

De kwaliteit van de organisatie van veiligheid in de stralingshygiëne

Een vergelijkend onderzoek naar de validiteit van de Tripod Delta methode in het domein van de stralingshygiëne.

P.H.M.P. Roelofsma¹, M. van der Steeg², M. van der Vlies², T.W.M. Grimbergen² en R.W. Kloet^{1,2}

Samenvatting

Het doel van dit verkennende onderzoek was het toetsen van de discriminerende validiteit van de prospectieve Tripod methode voor toepassingen in de stralingshygiëne. Hiervoor zijn vragenlijsten uitgezet in een aantal qua werkzaamheden vergelijkbare afdelingen binnen academische centra, waarin met open radioactieve bronnen wordt gewerkt. De resultaten van de antwoorden op de vragenlijsten zijn verwerkt in risicoprofielen. Er is onderzocht of verwachte verschillen in risicofactoren tussen de onderzochte afdelingen kunnen worden aangetoond. Binnen de stralingshygiëne in academisch medische centra, waarin met open radioactieve bronnen wordt gewerkt, is dit nog niet eerder onderzocht.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat Tripod deze verwachte verschillen aantoont. Dit biedt perspectieven om de Tripod methode in te zetten als instrument voor een gestructureerde aanpak van de risicoanalyse binnen de stralingsveiligheid. Het gepresenteerde onderzoek is een aanzet voor nader validiteitsonderzoek en de standaardisatie van de Tripod vragenlijst in complexe medische-technologische omgevingen.

Inleiding

Uit een persbericht van het APS (APS, 16 juli 2007) bleek dat zorginstellingen in Nederland te weinig te bieden hebben bij het voorkomen van brand. Het aantal branden is in de afgelopen twintig jaar vervijfvoudigd. De oorzaken zijn vaak van bouwkundige én organisatorische aard.

Het persbericht geeft het belang aan van organisatorische factoren bij het ontstaan van incidenten. Dit artikel gaat echter niet specifiek over brandrisico's, maar wel over risico-analyses van organisatorische factoren die van belang zijn bij het ontstaan van incidenten in het domein stralingshygiëne binnen academisch-medische centra. Het uiteindelijke doel hiervan is incidenten en ongevallen te voorkomen.

Vanuit de sociale wetenschappen wordt kritiek geuit op de zogenoemde 'ingenieursbenadering', waarbij risico's voornamelijk worden bepaald alleen aan de hand van berekeningen en geen of onvoldoende rekening wordt gehouden met de menselijke factoren (Sanders en Roelofsma, 1993). De sociale wetenschappers zijn van mening dat aandacht moet worden

Summary

The purpose of this case study was to test the discriminating validity of the prospective Tripod method for the field of radiation hygiene. In this study, several questionnaires were distributed among comparable departments, with a similar working pattern to open radioactive sources. The answers of the questionnaires were processed into risk-profiles. As predicted, the study demonstrated consistent differences in Tripod risk profiles between the departments. Within the field of radiation hygiene in a complex technological-medical environment this kind of study was never conducted before.

The results of this study show that the Tripod method is able to demonstrate safety differences between the departments. This creates possibilities for further research and to use the Tripod method as an instrument for structural risk analysis in the field of radiation hygiene. This study is a first step for the standardization of the Tripod questionnaire to be used in a complex technological-medical environment.

geschonken aan de organisatorische factoren (Reason, 1998), zoals de verantwoordelijkheidsstructuur binnen een organisatie, de communicatie, de aanwezigheid van procedures, de kwaliteit van opleiding en training van personeel, het management en de onderhoudsstrategie van de apparatuur.

In de chemische- en petrochemische industrie wordt veel aandacht geschonken aan de organisatorische factoren in de risicoanalyses. Er wordt verondersteld dat deze benadering leidt tot beheersbare oplossingen voor de veiligheid binnen organisaties (Dien e.a., 2004).

Stralingshygiëne en risico's

Momenteel gebeurt het uitvoeren van risicoanalyses in de stralingshygiëne zowel prospectief als ook retrospectief (Kloet e.a., 2006; Roelofsma e.a., 2007). De prospectieve analyse is een preventieve analyse die plaatsvindt zonder dat er een incident heeft plaatsgevonden. Een retrospectieve analyse vindt plaats na o.a. een geconstateerde afwijking of een incident.

¹Faculteit Sociale en Culturele Wetenschappen, afdeling Methoden & Technieken, Vrije Universiteit Amsterdam; e-mail: phmp.roelofsma@fsw.vu.nl

²Dienst Arbo en Milieu, Vrije Universiteit en VU Medisch Centrum, Amsterdam

Het doel van de analyses is het achterhalen van mogelijke gevaren, zodat maatregelen kunnen worden getroffen om incidenten te voorkomen (Svedung en Rasmussen, 2002). In tabel 1 staan enkele voorbeelden van reële stralingsincidenten.

De prospectieve analyse is in de stralingshygiëne nodig voor het verkrijgen van vergunningen. Bij de retrospectieve risicoanalyse wordt in de stralingshygiëne voornamelijk gekeken naar de directe oorzaak-gevolg relatie en de berekening van de ontvangen dosis. Een nadeel hiervan is, dat er minder systematisch wordt gekeken naar de organisatorische c.q. achterliggende factoren die van invloed zijn op het ontstaan van incidenten. Organisatorische factoren bij risicoanalyses krijgen in de stralingshygiëne, mede door de invoering van het Besluit Stralingsbescherming, nu al wel meer aandacht. Voorbeelden zijn de verantwoordelijkheden en bevoegdheden van verschillende medewerkers binnen de organisatie, zoals centrale en decentrale stralingsdeskundige toezichthouders, de opleiding van toezichthouders en gebruikers van stralingsbronnen en het borgen van de kwaliteit van medische apparatuur.

Tabel 1: Voorbeelden van stralingsincidenten met daarbij een aantal mogelijke BRF

Incident	Basisrisicofactor
Morsen met radioactiviteit.	Training
Ontsnappen van radioactief gas uit installaties	Maintenance management Defences Hardware Design
Ventilatie in het hotlab valt uit	Design Hardware Communication
Prikincident	Training
Onjuiste afvoer van een radioactief materiaal	Housekeeping Procedures
Vergissing in bereiding van capsules door softwareprobleem apparatuur	Error enforcing conditions Design Procedures

Analyse van organisatorische factoren

Met de Tripod methode zijn risicoanalyses voor organisatorische factoren mogelijk. Hiermee worden prospectief latente fouten in de organisatie systematisch geanalyseerd. Op dit moment is er nog nauwelijks wetenschappelijk onderzoek verricht naar de discriminerende validiteit van Tripod. Discriminerende validiteit verwijst naar de mate waarin een meetinstrument de relevante verschillen aantoont die men beoogd te meten. Uit onderzoek (Wagenaar en Van der Schrier, 1997) wordt duidelijk dat er in zijn algemeenheid steeds meer behoefte is naar studies over de validiteit van incidentenanalysetechnieken.

De doelstelling van dit onderzoek is het toetsen of een Tripod vragenlijst voor een prospectieve analyse voldoende discrimineert binnen het domein van de stralingsveiligheid. Daarvoor zijn de volgende algemene hypothesen opgesteld,

die verderop in het artikel nader worden toegelicht:

1. Met de Tripod vragenlijst zijn organisatorische verschillen tussen een ISO gecertificeerde en een niet ISO gecertificeerde afdeling statistisch aan te tonen.
2. Met de Tripod vragenlijst zijn organisatorische verschillen tussen een afdeling met een stralingsveiligheidsdienst en een afdeling zonder stralingsveiligheidsdienst statistisch aan te tonen.

Wanneer uit het onderzoek blijkt dat de verwachte verschillen tussen de afdelingen kwantitatief zijn aan te tonen, ondersteunt dit de discriminerende validiteit van Tripod. Dit biedt dan mogelijkheden om een wetenschappelijk onderbouwde systematische analyse van organisatorische factoren in te bedden in de risicoanalysemethodiek zoals die in de stralingshygiëne wordt toegepast.

Methoden en technieken

Voor- en nadelen van gangbare analysemodellen

Er bestaan verschillende soorten (incidenten)analysemodellen, elk met hun eigen voor- en nadelen en kunnen prospectief, retrospectief of beiden zijn. Sklet (2004) heeft een aantal van deze modellen vergeleken. Op basis van de voor- en nadelen van enkele modellen zoals beschreven in kader 1 en de gestelde randvoorwaarden wordt de keuze van het Tripod model voor dit onderzoek nader onderbouwd, zonder daarmee een absoluut waarde-oordeel te beogen. De criteria die gesteld worden aan een aanvullende methodiek t.o.v. de huidige wijze van risicoanalyse zijn:

- Achterliggende organisatorische factoren, die van invloed zijn op het ontstaan van incidenten, moeten te achterhalen zijn.
- De mate van beheersing van veiligheid binnen verschillende organisaties moeten met elkaar te vergelijken zijn.
- De methode moet valide te zijn. De oorzaken die voortkomen uit de analyse dienen inderdaad van invloed te zijn op het ontstaan van incidenten.
- De methode moet betrouwbaar zijn. Hiermee wordt bedoeld dat de resultaten van de analyse onafhankelijk moeten zijn van de persoon die de analyse uitvoert
- De methode moet praktisch uitvoerbaar zijn en relatief eenvoudig zijn toe te passen door de stralingsdeskundigen, die niet over specialistische veiligheidskundige kennis beschikken.
- De methode moet zowel prospectief als retrospectief kunnen worden toegepast naast de huidige incidentenanalyse.
- De methode moet kwantitatief zijn.

Management Oversight and Risk Tree

De MORT methodiek is in 1972 ontworpen voor toepassingen van incidentenanalyses in de nucleaire industrie (Kirwan en Ainsworth, 1992). MORT achterhaalt de oorzaken die een incident tot gevolg hebben gehad. In een beslisboom worden de causale relaties tussen een incident en mogelijke oorzaken van dit incident weergegeven.

Uitgangspunt is, dat er een ongewenste 'energie overdracht' plaatsvindt, doordat bepaalde barrières niet goed functioneren. Deze barrières zijn de S-factoren (hebben direct betrekking op het incident), R-factoren (veronderstelde risico's die niet worden beheerst) en de M-factoren (managementfactoren, die indirect hebben bijgedragen aan het incident).

De nadelen van de MORT zijn: dat het alleen door experts (die een gerichte opleiding en training hebben gehad) kan worden toegepast (Sklet, 2004) en dat het maanden kost voordat er een analyse op tafel ligt. Het blijkt dat het moeilijk is om de betrokkenheid van het management weer te geven in een beslisboom (Leveson, 2004). MORT houdt onvoldoende rekening met sociale en organisatorische factoren.

Hazard and Operability methode

De HAZOP is evenals de MORT in de jaren zeventig ontwikkeld in het Verenigd Koninkrijk. De HAZOP wordt vooral toegepast in de chemische- en olie-industrie (Kirwan en Ainsworth, 1992). Het doel van de HAZOP is om op een gestructureerde manier apparatuur en installaties te analyseren op afwijkingen, die kunnen leiden tot een incident (Swuste e.a., 1997). Afwijkingen van bepaalde parameters zoals temperatuur en druk worden geanalyseerd met behulp van de zogenaamde 'guide words' zoals no (not), more (high/long), less (low/short). De HAZOP is erg specifiek gericht op het technisch analyseren van de apparatuur.

Organisatorische factoren, die van invloed zijn op het ontstaan van incidenten worden vrijwel niet geanalyseerd.

AcciMap

In het model van AcciMap (Svedung en Rasmussen, 2002) worden potentieel gevaarlijke werkzaamheden en interacties binnen het sociaaltechnisch systeem weergegeven. Dit systeem bestaat uit alle factoren die van invloed zijn op de handelingen binnen een organisatie zoals de wet- en regelgeving, de invloed van het management en de strategie en competenties binnen de organisatie (Rasmussen, 1997).

AcciMap geeft inzicht in de causale relaties die een potentieel incident kunnen veroorzaken.

Het model beschrijft de interacties tussen de verschillende hiërarchische niveaus die betrokken zijn bij de veiligheid. De techniek vereist specialistische 'expert' kennis (Sklet, 2004), voordat het kan worden toegepast in de praktijk. De validiteit en de betrouwbaarheid van de Accimap niet zijn getoetst.

Systems Theoretic Accident Model and Processes

Leveson (2004) introduceert Systems Theoretic Accident Model and Processes (STAMP), dat rekening houdt met sociale en organisatorische factoren, systeemincidenten en softwareproblemen, menselijke fouten en aanpassingen in de tijd. Het model is gebaseerd op de eerder genoemde AcciMap. Binnen STAMP wordt veiligheid gezien als de verantwoordelijkheid van het management dat is ingebed in een sociaaltechnisch systeem. STAMP veronderstelt dat incidenten ontstaan door onvoldoende controle en handhaving en geeft een alomvattend inzicht in de achterliggende oorzaken van een incident. Een voordeel van de STAMP ten opzichte van het AcciMap model is dat STAMP rekening houdt met de incidenten die ontstaan door problemen met software. Daarnaast wordt expliciet aandacht geschonken aan de feedback loops tussen de hiërarchische niveaus.

(Healthcare) Failure Mode and Effect Analysis (H)FMEA

De FMEA is een prospectieve risicoanalysemethodiek en is afkomstig van de NASA. De methode is gericht op het voorkomen van gebreken en het verbeteren van de veiligheid. De methode is procesgericht, waarbij de faalkansen in kaart worden gebracht.

In 2001 heeft het Amerikaanse National Centre for Patient Safety deze methode verder ontwikkeld tot de Healthcare Failure Mode and Effect Analysis (HFMEA). Het wordt ook in Nederland toegepast in de gezondheidszorg. De methode is gericht op het prospectief analyseren van risico's in zorgprocessen. Een voorbeeld daarvan is de analyse van het proces van medicatie (Van Tilburg e.a., 2006). Op basis daarvan worden verbeteringen doorgevoerd. HFMEA is een groeiproces met relevante deskundigen (Van Tilburg e.a., 2006), waarbij op basis van een oorzaak-gevolg structuur de foutmogelijkheden van een proces wordt nagegaan.

Vergelijkingen met Tripod

Het voordeel van STAMP vergeleken met Tripod is dat STAMP expliciet de interacties tussen de processen analyseert en dat speciaal aandacht wordt geschonken aan de softwareproblematiek en veranderingen in de tijd. Ook (H)FMEA besteed aandacht aan processen en mogelijke afwijkingen daarin. Indirect houdt Tripod ook rekening met deze factoren. Interacties tussen processen worden in Tripod zichtbaar gemaakt door de basisrisicofactor (BRF) communicatie, design en procedures.

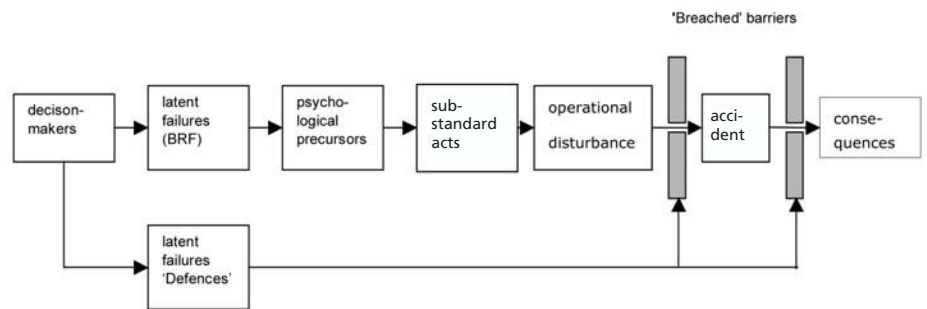
De resultaten van zowel AcciMap, STAMP en (H)FMEA zijn afhankelijk van degene die de incidentenanalyse verricht. Daarmee wordt de subjectiviteit van de incidentenanalysetechnieken aangegeven. De groepsprocessen zijn bepalend voor de uitkomst, en vragen van de deelnemers vrij veel tijd. Het grote voordeel van de wetenschappelijke benadering van Tripod is dat er geen subjectieve invloeden zijn van individuele interpretaties (Groeneweg e.a., 2003).

Zowel MORT als HAZOP houden onvoldoende rekening met sociale en organisatorische factoren en zijn daardoor minder geschikt als aanvullende methodiek voor toepassingen in domeinen waarin deze factoren relevant zijn, zoals stralingshygiëne in academisch-medische centra. AcciMap en STAMP houden wel rekening met de organisatorische factoren die van invloed zijn op het ontstaan van incidenten. De Tripod theorie kijkt ook naar de achterliggende organisatorische factoren. Het voordeel van Tripod ten opzichte van MORT, HAZOP, AcciMap en STAMP is dat van het Tripod model de betrouwbaarheid en de validiteit wetenschappelijk zijn onderzocht. Mede hierdoor voldoet het Tripod model in belangrijke mate aan de gestelde criteria.

Het Tripod model

Tripod is ontwikkeld door de Universiteiten van Leiden en Manchester in samenwerking met Royal Dutch Shell (Hudson e.a., 1994, Wagenaar e.a., 1994 en Groeneweg, 1998). Tripod, gebaseerd op het *General Accident Model* (Wagenaar e.a., 1990), veronderstelt het ontstaan van een incident als een relatie tussen het feitelijke incident, een onveilige handeling en achterliggende oorzaken, de latente fouten. Essentieel in het model is dat menselijk falen nooit op zichzelf staat, maar wordt voorafgegaan door een opeenvolging van factoren (Wagenaar en Van der Schrier, 1997; Van der Graaf en Hudson, 2002).

De latente fouten zijn in het Tripod model ingedeeld in elf basisrisicofactoren (BRF). De 11 BRF zijn tot stand gekomen door het analyseren van enkele honderden incidenten (Wagenaar en Van der Schrier, 1997). Ze zijn wederzijds onafhankelijk van elkaar, zodat een score op één BRF geen voor spelende waarde heeft op de score van een andere BRF (Groeneweg, 1998). Het Tripod model is afgebeeld in figuur 1. Tripod kent zowel een prospectief meetinstrument (Tripod Delta) als een retrospectieve incidentenanalysetechniek (Tripod Bèta).



Figuur 1: Tripod model

De BRF zijn ingedeeld in *generieke* BRF (Procedures, Communication, Training, Incompatible goals and Organization) en *specifieke* BRF (Design, Hardware, Maintenance Management, Housekeeping, Error Enforcing Conditions), zie tabel 2. De generieke BRF gelden voor elk soort organisatie. De specifieke BRF hebben een meer technisch karakter.

De BRF factor *defences* heeft betrekking op het totaal van beveiligingen, zowel voor preventie (alarmering) als beperking van de gevolgschade. Een *barrier* is in staat om het ontstaan van een ongeval te verhinderen.

Een *operational disturbance* is het gevolg van een *substandard act*, een onveilige handeling. Deze onveilige handeling is het gevolg van *psychological precursors*, omstandigheden die aan onveilige handelingen voorafgaan, zoals een hoge werkdruk. De *latent failures (BRF)* zijn fundamentele risicofactoren, voorafgaand aan de *psychological precursors*.

De relatie tussen de BRF en het ontstaan van incidenten is ook in het domein van de stralingshygiëne zeer waarschijnlijk. In het kader van effectief en efficiënt veiligheidsmanagement is dit inzicht belangrijk, omdat de basis van het ontstaan van ongevallen wordt aangepakt. Een optimale beheersing van de BRF maakt een organisatie intrinsiek veilig (Groeneweg e.a., 2004).

De *decisionmakers* (management) zijn bepalend voor de status van fundamentele risicofactoren in een organisatie. Zij beschikken, in tegenstelling tot de operationele medewerkers, wel over mogelijkheden deze fundamentele risicofactoren te veranderen. Daarmee beïnvloeden management beslissingen dus uiteindelijk de kans op het ontstaan van incidenten. De Tripod methode heeft voor het management een paar belangrijke voordelen zoals:

- basisrisicofactoren worden met een inzichtelijk risicoprofiel visueel zichtbaar gemaakt;
- uit het risicoprofiel wordt het verbeterpotentieel binnen de organisatie zichtbaar gemaakt en zijn daarmee belangrijke stuurfactoren voor verbetering door het management;
- performance meting na verloop van tijd is mogelijk, zodat er inzicht is in de bereikte verbeteringen;
- benchmarking tussen de verschillende afdelingen of organisaties is mogelijk.

Tabel 2: Beschrijving van de basisrisicofactoren. De BRF omvat menselijke, organisatorische en technische problemen, die van invloed zijn op het ontstaan van incidenten. De omschrijvingen van de BRF is niet aangepast voor het domein stralingshygiëne, deze zijn generiek toepasbaar volgens de Tripod theorie (Groeneweg, 1998).

Basisrisicofactoren	Omschrijving
(BRF)	
Procedures (PR)	Onvoldoende kwaliteit of beschikbaarheid van richtlijnen, procedures, instructies, handleidingen die ook werkelijk worden toegepast.
Training (TR)	Geen of onvoldoende bekwaamheden of ervaring onder de medewerkers en het ontbreken van de juiste trainingen en cursussen.
Incompatible goals (IG)	De strijdigheid van verschillende doelstellingen, bijvoorbeeld ten aanzien van de productie, veiligheid, planning en economische belangen.
Communication (CO)	Geen of ineffectieve communicatie, de communicatie kan zowel betrekking hebben op de beschikbare media (hardware) als de verbale communicatie tussen personen.
Organization (OR)	Tekortkomingen in de organisatiestructuur, organisatorische processen en managementstrategieën die leiden tot ontoereikende of ineffectieve wijze van management van de organisatie.
Design (DE)	Ergonomisch slecht ontwerp van apparatuur en gereedschappen, die werkzaamheden moeizaam kunnen laten verlopen of oneigenlijk gebruik in de hand werken.
Hardware (HW)	Gebreken m.b.t. kwaliteit, conditie, beschikbaarheid en actuele versus verwachte levensduur van apparatuur, materialen en hulpmiddelen.
Maintenance Management (MM)	Geen of ontoereikende uitvoering van onderhoudstaken, en reparatiewerkzaamheden.
Housekeeping (HK)	Geen of onvoldoende aandacht voor orde en netheid van de omgeving of het ontbreken van faciliteiten voor het opruimen en schoonmaken.
Error enforcing conditions (EC)	Fysieke, psychische en sociale omstandigheden die het maken van fouten in de hand werken.
Defences (DF)	Geen of onvoldoende veiligheidsmechanismen zoals detectie, waarschuwing, evacuatie enz. als gevolg van incidenten en systeemfouten.

Onderzoeksopzet

In dit onderzoek wordt prospectieve Tripod analyse toegepast. Als basis voor het meetinstrument is de Tripod vragenlijst, die bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij is ontwik-

keld (Tripod-NAM vragenlijst, september 2004), toegepast. De aanpassingen van deze vragenlijst voor het domein stralingshygiëne zijn verderop beschreven.

Er is gekozen om prospectieve Tripod analyses uit te voeren, omdat volledig gedocumenteerde registraties van plaatsgevonden incidenten binnen de onderzochte organisaties vaak ontbreken. Betrouwbare retrospectieve analyses zijn dan zonder nader onderzoek niet goed uit te voeren.

Bij de prospectieve methode worden de BRF geanalyseerd aan de hand van een uitgebreide vragenlijst. Tevens sluit de prospectieve analyse goed aan bij de huidige maatschappelijke ontwikkelingen. 'Preventie' in plaats van het nemen van correctieve acties na een ongeval is belangrijker geworden (Groeneweg, 2003). Verantwoordelijkheden worden vanuit de overheid immers steeds meer naar organisaties en bedrijven geschoven.

Voor het onderzoek zijn drie afdelingen uit twee verschillende organisaties gekozen met en zonder ISO 9001 certificering en afdelingen met en zonder stralingsveiligheidsdienst (SVD), zie tabel.

Tabel 3: Onderzochte afdelingen in twee organisaties

	Afdeling	ISO	SVD	Bijzonderheden
Organisatie 1	Afdeling A	Nee	Ja	Research
	Afdeling B	Nee	Nee	Patiënten en research
Organisatie 2	Afdeling C	Ja	Nee	Patiënten en research

De afdelingen verschillen dus onderling min of meer objectief in beheersing van organisatorische aspecten. De overeenkomst van de onderzochte afdelingen is dat deze allen werken met open radioactieve bronnen. Daarom moeten zij voldoen aan nationale wetgeving op het gebied van stralingshygiëne, zoals de aanwezigheid van vergunningen, een stralingshygiënische organisatie, overlegcommissies, risicoanalyse vooraf, voorschriften, opleiding deskundigen, etc.

In dit onderzoek wordt gekeken of met de Tripod vragenlijst de te verwachten organisatorische verschillen kunnen worden aangetoond. Deze te verwachten verschillen zijn hierna beschreven. Tevens is er een toelichting op welke wijze de Tripod vragenlijst voor het onderzoek is aangepast voor het domein 'stralingshygiëne'. Met statistische analyses is ook onderzocht welke items van de vragenlijst significant discrimineren tussen de verschillende afdelingen.

Wel of geen ISO certificatie

Er zijn twee afdelingen Nucleaire Geneeskunde (afdelingen B en C) van twee verschillende ziekenhuizen (Organisaties 1 en 2) onderzocht, waarvan afdeling C in het bezit is van een ISO certificatie. De afdelingen zijn onderling goed vergelijkbaar voor wat betreft de werkzaamheden. Patiëntenzorg heeft prioriteit, zoals o.a. het toedienen van radiofarmaca aan patiënten zoals radioactief jodium. Daardoor is het mogelijk om met diagnostische beeldvormende technieken inzicht te krijgen in

ziektebeelden. Daarnaast is er wetenschappelijk onderzoek naar nieuwe methoden. Alleen medewerkers die met open radioactieve bronnen werken, is gevraagd de vragenlijst in te vullen. Per afdeling betreft dat ca. 15-20 medewerkers.

Beide afdelingen werken vanuit de wetgeving aan de hand van elementen van managementsystemen. De afdeling C met het ISO managementsysteem is gecertificeerd door een geaccrediteerde externe ISO-certificeerder. Hier is dus sprake van een volledig managementsysteem met vrijwillige en dus bewuste keuze voor externe audits. Het systeem van afdeling B wordt alleen op wettelijke eisen getoetst door overheidsinspecties. In relatie tot de opgestelde hypothese zijn verschillen op voorhand te verwachten doordat de ISO certificatie kwaliteitsverbetering als doel heeft door o.a. het vastleggen en verbeteren van bedrijfsprocessen. Omdat wordt verondersteld dat de ISO certificatie leidt tot een verbetering van het management van de totale organisatie (Liao e.a., 2004), is het aannemelijk dat ook een organisatie met een ISO certificatie een kleinere kans op incidenten aangeeft. De verwachting is dat een kwaliteitssysteem in het algemeen leidt tot een zekere orde en netheid wat in de BRF housekeeping tot uiting kan komen. Daarnaast wordt op basis van de norm ISO 9001:2000

'Kwaliteitsmanagementsystemen' verwacht dat de verschillen in Tripod profielen tussen de gemeten afdelingen tot uiting kunnen komen voor de BRF 'procedures', 'organization', 'hardware', 'maintenance management', 'training' en 'communication' ten gunste van de ISO gecertificeerde afdeling.

Wel of geen stralingsveiligheidsdienst

Een tweede manier waarop afdelingen binnen de stralingshygiëne kunnen verschillen, is het wel of niet aanwezig zijn van een decentrale stralingsveiligheidsdienst (SVD) binnen de afdeling.

Hiervoor zijn twee afdelingen vergeleken: een researchafdeling A met SVD en de eerder beschreven afdeling Nucleaire Geneeskunde C zonder SVD maar wel met ISO certificatie. Deze keuze is vanwege objectiviteit gemaakt, omdat de afdeling B Nucleaire Geneeskunde samen met de afdeling A vlak voor het onderzoek onder hetzelfde management is komen te vallen.

De werkzaamheden van de afdeling A met SVD bestaan o.a. uit het doen van laboratorium research naar de toe te dienen radiofarmaca. Er is een 'gastenfunctie' aanwezig, waarin medewerkers tijdelijk gebruik kunnen maken van de specifieke onderzoeksfaciliteiten. Er is mede daarom ook een zwaar veiligheidsregime. Voor wat betreft het werken met de soort radionucliden is dat nauw gelieerd aan het werk binnen Nucleaire Geneeskunde.

De vragenlijst is ingevuld door de researchmedewerkers en direct leidinggevendenden die werken met open radioactieve bronnen.

Voor de afdelingen B en C zonder SVD is er altijd een afdelingsstralingsdeskundige aangesteld die verantwoordelijk is voor de stralingsveiligheid binnen de afdeling. In relatie tot de opgestelde hypothese wordt verondersteld dat het voor een

SVD eenvoudiger is om een onafhankelijke positie in te nemen met betrekking tot de veiligheid binnen de organisatie, dan voor een afdelingsstralingsdeskundige die naast zijn taken als stralingsdeskundige ook nog andere taken vervult. Het takenpakket van de SVD, met een aantal full-time deskundigen, bevat naast de zorg voor de stralingshygiënische veiligheid, ook uit de zorg voor de algemene veiligheid. De SVD houdt zich o.a. bezig met de administratie, de aanschaf en opslag van radioactieve stoffen, de instructie over het werken met radioactieve stoffen, het houden van toezicht op handelingen met radioactieve stoffen, het deelnemen aan inhoudelijke werkoverleggen van de onderzoekers. Daarnaast is er aandacht voor chemische veiligheid, (brand)veiligheidsvoorzieningen etc.. De SVD heeft dus een veel breder takenpakket dan de verplichte afdelingsstralingsdeskundigen. Ook is er een meer onafhankelijke positie van de SVD. Daarom is het te verwachten dat door de hogere kwaliteit en structurele aandacht voor de organisatie van veiligheid, het Tripod foutenprofiel voor de meeste specifieke BRF en de generieke BRF zoals procedures, training en incompatible goals, een gunstiger risicoprofiel zal tonen.

Betrouwbaarheid en validiteit

Bij het ontwikkelen van de prospectieve Tripod is veel aandacht besteed aan het formuleren van betrouwbare en valide vragen (de betrouwbaarheid heeft betrekking op de consistentie van de metingen; de validiteit verwijst naar de mate waarin een meetinstrument meet wat het beoogt te meten). De resultaten komen via statistische data-analyse tot stand. Dit maakt dat Tripod Delta een betrouwbare methode is om vergelijkingen tussen verschillende organisaties uit te voeren (Roggeveen en Groeneweg 2000; Groeneweg e.a., 2004).

Hoewel voor de gas en olie-industrie met diverse studies is aangetoond dat Tripod-NAM vragenlijst een betrouwbare en valide methode is (o.a. Groeneweg, 1998, 2004), is een belangrijk potentieel probleem de generaliseerbaarheid van de Tripod methode binnen verschillende domeinen. Een mogelijke oorzaak van een slechte toepasbaarheid kan de specificiteit van de vragen zijn.

Op basis van de *predictive validity* blijkt dat de Tripod vragenlijst te gebruiken is als een meetinstrument voor het functioneren van het management met betrekking tot de veiligheid (Groeneweg, 1998).

Aanpassingen vragenlijst

Er is getracht de Tripod-NAM vragenlijst zo origineel mogelijk te houden, omdat deze uitgebreid is getoetst op validiteit en betrouwbaarheid. Echter sommige vragen waren zo specifiek gericht op de petro- en chemische industrie, dat het onvermijdelijk was om de vragenlijst per BRF (zowel generieke als specifieke BRF) aan te passen aan de specifieke termen en situaties binnen de stralingshygiëne. Een 11-tal vragen specifiek gericht op de olie- en gas industrie zijn verwijderd, 62 specifiek op stralingshygiëne gerichte vragen zijn toegevoegd en 31 vragen zijn qua terminologie iets aangepast. Bijvoorbeeld: op afdelingen waar met open radioactieve bron-

nen wordt gewerkt is het niet gebruikelijk om te spreken over 'gereedschappen' maar over 'hulpmiddelen'. In de betreffende vraag is het woord 'gereedschappen' dan ook gewijzigd in 'hulpmiddelen'.

Deze aanpassingen hebben geleid tot een aangepaste Tripod-NAM vragenlijst met 326 items. Voor elke BRF zijn 23 tot 33 items geformuleerd die inzicht geven in de risico's voor die BRF binnen een organisatie. De vragen konden worden beantwoord met "ja", "nee", "weet niet" en "niet van toepassing". Hieronder worden voorbeelden gegeven van de verwijderde, de gewijzigde en toegevoegde stralingshygiënische vragen.

- Verwijderde vraag:
"Zijn alle werkschakelaars van elektrische werktuigen dicht bij deze werktuigen geïnstalleerd?"
- Gewijzigde vraag:
"Zijn op alle plaatsen waar dat voor een veilige bediening van de apparatuur noodzakelijk is, extra veiligheidsmaatregelen getroffen?"
In plaats van:
"Zijn op alle plaatsen waar dat voor een veilige bediening van de installatie noodzakelijk is, bordessen aangebracht?"
- Toegevoegde stralingshygiënische vragen:
 - "Is het in de huidige situatie mogelijk dat er radioactief afval met het gewone afval verdwijnt?"
 - "Is de afdeling goed voorbereid voor het geval er zich een noodgeval voor zal doen?"
 - "Kent u de telefoonnummers (tracernummer) van de stralingsdeskundige?"

Resultaten

54 respondenten hebben een volledig ingevulde vragenlijst

geretourneerd wat een response percentage was van 85%. Het invullen vond plaats onder begeleiding van de onderzoeker, waardoor de vragenlijsten compleet werden ingevuld. De antwoorden op de vragen zijn verwerkt in het statistisch programma SPSS. Er is gekeken naar de verschillen in 'ongewenste antwoorden' op de items van de 11 BRF. Per vraag kan dat variëren tussen 'ja' of 'nee'.

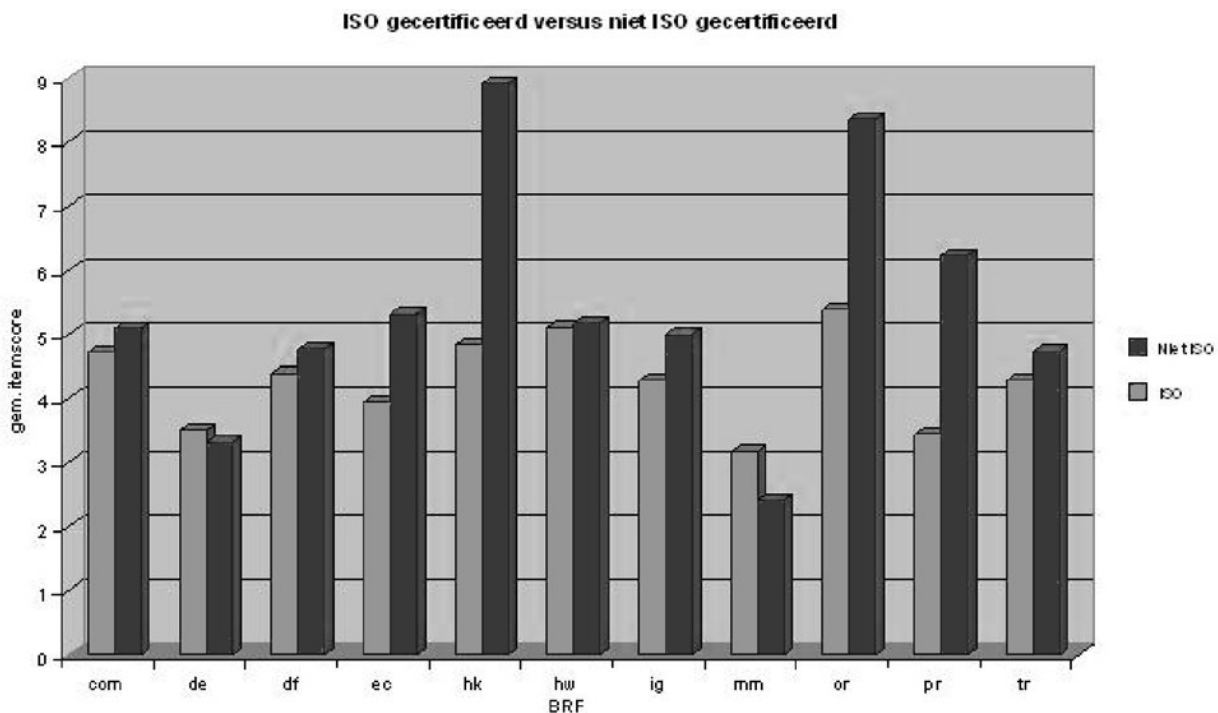
Voorbeeld: het ongewenste antwoord op de volgende vraag "Is het in de huidige situatie mogelijk dat er radioactief afval met het gewone afval verdwijnt?" is: "Ja".

De resultaten van metingen zijn weergegeven in foutenprofielen, waarbij het gemiddelde aantal 'ongewenste' antwoorden' per basisrisicofactor is uitgezet op de y-as. Een hoger profiel geeft dus een hoger gemiddelde itemscore weer van 'ongewenste antwoorden' op een BRF. Dat is een indicatie voor een verhoogd risico.

Verschil ISO en geen ISO

De foutenprofielen van de afdelingen met en zonder ISO certificering zijn weergegeven in figuur 2.

Uit het verschil van de profielen is duidelijk te zien dat afdeling C met ISO certificering op 9 van de 11 BRF lagere scores toont, dan afdeling B die niet ISO gecertificeerd is. Om de verschillen in de test scores tussen de afdelingen te bestuderen is een *multivariate analyse* verricht. Uit de *multivariate analyse* (tabel 4) blijkt dat tussen de scores van de onderzochte afdelingen sterk significante verschillen bestaan. Uit de figuur kan worden afgelezen dat de verschillen tussen de afdelingen voornamelijk het gevolg zijn van de BRF: *housekeeping*, *procedures* en *organization*. Dit zijn drie BRF die in ieder geval overeenkomen met de verwachting in verschillen.



Figuur 2: BRF-profielen van de ISO-gecertificeerde afdeling C en de niet ISO-gecertificeerde afdeling B. Het verschil wordt met name veroorzaakt door de BRF *housekeeping* (hk), *organization* (or) en *procedures* (pr)

Tabel 4: Statistieken van de gemiddelde itemscore van de ISO gecertificeerde afdeling versus de niet ISO gecertificeerde afdeling. De BRF met significante verschillen zijn vet weergegeven

BRF	Multivariate analyse	ISO		Niet ISO	
		Gecertificeerd		gem.	sd
<i>totaal</i>	F=(11,28) 5.624, p<0.05, $\eta^2=0.69$	gem.	sd	gem.	sd
<i>Communication</i>	F=(1,38) 0.21, p=0.67, $\eta^2=0.01$	4.7	2.76	5.1	2.29
<i>Design</i>	F=(1,38) 0.06, p=0.81, $\eta^2=0.00$	3.5	2.75	3.3	2.10
<i>Defences</i>	F=(1,38) 0.25, p=0.62, $\eta^2=0.01$	4.4	2.43	4.8	2.37
<i>Error enforcing conditions</i>	F=(1,38) 1.95, p=0.17, $\eta^2=0.05$	3.9	2.78	5.3	3.33
Housekeeping	F=(1,38) 24.77, p<0.05, $\eta^2=0.40$	4.8	2.60	8.9	2.56
<i>Hardware</i>	F=(1,38) 0.01, p=0.95, $\eta^2=0.00$	5.1	3.20	5.2	3.29
<i>Incompatible goals</i>	F=(1,38) 1.41, p=0.24, $\eta^2=0.04$	4.3	2.08	5.0	1.77
<i>Maintenance management</i>	F=(1,38) 1.13, p=0.30, $\eta^2=0.03$	3.2	2.18	2.4	2.30
Organization	F=(1,38) 6.92, p<0.05, $\eta^2=0.15$	5.4	3.15	8.4	3.86
Procedures	F=(1,38) 11.28, p<0.05, $\eta^2=0.23$	3.4	1.62	6.2	3.19
<i>Training</i>	F=(1,38) 0.18, p=0.67, $\eta^2=0.01$	4.3	3.34	4.7	3.27

Verschil wel of geen SVD

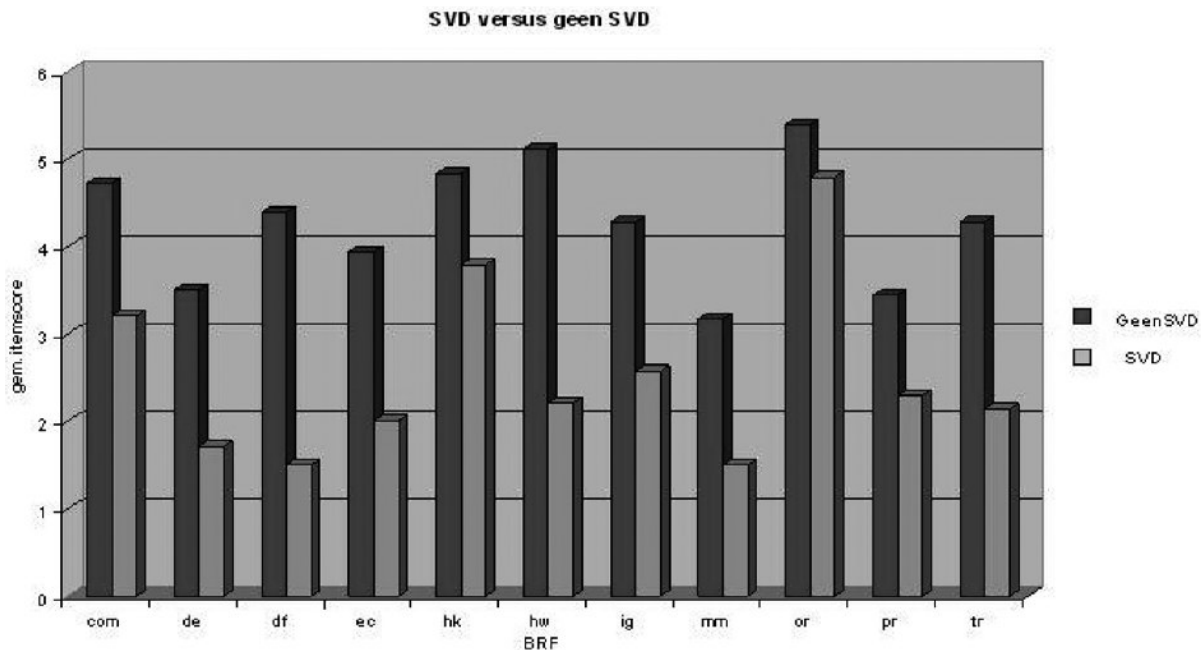
De foutenprofielen van de afdelingen met en zonder SVD worden weergegeven in figuur 3.

De uitkomsten laten zien dat de afdeling met SVD op alle 11 BRF van de Tripod lagere scores toont dan de afdeling zonder SVD, zelfs als daar ook een ISO certificering aanwezig is. Dit komt overeen met de verwachting dat de aanwezigheid van een SVD samengaat met een relatief hogere kwaliteit van de organisatie van stralingsveiligheid en algemene veiligheid. De resultaten van de *multivariate analyse* (tabel 5) laat een sterk significant verschil zien tussen de itemscores van de vergeleken afdelingen. Dit verschil wordt met name veroorzaakt door de BRF: *defences*, *hardware*, *design*, *error enforcing conditions*, *incompatible goals*, *maintenance management*, *procedures* en *training*. Zoals verwacht verschillen vier van de vijf specifieke, meer technisch gerichte, BRF significant. Tevens zijn van

diverse generieke BRF de verschillen significant. Voor de BRF *communication*, *housekeeping* en *organization* zijn geen significante verschillen gevonden tussen afdeling A met SVD en afdeling C zonder SVD.

Bepalen van de meest discriminerende vragen

Om te bepalen welke vragen van de vragenlijst het meest discriminerend zijn, is nadere analyse uitgevoerd naar de relatieve bijdrage in de testscore van de afzonderlijke itemscores. Met de Chi-Square test is bepaald of er verschillen bestaan tussen de antwoord frequenties op afzonderlijke items bij de 11 BRF van de onderzochte afdelingen. In tabellen 6 en 7 staan de items die de sterkste bijdrage leverden in de verschillen tussen de totaal scores bij van de profielen.



Figuur 3: BRF-profielen van de afdelingen met SVD en een afdeling zonder SVD. Sterk significante verschillen worden gevonden voor BRF *defences* (df), *design* (de), *error enforcing conditions* (ec), *hardware* (hw), *incompatible goals* (ig), *maintenance management* (mm), *procedures* (pr) en *training* (tr)

Tabel 5: Statistieken van de gemiddelde itemscore van de afdeling met SVD en de afdeling zonder SVD en met ISO certificering. De BRF met significante verschillen zijn vet weergegeven

BRF	Multivariate analyse	SVD		Geen SVD (met ISO certificering)	
		gem.	Sd	gem.	sd
totaal	F=(11,20) 2.94, p<0.05, $\eta^2=0.62$.				
Communication	F=(1,30) 3.12, p=0.087, $\eta^2=0.01$,	3.2	1.81	4.7	2.76
Design	F=(1,30) 4.56, p<0.05 $\eta^2=0.13$	1.7	1.68	3.5	2.75
Defences	F=(1,30) 17.33, p<0.05, $\eta^2=0.37$	1.5	1.02	4.4	2.43
Error enforcing conditions	F=(1,30) 5.05, p<0.05, $\eta^2=0.14$	2.0	1.88	3.9	2.76
Housekeeping	F=(1,30) 1.5, p=0.23, $\eta^2=0.05$	3.8	2.12	4.8	2.60
Hardware	F=(1,30) 10.32, p<0.05, $\eta^2=0.26$	2.2	1.19	5.1	3.20
Incompatible goals	F=(1,30) 6.31, p<0.05, $\eta^2=0.17$	2.6	1.65	4.3	2.08
Maintenance management	F=(1,30) 5.66, p<0.05, $\eta^2=0.16$	1.5	1.65	3.2	2.18
Organization	F=(1,30) 0.30, p=0.588, $\eta^2=0.01$	4.8	3.02	5.4	3.15
Procedures	F=(1,30) 4.21, p<0.05, $\eta^2=0.12$	2.3	1.54	3.4	1.62
Training	F=(1,30) 4.96, p<0.05, $\eta^2=0.14$	2.1	1.46	4.3	3.34

Tabel 6: Itemanalyse van afdelingen met en zonder ISO certificering

BRF		Chi-Square (X^2)
defences	<i>Is in de afgelopen drie maanden de elektrische spanning op uw werkplek wel eens uitgevallen, zonder dat de noodstroomvoorziening de stroomvoorziening overnam?</i>	($X^2(1,N=40) = 9.04, p<0.01$)
	<i>Is het in de afgelopen drie maanden voorgekomen dat u uw persoonlijke beschermingsmiddelen niet volgens voorschrift heeft gedragen?</i>	($X^2(1,N=40) = 4.27, p<0.01$)
housekeeping	<i>Is het in de afgelopen drie maanden voorgekomen dat er extra aandacht werd besteed aan schoonmaken en opruimen, omdat vertegenwoordigers van een overheidsinstantie op bezoek kwamen?</i>	($X^2(1,N=40) = 16.85, p<0.01$)
	<i>Is er op de afdeling gebrek aan ruimtes, waardoor orde en netheid worden belemmerd?</i>	($X^2(1,N=40) = 12.21, p<0.01$)
hardware	<i>Zijn er in de afgelopen maanden wel eens apparatuur en/of hulpmiddelen gestolen?</i>	($X^2(1,N=40) = 20.57, p<0.01$)

Tabel 7: Itemanalyse afdelingen met en zonder SVD

BRF		Chi-Square (X^2)
communication	<i>Heeft u de afgelopen drie maanden wel eens informatie uit het informele circuit ontvangen welke u niet op tijd via het officiële circuit had kunnen krijgen?</i>	($X^2(1,N=32) = 7.75, p<0.01$)
design	<i>Heeft u in de afgelopen drie maanden bij het gebruik van bepaalde apparatuur moeten improviseren om het systeem draaiende te houden?</i>	($X^2(1,N=32) = 6.73, p<0.01$).
defences	<i>Is in de afgelopen drie maanden de elektrische spanning op uw werkplek wel eens uitgevallen, zonder dat de noodstroomvoorziening de stroomvoorziening overnam?</i>	($X^2(1,N=32) = 8.30, p<0.01$)
	<i>Bestaan er in een aantal ruimtes ruimtedosismonitoren met lichtsignalen?</i>	($X^2(1,N=32) = 8.18, p<0.01$)
	<i>Vinden er veiligheidsoefeningen plaats op uw afdeling?</i>	($X^2(1,N=32) = 15.78, p<0.01$)
housekeeping	<i>Is er en het afgelopen jaar sprake geweest van ongedierte op de werkplek?</i>	($X^2(1,N=32) = 11.52, p<0.01$)
hardware	<i>Heeft zich in de afgelopen drie maanden wel eens een stroomstoring voorgedaan?</i>	($X^2(1,N=32) = 17.03, p<0.01$)
	<i>Is het mogelijk dat iemand de afdeling verlaat zonder te zijn gecontroleerd op besmettingen?</i>	($X^2(1,N=32) = 7.62, p<0.01$)
organization	<i>Heeft u in de afgelopen drie weken het werk van een collega over moeten doen, omdat het door hem/haar niet geheel juist was uitgevoerd?</i>	($X^2(1,N=32) = 6.97, p<0.01$)
	<i>Worden op uw afdeling cursussen en/of trainingen over stralingshygiëne gegeven?</i>	($X^2(1,N=32) = 13.04, p<0.01$)

Discussie en conclusie

Het doel van deze studie was de discriminerende validiteit van de prospectieve Tripod methode voor toepassingen in de stralingshygiëne te onderzoeken. Hiervoor zijn vragenlijsten uitgezet in een aantal qua werkzaamheden vergelijkbare afdelingen binnen academische centra, waarin met open radioactieve bronnen wordt gewerkt. Uit de resultaten van het onderzoek blijkt duidelijk dat Tripod deze verwachte verschillen in risicofactoren tussen de onderzochte afdelingen aantoonde. Deze observatie is een ondersteuning voor de stelling dat Tripod discriminerend vermogen bezit voor het meten van veiligheid in de stralingshygiëne.

Verklaring van de gemeten verschillen: ISO en niet ISO

Voor de BRF housekeeping, procedures en organization werden de verschillen verwacht. Dat kan er op duiden dat ISO certificering leidt tot een positieve beïnvloeding van managementprocessen binnen de organisatie.

Verantwoordelijkheden, procedures e.d. zijn daardoor ook strikter vastgelegd en worden nageleefd.

Door de forse groei van afdeling B in de afgelopen jaren is de organisatie sterk in beweging, er is bij die afdeling voortdurend sprake van nieuwe ontwikkelingen, verbouwingen, ruimtegebrek etc. Dat zet een organisatie onder druk. Als er dan geen invloed van buiten af is, zoals externe audits, om de organisatie blijvend te 'beheersen' kan dat een mogelijke verklaring zijn voor de gemeten verschillen bij de BRF organization en housekeeping.

Voor de overige BRF (hardware, training, communication en maintenance management) zijn er wel verschillen gevonden, maar die zijn niet significant. Voor een deel is dat verklaarbaar omdat bijvoorbeeld de apparatuur (BRF hardware en maintenance management) vrij specifiek is en niet zo zeer wordt bepaald door een kwaliteitssysteem maar door de eisen aan diagnostiek en onderzoek. In beide onderzochte organisaties is een dienst aanwezig die zorgdraagt voor onderhoud aan medische apparatuur. Verder zijn het afdelingen die opereren in een academische omgeving, met toonaangevend onderzoek en topklinische zorg. Het is te verwachten dat deze factoren meer bepalend zijn voor de mate van opleiding (BRF training) van de medewerkers dan een kwaliteitssysteem.

Uit de itemanalyse is gebleken dat een aantal items van de BRF defences, housekeeping en hardware significant verschillen. Op basis van observaties blijkt inderdaad dat bij de niet-ISO gecertificeerde afdeling B ruimtegebrek heerst waardoor orde en netheid (housekeeping) worden belemmerd.

Het is bekend dat bij afdelingen A en B worden gevoed door dezelfde energievoorziening. De antwoordfrequenties van deze afdelingen zijn in orde grootte vergelijkbaar. Bij deze afdelingen heeft geen stroomuitval plaatsgevonden, wat bij afdeling C met ISO kennelijk wel het geval is geweest. Het dragen van PBM is bij afdeling B inderdaad een aandachtspunt. Verder is het is bekend dat in de

gebouwen van afdeling B met enige regelmaat diefstal plaatsvindt.

Verklaring van de gemeten verschillen: SVD en niet SVD

De afdeling A met een SVD heeft een breder takenpakket dan stralingsveiligheid alleen. Tevens hebben zij een onafhankelijke positie binnen de afdeling, en behoeven geen taken binnen het primaire proces uit te voeren. Doordat afdeling C zonder SVD alleen een toezichhoudende stralingsdeskundige heeft, kan dat er toe leiden dat verantwoordelijkheden minder duidelijk aan personen zijn gekoppeld en er mogelijk minder tijd en aandacht is voor stralingshygiëne dan de afdeling met SVD.

Verder zijn er nationale richtlijnen m.b.t. het inrichten van labfaciliteiten, de veiligheidsmaatregelen en veiligheidsprocedures, die ook intern door een SVD gehandhaafd en uitgevoerd kunnen worden. Bij afdeling C ligt de inrichting van de gebouwen/faciliteiten minder vast. Daardoor zijn verschillen in de BRF design, defences, hardware en procedures verklaarbaar.

Doordat afdeling C de radioactieve stoffen meer als middel gebruiken dan als doel op zich, in combinatie met de patiëntendruk, is de kans groter dat stralingshygiëne minder hoog op de prioriteitenlijst staat dan bij afdeling A met SVD, wat het verschil in de BRF incompatible goals kan verklaren.

Ook andere factoren kunnen bijdragen aan de gemeten verschillen. Het verschil in error enforcing conditions kan het gevolg zijn van verschillen tussen de afdeling C met directe patiëntenzorg, waar een hogere werkdruk is met meer psychische belasting en een meer onderzoeksgerichte afdeling A zonder patiënten. Voor de BRF communication zijn in dit onderzoek in alle vergelijkingen geen significante verschillen gevonden, daar is niet een directe verklaring voor. Diverse verschillen zijn dus niet alleen te verklaren door het wel of niet aanwezig zijn van een SVD.

Uit de itemanalyse is gebleken dat er van zes BRF een aantal items significant verschillen. Uit een aantal kenmerken van de onderzochte afdeling kunnen de verschillen worden verklaard. Bij afdeling A met SVD is er een informele communicatie. Daar is ook professionele technische ondersteuning voor beheer en onderhoud van apparatuur. Er is tevens een actieve BHV die periodiek oefent. Ook is bekend dat in dat gebouw ongedierte voorkomt. Zoals eerder aangegeven is er bij afdeling A een streng regime op stralingscontrole door handen-, voeten- en kledingmonitor bij de uitgang. Binnen deze afdeling worden cursussen stralingshygiëne georganiseerd hetgeen op slechts een beperkt aantal plaatsen in Nederland gebeurt.

Nader onderzoek naar de validatie van de vragenlijst

Er waren in deze studie een beperkt aantal parameters beschikbaar, op basis van te verwachten verschillen in beheersing van organisatorische factoren, om de gemeten verschillen tussen de afdelingen te kunnen verklaren. Nader onderzoek is nodig in meer afdelingen en met grotere aantallen respondenten om de nu geconstateerde dis-

criminerende validiteit statistisch nader te bevestigen. Daarnaast zijn de uitkomsten nog niet vergeleken met ander onafhankelijke gegevensbronnen, zoals ongevallen-gegevens. Een aantal mogelijkheden voor vervolgonderzoek en nadere validatie zijn hierna beschreven.

Onderzoek naar de betekenis van het risicoprofiel

De volgende stap in het onderzoek naar de toepasbaarheid van de Tripod methode in de stralingshygiëne dan wel in breder zin in complex medische werkomgeving, is het toetsen van de andere vormen van validiteit, bijvoorbeeld: de *content validity*. De *content validity* in dit verband verwijst naar de mate waarin de specifieke profielen voldoende bereik dekken van de betekenis van veiligheid in de stralingshygiënische organisatie. Dit wordt onderzocht middels *focus group* interviews. De verkregen informatie kan worden gebruikt om de vragenlijst te optimaliseren. Vergelijkbaar onderzoek in relatie tot veiligheid is uitgevoerd door Guldemond (Guldemond e.a., 2006).

Gebruik van ongevallenscenario's

Met de prospectieve Tripod zijn de managementfactoren te bepalen die bij falen geen ongeval veroorzaken, maar wel de kwaliteit van de primaire barrières bepalen (Paas en Swuste, 2003). Deze veiligheidsbepalende barrières vormen het centrum van het managementsysteem. Bij een retrospectieve ongevallenanalyse (zoals met Tripod bèta) wordt altijd gezocht naar falende barrières en de factoren die de oorzaak zijn van het doorbreken van de barrière. Omdat ongevallen niet zo vaak plaats vinden is het aantal ongevallen alleen geen bruikbare indicator voor de veiligheid binnen een organisatie (Wielaart en Swuste, 2001). Het is mogelijk om op basis van reële scenario's prospectief ongevalgegevens te modelleren. Het 'vlinderdasmodel' of Bow-tie model is een geschikt model om risicofactoren, preventieve maatregelen en herstel mogelijkheden te beschrijven (NTA 8009, 2007). Op basis van effectscenari'o's en de schades zijn barrières af te leiden die verhinderen dat scenario's zich kunnen ontwikkelen (Paas en Swuste, 2004). Deze werkwijze kan aanvullend zijn om de uitkomsten van de Tripod Delta analyse te toetsen.

Toepassing Tripod Delta in relatie tot patiëntveiligheid

Omdat de toepassing van de Tripod vragenlijst in een complexe medische-technologische nader wordt onderzocht is het leggen van een relatie met patiëntveiligheid voor de hand liggend. De Tripod Delta methode sluit aan bij recente ontwikkelingen van het introduceren van veiligheidsbeheerssystemen voor patiënten binnen ziekenhuizen (Wagner en Stuben, 2007). Volgens Wears (Wears en Sutcliffe, 2000) is het meeste werk op patiëntveiligheidsgebied op 'mezzo' (afdeling) en 'micro' (individueel) niveau. Bijdragen aan fouten door een hoger organisatieniveau, het 'macro niveau', is gewoonlijk minder onderzocht. Wears noemt o.a. Tripod Delta als een voorbeeld van toepassing in de industrie, dat navolging verdient in de gezondheidszorg. Een verdere ontwikkeling van de Tripod vragenlijst in de genoemde

context kan dus tevens bijdragen aan het verbeteren van patiëntveiligheid.

Conclusie

De doelstelling van deze studie was het toetsen van de discriminerende validiteit van de Tripod methode in het domein van de stralingshygiëne. Om de validiteit van Tripod te kunnen toetsen moeten er verschillen zijn in de mate van beheersing van organisatorische aspecten tussen de afdelingen. De resultaten bevestigen voor een belangrijk deel de opgestelde hypothesen. Uit dit eerste onderzoek binnen het domein van de stralingshygiëne blijkt dat de Tripod-NAM vragenlijst, met een aantal kleine aanpassingen, in principe voldoende discrimineert om verwachte verschillen in de BRF tussen de afdelingen aan te tonen. Verder zijn de verschillen van de meest discriminerende vragen grotendeels te objectiveren aan de hand van ervaringen en observaties. Dat ondersteunt de discriminerende validiteit van de Tripod methode voor toepassingen in de stralingshygiëne. Nader validatieonderzoek is wel noodzakelijk om de vragenlijst van de Tripod methode geschikt te maken voor een bredere toepassing in complexe medische-technische omgevingen.

Literatuur

- Dien, Y., Llory, M., Montmayeul, R., "Organizational accidents investigation methodology and lessons learned." Journal of Hazardous Materials. Vol. 111, p.147-153
- Graaf, G.C. van der, Hudson, P., (2002) "Hearts and Minds: The status after 15 years research". Paper for presentation at the SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 maart 2002
- Groeneweg, J. (1998). Controlling the controllable, the management of safety. Leiden: DSWO Press
- Groeneweg, J, Lancioni, G.E., Metaal, N., (2003), "Tripod: managing organisational components of business upsets", Safety and Reliability, Swets & Zeitlinger, Lisse, p. 707-712
- Groeneweg, J, Lancioni, G.E., Metaal, N., Verhoeve, K.N.R., (2004), "Tripod: Professionalism versus amateurism in the management of safety", Society of Petroleum Engineers Inc. Paper for presentation at the Seventh SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Calgary, Alberta, Canada, 29-31
- Guldemond, F, Ellenbroek, M., Hende R. van den, (2006), Organisatiecultuuronderzoek in een oer-Hollands bedrijf, Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap, jaargang 19, nr. 2

- Hudson, P.T.W., Reason, J.T., Wagenaar, W.A., Bentley, P.D., Primrose, M., Visser, J.P. (1994). "Tripod Delta, Proactive Approach to Enhanced Safety". *Journal of Petroleum Technology*. Vol.46, No.1, p. 58-66
- Kirwan, B., Ainsworth, L.K. (1992). *A Guide to Task Analysis*. London: Taylor & Francis Ltd
- Kloet, R.W., Steeg, M. van der, Grimbergen, T.W.M., Vlies, M. van der, Roelofsma, P.H.M.P. (2006). "De toepassing van Tripod in de stralingsveiligheid", *NVVK info*, jaargang 15, No. 5
- Leveson, N. (2004). "A new accident model for engineering safer systems". *Safety Science*, Vol. 42, p.237-270
- Liao, H.T., Enke, D., Wiebe, H. (2004). "An expert advisory system for the ISO 9001 quality system". *Expert Systems with Applications*, Vol. 27, p.313-322
- Nederlandse Aardolie Maatschappij (1996). B.V. Snelle referentie naar de TRIPOD incidenten analyse. NAM: Assen
- NTA 8009 (2007), 'Veiligheidsmanagementsysteem voor ziekenhuizen en instellingen die ziekenhuiszorg verlenen', NEN, Delft
- Paas, C., Swuste, P., (2006). "Mobiele kranen, wat gaat er mis. Een onderzoek naar dominante ongevalsscenario's, Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap, jaargang 19, nr. 3
- Rasmussen, J. (1997). "Risk management in a dynamic society: a modelling problem". *Safety Science*. Vol. 27, No.2/3, p.183-213
- Reason, J.T. (1998). "Achieving a safe culture: theory and practice". *Work en Stress*. Vol.12, No.3, p.293-306
- Roelofsma, P.H.M.P., Steeg, M. van der, Grimbergen, T.W.M., Vlies, M. van der, (2007), "De toepassing van Tripod risicoanalysemethodiek in de stralingshygiëne, hoe is de conditie van uw stralingshygiënische organisatie?", *NVS nieuws*, no. 1
- Roggeveen, V., Groeneweg, J. (2000), "Positieve ervaringen met Tripod", *NVVK Info*, jaargang 9, No 9.1
- Sanders, A.F. and Roelofsma, P.H.M.P. (1993). "Performance evaluation of human machine systems". In: Hopkin V.D e.a.. *Verification and validation of complex systems: Human factor issues*. Berlin: Springer Verlag
- Sklet, S., (2004), "Comparison of some selected method for accident investigations", *Journal of Hazardous Materials*, Issues 1-3, p. 29-37
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (2001). Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit Stralingsbescherming. Den Haag: ministerie VROM, ministerie van SZW en ministerie VWS
- Svedung, I., Rasmussen, J. (2002). "Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents". *Safety Science*. Vol. 40, p. 397-417
- Swuste, P., Goossens, L., Bakker, F., Schrover, J. (1997). "Evaluation of accident scenarios in a Dutch steel works using Hazard and operability study". *Safety Science*. Vol. 26, No.1/2 p.63-74
- Tilburg, C.M., van, Leistikow, I.P., Rademaker, C.M.A., Bierings, M.B., Dijk, A.T.H., van, (2006), "Health care failure mode and effect analysis: a useful proactive risk analysis in an pediatric oncology ward", *Quality and Safety in Health Care*, No. 15, p. 58-63
- Wagenaar, W.A., Groeneweg, J., Hudson, P.T.W., and Reason, J.T. (1994). "Promoting safety in the oil industry". *Ergonomics*. Vol.37, No.12, p.1999-2013
- Wagenaar, W.A., Hudson, P., and Reason, J.T. (1990). "Cognitive Failures and Accidents". *Applied Cognitive Psychology*. Vol.4, p.273-294
- Wagenaar, W.A. and Schrier, J van der. (1997). "Accident Analysis The Goal and How to get There". *Safety Science*. Vol.26 No.1/2, p. 25-33
- Wagner, C., Stuben, V. (2007), "Op weg naar het veiligheidsmanagementsysteem, een tussenstand", NIVEL
- Wears, R.L., Sutcliffe, K.L., (2000), "Patient safety at the Organizational Level". Additional Statement. National Summit on Medical Errors and Patient Safety Research
- Wielandt, P., Swuste, P., "De veiligheid van treinreizigers, een zoektocht naar bruikbare indicatoren" *Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap*, jaargang 14, nr. 3