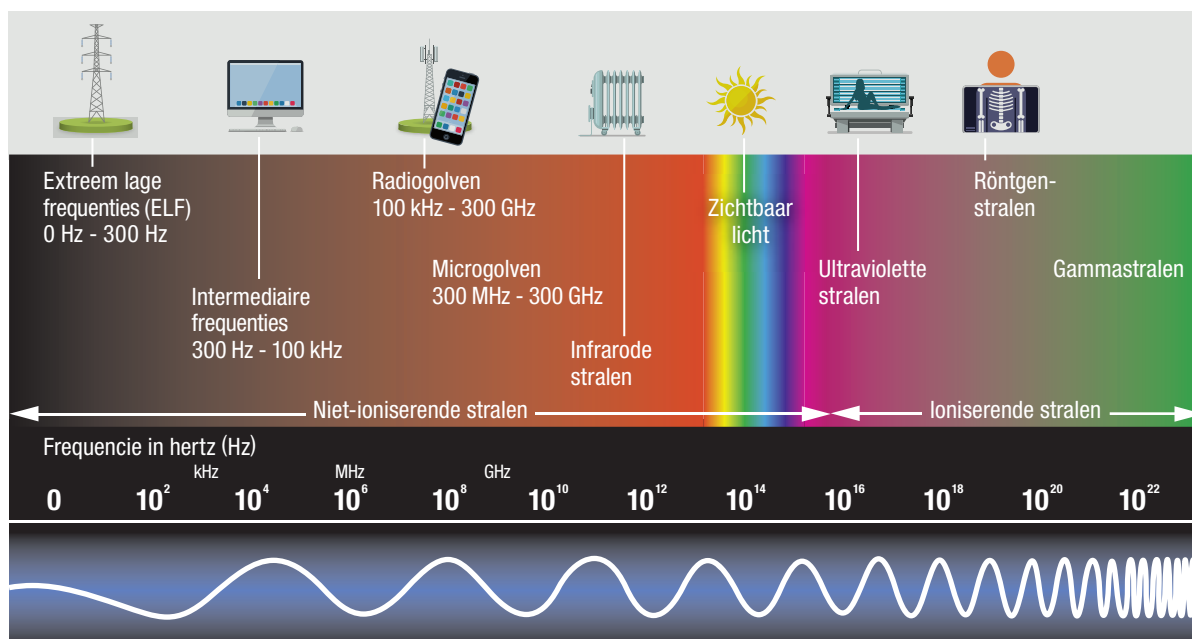


# Fiche 2

## Het elektromagnetische spectrum

Het gamma van frequenties- en golflengten is zeer breed en wordt **elektromagnetisch spectrum** genoemd. Een elektromagnetische golf transporteert energie in de vorm van kleine deeltjes, fotonen genoemd. Hoe hoger de frequentie is, des te groter zal de

hoeveelheid fotonenergie zijn. Elektromagnetische velden kunnen opgewekt worden door een zeer brede waaier van natuurlijke of kunstmatige bronnen zoals antennes, vuur, een radiator, een levend wezen of een eenvoudig voorwerp.



### NIET-IONISERENDE STRALING

Straling met een frequentie van minder dan 1 015 Hz, die niet over voldoende energie beschikt om moleculaire verbindingen te verbreken (en dus geen ionen doen vrijkomen), wordt niet-ioniserende straling genoemd. In het schema hierboven worden ze aan de linkerkant weergegeven.

Uiterst links in het schema ziet u de **extreem lage frequenties**, die onder meer voorkomen bij hoogspanningslijnen. Daarnaast komen de intermediaire frequenties (computercherm) en dan de radiogolven, televisiegolven, microgolven (ovens, radar, gsm) en infraroodstralen. De frequentie van zichtbaar licht bedraagt 385 tot 750 THz (miljoen x miljoen cycli per seconde).

Al deze frequenties zijn kenmerkend voor de **niet-ioniserende straling**. Ultraviolette stralen zijn het overgangsgebied tussen ioniserende en niet-ioniserende straling.

### IONISERENDE STRALING

Bij zeer hoge frequenties van meer dan 1 000 THz (1 000 terahertz, d.w.z. duizend miljard cycli per seconde) is hun fotonenergie voldoende om elektronen weg te slaan uit atomen en moleculen (ionisering), hun chemische eigenschappen te wijzigen en dus levende cellen te beschadigen.

Deze golven worden **ioniserende stralen** genoemd. Bepaalde ultraviolette stralen, röntgenstralen en gammastralen maken er deel van uit. Zij worden rechts in het schema weergegeven.

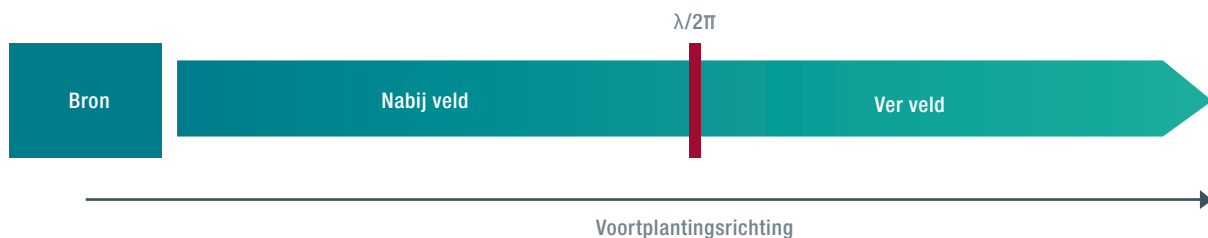
Ioniserende straling kan afkomstig zijn van natuurlijke (zon, sterren, radioactieve stoffen) of kunstmatige (röntgentoestellen, uv-lampen enz.) bronnen.

# Fiche 3

## Nabije velden en verre velden

Vanuit praktisch oogpunt gedragen de velden zich in de hoge en de lage frequenties niet op dezelfde manier. Hun gedrag is namelijk afhankelijk van de afstand tot de bron die ze opwekt. De ruimte rond een bron wordt ingedeeld in twee zones: de zone van de nabije velden

en die van de verre velden. De plaats van de scheiding tussen deze twee zones wordt bepaald door de frequentie van de betrokken velden of, wat op hetzelfde neerkomt, hun golflengte.



**Verre velden:** Elektrisch veld en magnetisch veld zijn nauw met elkaar verbonden vanop een afstand ( $d$ ) tot de bron die groter is dan ongeveer een zesde van hun golflengte (strikt genomen  $d > \lambda/2\pi$ ). Ze verspreiden zich in de ruimte in de vorm van **elektromagnetische golven** tegen de snelheid van het licht.

**Nabije velden:** tot op een afstand die kleiner is dan één zesde van de golflengte ( $d < \lambda/2\pi$ ) zijn het elektrisch en magnetische veld onafhankelijk van elkaar maar afhankelijk van hun bron. Deze velden planten zich niet voort in de ruimte en men spreekt dan ook niet van **straling** maar van het opwekken van een elektrisch veld of een magnetisch veld. Bij 50 Hz, de extreem lage frequentie van de hoogspanningslijnen, bedraagt de golflengte 6 000 km. Tot op ongeveer 1 000 km van hun bron planten de elektrische en magnetische velden

opgewekt door elektrische verbindingen, zich dus niet voort; het zijn nabije velden.

Vanaf 1 000 km zou men van golfvoortplanting en elektromagnetische straling kunnen spreken, maar die afstand is zo groot dat in de praktijk de velden volledig verzwakt en vrijwel onbestaand zijn.

Men kan immers aantonen dat nabije velden meestal verzwakken omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de bron (dus volgens  $1/d^2$  met  $d$  de afstand tot de bron). Verre velden daarentegen verzwakken omgekeerd evenredig met deze afstand ( $1/d$ ).

Ter vergelijking, een veld van 1,8 GHz opgewekt door een gsm, heeft een golflengte van 1,6 m. Vanaf een afstand van ongeveer 30 cm ten opzichte van de gsm zit men in het verre veld en is er dus sprake van elektromagnetische straling.

# Fiche 3

Zoals in de fiche over het elektromagnetische spectrum wordt aangegeven, wordt het begrip ioniserend of niet-ioniserend bepaald door het vermogen van een **straling** om elektronen aan atomen te onttrekken. Dit vermogen neemt evenredig met de frequentie toe.

Hoewel velden van 50 Hz **geen echte straling veroorzaken**, is het niveau van energie die gebruikelijk voorkomt nabij hoogspanningslijnen doorgaans veel zwakker dan die van stralingen met een hogere frequentie.

## WAT U MOET WETEN/ONTHOUDEN

- Hoogfrequente velden zijn vaak verre velden die zich in de ruimte voortplanten in de vorm van **elektromagnetische golven** die zich tegen de snelheid van het licht verplaatsen.
- Nabije velden met zeer lage frequentie planten zich niet in de ruimte voort en men spreekt dan niet van **straling** maar van het opwekken van een elektrisch veld of een magnetisch veld.
- Enkel verre velden kunnen als 'niet-ioniserende straling' worden bestempeld. De energie eigen aan velden met zeer lage frequentie (bijvoorbeeld 50 Hz) is echter vaak zo klein dat ook hier van niet-ioniserende straling wordt gesproken.



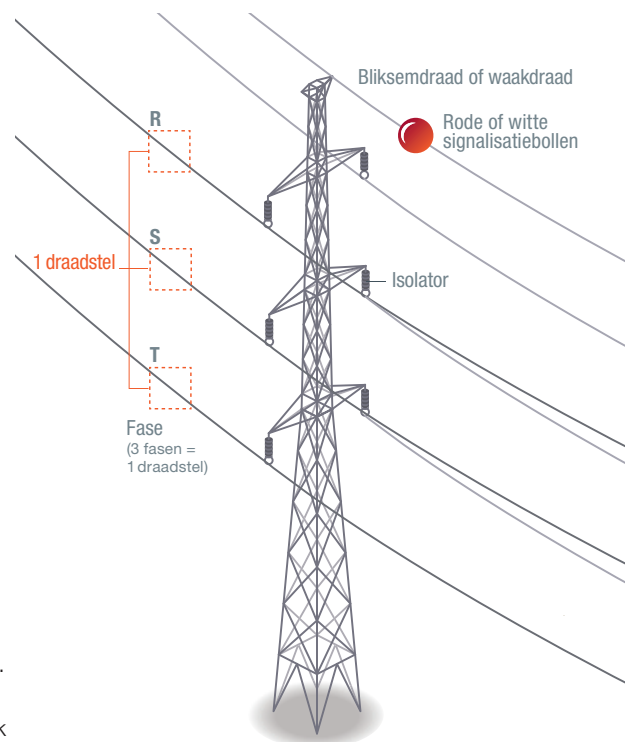
# Fiche 4

## Transpositie van de fasen van een hoogspanningslijn

De meeste hoogspanningslijnen hebben twee circuits, d.w.z. twee gehelen van drie geleiders ook 'draadstel' genoemd. Door elke geleider van een draadstel vloeit een 50 Hz wisselstroom die sinusoidaal varieert in de tijd, waarbij de maximale variatie van de stroom (en van de spanning) verschuift naar voren of naar achteren in de tijd met  $1/3$  van een periode (\*) ten opzichte van de stroom in de andere twee geleiders. Men zegt dat de stroom (spanning) in elke geleider een hoekverschuiving van  $120^\circ$  heeft ten opzichte van de andere twee geleiders. We nemen namelijk algemeen aan dat de sinuslijn die deze stroom (spanning) weergeeft, verkregen wordt door projectie op een as van een lijnstuk dat als de wijzer van een uurwerk rond een vast punt draait. Daarom spreekt men ook van de **fase** van elke geleider. Ze wordt aangegeven met een letter (R, S, T) of een cijfer (4, 8, 12) dat naar de positie van de uren op een wijzerplaat verwijst.

Het elektrische en magnetische veld onder een lijn is, in elk punt van de ruimte, de resultante van de individuele velden opgewekt door elke geleider in de twee draadstellen. Door in elk draadstel de volgorde van de fasen te wisselen, is het soms mogelijk dat de individuele velden elkaar gedeeltelijk gaan opheffen in plaats van bij elkaar opgeteld te worden – er wordt dan gesproken van compensatie door **transpositie** van de fasen. De op die manier gecompenseerde lijnen worden 'getransponeerde lijnen' genoemd.

Een dergelijke compensatie is technisch niet altijd mogelijk en heeft alleen zin als de stroom in de beide circuits vergelijkbaar of sterk gecorreleerd is.

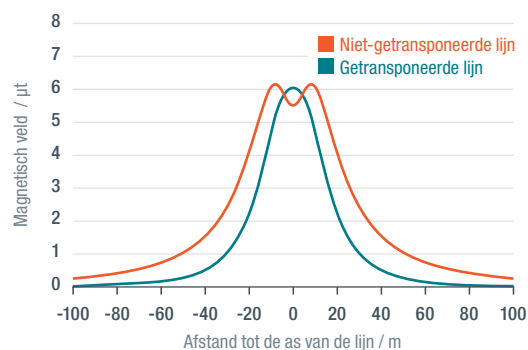


(\*) De periode is de duur van één cyclus. Bij 50 Hz zijn er 50 cycli per seconde. Eén cyclus duurt dus 20 ms.

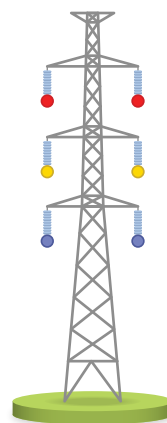
# Fiche 4

## BIJZONDERHEDEN

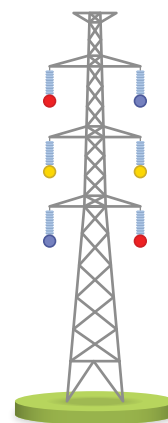
Een bijzonder kenmerk van een getransponeerde lijn is dat de velden onder de lijn geen twee maxima vertonen loodrecht onder de geleiders (het meest voorkomende geval), maar slechts één maximum in de as van de lijn. Een andere, nog belangrijkere eigenschap is dat de sterkte van de door een getransponeerde lijn opgewekte velden sneller afnemen namelijk volgens het omgekeerde van de derde macht van de afstand tot de as van de lijn ( $1/d^3$ ), terwijl die voor een niet-getransponeerde lijn in het algemeen afneemt volgens het omgekeerde van het kwadraat van deze afstand ( $1/d^2$ ).



Vergelijking tussen een typisch veldprofiel onder een getransponeerde lijn (blauw) en een niet-getransponeerde lijn (rood).



Niet-getransponeerde lijn



Getransponeerde lijn

Vergelijking tussen de posities van de fasen in de twee draadstellen van een lijn naargelang het al dan niet om een getransponeerde lijn gaat.

## WAT U MOET WETEN

- In een niet-getransponeerde lijn wordt een maximum bereikt net onder elk van haar twee draadstellen. Een getransponeerde lijn heeft slechts één maximumwaarde in de as van de lijn.
- De door een getransponeerde lijn opgewekte elektrische en magnetische velden nemen sneller af naarmate we ons ervan verwijderen.



# Fiche 5

## Onderzoeksmethoden en wetenschappelijke conclusies

In het kader van een epidemiologische studie uit 1979 stelden de Amerikanen Wertheimer en Leeper dat er mogelijk een verband bestaat tussen wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen en een verhoogd risico op kanker bij kinderen.

Sindsdien werden er talrijke experimentele onderzoeken (in laboratoria) en epidemiologische studies uitgevoerd naar de invloed van magnetische velden op de gezondheid.

### HOE VERLOOPT HET WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK?

Een doelgerichte waarneming of studie kan een aanwijzing geven over een eventueel gezondheidsrisico. Echter om te besluiten dat er een reëel risico bestaat voor de gezondheid moeten er betrouwbare gegevens van diverse types studies verzameld worden. In dat verband onderscheiden we twee soorten studies: epidemiologische en experimentele.

- **Epidemiologische studies** hebben betrekking op grote populaties en hebben tot doel een statistisch verband vast te stellen tussen het voorkomen van een specifieke ziekte en de graad van blootstelling aan een bepaald agens.
- **Experimentele studies** hebben betrekking op cellen (in vitro), dieren (in vivo) of vrijwilligers.

### BEOORDELING VAN DE GEZONDHEIDSRISICO'S

De beste manier om de gezondheidsrisico's te beoordelen, bestaat erin gegevens te gebruiken afkomstig van studies op cellen, dieren of, beter nog, mensen. Het verband tussen blootstelling en kortetermijneffecten kan soms

worden aangetoond aan de hand van dergelijke proeven in een laboratorium. Ze zijn echter minder geschikt om de langetermijneffecten aan te tonen. Hiervoor worden dan ook epidemiologische studies gebruikt. Epidemiologische studies die een verband tussen de blootstelling aan een fysisch agens en een gezondheidseffect vinden, kunnen helaas meestal geen oorzakelijk verband tussen beide aantonen. Om daartoe te komen, dienen de resultaten van epidemiologische studies bevestigd te worden door experimentele studies. In het geval van de magnetische velden met zeer lage frequentie kon het oorzakelijk verband tussen blootstelling en gezondheidseffect niet worden aangetoond. Bovendien zijn niet alle epidemiologische studies van dezelfde kwaliteit. De onderzoekers moeten namelijk met een hele reeks factoren rekening houden om te vermijden dat systematische fouten of verwarrende factoren de resultaten vertekenen.

De kans op een oorzakelijk verband is het grootst wanneer het vastgestelde statistische verband duidelijk is. Dit houdt hoofdzakelijk in dat:

- de bestudeerde populatie groot is;
- de verhouding tussen het aantal gevallen en de omvang van de controlegroep groot is;
- het verband tussen blootstelling en effect constant is;
- een verband bestaat tussen dosis en effect;
- er geen verwarrende factor is;
- er een aannemelijke biologische verklaring bestaat.

Dit alles moet bovendien gestaafd worden door relevante en reproduceerbare studies op dieren of cellen.





# Fiche 6

## Toepassing van het voorzorgsprincipe

Politieke beslissingen berusten doorgaans op een wetenschappelijke basis. Dat principe staat borg voor hun betrouwbaarheid, neutraliteit en degelijkheid. Over de milieu- en gezondheidsrisico's van talrijke recente technologische toepassingen en chemische stoffen is echter nog onvoldoende wetenschappelijke informatie beschikbaar. We dringen er nochtans steeds uitdrukkelijker bij de overheid op aan om een beleid te voeren dat rekening houdt met die onzekerheid, vooral dan in situaties waaraan een ernstig, dreigend of onomkeerbaar potentieel gevaar verbonden is.

In 2005 omschreef UNESCO het **voorzorgsprincipe** als volgt: wanneer menselijke activiteiten moreel onaanvaardbare schade kunnen veroorzaken die wetenschappelijk aannemelijk maar ook onzeker is, moeten maatregelen worden genomen om deze schade te voorkomen of te beperken.

**Moreel onaanvaardbaar schade** verwijst naar schade aan mensen of het milieu die :

- een bedreiging is voor het leven of de gezondheid van de mens, of
- ernstig en onomkeerbaar is, of
- onrechtvaardig is voor de huidige of toekomstige generaties, of
- toegebracht wordt zonder rekening te houden met de mensenrechten van de personen die erdoor getroffen worden.

De beoordeling van de **waarschijnlijkheid** moet gebaseerd zijn op wetenschappelijke analyses. Het onderzoek moet voortgezet worden zodat de genomen maatregelen indien nodig kunnen worden herzien.

De **onzekerheid** kan betrekking hebben op de oorzakelijkheid of op de beperkingen van de potentiële schade, maar blijft niet noodzakelijk beperkt tot deze elementen.

De **maatregelen** worden genomen vóór de schade zich voordoet en hebben tot doel deze te voorkomen of te beperken. De gekozen maatregelen moeten proportioneel zijn aan de ernst van de potentiële schade, rekening houden met hun positieve en negatieve gevolgen, en voorafgegaan worden door een beoordeling van de morele gevolgen die zowel aan de maatregel als aan het ontbreken ervan verbonden zijn. De keuze van de maatregel moet het resultaat zijn van een participatief proces.

