

Effecten van straling en risico.afweging: een onderzoek naar kennis en attituden van leerlingen van 5-HAVO

H.M.C.Eijkelfhof en R.F.A.Wierstra (1)
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek (PLON)
Rijksuniversiteit Utrecht

This article describes research on pupils' beliefs, interests and attitudes with regard to (applications of) ionizing radiation in society. This research was done before and after the unit "Ionizing Radiation" had been used. The unit is part of the PLON curriculum, an innovative Dutch curriculum for general secondary education in physics. The subjects radio-activity and ionizing radiation are treated within the framework of the problem of the acceptability of these kinds of radiation in medicine, energy-supply and defence. The unit appears to link well with existing interests of pupils; following the unit pupils have less irrational fear of radiation. Especially, there is a more tolerant attitude to lesser known applications of ionizing radiation, e.g. food conservation. The research also shows up misconceptions that pupils have before and after the unit.

1. Inleiding

In het PLON-curriculum voor havo-bovenbouw is doelbewust gestreefd naar aansluiting van de natuurkunde bij de leefwereld van leerlingen. Het gaat daarbij enerzijds om de aansluiting bij ervaringen en interesses van zoveel mogelijk leerlingen; anderzijds is het uitdrukkelijk de bedoeling dat leerlingen kennis, inzichten en vaardigheden, opgedaan in de natuurkundelessen, ook kunnen gebruiken in buitenschoolse situaties. Om deze doelstelling te bereiken wordt de leerstof aangeboden in (praktijk-)contexten. Deze contexten omvatten vele verschillende terreinen uit de leefwereld van leerlingen, b.v. verkeer, weer, muziek, energievoorziening, huishouden en gezondheidszorg. Het onderzoek waarover hier wordt gerapporteerd betreft het thema Ioniserende Straling, een van de vier thema's bestemd voor 5-havo (PLON, 1984). In dit thema staat de behandeling van de onderwerpen radioactiviteit en rontgenstraling in het kader van de vraag naar de aanvaardbaarheid van toepassingen van deze vorm van straling in de gezondheidszorg, de energievoorziening en de defensie (Eijkelfhof, Kortland en Van der Loo, 1984).

2. Enkele achtergronden van het thema Ioniserende Straling

In de examenprogramma's natuurkunde voor de bovenbouw van havo en vwo komt al jarenlang het onderwerp radioactiviteit voor (Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 1976). Röntgenstraling staat alleen voor het vwo op het programma. Omdat beide vormen van straling in staat zijn elektronen los te maken uit een atoom rekent men ze tot de groep ioniserende straling. Inzicht in deze twee vormen van straling is nog betrekkelijk nieuw. Hun ontdekking vond plaats in de laatste jaren van de vorige eeuw. De eerste jaren werd naar huidige maatstaven roekeloos omgesprongen met ioniserende straling. Diverse gerenommeerde onderzoekers uit het begin van deze eeuw moesten hun inspanningen op het gebied van ioniserende straling bekopen met nare verschijnselen van stralingsziekten (Reid, 1978). Pas in 1928 werd een internationale commissie, de International Commission on Radiological Protection, ingesteld die zich bezig hield met de evaluatie van risico's van ioniserende straling voor de mens (Coggle 1983).

In de bovenstaande examenprogramma's is niets te vinden over de risico's van toepassingen van ioniserende straling. Men heeft zich beperkt tot de fysische principes van radioactiviteit (en röntgenstraling). De meeste schoolboeken besteden als gevolg hiervan weinig aandacht aan de betekenis van ioniserende straling voor de mens. In de samenleving is de situatie omgekeerd. Toepassingen van ioniserende straling zoals kernenergie en kernwapens geven aanleiding tot grote maatschappelijke controverses. Daarbij valt te constateren dat het onderwerp radioactiviteit met een waas van geheimzinnigheid is omhuld. Dat heeft te maken met de mogelijke effecten van bestraling voor de gezondheid, maar ook met het feit dat deze vormen van straling met de menselijke zintuigen niet zijn waar te nemen.

Zoals in de inleiding al kort is aangeduid, is voor de behandeling van bovengenoemde onderwerpen een sterk afwijkende aanpak gekozen in het thema Ioniserende Straling. Het thema begint met een bestudering van 22 situaties waarin mensen met ioniserende straling te maken kunnen krijgen. Vervolgens wordt kort stil gestaan bij het begrip risico, de analyse van risico's en de afweging van risico's en voordelen. De volgende drie hoofdstukken geven basisinformatie over de eigenschappen, effecten en bronnen van ioniserende straling. Nieuw in vergelijking met andere schoolboeken is vooral de aandacht voor de stralingseffecten en de normen die in de stralingsbescherming een rol spelen.

Daarna kunnen de leerlingen kiezen uit 3 hoofdstukken die elk een toepassingsgebied betreffen: kernenergie, kernwapens en gezondheidszorg. Leerlingen werken dan aan opdrachten die vooral bestaan uit het verzamelen van informatie uit beschikbare literatuur of uit interviews met stralingswerkers. In het laatste hoofdstuk wordt aandacht besteed

aan manieren om zelf tot een afweging van risico's en voordelen te komen. De situaties die ter discussie worden gebruikt betreffen zowel persoonlijke als maatschappelijke risico's. De behandeling van het thema neemt ongeveer 20 lessen in beslag en vindt plaats halverwege het schooljaar van 5 havo.

3. Doelen van het onderzoek

Het onderzoek waarover in dit paper wordt gerapporteerd sluit aan bij eerder onderzoek naar een eerste versie van het thema onder 172 leerlingen in de cursus 1983-1984 (Wierstra 1984). Dit onderzoek wees onder meer uit dat de leerlingen (en vooral de meisjes) de aanpak van het onderwerp waardeerden, al waren er grote verschillen tussen klassen. De vrees van sommigen dat veel leerlingen depressieve gevoelens zouden overhouden aan de weinig opwekkende effecten van straling op het menselijk lichaam bleek niet terecht. De gegevens van dit onderzoek zijn gebruikt voor het schrijven van de tweede versie, die vooral wordt gekarakteriseerd door didactische verbetering (bijv. veel meer leerlingactiviteiten) en meer aandacht voor risico en risico-evaluatie.

Het huidige onderzoek concentreerde zich op een drietal vraagstellingen. Allereerst wilden we peilen naar welke aspecten van ioniserende straling de belangstelling van de leerlingen uitging, zowel voor al na het thema. Daarbij wilden wij ook nagaan of er verschillen optraden tussen jongens en meisjes. In de tweede plaats ging onze interesse uit naar de attitude van leerlingen ten opzichte van (toepassingen van) radioactiviteit en röntgenstraling. Welke attitudes hebben ze vooraf en in welke mate zijn er veranderingen te constateren in deze attitudes na afloop van de lessen over dit thema?

Tenslotte wilden we nagaan hoe leerlingen kennis gebruiken uit het thema bij het beoordelen van risicodragende situaties. Welke misconcepties zijn er te constateren en hoe vinden afwegingen plaats? Welke invloed heeft het thema op de aard van de afwegingen? Worden risico's van ioniserende straling anders ingeschat na het thema?

De resultaten van dit onderzoek zouden kunnen leiden tot aanbevelingen voor het nieuwe havo-examenprogramma, tot verbeteringen van de docenthandleidingen en tot suggesties voor verder onderzoek naar het gebruik van natuurwetenschappelijke kennis bij het beoordelen van risico's.

4. Opzet van het onderzoek

Elf scholen hebben van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen toestemming gekregen om te werken met het speciale PLON-examenprogramma voor havo. Deze scholen werken met het gehele curriculum in 4 en 5 havo. Op 5 van deze scholen is aan leerlingen van 8 klassen voor en na het thema een vragenlijst voorgelegd met open en gesloten vragen. Een deel van de vragen was in beide lijsten hetzelfde.

De voortest bevatte onder meer vragen naar de aanwezige voorkennis en naar de voorkeur om over bepaalde onderwerpen meer te willen weten. In de tweede vragenlijst waren vragen opgenomen naar de beleving van het thema en naar de voorkeur om over bepaalde onderwerpen nog een videoband te willen zien. Beide vragenlijsten bevatten een 'semantische differentiaal' voor de begrippen radioactiviteit en röntgenstraling. Dit betekent dat beide begrippen door de leerlingen beoordeeld werden op een 16-tal aspecten middels adjectieven-paren op een 7-puntsschaal (zie figuur 1).

goed	1	2	3	4	5	6	7	slecht
natuurlijk	1	2	3	4	5	6	7	kunstmatig
gevaarlijk	1	2	3	4	5	6	7	veilig
schoon	1	2	3	4	5	6	7	vuil
koud	1	2	3	4	5	6	7	warm
positief	1	2	3	4	5	6	7	negatief
lelijk	1	2	3	4	5	6	7	mooi
gezond	1	2	3	4	5	6	7	ziek
dichtbij	1	2	3	4	5	6	7	veraf
oké	1	2	3	4	5	6	7	eng
geheimzinnig	1	2	3	4	5	6	7	vertrouwd
zinnvol	1	2	3	4	5	6	7	waardeloos
dood	1	2	3	4	5	6	7	leven
snel	1	2	3	4	5	6	7	langzaam
dwaas	1	2	3	4	5	6	7	verstandig
duur	1	2	3	4	5	6	7	goedkoop

Figuur 1: Semantische differentiaal voor radioactiviteit en röntgenstraling

Dit soort vragen vereist snelle keuzes door de respondenten en we verwachtten daarmee de 'emotionele vooringenomenheid' van de leerlingen te kunnen peilen (2).

Verder werd de leerlingen gevraagd risico's te rangschikken naar de ernst ervan. Wij wilden hiermee nagaan hoe realistisch ze risico's van straling inschatten en welke invloed het thema hierop zou hebben.

Om na te gaan hoe leerlingen argumenteren werd hen gevraagd een aantal stellingen te becommentariëren. Twee van deze stellingen zijn hen voor en na het thema voorgelegd, te weten:

- a. "het is niet zo erg om radioactief afval in zee te storten";
- b. "voedsel dat, om de houdbaarheid te bevorderen, is bestraald met een radioactieve stof, moet in Nederland verboden worden".

Beide lijsten zijn door 102 leerlingen ingevuld. In enkele klassen is alleen de eerste vragenlijst ingevuld om tijdsredenen. Van 23 leerlingen hebben wij wel een natest ontvangen maar ze hebben of hun naam niet vermeld of de voortest niet ingevuld. Aan het eindverslag van het onderzoek wordt nog gewerkt. Met name de analyse van de open vragen is nog niet voltooid. Dit paper heeft dus het karakter van een voortgangsrapportage waarin de eerste resultaten ter discussie naar voren worden gebracht.

5. Resultaten

5.1. Interesses van leerlingen

In de voortest konden de leerlingen voor 13 onderwerpen aangeven hoeveel ze er van dachten te weten (4-puntsschaal) en of ze er meer van wilden weten (3-puntsschaal). Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten.

Opvallend is dat de leerlingen vooral meer willen weten over de gebruikerskant van ioniserende straling terwijl ze daar niet het minst van weten. Kennelijk sluit de aandacht die in het thema wordt besteed aan die gebruikerskant goed aan bij de interesse die vooraf bij de leerlingen aanwezig is.

onbekend	interesse
1. halveringstijd	1. bescherming tegen straling
2. bèta-straling	2. risico's van straling
3. meting van straling	3. effecten van straling
4. stralingsdoses	4. stralingsdoses
5. bescherming tegen straling	5. straling in gezondheidszorg

Tabel 1: Vertrouwdheid met en interesse in enkele onderwerpen (in volgorde)

Vergelijken wij de interessescores van meisjes en jongens dan constateren wij voor de meeste onderwerpen geringe verschillen. De jongens blijken wel meer te willen weten over kernreacties terwijl meisjes wat meer voelen voor gezondheidszorg.

Tijdens het thema konden de leerlingen kiezen uit de keuzeonderwerpen kernenergie, kernwapens en gezondheidszorg. De verdeling van jongens en meisjes vinden zij in tabel 2.

hoofdstuk	jongens (n=83)	meisjes (n=38)	totaal (n=121)
kernenergie	48%	11%	36%
kernwapens	39%	16%	31%
gezondheidszorg	12%	74%	32%

Tabel 2: Verdeling van jongens en meisjes over de keuzeonderwerpen

Bij navraag bleek dat de leraren niet gestreefd hadden naar een evenwichtige verdeling van de leerlingen over de drie onderwerpen. Tussen de klassen onderling bleken grote verschillen in voorkeur voor bepaalde onderwerpen te bestaan. Zo kozen in een klas de meeste meisjes kernwapens, volgens de leraar vanwege hun grote interesse in schuilkelders.

Verskil met het vorige onderzoek (Wierstra 1984) is dat de belangstelling voor kernenergie bij de jongens groter is dan in de vorige cursus. Wellicht heeft dit te maken met recente publiciteit rond de plannen nieuwe kerncentrales in Nederland te bouwen en rond de aanwijzing van plaatsen voor langdurig opslag van radioactief afval.

Om te peilen waar na afloop de belangstelling nog naar zou uitgaan werd gevraagd naar welk soort video-programma over ioniserende straling de leerlingen tijdens de lessen nog zouden willen kijken.

Tabel 3 bundelt de resultaten voor jongens en meisjes.

onderwerp	bandno.	jongens	meisjes
kernwapens	A	3.1 (1.7)	5.1 (1.6)
	B	4.0 (1.8)	4.9 (1.7)
	C	2.9 (2.2)	2.5 (2.1)
kernenergie	D	5.2 (2.0)	6.1 (1.4)
	E	3.8 (1.9)	4.2 (1.3)
gezondheidszorg	F	3.7 (1.6)	2.8 (1.7)
	G	5.2 (1.7)	2.9 (1.4)

Tabel 3: Voorkeur voor videoprogramma's van jongens en meisjes na afloop van het thema: gemiddeld rangnummer en standaarddeviatie

waarbij:

- A = een documentaire over de bouw en werking van kruisraketten
- B = een interview met de uitvinder van de neutronenbom
- C = "The Day After" (een speelfilm over de gevolgen van een kernoorlog)
- D = een discussie tussen politici over de vestiging van nieuwe kerncentrales in Nederland
- E = een documentatie over de mogelijkheden om kernafval in Nederland op te slaan
- F = een film over de nieuwste stralingsapparatuur om kanker te behandelen
- G = een interview met een kankerpatiënte over haar ervaringen met stralingstherapie

Zowel jongens als meisjes zien het liefst een speelfilm over de gevolgen van een kernoorlog. Daarna lopen de voorkeuren meer uiteen met als grootste verschillen de voorkeur voor een documentaire over de bouw en werking van kruisraketten (jongens) en het interview met een kankerpatiënte (meisjes). Het lijkt er op dat meisjes meer voelen voor de persoonlijke aspecten terwijl de interesse van de jongens meer uitgaat naar de technische kant (vergelijk dit met de 'person orientation' van meisjes en de 'object orientation' van jongens zoals dit uit de literatuur naar voren komt, bijv. Jörg, 1985).

Tot slot van deze subparagraaf vermelden wij nog dat evenals in het eerste versie onderzoek de meisjes het thema zeer bleken te waarderen en het als erg leerzaam ervoeren. (op de hieroe geconstrueerde motivatieschaal gaan we hier niet verder in. Zie daarvoor Eijkelhof en Wierstra, 1985).

5.2 Attituden van leerlingen t.o.v. straling

Op de resultaten van de in paragraaf 4 beschreven semantische differentiaal voerden wij factoranalyses uit. Wij deden dit voor elk van de 4 instrumenten: radioactiviteit en röntgenstraling in voor- en natest. Het betrof hier analyse van principale factoren gevolgd door varimax rotatie. Bij diverse rotaties (2, 3 en 4 factoren) werd steeds een grote evaluatieve factor gevonden die kan worden omschreven als de mate van weerstand en tegenzin die de leerling ervaart bij deze vormen van straling. Acht items bleken het beste te passen bij deze evaluatieve factor omdat ze hoge ladingen op deze factor hebben in alle vier instrumenten en goed interpreteerbaar zijn.

In figuur 2 vinden wij deze acht items boven de streep. De paren adjectieven waar een asterisk voor staat hebben wij omgekeerd. Deze acht items hebben wij gebruikt om (via een somscore) de attitude te meten.

Rad voor	Rad na		Radio akt.	Röntgenstraling		Ront voor	Ront na
3.11	3.41	*eng	1 2 3 4 5 6 7	oké		5.08	5.02
3.28	3.48	lelijk	1 2 3 4 5 6 7	mooi		4.38	4.31
3.48	3.60	*negatief	1 2 3 4 5 6 7	positief		5.01	4.97
3.34	3.17	*slecht	1 2 3 4 5 6 7	goed		5.59	5.64
3.92	4.25	dwaas	1 2 3 4 5 6 7	verstandig		5.48	5.40
3.18	3.56	dood	1 2 3 4 5 6 7	leven		5.06	5.16
4.85	5.03	*waardeloos	1 2 3 4 5 6 7	zinnvol		6.11	5.98
2.60	2.73	gevaarlijk	1 2 3 4 5 6 7	veilig		4.12	4.08
2.48	3.04	*ziek	1 2 3 4 5 6 7	gezond		4.18	4.45
2.97	3.68	geheimzinnig	1 2 3 4 5 6 7	vertrouwd		4.38	4.81
3.34	3.14	*vuil	1 2 3 4 5 6 7	schoon		4.46	4.22
3.18	3.34	duur	1 2 3 4 5 6 7	goedkoop		3.04	2.95
3.36	4.01	*kunstmatig	1 2 3 4 5 6 7	natuurlijk		3.25	2.93
5.18	5.40	*langzaam	1 2 3 4 5 6 7	snel		4.86	5.07
3.88	4.40	*veraf	1 2 3 4 5 6 7	dichtbij		5.20	5.14
4.85	5.15	koud	1 2 3 4 5 6 7	warm		4.22	4.32

Figuur 2: Resultaten van de semantische differentialen voor radioactiviteit en röntgenstraling in voor- en natest. De items boven de streep maken deel uit van de schalen RADAC en RONT. De getrokken lijnen geven de profielen van de voormeting (de overwegend linkse voor radioactiviteit, de overwegend rechtse voor röntgenstraling)

De coëfficiënt alpha (betrouwbaarheid) van de schaal voor radioactiviteit (RADAC) bedraagt .87 in de voortest en .84 in de natest. Voor de schalen over röntgenstraling vinden wij $\alpha = .77$ in de voortest en .79 in de natest. In tabel 4 staan de gemiddelde scores voor de 102 leerlingen die beide lijsten hebben ingevuld, onderscheiden naar geslacht.

	vóór		na	
	jongens (n = 72)	meisjes (n = 30)	jongens (n = 72)	meisjes (n = 30)
RADAC	28.1 (8.7)	25.9 (5.1)	29.2 (8.7)	28.8 (5.9)
RONT	41.4 (6.7)	39.7 (6.2)	40.8 (6.4)	40.5 (6.1)

Tabel 4: Gemiddelden en standaarddeviaties op attitudeschalen RADAC en RONT voor jongens en meisjes die beide lijsten hebben ingevuld (hoge score = meer positieve attitude)

Bij statistische significantie-toetsing (tweezijdige t-toets) blijkt dat jongens en meisjes significant verschillen in hun houding t.o.v. radioactiviteit ten tijde van de voormeting ($p < 0.004$). Bij de name-ting is dat verschil verdwenen. Verder blijkt dat er zowel voor als na het thema significante verschillen zijn ($p < 0.001$) tussen de attitude t.o.v. röntgenstraling en die t.o.v. radioactiviteit. Men denkt duidelijk negatiever over radioactiviteit. Dit geldt voor zowel jongens als meisjes. Dit verschil in attitude is duidelijk te zien in de profielen van de semantische differentiaal voor de voortest in figuur 2.

Uit de andere gegevens in figuur 2 (de gemiddelden per item in voor- en natest) valt op dat voor 4 items buiten de schaal RADAC grote en significante verschillen te zien zijn tussen voor- en natest. Daaruit blijkt dat de leerlingen meer de gezondmakende en natuurlijke kanten van radioactiviteit onder ogen zijn gaan zien en zich er meer vertrouwd mee voelen.

5.3 Oordelen van leerlingen over risico-dragende situaties

De analyse van de open reacties van leerlingen op de stellingen is nog niet voltooid. Wij zullen ons hier beperken tot een bespreken van de resultaten betreffende de stellingen die zowel voor als na het thema aan de leerlingen zijn voorgelegd en waarvan wij de tekst in paragraaf 4 hebben opgenomen. Ze betreffen de storting van radioactief afval in zee en de bestraling van voedsel. Beide onderwerpen komen in het thema niet of nauwelijks aan de orde. Wij wilden nagaan hoe leerlingen in deze niet behandelde kwesties hun kennis uit het thema zouden gebruiken en of er iets van attitudeveranderingen te bespeuren zou zijn.

Met de eerste stelling is een grote meerderheid van de leerlingen het voor en na het thema oneens (92%, resp. 87%). De leerlingen hebben dus een uitgesproken mening over deze stelling die nauwelijks is veranderd na het thema. Ook konden geen duidelijke verschillen in argumentatie worden opgespoord. Men vindt het met name erg om radioactief afval in zee te storten omdat: het milieu schade ondervindt (16, resp. 20%), het leven in zee gedood wordt (13, resp. 8%), er een ramp kan gebeuren (8, resp. 4%). In het algemeen wordt vrij oppervlakkig geargumenteed. Waarop de gevarennotie precies berust wordt niet zo duidelijk. In de argumentatie wordt b.v. zelden gebruik gemaakt van het argument dat de vaten op grote afstand van het vasteland en op grote diepte worden gestort. Enerzijds is dit waarschijnlijk te wijten aan het sociaal beïnvloed zijn van de leerlingen omdat dit onderwerp in de media veel aandacht heeft gekregen (acties van Greenpeace, protesten tegen de opslag van het afval in loodsen), anderzijds was de stelling nogal provocerend geformuleerd en nodigde zij niet zo uit tot een uitvoerige afweging. Zo kan het zijn dat de leerlingen veel meer weten dan uit de antwoorden blijkt. Een uitgebreidere vragenlijst of een interview lijken noodzakelijk om door te dringen tot wat leerlingen (denken te) weten.

Over de tweede stelling (over het bestralen van voedsel) blijkt meer uiteenlopend gedacht te worden. Voor het thema is 65% van de leerlingen voor een verbod, na het thema 53%. Uit de antwoorden valt af te leiden dat de toepassing van radioactieve bronnen bij het steriliseren voor veel leerlingen onbekend is. Toch beweert ca. 25% van de leerlingen voor het thema (11% na het thema) stellig dat het gevaarlijk is. Waarom wordt er meestal niet bijgezegd. Als er wel een argument wordt gegeven dan komt dat neer op de (foute) veronderstelling dat het voedsel zelf radioactief wordt of op de vage notie dat straling nu eenmaal slecht is voor de gezondheid. Een verschil tussen de situatie voor en na het thema is verder het aantal leerlingen dat alternatieve conserveringsmiddelen in de overwegingen betreft: van 14% vooraf naar 20% achteraf. Verder willen meer leerlingen de toepassing beperken door eisen te stellen en wijzen meer van hen op radioactief afval of de natuurlijke stralingsdoses. Niettemin is het opvallend dat bij de tweede stelling grotere verschuivingen in tolerantie t.o.v. radioactiviteit te constateren zijn dan bij de eerste stelling. Omdat de toepassing zelf niet aan bod komt in het thema zal deze verschuiving meer te maken hebben met een veranderde houding t.o.v. radioactieve straling in het algemeen (3) dan met een toename van de kennis over de toepassing zelf.

Een coulante houding blijkt niet op te treden bij de stelling over radioactief afval. Wij veronderstellen dat buitenschoolse invloeden hier een grotere rol spelen. Radioactief afval krijgt immers in de media veel aandacht en de standpunten van velen liggen vast. Het thema heeft daar weinig invloed op. In de argumentaties blijven de leerlingen dan ook op het niveau van wat men zoal hoort. Het bestralen van voedsel is veel minder bekend. Vermoedelijk heeft de informatie in het thema meer invloed op opvattingen over toepassingen van radioactiviteit die minder bekend zijn, ook al komen ze niet expliciet in de klas aan bod.

In de reacties op de stellingen komen ook een aantal misconcepties over radioactiviteit aan het licht waarover voor zover bekend, niet eerder is gepubliceerd. Kort gezegd komen deze misconcepties op het volgende neer:

- a. leerlingen denken dat bestraling van voedsel leidt tot radioactief voedsel;
- b. leerlingen maken geen onderscheid tussen de radioactieve stof en de straling die wordt uitgezonden;
- c. leerlingen verwarren radioactiviteit met giftigheid.

Doordat leerlingen gedwongen worden hun kennis in alledaagse situaties te gebruiken komen dit soort misconcepties wellicht eerder naar boven dan in traditionele leersituaties. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze misconcepties eenvoudig te voorkomen zijn of berusten op ingewortelde vooroordelen in het dagelijks leven.

Tenslotte kunnen wij nog enkele resultaten melden over de inschatting die leerlingen maken van de ernst van risico's van toepassingen van ioniserende straling. De leerlingen hebben vijf gedragingen van individuele mensen gerangschikt naar oplopende ernst van het risico. De gemiddelde resultaten van voor- en natest voor 102 leerlingen staan in tabel 5.

item	voor test	na test
a. veel roken	3.84	3.69
b. regelmatige röntgenfoto's	3.42	3.68
c. dagelijks fietsen	3.16	3.14
d. wonen bij kerncentrale	2.72	2.18
e. vaak vliegen	1.66	2.38

Tabel 5: Gemiddelde relatief gewicht dat leerlingen toekennen aan het risico van vijf vormen van individueel gedrag (hoge score = ernstig risico)

Verschuivingen treden vooral op bij items d. en e. Zo schatten de leerlingen de risico's voor bewoners van b.v. Dodewaard en omgeving na het thema nog lager dan tevoren. De toegenomen bezorgdheid voor het lot van piloten en andere leden van de jet-set zou kunnen samenhangen met de aandacht die in het thema besteed is aan de blootstelling aan kosmische straling op grote hoogte.

Vergelijken wij deze risico-schattingen van leerlingen met gegevens uit de literatuur (Wilson 1979, Struyker Boudier, Heilman, Urquhart 1985) dan blijkt dat qua kans op overlijden de volgorde realistisch is met uitzondering van item b. dat minder riskant is dan regelmatig fietsen.

Analyse van de open vragen is nog niet voltooid. Er zijn wel aanwijzingen dat nog enkele andere misconcepties te constateren zijn. Verder is ons opgevallen dat veel leerlingen genuanceerd blijken te oordelen na afloop van het thema over risicodragende stellingnamen. Factoren die in de overwegingen een rol spelen zijn kans, activiteit van een bron, soort straling, stralingsdosis, alternatieven en veiligheidsmaatregelen. In het eindverslag zullen deze resultaten worden verwerkt.

6. Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten van de interessepeilingen (par. 5.1) wordt duidelijk dat de behandeling van ioniserende straling in dit thema de belangstelling van veel leerlingen heeft, zowel van jongens als van meisjes. Uit de voorkeur van meisjes voor toepassingen in de gezondheidszorg mag niet worden geconcludeerd dat ze geen belangstelling hebben voor kernenergie en kernwapens. Het gaat immers om de relatieve voorkeur.

De resultaten zijn wel in overeenstemming met aanbevelingen in de literatuur (zie voor een overzicht Jörg 1985) om de onderwijskansen voor meisjes te vergroten, zoals b.v. het meer nadruk leggen op de manier waarop de natuurwetenschappen van invloed zijn op het dagelijks leven. Toepassingen van ioniserende straling zouden derhalve meer aandacht kunnen krijgen in de nieuwe examenprogramma's natuurkunde voor havo en vwo. Deze aanbeveling geldt de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde.

Met betrekking tot de attitudes van leerlingen t.o.v. ioniserende straling kan worden geconcludeerd dat leerlingen (met name meisjes) na afloop neigen naar een minder negatieve houding t.a.v. radioactiviteit. Dat blijkt deels uit de toename op de RADAC-schaal (par. 5.2), afgeleid uit de semantische differentiaal, deels uit het feit dat men over bestraald voedsel positiever denkt na afloop van het thema (par. 5.3). Nadere analyse van de open vragen moet uitwijzen in welk opzicht men positiever denkt. Mogelijke aanwijzingen zijn te vinden in antwoorden van de leerling, b.v. dat:

"niet alle straling zeer gevaarlijk is"

"radioactieve straling toch tegengehouden kan worden"

"straling eigenlijk helemaal niet zo riskant is, als je er maar goed mee omgaat"

"er zoveel straling in de natuur zit"

"er zoveel mogelijkheden met ioniserende straling zijn in de gezondheidszorg"

Een derde resultaat van dit onderzoek is een aantal weinig bekende misconcepties t.a.v. ioniserende straling. De meeste onderzoeken naar misconcepties strekken zich voor natuurkunde uit over de onderwerpen mechanica, electriciteit en energie. Het verdient aanbeveling nader onderzoek te doen naar het leren van begrippen op het gebied van ioniserende straling omdat misconcepties op dit gebied van invloed zullen zijn op de kwaliteit van publieke discussies over toepassingen van straling. Dat dit soort misvattingen in de beste kringen voorkomt moge blijken uit de foutieve omschrijving van 'radioactief' in de nieuwste druk van de 'Grote Van Dale' (1984): "voortdurend en zonder uitwendige oorzaak kernsplitsing vertonend waarbij materiele deeltjes en/of elektromagnetische straling wordt uitgestoten".

Vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met onderzoek naar risicopercepties bij de bevolking (b.v. Vlek en Stallen 1979), laat zien dat de waarde van risicovergelijkingen als in par. 5.3 zijn gepresenteerd niet mag worden overschat. Factoren als woonplaats, levenspatroon en bekendheid met het risico blijken ook belangrijk te zijn voor het inschatten van een risico. Bovendien werd in het thema een specifieke definitie van risico gehanteerd die zowel kans als gevolg omvat, terwijl vóór het thema de leerlingen van een andere betekenis van risico kunnen zijn uitgegaan. Het is dan ook gewenst in

een vervolgonderzoek vooraf na te gaan wat leerlingen onder het begrip risico verstaan. Het verdient overigens aanbeveling verder na te gaan hoe aandacht voor risico's in het voortgezet onderwijs kan worden bevorderd. De groeiende belangstelling voor het risico-onderwerp beperkt zich immers tot overheid en industrie die risico-analyses vooral als beleidsinstrument zien. Handreikingen aan leerlingen om zelf tot risicoafwegingen te komen verdienen naar ons oordeel nader onderzoek. Dat onderzoek zal zich niet tot vragenlijsten mogen beperken. Observatie van klassediscussie en interviews met leerlingen zijn instrumenten die noodzakelijk zijn om voort te bouwen op de resultaten van dit onderzoek.

Noten

1. Aan dit onderzoek zijn bijdragen geleverd door P.L.Lijnse, F.A.v.d.Loo, P.Verhagen (R.U.U.), P.Broekman, C.Hellingman en A.Heuvelmans (CITO).
2. Een semantische differentiaal - zoals bijvoorbeeld weergegeven in figuur 1 - is een veel gebruikt onderzoeksinstrument om het beeld dat mensen van iets (een 'stimulusobject') hebben, te onderzoeken (zie b.v. Lijnse 1985) of de attitude die men t.o.v. een stimulus-object heeft. Fishbein noemt het een van de meest gebruikte attitude-schalen. Een attitude definiëren we hier als een algemene evaluatieve predispositie of wel, in de woorden van Fishbein en Ajzen (1975) 'a person's general feeling of favourableness or unfavourableness toward some stimulusobject'. Fishbein stelt "... it leads to a set of behavioral intentions that indicate a certain amount of affect toward the object is question" (voor deze relatie met gedrag, zie ook voetnoot 3).
3. In de voor- en natest bleek: hoe positiever de algemene attitude t.o.v. radioactiviteit zoals gemeten door de semantische differentiaal (RADAC-schaal), des te sterker de tendens tot acceptatie van bestraling van voedsel (Eijkelhof en Wierstra 1985).

Literatuur

- Coggle, J.E. *Biological Effects of Radiation*, London: Taylor and Francis, 1983.
- Eijkelhof, H.M.C., Kortland, J. en Van der Loo, F.A. Nuclear weapons: a suitable topic for the classroom?, *Physics Education*, 19, 11-15, 1984.
- Eijkelhof, H.M.C., Wierstra, R.F.A. (red.). *Opvattingen, attitudes en gedragsintenties van Havo-5 leerlingen m.b.t. Ioniserende Straling*, Utrecht: Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, R.U.-Utrecht, 1985.
- Fishbein, M., Ajzen, J. *Belief, attitude, intention and behaviour*, London: Addison-Wesley, 1975.

- Jörg, I. Kan natuurkundeonderwijs ook aansluiten bij de ervarings- en belevingswereld van meisjes, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3, 203-218, 1985.
- Lijnse, P.L. Welk beeld hebben natuurkundestudenten van natuurkundigen?, *Tijdschrift voor Didactiek der β -Wetenschappen*, 3, 86-96, 1985.
- Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen. *Programma's natuurkunde eindexamens mavo, havo en vwo*, Den Haag: 1976.
- PLON. *Thema Ioniserende Straling*, Utrecht: R.U.-Utrecht, 1984.
- Reid, R. *Marie Curie*, London: Granada Publishing, 1978.
- Struyker Boudier, H., Heilmann, K., Urquhart, J. *Risico's meten*, Baarn: In den Toren, 1985.
- Wilson, R. Analyzing the daily risks of life, *Technology Review*, 81, 40-46, 1979.
- Vlek, C.A.J., Stallen. P.J.M. *Persoonlijke beoordeling van risico's*, Groningen: Instituut voor Experimentele Psychologie, 1979.
- Wierstra, R.F.A. *Evaluatieverslag Ioniserende Straling*, 1e versie, Utrecht: Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, R.U.Utrecht, 1984.