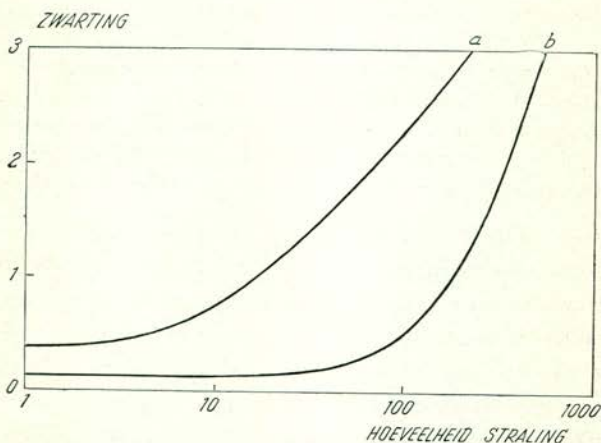


MAATREGELEN TER BEVORDERING VAN DE STANDAARDISATIE VAN HET ONTWIKKELPROCES VOOR TANDHEELKUNDIGE RÖNTGENOPNAMEN

DOOR J. VAN AKEN

Inleiding

Bij het vervaardigen van intraorale röntgenopnamen vormt de ontwikkel-
techniek, naast de opname methode, een belangrijke schakel tot een goede
beeldvorming. Deze komt tot stand doordat de zwartingen die de film na
het ontwikkelen vertoont, afhankelijk zijn van de hoeveelheid straling die
op elk onderdeel van de film gevallen is. Dit verband tussen de hoeveel-
heid straling en de daardoor ontstane hoeveelheid zwarting kan door
middel van een zwartingscurve worden weergegeven. (Afb. 1).



Afb. 1. Voorbeeld van 2 zwartingscurves. Curve a toont een grotere gevoeligheid, een geringere steilheid en een grotere sluiswaarde dan curve b.

De zwarting die de film vertoont kan in een getal worden uitgedrukt. Hiertoe laat men een bundel licht op de film vallen, deze wordt verzwakt doorgelaten. Van de verhouding van de hoeveelheden opvallend en doorgelaten licht wordt de logaritmische genomen. Zo geeft zwarting 0 aan, dat al het opvallend licht wordt doorgelaten, bij zwarting 1 passeert

$1/10^{\circ}$ deel van het licht het object terwijl bij zwarting $2\ 1/100^{\circ}$ deel van alle opvallende licht wordt doorgelaten. Zwartingen hoger dan 2,5 à 3,0 zijn niet bruikbaar voor praktische toepassing.

Het eerste horizontale gedeelte van de curve bepaalt de helderheid (zwarting) van de film op plaatsen die relatief weinig of geen straling ontvangen hebben (sluierwaarde). De helling van de curve bepaalt het verschil in zwarting (contrast) tussen twee punten op de film die verschillende hoeveelheden straling ontvangen hebben (Afb. 1).

Om tot een goede beeldvorming te komen moet de belichting zo gekozen worden dat gebruik gemaakt wordt van dat gedeelte van de curve wat correspondeert met zwartingen tussen 2,5 à 3,0 en de sluierwaarde.

Bij veranderingen in de ontwikkelprocedure of bij gebruik van een andere filmsoort (Afb. 1) krijgt de zwartingscurve een andere vorm (het beeld dus een ander uiterlijk) en dient de belichting opnieuw te worden aangepast (andere filmgevoeligheid). Aan de hand van de zwartingscurve is dus een objectieve en kwantitatieve beoordeling mogelijk van de zwartingen die bij een bepaalde combinatie van ontwikkelmethode en filmsoort ontstaan.

Behalve de zwartingen die na het ontwikkelproces worden aangetroffen is ook de mate van gekorreltheid van het beeld van belang.

De vorm van de zwartingscurve en de gekorreltheid worden beïnvloed door:

- a. de filmsoort
- b. de ontwikkeltechniek.

De invloed van de ontwikkeltechniek wordt bepaald door de volgende factoren:

1. de samenstelling van de vloeistof
2. de tijdsduur van het ontwikkelproces
3. de temperatuur van de vloeistof
4. de beweging van vloeistof en film ten opzichte van elkaar.

De belangrijkste effecten die door wijziging in de ontwikkeltechniek worden veroorzaakt zullen nu worden nagegaan.

1. Samenstelling van de vloeistof

Indien de samenstelling van de ontwikkelvloeistof verandert, verandert daarmee de zwartingscurve. Voor het bereiken van uniforme resultaten is het daarom van belang te zorgen dat de samenstelling van de vloeistof nauwkeurig geschiedt. Het recept of de aanwijzingen van de fabrikant dienen nauwgezet te worden uitgevoerd. Wanneer van de juiste samenstel-

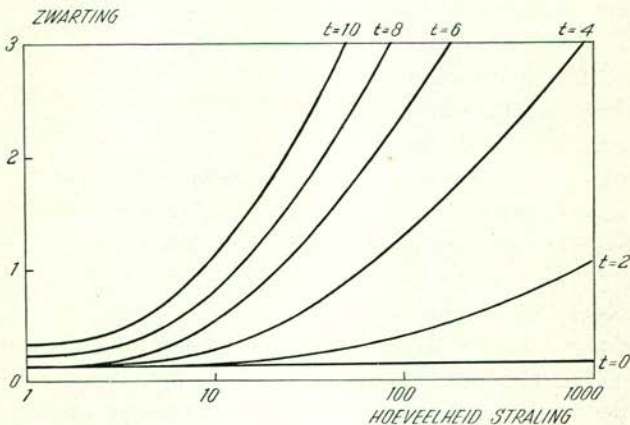
ling wordt uitgegaan, zal de vloeistof toch nog in activiteit achteruit gaan door het gebruik, waarmee hier bedoeld wordt de chemische omzettingen die door de reacties tussen ontwikkelvloeistof en emulsie optreden, en bovendien ten gevolge van de oxydatie van de chemicaliën in de vloeistof door de zuurstof uit de lucht.

Er bestaan methoden om de vermindering in activiteit door het gebruik te compenseren. Bij verwijdering van de films uit de vloeistof wordt een hoeveelheid vloeistof meegenomen die aan de film en de hanger blijft hangen. Hierdoor zal het niveau in de ontwikkeltank zakken. Door de vloeistof die men bij de ontwikkelvloeistof voegt om het oude niveau weer te herstellen, een speciale samenstelling te geven (bijvulvloeistof, replenisher), is het mogelijk het activiteitsverlies te compenseren. (Men kan deze compensatie ook nog op andere manieren uitvoeren, doch deze zijn voor de tandheelkundige praktijk niet van belang). Een eenvoudiger methode bestaat uit het bijvullen met de ontwikkelvloeistof zelf. Welke methode men ook toepast, na kortere of langere tijd zal de gehele vloeistof ververst moeten worden.

De invloed van de zuurstof uit de lucht is te verminderen door de oppervlakte van de vloeistof die aan de lucht is blootgesteld te beperken. Dit is mogelijk door op de vloeistof een nauwsluitend deksel te laten drijven.

2. Tijdsduur van het ontwikkelproces

De tijd gedurende welke ontwikkeld wordt, bepaalt in hoofdzaak de steilheid van de curve (Afb. 2).



Afb. 2. Serie zwartingscurves die de invloed tonen van de duur van het ontwikkelproces. (t . in minuten)

Bij verlenging van de tijd gaat de curve steiler lopen en verschuift naar links. Dit houdt in dat het contrast in de opname toeneemt en dat een geringere hoeveelheid straling nodig is om dezelfde zwarting te verkrijgen. Met andere woorden: de gevoeligheid van de film neemt toe.

Bij verdere verlenging van de ontwikkeltijd verandert de steilheid van de curve praktisch niet meer. Wel neemt de sluiswaarde toe en wordt de korrel in de film grover.

3. Temperatuur van de vloeistof

Bij verhoging van de temperatuur gaat het ontwikkelproces sneller verlopen en neemt de gekorreltheid evenals de sluiswaarde toe. Bij een lagere temperatuur wordt de maximaal bereikbare steilheid kleiner.

4. Beweging van vloeistof en film ten opzichte van elkaar

De beweging van film en vloeistof ten opzichte van elkaar verhoogt de snelheid van het ontwikkelproces en bevordert een gelijkmatige ontwikkeling van de films.

Belang van de standaardisatie van het ontwikkelproces

Al de bovengenoemde factoren beïnvloeden de kwaliteit van het beeld. De ontwikkeltechniek waarbij de gunstige en de ongunstige effecten zo goed mogelijk tegen elkaar zijn afgewogen wordt meestal door de fabrikant nauwkeurig aangegeven. Het verdient dus aanbeveling deze richtlijnen nauwgezet te volgen. Is de ontwikkelprocedure gestandaardiseerd, dan dient hieraan de belichting te worden aangepast.

Bij onvoldoende standaardisatie van de ontwikkeltechniek is correctie van gemaakte fouten niet mogelijk. Wanneer bijvoorbeeld een opname te licht of te donker is, is het niet mogelijk na te gaan of de fout ontstaan is tengevolge van een verkeerde belichting, een onjuiste duur van de ontwikkeling of van een onjuiste temperatuur van de ontwikkelvloeistof. Hierdoor worden vaak correcties op de verkeerde plaats aangebracht waardoor de variatie in de resultaten nog groter wordt. Indien we bedenken dat ook de bouw van de patiënt nog kan variëren dan is het duidelijk dat zeer wisselende resultaten het gevolg zullen zijn.

Uit het bovenstaande moet dan ook geconcludeerd worden dat een gestandaardiseerde ontwikkelmethode een eerste vereiste is om tot uniforme resultaten te komen en uitgangspunt dient te zijn voor een juiste opname-techniek.

Dit betekent o.a. dat het ontwikkelproces steeds bij dezelfde temperatuur moet geschieden en steeds gedurende dezelfde tijd.

Zijn deze condities vervuld, dan kan men een belichtingstabel opstellen die niet alleen rekening houdt met het te fotograferen gebied, maar ook met de bouw van de patiënt.

Variaties in de resultaten zijn dan slechts mogelijk (behoudens variaties in de opnametechniek en verschillen tussen de films) doordat de bouw van de patiënt verkeerd beoordeeld is.

Voorbeeld van een belichtingstabel

| | | | | | | |
|-------------------------|---|-------------------|-----|-----|-------------------|----------------|
| | C | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 1,3 | |
| SUP. | B | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,8 | |
| | A | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 2,6 | |
| Elementen | | I | C | P | M | Bite Wing Opn. |
| | A | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 |
| INF. | B | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 |
| | C | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| Technische gegevens | | | | | | |
| Film: Kodak Ultra Speed | | kV: 45 | | | Ontw.: Kodak D19b | |
| Rö-app.: Philips Oralix | | mA: 5 | | | Tijd: 4,5 min. | |
| Toeg. filter: 1 mm Al. | | focus-huid: 10 cm | | | Temp.: 20° C. | |

A, B en C hebben betrekking op de lichaamsbouw van de patiënt.

A: een gemiddelde volwassene waarbij de meeste elementen nog aanwezig zijn.

C: een kind (melkgebit).

N.B.: De verhoudingen tussen de verschillende tijden in de tabel kunnen gebruikt worden om een tabel op te stellen aangepast aan andere „Technische omstandigheden”.

Eisen die een standaardisatie stelt

Om een gestandaardiseerde ontwikkelprocedure uit te kunnen voeren is het een eerste vereiste dat men een ontwikkelinstallatie tot zijn beschikking heeft die de temperatuur van de ontwikkelvloeistof constant houdt. Voor de optimale ontwikkeltechniek wordt meestal een temperatuur van 20° C aangegeven.*)

*) American Standard Temperature for Photographic Processing Solutions PH 4,5 - 1953.

Ligt de kamertemperatuur lager dan 20° C, dan betekent dit dat een thermostatisch geregelde verwarming nodig is, terwijl wanneer de kamertemperatuur boven 20° ligt, bovendien een koeling vereist is.

Een goede temperatuurregulatie kan het beste verkregen worden: „au bain Marie”. Omdat het niet te voorkomen is, dat wel eens ontwikkelvloeistof naast de ontwikkeltank lekt, waardoor snelle vervuiling van het omgevende water optreedt, moet dit water regelmatig ververs worden. Na het ontwikkelen gedurende een vaste tijdsduur worden de films gespoeld (gedurende korte tijd). Dit spoelwater dient steeds ververs te worden, teneinde een goed spoel-effect te behouden.

Vervolgens worden de films gefixeerd. De temperatuur van de fixatievloeistof, de samenstelling hiervan en de soort film hebben invloed op de snelheid waarmee de fixatie tot stand komt. Indien geen andere aanwijzingen ter beschikking staan, kan men het beste de fixatietijd op 10 minuten stellen. Te lang fixeren (in de orde van tientallen minuten) heeft echter geen nadelige gevolgen voor het beeld. Standaardisatie van het fixatieproces stelt dus minder hoge eisen.

Daarna wordt de film gespoeld in stromend water, waarbij de snelheid waarmee de inhoud van de tank ververs wordt, de vermenging van het verontreinigde met het verse water en de temperatuur van het spoelwater maatgevend zijn voor de duur van het spoelproces. (Meestal wordt hiervoor een half uur aangegeven bij een stroomsnelheid van minstens $10 \times$ de inhoud van de spoeltank per uur, ongeacht de temperatuur van het water).

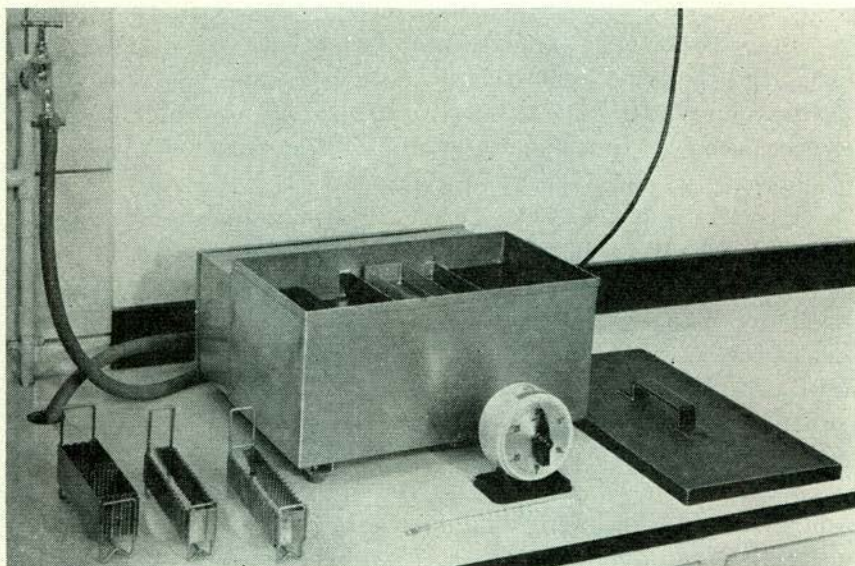
Zoals in de inleiding is gebleken vermindert de activiteit van de ontwikkelvloeistof door het gebruik en door de invloed van de zuurstof uit de lucht. Van belang is dus te weten hoe lang de levensduur van de ontwikkelvloeistof is en of deze eventueel door bepaalde maatregelen verlengd kan worden. Een apparaat dat aan bovenstaande eisen voldoet bleek niet in de handel verkrijgbaar. Dit gaf aanleiding tot de constructie van een ontwikkelunit*) waarbij werd uitgegaan van de gedachte dat deze tevens qua omvang en eenvoud van bediening geschikt moest zijn voor de dagelijkse praktijk.

Een ontwikkelunit voor het gestandaardiseerd uitvoeren van het ontwikkelproces

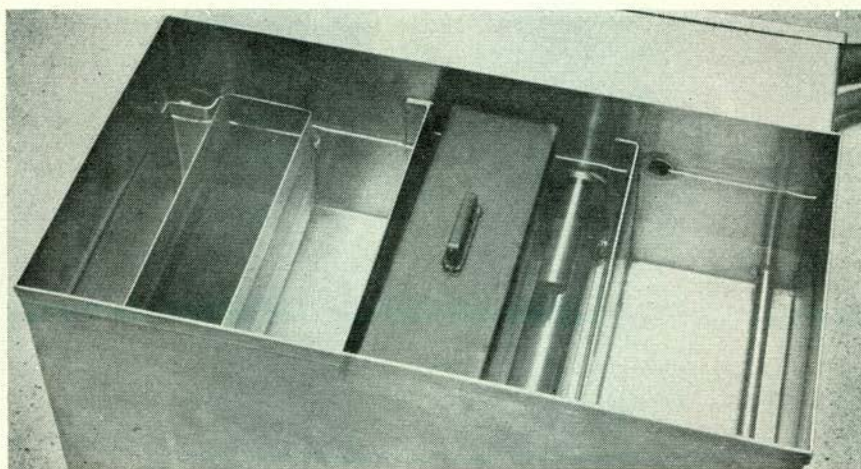
De roestvrij stalen ontwikkelunit (zie Afb. 3) kan worden opgesteld op een plaats waar een aan- en afvoer van water en een stopcontact aanwezig zijn. De ruimte dient verduisterbaar te zijn.

*) In samenwerking met Donka apparatenfabriek Breda.

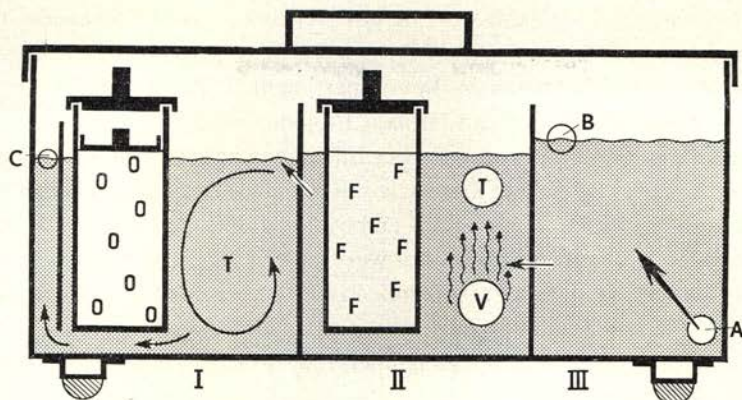
Het achterste gesloten gedeelte bevat de elektrische bedrading en de leidingen voor de watercirculatie (Afb. 3 en 4).



Afb. 3. Ontwikkelunit met enkele benodigheden voor de donkere kamer



Afb. 4. Bovenaanzicht ontwikkelunit (voor indeling zie afb. 5)



Afb. 5. Schematische doorsnede van de ontwikkelunit. Voor verklaring van de letters, zie de tekst

Het voorste gedeelte bevat drie compartimenten (zie schema afb. 5).

In verband met de functie van het apparaat (water circulatie) is het het meest zinvolle de compartimenten te beschrijven in een volgorde die omgekeerd is aan die, waarin ze gebruikt worden.

In het spoelcompartiment (III) komt water via een sproeiopening bij A binnen en loopt af bij B. De stroomsnelheid is ongeveer af te lezen aan de hoogte van het water. Staat het niveau halverwege de afvoer dan bedraagt de stroomsnelheid ongeveer 1,2 l/min. Dit betekent een verversingssnelheid van $30 \times$ de inhoud van de spoeltank per uur, wat dus ruim voldoende is, indien een half uur gespoeld wordt.

Een zeer klein gedeelte van het spoelwater „spuit” door enkele openingen in de wand naar compartiment II. Hierin bevindt zich het verwarmingselement (V) en een thermostaat (T) die dit leidingwater (wat altijd een temperatuur lager dan 20° C. heeft) op 20° brengt. Doordat er geen sterke agitatie bestaat is er een verschil in temperatuur tussen het water onder- en bovenin dit compartiment.

De temperatuur op de bodem is sterk afhankelijk van de temperatuur van het leidingwater. Ter hoogte van de thermostaat is deze echter gemiddeld 20° C. (Ervan uitgaande dat de thermostaat hierop is ingesteld.) In dit water hangt de (uitneembare) tank met de fixatievloeistof (F), die dus eveneens een temperatuur van ongeveer 20° C. heeft. (Bovenin iets hoger, onderin iets lager).

In het schot dat zich tussen de compartimenten I en II bevindt zijn ter hoogte van de thermostaat twee schuin verlopende openingen aangebracht waardoor het water (20° C.) van II naar I stroomt. In dit laatste comparti-

ment bevindt zich de tank voor de ontwikkelvloeistof (O), eveneens uitneembaar opgehangen.

De afvoer van het water in dit compartiment (C) ligt lager dan die bij B, waardoor de stroming van III naar I tot stand komt.

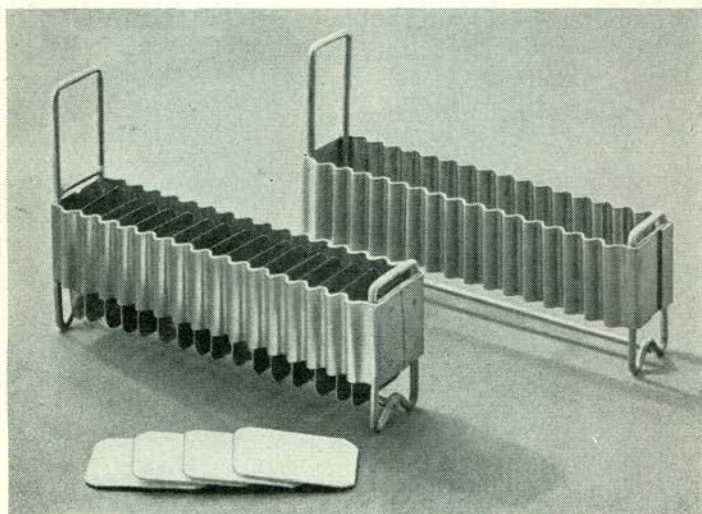
Door de schuine stand van de twee openingen in het schot ontstaat een goede vermenging van het water (zie pijl in compartiment I). Hierdoor is het verschil in temperatuur onder- en bovenin kleiner dan $0,2^{\circ}$ C. De temperatuur van de ontwikkelvloeistof wordt alleen nog in zeer geringe mate beïnvloedt door een sterke afwijkende kamertemperatuur. (Enkele tienden graden C. indien de kamertemperatuur daalt tot 7° C. of stijgt tot 30° C.) Zo heeft ook een extreem lage temperatuur van het leidingwater een te verwaarlozen invloed.

Onder al deze omstandigheden wordt het temperatuurverschil onder- en bovenin de ontwikkeltank nooit groter dan $0,2^{\circ}$ C.

Wellicht ten overvloede zij vermeld dat deze nauwkeurige temperatuur regulatie slechts bereikbaar is bij stromend water.

Procedure van het ontwikkelproces

De films worden geplaatst in een rekje (Afb. 6) dat plaats biedt aan 16 films van het formaat 3×4 cm. Andere rekjes kunnen eenzelfde aantal van het formaat $2,5 \times 4$ cm, of 8 stuks van het formaat $5,7 \times 7,6$ cm bevatten.



Afb. 6. Rekjes voor de te ontwikkelen films

Het ontwikkelen geschiedt in tank O. (Het deksel op de tank sluit voldoende af om kunstlicht tegen te houden). Na het ontwikkelen wordt gespoeld in de ruimte T waarna de films worden gefixeerd in tank F en tenslotte gespoeld in compartiment III.

Door de voortdurende stroming van het water worden al de compartimenten schoongehouden.

De levensduur van de ontwikkelvloeistof

Zoals vermeld verminderen de zuurstof uit de lucht en het verbruik door het ontwikkelen, de activiteit van de ontwikkelvloeistof. Teneinde de invloed van deze factoren na te gaan werd van een willekeurige ontwikkelvloeistof (Gevaert G 230) de verandering in activiteit onder zes verschillende condities bepaald.

Onderstaand schema geeft deze verschillende condities weer:

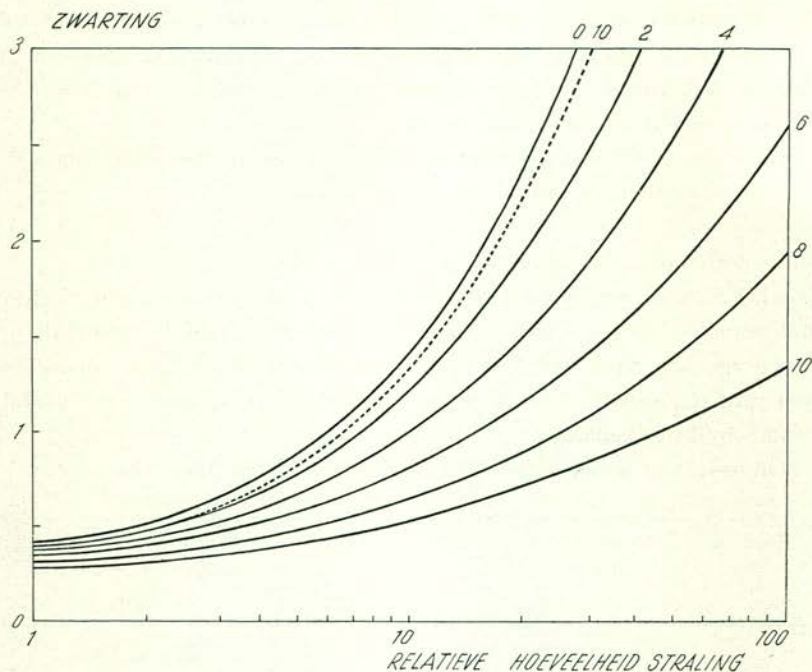
| Tank no: | Afsluiting: | Aantal ontwikkelde films: | Niveau werd op dezelfde hoogte gehouden door bijvulling met: |
|----------|-----------------|---------------------------|--|
| 1 | geen | geen | geen bijvulling |
| 2 | deksel | geen | geen bijvulling |
| 3 | drijvend deksel | geen | geen bijvulling |
| 4 | drijvend deksel | 600 films | geen bijvulling |
| 5 | drijvend deksel | 600 films | ontwikkelvloeistof |
| 6 | drijvend deksel | 600 films | bijvulvloeistof (replenisher) |

De afmetingen (B × L × H) van de tanks waren 5 × 18 × 11 cm. (als in de ontwikkelunit). De hoogte van de vloeistof bedroeg bij de aanvang van de proef 9 cm.

De activiteit werd bepaald door om de 14 dagen de zwartingscurve die een bepaalde filmsoort (Kodak No Screen) met de ontwikkelvloeistof oplevert, te bepalen. Aan een proeffilm werd op naast elkaar liggende banden trapsgewijs oplopende hoeveelheden straling toegediend. Loodrecht op deze banden werd de film in repen geknipt. Deze repen werden op verschillende momenten in de 6 tanks ontwikkeld (gedurende 4,5 min. bij een temperatuur van $20 \pm 0,1^\circ \text{C}$., gehouden in een horizontale stand, geen beweging).

Afb. 7 geeft de zwartingscurves (zwartingsmeting volgens I.S.O.*)

* I.S.O. Recommendation R5 - 1954. Diffuse transmission density. I.S.O. Recommended diffuse visual density, type v1-b.



Afb. 7. Zwartingscurves

- na 0, 2, 4, 6, 8 en 10 weken, zonder deksel
- na 2, 4 en 6 weken, met deksel. Deze curves vallen praktisch samen met die, verkregen zonder deksel
- na 10 weken met drijvend deksel

weer, verkregen met de vloeistof in tank no. 1 (geen afsluiting) na 0, 2, 4, 6, 8 en 10 weken, tank no. 2 (met deksel) na respectievelijk 0, 2, 4 en 6 weken, en in tank no. 3 (drijvend deksel) nadat deze vloeistof een ouderdom had van 10 weken.

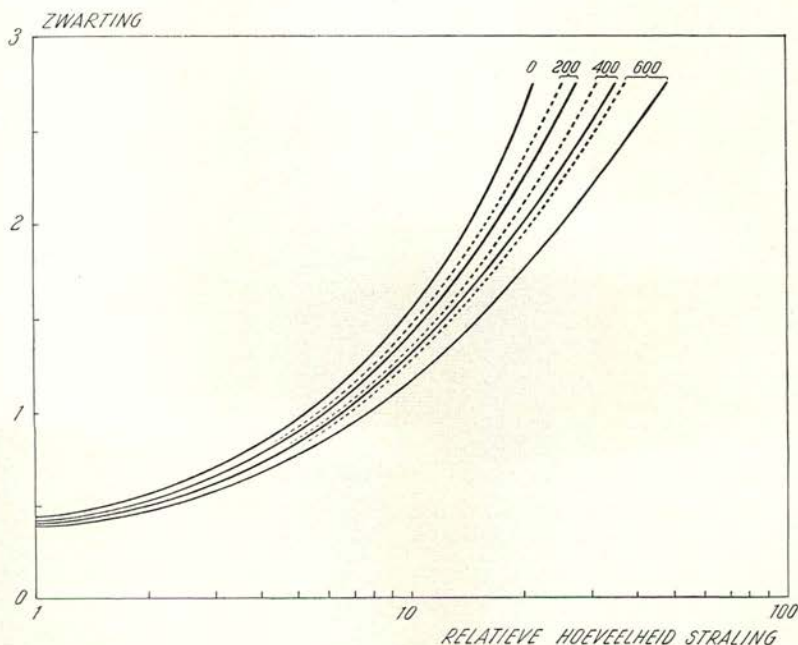
De grafieken laten zien dat de activiteit van de vloeistof in de tanks zonder en met een gewoon deksel snel achteruit gaat. De vloeistof in de tank met een drijvend deksel vertoont echter na 10 weken slechts een zeer geringe vermindering in activiteit.

Wil men dus de vloeistof in goede conditie houden dan is een drijvend deksel onontbeerlijk. De zwartingscurves na het ontwikkelen van 0-200-400-600 films in de tanks no. 3 (geen bijvulling), no 4 (bijvulling met ontwikkelvloeistof) en no. 5 (bijvulling met bijvulvloeistof) zijn in afb. 8 weergegeven. Men kan hieruit zien dat indien niet wordt bijgevuld de activiteit

van de vloeistof achteruit gaat. De mate van vermindering in activiteit is echter te beperken door bijvulling, dit blijkt uit het feit dat de curves die betrekking hebben op tank no. 4 en 5 steeds hoger liggen dan de curves verkregen uit tank no. 3.

Met welke vloeistof men bijvult (ontwikkelvloeistof of bijvulvloeistof) blijkt weinig uit te maken.

Welke van de drie hier getoetste methoden men ook toepast, steeds zal de ontwikkelvloeistof in activiteit achteruit gaan. Blijft nog de vraag hoeveel films men in totaal ontwikkelen kan voordat de vloeistof ververst moet worden. Deze vraag kan slechts beantwoord worden indien men aangeeft welke spreiding in de resultaten (grenzen waartussen een bepaalde zwarting mag fluctueren) men wil accepteren. Stelt men dat de zwarting van een bepaald gebied van de proeffilm mag variëren tussen $2 \pm 0,1$, wat voor praktische toepassing een hoge eis is, dan is uit de curves (Afb. 8) af te lezen dat men onder de gunstigste condities (drijvend deksel, bijvulling)



Afb. 8. Zwartingscurves na ontwikkelen van 0, 200, 400 en 600 films

- zonder bijvulling
- met bijvulling met ontwikkelvloeistof
- met bijvulling met bijvulvloeistof

ongeveer maximaal 400 films kan ontwikkelen. Stelt men hogere of lagere eisen, dan zal ook het aantal anders zijn, dit geldt eveneens indien men wijzigingen in de condities van de proef aanbrengt (bv. andere proeffilm, andere ontwikkelvloeistof etc.).

Conclusie:

Standaardisatie van het ontwikkelproces wordt bevorderd door:

1. de ontwikkelvloeistof de juiste samenstelling te geven.
2. de films gedurende een vaste tijd te ontwikkelen, terwijl de vloeistof een vaste temp. heeft.
3. de belichting van de film aan te passen aan de standaard ontwikkeltechniek.
4. voldoende lang te fixeren en te spoelen.
5. de tank met de ontwikkelvloeistof, met een drijvend deksel af te sluiten.
6. de niveaudaling die in de ontwikkeltank optreedt, door bijvulling te compenseren.
7. het maximum aantal films wat in de vloeistof ontwikkeld kan worden (afhankelijk van de te stellen eisen), niet te overschrijden.

Rubenslaan 119, Utrecht.