

ENKELE EIGENSCHAPPEN VAN 23 VERSCHILLENDE TANDHEELKUNDIGE RÖNTGENFILMS

J. VAN AKEN

Inleiding:

Voor intraorale röntgenopnamen staan ons een groot aantal verschillende röntgenfilms ter beschikking. Om hieruit de filmsoort te kiezen die zo goed mogelijk aan bepaalde te stellen eisen voldoet is men verplicht een vergelijking tussen de films te maken. Voor een dergelijke vergelijking kan men een groot aantal criteria aanleggen, zoals bijvoorbeeld: de gevoeligheid, de kleur, het contrast etc. Sommige van deze criteria zijn hier gebruikt om een 23 tal verschillende röntgenfilms te vergelijken.

Een ander soort informatie kan eveneens van belang zijn zoals: houdbaarheid van de films, gebruiksaanwijzing, herkenningstekens etc. Daarom werden gegevens hieromtrent eveneens verzameld. Enkele vergelijkingen werden door middel van een subjectieve methode uitgevoerd.

Materiaal en methode:

De onderzochte filmsoorten zijn in tabel 1 vermeld. Bij enkele van de criteria wordt gebruik gemaakt van de zwarting die de film vertoont. Deze zwarting kan worden gemeten met behulp van een densitometer. In een dergelijk apparaat wordt een lichtbundel op de film gericht. De hoeveelheid licht die op de film valt en die wordt doorgelaten kan worden gemeten, waaruit vervolgens de zwarting te berekenen is. In dit onderzoek werden de metingen volgens een internationale standaard uitgevoerd¹. Voor een goede vergelijking tussen de films is het een essentiële eis dat het ontwikkelproces gestandaardiseerd wordt. Dit betekent dat de ontwikkelvloeistof steeds vers is en voorts de juiste samenstelling en de juiste temperatuur heeft. De duur van het ontwikkelproces en de beweging van de films en de vloeistof ten opzichte van elkaar moeten eveneens gestandaardiseerd worden.

Tegen deze wijze van standaardisatie kunnen bezwaren aangevoerd worden. Zo is het mogelijk dat elke filmsoort een ontwikkelvloeistof van een andere samenstelling en een andere ontwikkeltijd vergt om tot opti-

TABEL I

Film no.	Fabrikant	Type	Code	Emulsie no.	Vervaldatum
1	Adox	Dozahn Extra-Fast	—	53 G 105-2	—
2	Adox	Dozahn Extra-Fast Blue-Base	—	153/506/1	mei 1960
3	Adox	Super	—	64 F 135-1	—
4	Agfa	Normal	25D	7110/241	—
5	Ceaverken	Dent-X Normal	—	070735	december 1960
6	Ceaverken	Dent-X Rapid	—	080762	december 1959
7	Du Pont	Single-coated	S-1	551265-1	december 1959
8	Du Pont	Double-coated	D2	550-415-12	september 1960
9	Du Pont	Lightning-Fast	DC-2	555-300 2B	september 1960
10	Ferrania	D 5	D5	01331-48	mei 1960
11	Gevaert	Dentus Rapid	—	2450133	september 1960
12	Gevaert	Dentus Super Rapid	—	2452151	september 1960
13	Herzog	—	—	6660	—
14	Herzog	Blau Basis	—	6627	—
15	Ilford	5 P	5 P	4xF656A	—
16	Kodak	Radia-Tized	DF-1	03112015534	oktober 1960
17	Kodak	Ultra-Speed	DF-57	02256037454	augustus 1960
18	Kodak	Super-Speed	DF-45	213052972892	september 1960
19	Minimax	Intermediate	BD	—	—
20	Minimax	Extra-Fast	EFD	—	—
21	Rinn	Regular	DC	—	oktober 1960
22	Rinn	Medium Fast	MF	—	oktober 1960
23	Rinn	Extra Fast	EF	—	juli 1960

male resultaten te leiden. Een goede vergelijking van de verschillende filmsoorten is echter slechts door te voeren door gebruik te maken van één ontwikkeltvloeistof en één ontwikkeltijd. De vloeistof die werd gebruikt was Kodak D-19b; de temperatuur van de vloeistof werd op $20 \pm 0,1^\circ \text{C}$ gehouden. (Een Amerikaanse standaard² eist $20 \pm 0,5^\circ \text{C}$).

Voor de duur van het ontwikkelproces werd 4,5 min. genomen. In verband met de bescherming tegen röntgenstralen wordt het soms aanbevolen de belichting te verminderen en dit te compenseren door de films langer te ontwikkelen. Het contrast en de sluierwaarde nemen hierdoor waarschijnlijk toe. Daarom werd nagegaan of bij een ontwikkeltijd van 9 minuten de sluier en het contrast toenemen. De agitatie in de ontwikkeltvloeistof werd gestandaardiseerd door de vloeistof door een buis te pompen die van de bodem van de tank naar de oppervlakte liep. Tevens werd de hanger met de films mechanisch op en neer bewogen. De gebruikte criteria zullen nu beschreven worden.

De gevoeligheid

De gevoeligheid is een maat die aangeeft hoe lang de film belicht moet

worden om tot een goed resultaat te komen. Een *lage* gevoeligheid komt overeen met een *hoge* belichtingstijd (of hoge dosis röntgenstralen). Daarom wordt voor de gevoeligheid meestal het omgekeerde van de belichting genomen. Ter vereenvoudiging zal hier de gevoeligheid evenredig met de belichting gesteld worden. Aangezien een groot aantal factoren de belichtingstijd bepalen is het slechts mogelijk relatieve gevoeligheden op te geven. Deze relatieve gevoeligheid kan bij voorbeeld bepaald worden door de dosis te meten die de film nodig heeft om een gegeven zwarting op te leveren. Deze methode wordt toegepast in een Amerikaanse standaardmethode³.

Er bestaat echter de mogelijkheid dat films die volgens deze objectieve methode dezelfde gevoeligheid hebben maar een verschillend contrast, beelden opleveren (bij dezelfde belichting) die visueel beoordeeld niet gelijk zijn. De sluier en de kleur van de film kunnen eveneens maken dat de uitkomst van een objectieve methode minder representatief is voor de visuele beoordeling.

Bovendien is het mogelijk dat verschillende waarnemers een verschillend oordeel hebben en tenslotte kan de gevoeligheid nog afhankelijk zijn van de kwaliteit van de straling.

Om al deze redenen werd de gevoeligheid door middel van een subjectieve methode bepaald. Terzelfdertijd werd nagegaan hoe groot de spreiding tussen de beoordeling van de verschillende waarnemers was en de invloed van de kwaliteit van de straling.

Opnamen werden gemaakt van een fantoom van de bovenkaak. Het fantoom bestond uit een halve bovenkaak doordrenkt en bedekt met agar-agar als substituut voor de weke delen. Om uitdroging te voorkomen werd het geheel met een dunne laag zelfpolymeriserende kunsthars bedekt.

Een serie van negen opnamen werd van dit phantoom gemaakt op kodak Radia-Tized films.

Elke opname werd steeds 9% langer belicht dan de voorgaande. Deze serie opnamen werd „de standaard serie” genoemd. De films werden genummerd van 1 tot en met 9 en gesymboliseerd met „y”. Tijdens de opnamen kan variatie in de netspanning evenals onregelmatigheden in de tijdschakelaar de gewenste nauwkeurige belichting verhinderen.

Daarom werd ter controle de dosering op een vast punt in de bundel bij elke belichting gemeten. Indien geen onregelmatigheden optreden zal de logaritmische van de gemeten dosering evenredig zijn met de toegekende nummering. Bij afwijkingen groter dan 1% van deze evenredigheid werd de nummering gecorrigeerd waarbij nieuwe nummers aan de films werden toegekend evenredig met de logdosis.

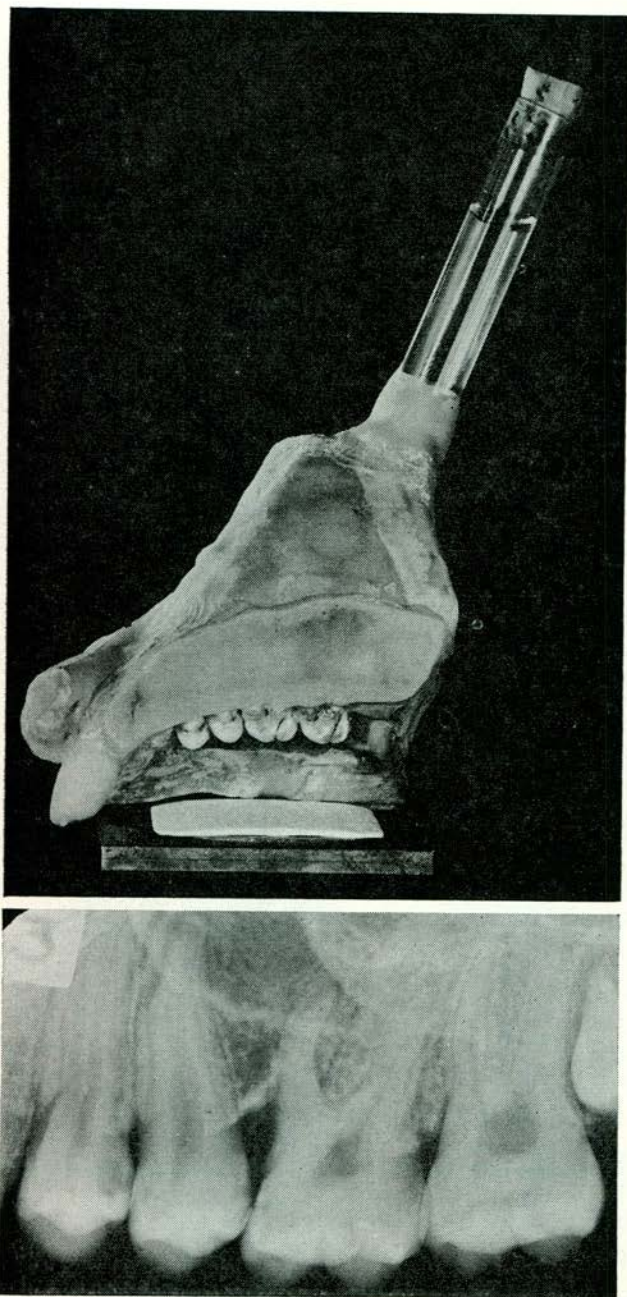


Fig. 1. Het fantoom voor het maken van de röntgenopnamen met een voorbeeld van het resultaat.

(Hierdoor ontstaan getallen met 1 decimaal). De te beantwoorden vraag luidt nu:

Welke belichting vraagt elk van de te onderzoeken films om een beeld op te leveren dat qua zwarting overeenkomt met no. 5 (y_0) van de standaard serie.

Om dit te bepalen werden van elke filmsoort 5 exemplaren met behulp van het phantoom belicht.

Elke opname werd een 20% langere belichting gegeven in vergelijking met de voorgaande. Er werd getracht tenminste één opname lichter te produceren en één donkerder dan het voorbeeld (y_0)

Hiervoor waren vijf foto's nodig omdat de gevoeligheid van de film niet nauwkeurig bekend was. Bij deze opnamen werd eveneens de dosering (gesymboliseerd met x) in de bundel op een vast punt bepaald.

Uit elke serie van 5 werden twee opeenvolgende exemplaren gezocht waarvan de één lichter de andere donkerder dan het voorbeeld (y_0) was. Indien de keuze moeilijk was werd een derde toegevoegd.

Een proefpersoon werd gevraagd alle geselecteerde films in een aselechte volgorde één voor één te vergelijken met de standaardserie en aan te geven met welke elk het beste qua zwarting overeenkwam.

Op deze manier werd de volgende informatie verkregen: De film met onbekende gevoeligheid met dosis x_1 komt overeen met no. y_1 van de standaardserie, de onbekende film belicht met dosis x_2 komt overeen met no. y_2 . Door interpoleren is hieruit te berekenen hoe groot de dosis x_0 moet zijn om een exemplaar op te leveren dat met no y_0 van de standaardserie overeenkomt.

$$x_0 = x_1 + \frac{y_0 - y_1}{y_2 - y_1} (x_2 - x_1)$$

Dertien waarnemers voerden deze vergelijking uit. (Elf tandartsen, een röntgenassistente en een fotograaf). Door de gemiddelde beoordeling te gebruiken wordt het resultaat betrouwbaarder en bovendien is het hierdoor mogelijk de spreiding in de beoordeling te bepalen (zie appendix 1).

De sluierwaarde

De zwarting die een onbelichte ontwikkelde film vertoont is de som van de zwarting van het basismateriaal (de drager van de emulsie) en van de emulsies.

De totale zwarting zal met de term sluierwaarde worden aangeduid. Een hoge sluierwaarde betekent de afwezigheid van lichte heldere gedeelten in de opname en een vermindering van het contrast. De sluierwaarde werd bepaald na ontwikkelen gedurende 4,5 en 9 minuten.

Het contrast

De helling van de curve die het verband tussen dosis en zwarting weer-geeft bepaalt het contrast. Een hoog contrast in een opname betekent grote verschillen in de zwartingen een laag contrast daarentegen geringe verschillen.

Behalve het contrast wat de film zelf produceert zijn er ook andere factoren die het contrast van röntgenopnamen bepalen, zoals bijvoorbeeld het kilovoltage en de filtering.

De helling van de zwartingscurve kan bepaald worden volgens een Amerikaanse Standaard³. Omdat de eisen die bij deze standaard methode gesteld worden niet overeenkomen met de hier toegepaste techniek, werd de helling van de curve bij een zwarting 1,5 boven de sluiswaarde als maat voor het contrast genomen.

De zwartingscurve werd bepaald door een film die bedekt werd met een aluminium trap (0-2-4-6-8-10-12-14 mm aluminium) te belichten. De belichtingstijd werd gekozen in overeenstemming met de gevonden gevoeligheid. Van elke filmsoort werden 2 exemplaren belicht. Deze werden respectievelijk 4,5 en 9 minuten ontwikkeld. Elke film vertoonde een serie van 8 verschillende zwartingen. De hoeveelheid doorgelaten straling door de verschillende diktes aluminium werd met een dosimeter bepaald. De combinatie van de acht verschillende gradaties met de dosisbepalingen maakt het mogelijk een zwartingscurve te tekenen. Alleen de verhouding tussen de doorgelaten hoeveelheden straling is van belang voor het bepalen van het contrast. Zoals boven vermeld werd het contrast bepaald door na te gaan hoe groot $\frac{d \text{ zwarting}}{d \text{ logdosis}}$ is bij een zwarting 1,5 boven de sluiswaarde.

De gekorreltheid

Sterke gekorreltheid van de film vermindert de mogelijkheid kleine details op de film waar te nemen. Indien kleine details van belang zijn is het dus gewenst een filmsoort te gebruiken met een geringe gekorreltheid. Deze werd door middel van een subjectieve beoordeling bepaald. De opdracht aan de dertien waarnemers luidde: Plaats de 23 x_1 films in volgorde van oplopende gekorreltheid (nummering van 1 tot 23). Later werd hen gevraagd dit nogmaals te doen met de x_2 films.

Elke filmsoort werd hierdoor 26 maal een rangnummer toegekend. Het gemiddelde rangnummer werd gebruikt als maat voor de gekorreltheid.

De kleur van de film

De kleur van de film beïnvloedt de algemene indruk van het beeld. In hoeverre de interpretatie hierdoor wordt beïnvloed werd niet nagegaan. De kleur van de film werd door drie personen bepaald. Er kon gekozen worden tussen neutraal, blauw en bruin. De beoordeling wordt beïnvloed door:

1. de kleur van het licht in de lichtkast waarop de foto's beoordeeld worden;
2. de kleur van het licht in de omgeving;
3. de kleur van de films die naast de te beoordelen film liggen.

De kleur van x_1 en x_2 films werden in aselechte volgorde bepaald. Verschillen in uitspraak werden door een gemeenschappelijke beoordeling tot overeenstemming gebracht. Door bovengenoemde redenen zal het duidelijk zijn dat hier slechts sprake kan zijn van een ruwe benadering.

De verpakking van de film

De verpakking van de films moet deze tegen licht en vocht beschermen. Onvoldoende bescherming tegen vocht kan ontstaan door een slechte verpakkingwijze of door waterabsorptie van het verpakkingmateriaal. Lekkage heeft tot resultaat dat de films, indien niet onmiddellijk uitgepakt, aan het verpakkingmateriaal gaan kleven. Het is duidelijk dat een goede bescherming tegen vocht van groot belang is. De bescherming tegen vocht werd op twee manieren nagegaan.

1. De films werden aan een overmaat van röntgenstralen blootgesteld en daarna zonder uit te pakken gedurende 4,5 minuut ondergedompeld in de ontwikkelvloeistof. Indien lekkage optreedt zal de ontwikkelvloeistof de film bereiken en daar ter plaatse een zwarting doen ontstaan. Hierna werden de films gedurende korte tijd afgespoeld en ondergedompeld in de fixeer uitgepakt. De aan- of afwezigheid van zwartingen werd als maat voor de lekkage gebruikt. Een andere film werd vóór het ontwikkelen in twee richtingen gebogen rond een cilindrisch oppervlak met een straal van 2 cm.
2. Het waterabsorberende vermogen van de film werd bepaald door de gewichtstoename van een verpakte film te bepalen die ontstaat door onderdompeling in water gedurende dertig seconden. Na onderdompeling werd de film tussen een handdoek afgedroogd. Een andere film werd voor de onderdompeling in twee richtingen rond een cilindrisch oppervlak met een straal van 2 cm gebogen.

Enige bezwaren tegen de methodiek zijn aan te voeren. Zo wijken de vloeistoffen die bij de eerste en de tweede proef werden gebruikt in ver-

schillende opzichten af van speeksel. Tegen het gebruik van speeksel in de proef zijn echter ook bezwaren aan te voeren. Zo is de samenstelling hiervan en de Ph voor verschillende individuen verschillend.

Het herkenningsteken

De meeste filmsoorten hebben een herkenningsteken om de voor- en achterzijde van elkaar te kunnen onderscheiden. Het sorteren en monteren van de films wordt daardoor vereenvoudigd.

De dikte van de film

De dikte van de films varieert al naar gelang de soort. Grote verschillen werden gevonden. De metingen werden verricht met een micrometer.

Het aantal emulsielagen

Tandheelkundige röntgenfilms werden vroeger evenals de fotografische films aan één zijde van de drager van een emulsielaag voorzien. Later werd de gevoeligheid verhoogd door aan beide zijden een emulsielaag aan te brengen.

De houdbaarheid

Bij lang bewaren neemt de sluiertwaarde toe. Daarom moeten de te gebruiken films niet te oud zijn. Het is daarom van groot belang dat de fabrikant een vervaldatum vermeldt na welke datum de film als te oud moet worden beschouwd.

De gebruiksaanwijzing

De meeste fabrikanten vermelden in de gebruiksaanwijzing hoe lang de film belicht moet worden. De belichting wordt echter door een groot aantal factoren bepaald, zoals de hoogspanning, de filtering, en het aantal milli-ampères buisstroom, de focus filmafstand en het ontwikkelproces. Hoewel de aangegeven belichtingstijd meestal vergezeld gaat van enkele gegevens over deze factoren blijft de vraag bestaan in hoeverre deze voldoende zijn. Daarom werd een vergelijking gemaakt tussen de belichtingstijd zoals deze door de fabrikant opgegeven wordt en de relatieve gevoeligheid zoals deze in dit onderzoek gevonden werd.

Enkele eigenschappen van 23 verschillende tandheelkundige röntgenfilms

TABEL II

Filmnummer in volgorde van max. naar min. gevoeligheid	Relatieve gevoeligheid						Gemiddelde relatieve gevoeligheid afgevoerd tot 2 cijfers \bar{x}	Gemiddeld rangnummer voor gekorreldeheid	Sluierwaarde na ontwikkelen gedurende		contrast na ontwikkelen gedurende	
	Harde straling 70 kV 5 mm Al			Zachte straling 45 kV 1 mm Al					4,5 min.	9 min.	4,5 min.	9 min.
	x_0	S_{x_0}	$\frac{100S_{x_0}}{x_0}$	x_0	S_{x_0}	$\frac{100S_{x_0}}{x_0}$						
12	1,19	0,06	4,7	1,15	0,02	1,5	20,0	0,17	0,20	1,9	2,0	
3	2,20	0,03	1,5	1,98	0,06	3,0	18,4	0,12	0,25	2,0	2,2	
9	2,93	0,14	4,9	2,89	0,13	4,5	15,7	0,15	0,20	2,1	2,1	
17	3,29	0,04	1,2	3,11	0,08	2,5	12,4	0,17	0,18	2,4	2,4	
15	3,64	0,04	1,2	3,58	0,05	0,8	11,8	0,18	0,22	2,7	3,0	
1	4,38	0,21	4,8	3,75	0,08	2,2	20,9	0,06	0,18	1,9	2,0	
4	4,08	0,07	1,7	4,13	0,29	7,1	16,9	0,13	0,23	2,0	2,0	
14	4,59	0,09	2,0	3,81	0,05	1,4	19,4	0,13	0,17	2,1	2,1	
6	4,40	0,08	1,9	4,03	0,05	1,2	12,3	0,17	0,23	2,4	2,4	
13	4,62	0,16	3,5	3,87	0,16	4,2	21,2	0,05	0,06	2,2	2,5	
10	4,53	0,20	4,4	4,57	0,19	4,3	18,4	0,22	0,33	1,3	1,3	
18	5,27	0,19	3,5	4,46	0,32	7,2	14,4	0,20	0,27	1,5	1,6	
11	5,64	0,08	1,4	5,82	0,09	1,5	7,9	0,16	0,17	2,5	2,6	
20	5,76	0,26	4,5	5,94	0,11	1,9	7,7	0,13	0,16	2,3	2,5	
23	5,94	0,10	1,6	5,88	0,11	1,8	7,8	0,15	0,18	2,4	2,4	
2	7,32	0,08	1,1	5,56	0,08	1,4	18,1	0,14	0,19	2,1	2,4	
5	7,36	0,12	1,7	7,06	0,10	1,4	9,2	0,17	0,19	2,3	2,4	
16	17,0	0,4	2,2	17,3	0,3	1,8	6,0	0,17	0,18	2,1	2,1	
22	17,5	0,3	1,6	17,0	0,4	2,1	4,9	0,13	0,13	2,2	2,5	
8	19,2	0,5	2,8	19,5	0,5	2,4	3,2	0,14	0,16	2,4	2,5	
19	31,8	1,0	3,1	32,7	1,1	3,3	2,5	0,13	0,13	2,4	2,5	
21	33,4	0,5	1,6	32,4	0,5	1,5	3,4	0,13	0,13	2,4	2,5	
7	34,0	1,9	5,6	39,6	0,9	2,4	3,7	0,12	0,13	2,0	2,0	
	$\bar{x}_0 = 10$			$\bar{x}_0 = 10$								

RESULTATEN EN CONCLUSIES *

De gevoeligheid

In tabel II zijn de gevonden relatieve gevoeligheden vermeld met hun standaard-deviatie (veroorzaakt door de verschillen tussen de dertien waarnemers). De standaard-deviatie in procenten is vermeld in kolom 4 en 7.

De verschillen tussen de standaard-deviaties zijn significant (Bartlett's toets, zie appendix 2). Dit betekent dat de spreiding in de beoordeling voor verschillende films verschillend is.

De gevoeligheid werd bepaald voor zachte straling (45 kiloVolt met 1 mm aluminium totale filtering, 0,75 mm Al 1e h.v.d. en 1,15 mm Al. 2e h.v.d.) en voor relatief harde straling (70 kiloVolt met 5 mm aluminium

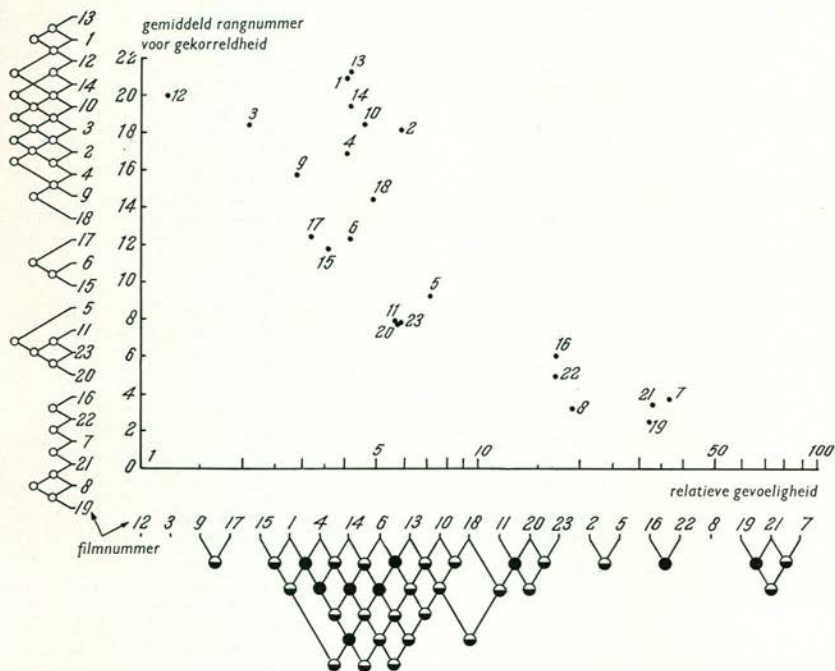


Fig. 2. Het verband tussen de gekorreldeid en de gevoeligheid (voor een verdere verklaring zie de tekst).

*) Alle statistische conclusies zijn met een 5% overschrijdingskans getrokken. Sedert het onderzoek werd uitgevoerd is de gevoeligheid van de films met no. 5, 6, 15 en 18 gewijzigd. Film no. 17 is gewijzigd wat het contrast betreft.

totale filtering, 3,2 mm aluminium 1e h.v.d. en 4,0 mm aluminium 2e h.v.d.).

De te beoordelen film en de standaardserie waren steeds met dezelfde kwaliteit van stralen belicht, dit betekent dus dat 2 standaardseries werden gebruikt. Of de gevoeligheid van twee verschillende films significant van elkaar verschillen werd door middel van Student's t-toets nagegaan (appendix 3). De films waarvoor het verschil in gevoeligheid voor beide soorten straling niet significant is zijn in fig. 2 (horizontale as) aangegeven met een zwart ingevulde cirkel op het snijpunt van de lijnen die naar de betreffende filmnummers lopen. Halfgevulde cirkels geven aan dat voor één van beide soorten stralingen het verschil in gevoeligheid significant is en voor de andere niet. Een vergelijking tussen de gevoeligheid voor harde en zachte straling wordt in fig. 3 in beeld gebracht. Uit de figuur valt af te leiden dat indien sommige filmsoorten een afwijkend ge-

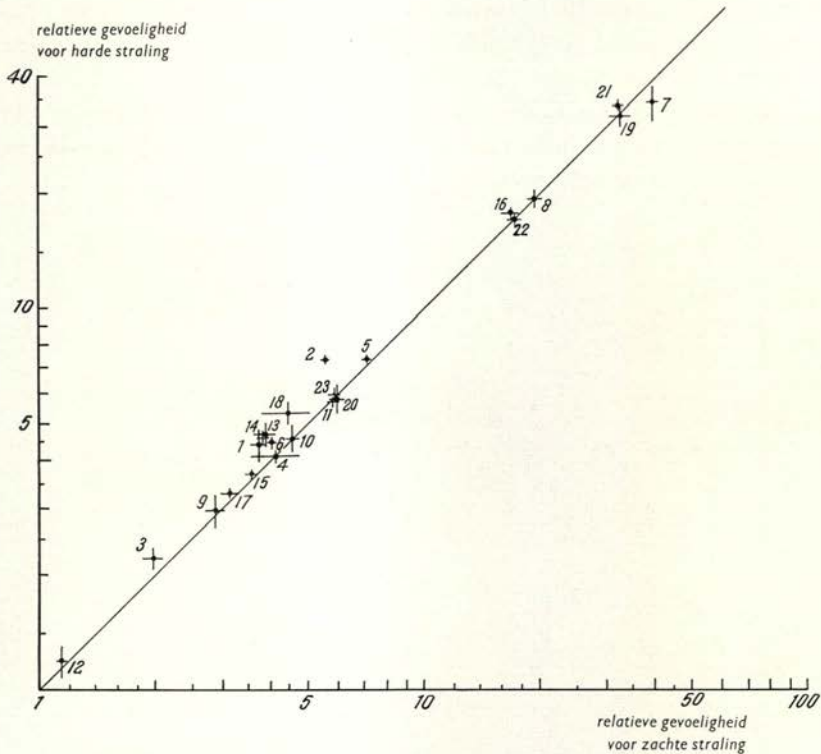


Fig. 3. Verband tussen de relatieve gevoeligheid voor harde en zachte straling. De horizontale en verticale lijntjes geven twee maal de standaard deviatie aan naar beide zijden.

drag hebben deze afwijking slechts gering is. Statistisch is deze vraag niet te beantwoorden door de grote verschillen in standaarddeviatie voor de verschillende films.

Voor praktisch gebruik geeft kolom 8 in tabel II de gemiddelde relatieve gevoeligheid afgerond op twee cijfers.

Het is uit deze gegevens af te lezen dat de filmsoort met de geringste gevoeligheid een belichting vergt die 31 maal zo lang is als het type met de hoogste gevoeligheid.

Vier groepen films kunnen worden onderscheiden indien scheidingen worden aangebracht op die plaatsen waar de sprong in de gevoeligheid meer dan 50% bedraagt.

De sluierwaarde

De sluierwaarde is eveneens in tabel II opgenomen. Het verband tussen sluierwaarde en de relatieve gevoeligheid is weergegeven in fig. 4. Het is te zien dat er geen verband tussen deze twee grootheden bestaat. Een filmsoort met een hoge gevoeligheid kan dus een hoge of lage sluierwaarde hebben.

De gevoeligste filmsoorten die de geringste sluierwaarde vertonen zijn te vinden in de linker onderhoek van de figuur. Bij een langere ontwikkel-tijd wordt meestal een hogere sluierwaarde gevonden.

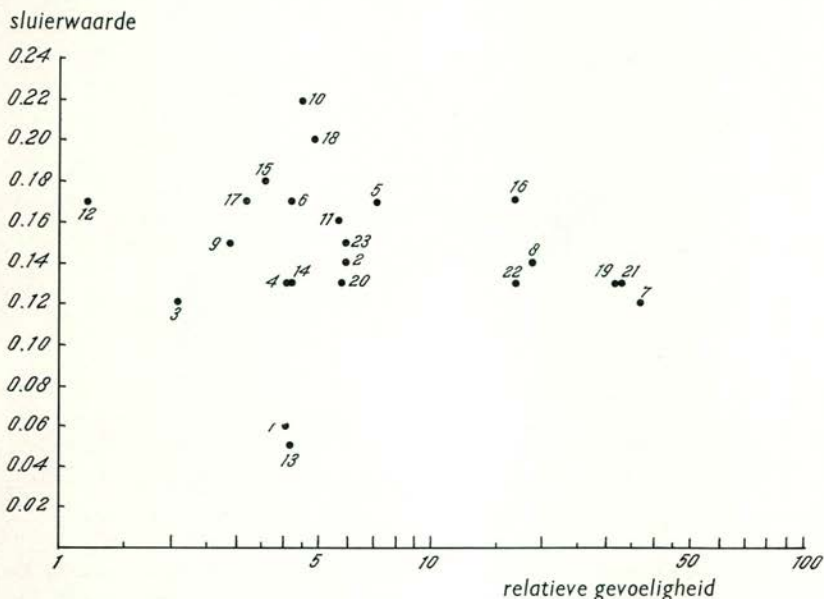


Fig. 4. Het verband tussen de sluierwaarde en de relatieve gevoeligheid.

De sluierwaarde na 9 minuten ontwikkelen is in kolom 11 van tabel II vermeld. Sommige films vertonen een sterke toename in sluierwaarde andere films vertonen in 't geheel geen toename. Dit effect is onafhankelijk van de sluierwaarde bij 4,5 minuten ontwikkelen (Vergelijk de films no. 1 en no. 13).

Het contrast

Het contrast werd bepaald na 4,5 en 9 min. ontwikkelen. Uit tabel II kan men aflezen dat de hoogste en laagste waarde voor het contrast 2,7 resp. 1,3 bedragen bij 4,5 minuten ontwikkelen. Indien het contrast wordt uitgezet tegen de gevoeligheid (fig. 5) of de sluierwaarde (fig. 6) dan blijkt dat er tussen deze grootheden geen verband bestaat.

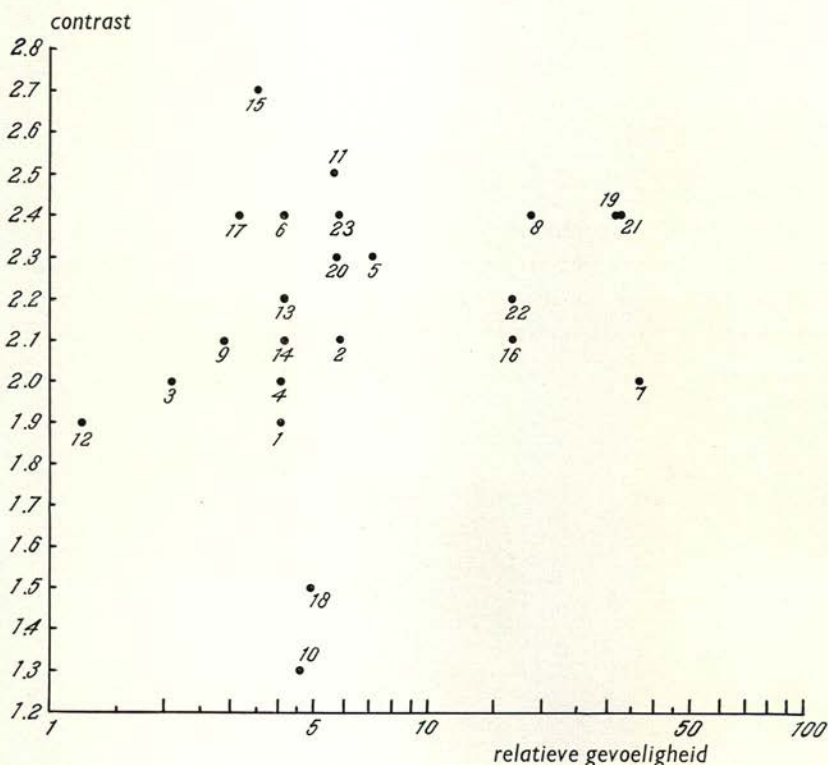


Fig. 5. Het verband tussen het contrast en de relatieve gevoeligheid.

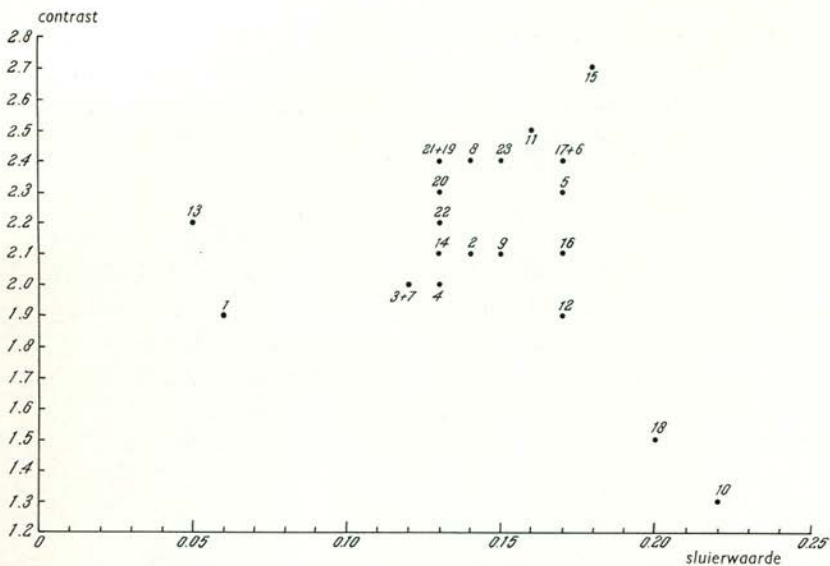


Fig. 6. Het verband tussen het contrast en de sluiervalue.

De gekorreltheid

Het gemiddelde rangnummer voor de gekorreltheid is te vinden in tabel II. In fig. 2 zijn op de verticale as de nummers van die filmsoorten die niet significant van elkaar verschillen in gekorreltheid (teken toets) met elkaar verbonden via een open cirkel. In deze figuur is eveneens het ver-

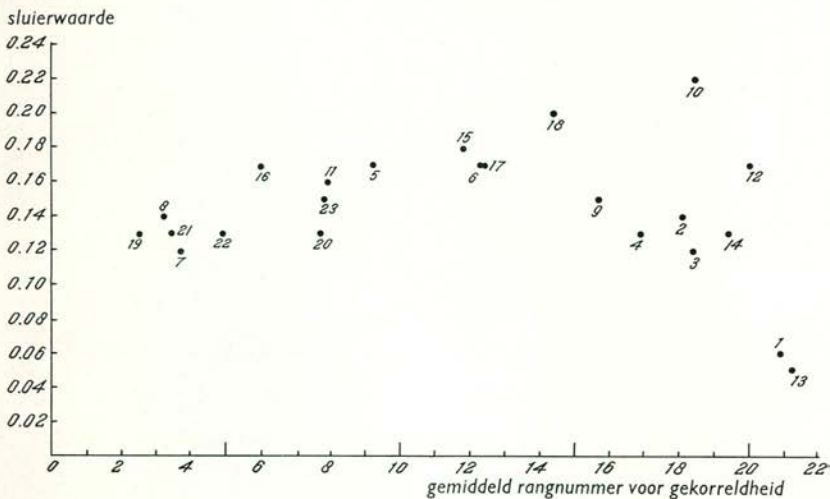


Fig. 7. Het verband tussen de gekorreltheid en de sluiervalue.

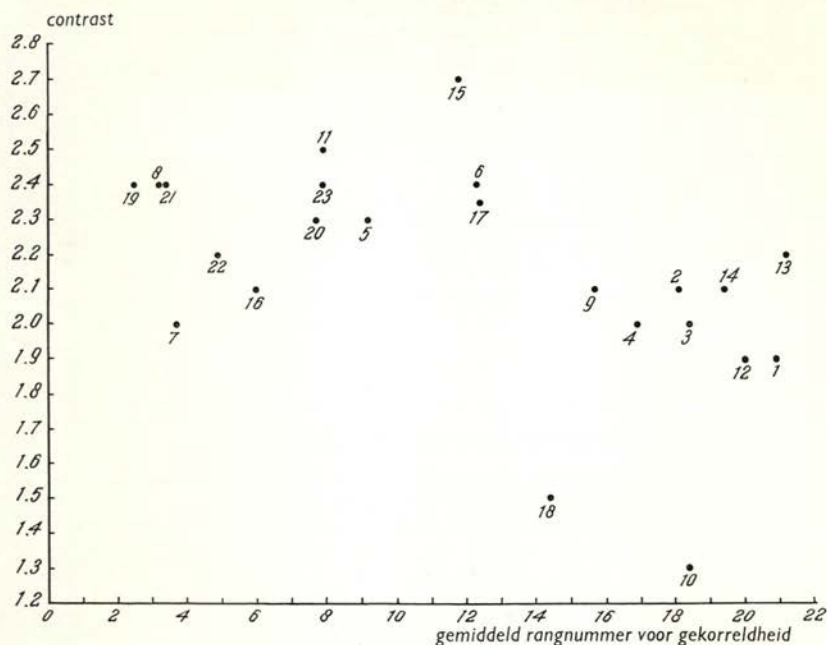


Fig. 8. Het verband tussen de gekorreltheid en het contrast.

band tussen de relatieve gevoeligheid en de gekorreltheid weergegeven. Hieruit kan men zien dat er verband is tussen deze twee grootheden. Een grotere gevoeligheid gaat gepaard met een grovere korrel, er zijn echter grote verschillen in gekorreltheid bij de films met dezelfde gevoeligheid. De films met de gunstigste combinatie wat deze twee eigenschappen betreft zijn langs de onderste begrenzing van de puntenwolk te vinden.

Uit een vergelijking tussen de gekorreltheid en de sluiswaarde (fig. 8) of het contrast (fig. 9) blijkt dat er geen verband gevonden kan worden. De films met de geringste korreling en de laagste sluiswaarde zijn in fig. 8 in de linker onderhoek te vinden.

De kleur van de film

De resultaten van de beoordeling naar de kleur zijn in tabel III weergegeven. Als bijzonderheid kan worden vermeld dat vele practici de voorkeur geven aan de blauwe films. In een klein experiment werd aan deze waarnemers een drietal films voorgelegd en gevraagd hieruit de beste te selecteren. De eerste was een blauwe filmsoort, de tweede had een neutrale kleur en de derde was het duplicaat van de tweede, bedekt door twee lagen van het (blauwe) basismateriaal van de eerste film. De drie films ver-

TABEL III

Filmnummer	Kleur van de film	Lekkage in de ontwikkelvoetstof		Waterabsorptie		Verpakkingsmateriaal	Herkenningstekens	Dikte van de film in mm	Het aantal emulsielagen Een- of tweezijdige gevoeligheid
		zonder buitging	na buitging	zonder buitging	na buitging				
1	Bruin	L	L	S	A	—	—	0,16	2
2	Neutraal	L	L	S	A	—	—	0,16	2
3	Bruin	L	L	S	A	—	—	0,16	2
4	Bruin	—	L	A	A	—	0	0,14	2
5	Neutraal	L	L	H	H	—	—	0,17	2
6	Neutraal	L	L	H	H	—	—	0,17	2
7	Blauw	L	L	S ¹	S-A ¹	—	—	0,16	1
8	Blauw	L	L	S ¹	S-A ¹	—	—	0,16	2
9	Neutraal	L	L	S ¹	S-A ¹	—	—	0,24	2
10	Neutraal	—	—	S	S	M	0	0,23	2
11	Neutraal	L	L	H	H	—	0	0,17	2
12	Neutraal	L	L	H	H	—	0	0,17	2
13	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,16	2
14	Bruin	L	L	A	A	Pl	—	0,16	2
15	Neutraal	L	L	A	A	Pl	—	0,15	2
16	Neutraalbruin	L	L	S	S	—	—	0,16	2
17	Neutraal	—	—	S	S	—	—	0,18	2
18	Neutraal	—	—	S	S	—	—	0,24	2
19	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,19	2
20	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,19	2
21	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,18	2
22	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,19	2
23	Neutraal	L	L	A	A	—	—	0,20	2

L = Lekkage; — = Geen lekkage.
 S = geringe hoeveelheid < 0,05 gram; A = gemiddelde hoeveelheid 0,05-0,20 gram; H = grote hoeveelheid 0,20 gram.
 1 = betekent dat grote verschillen tussen de film werden gevonden.
 M = Metaal; Pl = Plastic; — = Papier.
 O = Perforatie; — = ronde verhevenheid.

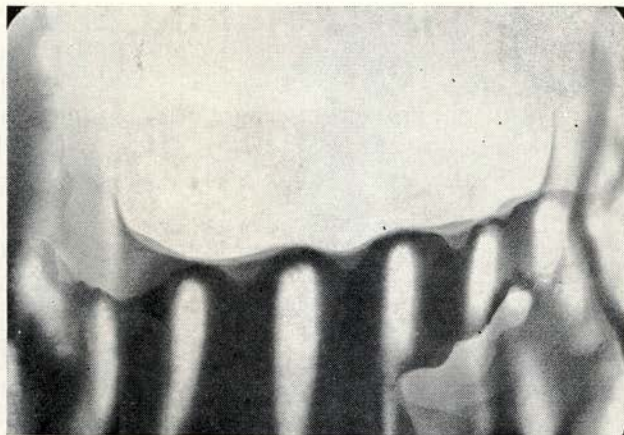


Fig. 9.
Voorbeeld van
het resultaat van
een lekkage proef.

toonden hetzelfde beeld. Steeds werd de derde film als de beste aangegeven, hoewel deze (en de tweede) een grovere korrel had. De voorkeur werd dus door de kleur veroorzaakt.

De verpakking

De aard van het verpakkingsmateriaal is in tabel III vermeld. De resultaten van de lekproeven en het waterabsorberende vermogen zijn eveneens in tabel III te vinden.

Het is duidelijk dat sommige films slecht beschermd zijn tegen vocht terwijl andere een goede bescherming hebben.

Het herkenningsteken

Tabel III laat zien dat de meeste films een ronde indeuking hebben in een van de hoeken om voor- en achterkant van elkaar te kunnen onderscheiden. Sommige films hebben een ronde perforatie. Wanneer de film zo gedraaid wordt dat deze perforatie in een bepaalde hoek ligt en de grootste afmeting van de film horizontaal dan is dit slechts op één manier mogelijk. Eén bepaalde zijde is dan naar ons toegekeerd. Op deze wijze kunnen dus ook de voor- en achterkant van elkaar onderscheiden worden. Deze werkwijze is echter iets gecompliceerder.

De dikte van de film en het aantal emulsielagen

Tabel III verschaft gegevens over de dikte van de verschillende films uitgedrukt in millimeters, terwijl bovendien is aangegeven of de film eenzijdig of dubbelzijdig gevoelig is. Slechts één soort bleek aan één zijde een gevoelige laag te hebben.

De houdbaarheid van de film

Uit tabel I is af te lezen bij welke films een vervaldatum op de verpakking vermeld wordt en bij welke niet. De in de tabel opgegeven data hebben betrekking op de films die voor de proeven werden gebruikt. De opnamen werden in augustus 1959 gemaakt.

Gebruiksaanwijzing

In tabel IV kolom 2 zijn de langste en de kortste belichtingstijd vermeld zoals deze in de gebruiksaanwijzing zijn te vinden. Kolom 3 geeft de technische gegevens die hierop betrekking hebben.

De tijden voor de boven-molaarstreek werden voor zover nodig en mogelijk omgerekend tot dezelfde technische omstandigheden en in kolom 4 weergegeven. Ter vergelijking zijn in kolom 5 nogmaals de relatieve gevoeligheden als resultaat van dit onderzoek vermeld. Fig. 10 laat een vergelijking tussen de cijfers uit kolom 4 en 5 zien. Hieruit blijkt dat films met dezelfde gevoeligheid volgens de gebruiksaanwijzing een heel verschillende belichting vragen. Dit is toe te schrijven aan een onvolledige omschrijving van de omstandigheden waarvoor de opgegeven belichting geldt.

TABEL IV

Filmnummer in volgorde van max. naar min. gevoeligheid	Belichtingstijd volgens de fabrikant		Minimum	
	Maximum			
	Gebied	Tijd in seconden	Gebied	Tijd in seconden
12	—	—	—	—
3	Boven molaren	0,3-0,4	Onder incisieven	0,1-0,2
9	Boven molaren	1½	Onder incisieven	1
17	Boven molaren	1½	Onder incisieven	0,2
15	—	—	—	—
1	Boven molaren	0,5-0,7	Onder incisieven	0,3-0,4
4	—	0,9	—	0,4
14	Boven molaren	0,6-0,8	Onder incisieven	0,4-0,5
6	Boven molaren	1	Onder incisieven	½
13	Boven molaren	0,6-0,8	Onder incisieven	0,4-0,5
10	Boven molaren	1-1½	Onder incisieven	½-¾
18	Oocl. Film.	—	—	—
11	—	—	—	—
20	Boven molaren	1	Onder incisieven	½
23	Boven molaren	1	Onder incisieven	0,75
2	Boven molaren	0,5-0,7	Onder incisieven	0,3-0,4
5	Boven molaren	4½	Onder incisieven	2
16	Boven molaren	2½	Onder incisieven	1
22	Boven molaren	2	Onder incisieven	1
8	Boven molaren	2½	Onder incisieven	1
19	Boven molaren	4	Onder incisieven	2
21	Boven molaren	4	Onder incisieven	2
7	Boven molaren	5	Onder incisieven	2½

Discussie

Een specificatie in de Verenigde Staten onderscheidt vijf gevoeligheidsklassen. De maximum- en de minimumdosering van de film die bij deze indeling wordt gebruikt bedragen 0,55 en 0,14 röntgen. De ongevoeligste film vergt dus een 14 maal zo lange belichting als de gevoeligste. (Een verhouding dus van 1 : 14). In dit onderzoek werd echter een verhouding van 1 : 31 gevonden. Het is dus niet mogelijk al de beschikbare films in te delen in een gevoeligheidsklasse volgens de U.S. specificatie.

In een publikatie van PAFFENBARGER⁵ wordt vermeld dat de sluier van de emulsie en het contrast toenemen indien de gevoeligheid toeneemt. Indien de sluierwaarde ook de sluier van het basismateriaal omvat zoals in dit onderzoek het geval is dan is geen verband tussen sluier of contrast en de gevoeligheid te vinden.

Een vergelijking tussen de relatieve gevoeligheid volgens verschillende onderzoekers is in tabel IV gemaakt. Voor een goede vergelijking werden de gevoeligheidsindices van elke onderzoeker omgerekend zodat ze gemiddeld dezelfde uitkomst opleverden.

Het grootste verschil tussen de bevindingen bedraagt 50%.

TABEL IV

<i>Technische condities</i>	<i>Gestandaardiseerde belichtingstijd</i>	<i>Relatieve gevoeligheid</i>			
		<i>Herhaling uit tabel II</i>	<i>Richards⁶ 1957</i>	<i>Wuehrmann⁷ 1959</i>	<i>Björngard and Hollender⁸ 1960</i>
—	—	1,2			
10 mA	0,35	2,1			
10 mA 65 kV 40 cm	0,3	2,9	3,1	3,5	3,1
10 mA 65 kV 8"	1,5	3,2	3,1	4,0	3,4
—	—	3,6			4,6
10 mA	0,6	4,1			
10 mA 65 kV 12-15 cm	2,0	4,1			
10 mA	0,7	4,2			
10 mA 65 kV 20 cm	1	4,2			4,7
10 mA	0,7	4,2			
—	1,25	4,6			
—	—	4,9		5,4	
—	—	5,7			5,2
10 mA 65 kV 8"	1	5,8		7,0	
10 mA 65 kV 8"	1	5,9	6,3	6,3	
10 mA	0,6	5,9			
10 mA 65 kV 20 cm	4,5	7,2			
10 mA 65 kV 8"	2,25	17	19	17	15
10 mA 65 kV 8"	2	17			
10 mA 65 kV 8"	2,25	19	19	21	18
10 mA 65 kV 8"	4	32		25	
10 mA 65 kV 8"	4	33	29	31	
10 mA 65 kV 8"	5	37	38	40	

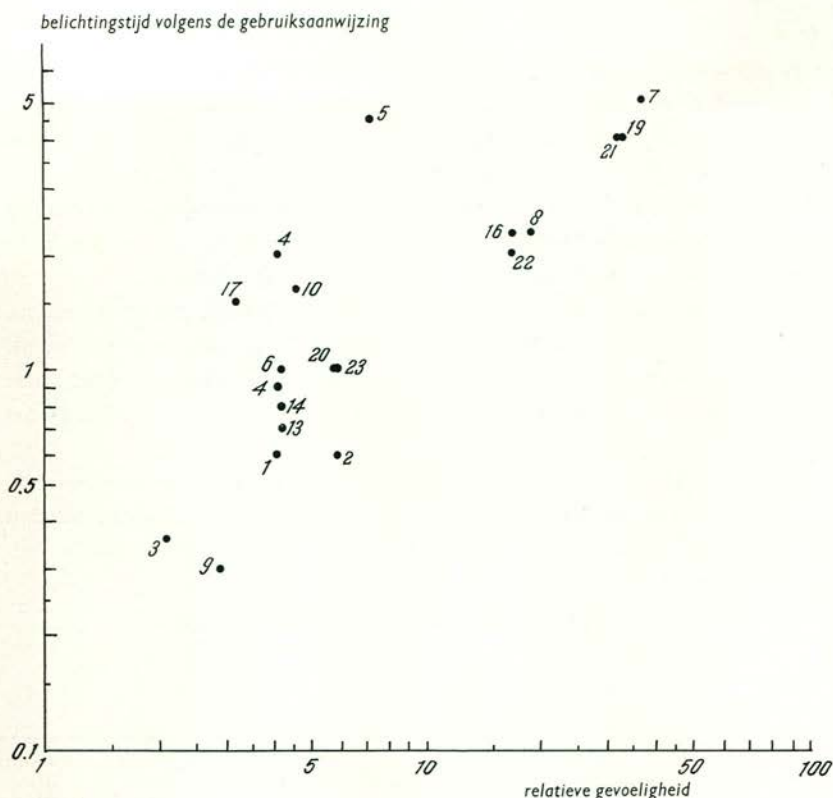


Fig. 10. Het verband tussen de belichtingstijd volgens de fabrikant en de relatieve gevoeligheid.

Samenvatting

De gevoeligheid van drieëntwintig verschillende röntgenfilms werd door middel van een subjectieve vergelijking bepaald. De snelste film bleek éénendertig maal zo gevoelig als de traagste.

De sluierwaarde, het contrast, en de gekorreldeheid werden eveneens bepaald. Deze eigenschappen bleken op één uitzondering na onafhankelijk van elkaar te zijn. Alleen de gekorreldeheid en de gevoeligheid waren afhankelijk van elkaar (fig. 2).

Eveneens werden gegevens verzameld over: De kleur van de film, de bescherming door de verpakking tegen vocht, het herkenningsteken, de dikte van de film, het één- of tweezijdig gevoelig zijn, de houdbaarheid en de belichtingstijd volgens de gebruiksaanwijzing.

Het bleek o.a. dat:

1. Films met dezelfde gevoeligheid grote verschillen in gekorreldeheid vertonen.
2. Grote verschillen in de bescherming tegen vocht bestaan.
3. Vaak onvoldoende gegevens verstrekt worden over de technische condities waaronder de opgegeven belichtingstijden gelden.
4. Vaak niet wordt opgegeven na welke datum de films als verouderd zijn te beschouwen. (Vervaldatum)

Appendix 1

In plaats van de y_1 en y_2 waarden werd het gemiddelde oordeel van de dertien waarnemers gebruikt (\bar{y}_1 en \bar{y}_2) om door middel van interpolatie x_0 te berekenen. De film met dosis x_1 correspondeert met de gemiddelde beoordeling \bar{y}_1 evenzo correspondeert de film die dosis x_2 ontvangt met \bar{y}_2 . In de gevallen waarbij drie films gekozen werden, werd in de berekening gebruik gemaakt van die twee opeenvolgende films waarvoor de \bar{y}_1 en \bar{y}_2 waarden hoger resp. lager liggen dan y_0 . De interpolatie kan beschouwd worden als een gedeelte van een regressieprobleem (fig. 11).

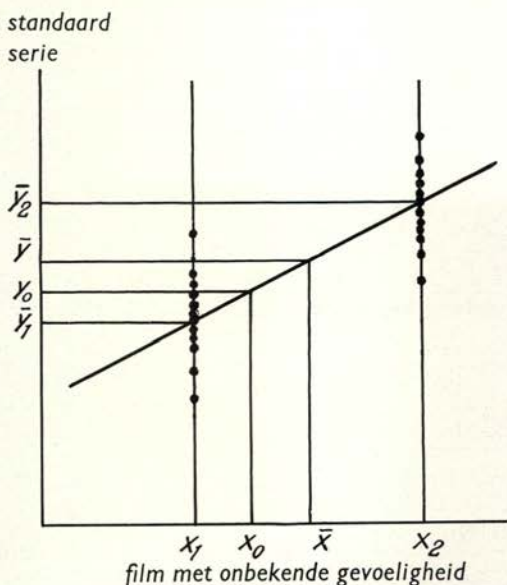


Fig. 11. Het verband tussen de dosis gegeven aan twee films met onbekende gevoeligheid (x_1 en x_2) en de standaardserie (y).

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

$$\text{waarin } b = \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{x_2 - x_1}$$

van Aken

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{2} = \frac{\sum y_i}{26}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{\sum x_i}{2}$$

$$\text{dus: } y_0 = \bar{y} + b(x_0 - \bar{x})$$

$$\text{of: } x_0 = \bar{x} + \frac{1}{b}(y_0 - \bar{y})$$

De variantie van x_0 ($S_{x_0}^2$) kan als volgt bepaald worden.

$$x = \bar{x} + \frac{1}{b}(y - \bar{y})$$

$$S_x^2 = \frac{1}{b^2} S_y^2 \text{ (De variantie in } b \text{ kan verwaarloosd worden).}$$

$$S_x^2 = \frac{1}{b^2} \left\{ S_y^2 + S_b^2 (x - \bar{x})^2 \right\}$$

$$\text{waarin } S_y^2 = \frac{S_y^2}{26} \text{ en } S_b^2 = \frac{S_y^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$S_{x_0}^2$ wordt gevonden door substitutie van x_0 voor x :

$$S_{x_0}^2 = \frac{1}{b^2} \left\{ S_y^2 + S_b^2 (x_0 - \bar{x})^2 \right\}$$

Appendix 2

De verschillen tussen de $\frac{100 S_{x_0}}{x_0}$ waarden zijn significant voor de harde evenals de zachte straling wanneer Bartlett's toets wordt toegepast ($P \ll 0.001$). Deze toets kan worden gebruikt voor de $\frac{100 S_{x_0}}{x_0}$ waarden omdat deze nagenoeg evenredig zijn met $\log \frac{x_0 + S_{x_0}}{x_0}$. Zie ook bij de bespreking van de gevoeligheid onder „Materialen en Methode”. De

standaarddeviatie van de relatieve gevoeligheid (gebaseerd op de gemiddelde beoordeling, met 24 vrijheidsgraden) ligt tussen 0,8 en 7,2%. De standaarddeviatie van de beoordelingen ligt dus tussen 1.008⁵ en 1.072⁵ of tussen 4 en 42%. (De spreiding tussen de waarnemers).

Appendix 3

De significantie van de verschillen tussen de gevonden relatieve gevoeligheden werd bepaald door Student's t-toets toe te passen. In enkele gevallen was het verschil tussen de standaarddeviaties zo groot (Fisher's F-toets) dat Welch's benadering voor het aantal vrijheidsgraden van de t-toets moest worden gebruikt.

Literatuur:

1. International Organization for Standardization: I.S.O. Recommendation R 5, Diffuse Transmission Density (Photography), ed. 1, October 1955. (Deze norm is identiek met American Standards Association: American Standard for Diffuse Transmission Density Z 38.2.5, 1946, approved March 5, 1946, New York, 1946.)
2. American Standards Association: American Standard Temperature for Photographic processing Solution, pH 4.5, 1953, approved Dec. 8, 1953, New York, 1953.
3. American Standards Association: American Standard Method for the Sensitometry of Medial X-ray Films, pH 2.9, 1956, approved Jan. 27, 1956, New York, 1956.
4. DIXON, W. J., and MASSEY, F. J.: Introduction to statistical analysis, ed. 2, New York, 1957, McGraw-Hill Book Company, Inc.
5. PAFFENBARGER, G. C., FORZIATI, A. F., and KUMPULA, M. P.: A discussion of federal specifications GG-Y-620 and L-F-310 for dental X-ray apparatus and dental x-ray film, J. Am. Dent. A. 59: 472-477, 1959.
6. RICHARDS, A. G.: Roentgen ray radiation and the dental patient, J. Am. Dent. A. 54: 476-487, 1957.
7. WUEHRMANN, A. H.: Relative film speeds of commonly used intraoral film, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path. 12: 1091-1094, 1959.
8. BJÄRNGÅRD, B., and HOLLENDER, L.: Radiation doses in oral radiography III. A limited survey of dental x-ray units, Odontol. Rev. 11: 193-206, 1960.

Rubenslaan 119, Utrecht