

## Badanie deformacji filmów lotniczych

### Wstęp

Głównym celem pracy było uzyskanie rozeznania w jakim stopniu nasze warunki magazynowania filmu lotniczego i jego przechowywania w składnicach nie posiadających odpowiednich klimatyzacji wpływają na zmiany wymiarów filmu.

Bezpośrednią przyczyną podjęcia tego tematu były sygnały z przedsiębiorstw o występowaniu deformacji zdjęć lotniczych wykonanych na filmie utrudniającej niejednokrotnie uzyskanie wymaganej dokładności opracowania autogrametrycznego dla skali opracowania 1:5000.

Badanie filmu takich rodzajów jakie stosowane są w produkcji, to znaczy w rolce i pociętego na formaty zdjęć, przy odpowiednim ułożeniu programu badań, umożliwiło nam jednocześnie uzyskanie danych odnośnie:

1) najkorzystniejszego okresu czasu jaki powinien upłynąć od dnia wywołania filmu do momentu rozcięcia filmu, względnie sporządzenia diapozytywów pomiarowych,

2) zachowania jednorodności filmu,

3) zachowania się końca odcinka filmu.

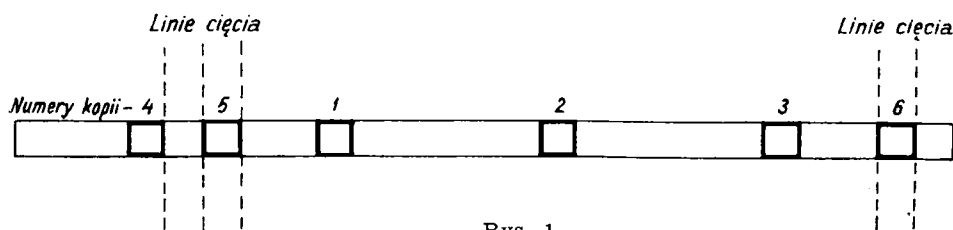
Badaniom poddano dwa, najczęściej stosowane w produkcji, gatunki filmu lotniczego mianowicie Gevaert Aviphot Pan 30 i Ilford HP3-33°.

### Opis badań

Filmy do badań otrzymano z Państwowego Przedsiębiorstwa Fotogrametrii w odcinkach: Gevaert około 13 m, Ilford około 8 m.

W celu uzyskania na filmach punktów pomiarowych skopiowano na nich siatkę kwadratów z płytki rektyfikacyjnej (siatkę kontrolną) od stereokomparatora Zeiss'a 1818. Obróbkę fotolaboratoryjną filmów wykonano w warunkach produkcyjnych w PPF.

Spośród wykonanych kopii siatki kwadratów, wybrano do badań po 6 na każdej taśmie rozmieszczonych tak, jak na rysunku 1. Kopie siatki nr 1, 2, 3 przeznaczono do badania filmu nie pociętego, kopie nr 4 do badania końca półmetrowego odcinka taśmy a kopie nr 5 i 6 do badania wycinków filmu.



Rys. 1

Z literatury wiadomo, że największe zmiany deformacji filmu występują po wywołaniu filmu. W celu ich uchwycenia przyjęto następujące odstępy czasu pomiędzy poszczególnymi seriami pomiarów deformacji: 1 tydzień, 2 tygodnie, 1 miesiąc, 2 miesiące a potem stały około 3,5 miesięczny. Każda seria pomiarów trwała dwa dni przy czym w pierwszym dniu obserwowano zawsze kopie nr 1, 2, 3 a w drugim kopie nr 4, 5, 6. Pierwszego i drugiego dnia po wywołaniu filmu wykonano pierwszą serię obserwacji obejmującą sześć kopii na nie rozciętym filmie. Po upływie tygodnia wykonano drugą taką samą serię obserwacji. Powtórzenie tych obserwacji miało na celu, między innymi, sprawdzenie, czy kopie nr 4, 5, 6 przeznaczone do odcięcia, nie posiadają jakiegś, szczególnego rodzaju deformacji, która potem mogłaby być przypisywana procesowi zachodzącemu po odcięciu. Cięcie filmu w warunkach produkcyjnych wykonuje się w różnych odstępach czasu po jego wywołaniu. Ażeby czynnik ten uwzględnić w naszych badaniach poszczególne kopie odcinaliśmy z taśmy filmowej następująco: kopię nr 4 po drugiej serii, kopię nr 5 po trzeciej serii a kopię nr 6 po czwartej serii obserwacyjnej. Ze względów organizacyjnych badania obydwu filmów rozpoczęto w dwu różnych terminach.

Pomiędzy poszczególnymi dniami obserwacji filmy przechowywano w szafie metalowej. Kopie nr 1, 2, 3 przechowywano w zwiniętej rolce, kopie nr 5 i 6 odcięte z rolki w kopertach tekturowych, a kopię nr 4 zwiniętą i luźno postawioną, tak jak kopie nr 1, 2, 3. Warunki i sposób przechowywania filmu były jak najbardziej zbliżone do warunków i sposobu stosowanego w przedsiębiorstwie.

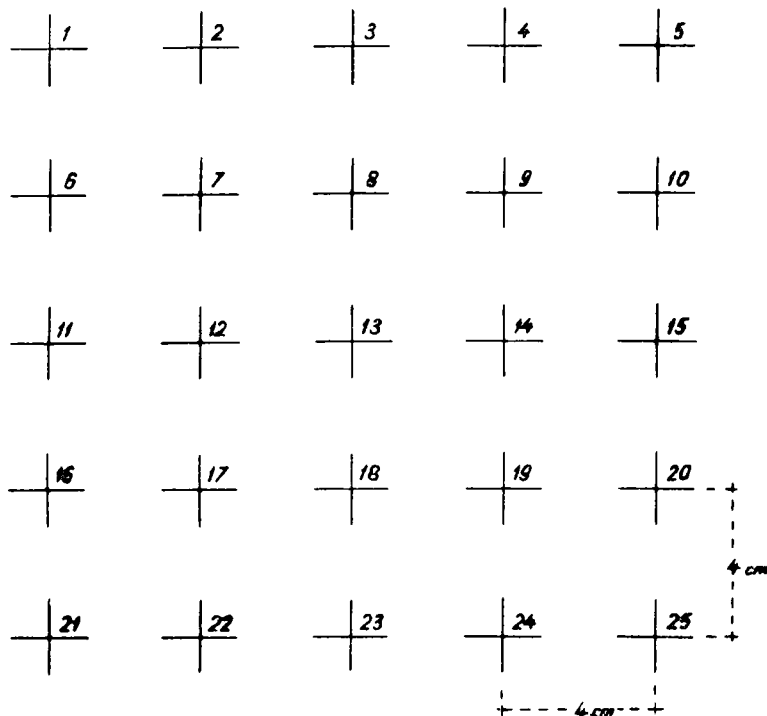
W okresie wykonywania pomiarów deformacji notowano temperaturę i wilgotność otaczającego powietrza.

Filmy badano na przestrzeni 3 lat (1963—1966). Okres ten odpowiada okresowi wykorzystywania zdjęcia lotniczego dla celów produkcyjnych.

#### *Pomiar deformacji*

Pomiar deformacji wykonano na stereokomparatorze Zeiss'a 1818 drogą porównania siatki kontrolnej wrytej na szkłe z kopią tej siatki na filmie. Na lewej tarczy stereokomparatora układano płytkę z siatką kon-

trolną a na prawej jej kopię na filmie. Do pomiaru wybrano na siatce 25 równomiernie rozmieszczonych punktów (przecięć siatki) w odstępach co 4 cm (rys. 2).



Rys. 2

Prostą przechodzącą przez punkty 11 i 13 orientowano równoległe do osi  $x$  przyrządu, oddzielnie dla obydwu siatek. Następnie nastawiając, ruchami  $x$  i  $y$ , znaczek pomiarowy lewego mikroskopu, kolejno (według cyfr podanych na rys. 2) na punkty siatki na szkłe, a znaczek prawego mikroskopu, ruchami  $p_x$ ,  $p_y$ , na odpowiadające im punkty siatki na filmie, odczytywano dla każdego punktu wartości  $p_x$  i  $p_y$ . W celu podniesienia dokładności pomiaru obserwacje dla każdego punktu wykonywano dwukrotnie. Wielkości średnie z dwukrotnego pomiaru zredukowane do punktu 13 (przyjmując  $p_{x_{13}} = 0$  i  $p_{y_{13}} = 0$ ) przedstawiają sobą deformację filmu w poszczególnych punktach obciążoną błędami pomiarów.

W celu uzyskania rozeznania co do wielkości i rozkładu tych błędów wykonano pomiar na ułożonych na obydwu tarczach, siatkach kontrolnych na szkłe (jedna z tych siatek była kopiowana na filmie). Pomiar ten polegał, począwszy od orientacji płytek, na wykonaniu tych samych czynności co przy pomiarze deformacji filmu, to znaczy, obserwowano te same 25 punktów, w tej samej kolejności, przy tym samym kierunku podejścia do punktu itd. Średnie wyników dwukrotnego takiego pomiaru zreduko-

wane do punktu 13 dały obraz wielkości i rozkładu błędów pomiaru jakimi obarczone były wyniki pomiarów deformacji.

Ponieważ instrument, na którym wykonywano pomiary deformacji, jest własnością przedsiębiorstwa i w okresie pomiędzy oddalonymi w czasie poszczególnymi seriami pomiarów wykorzystywany był do innych prac wykonywanych przez różnych obserwatorów, postanowiono przed rozpoczęciem każdej serii pomiarów deformacji przeprowadzać wyżej opisany pomiar kontrolny. W rezultacie otrzymano dość bogaty materiał obserwacyjny dotyczący zachowania się przyrządu w różnych okresach badania filmu. Na jego podstawie wyznaczono średni błąd pomiaru deformacji w punkcie, który wyniósł  $\pm 8\mu$  ( $\pm 1,3\mu$ ).

### Wyznaczenie wielkości deformacji

Jak już uprzednio podano, wartości pomierzone na stereokomparatorze w 25 punktach i zredukowane do punktu 13 przedstawiają sobą wielkości deformacji filmu w tych punktach odniesione do punktu 13 i osi  $x$  przechodzącej przez punkty 11, 13. Oznaczono je odpowiednio dla kierunku podłużnego przez  $p_{x_i}$ , dla kierunku poprzecznego  $p_{y_i}$ .

W naszych badaniach przyjęto pewien podział deformacji. Deformację występującą w kierunku podłużnym filmu nazywamy deformacją podłużną „ $\Delta d_x$ ”. Obliczono ją jako średnią deformację na odcinkach 1—5, 6—10, 11—15, 16—20 i 21—25 (rys. 2) według wzoru:

$$\Delta d_x = \frac{1}{5} \left\{ (p_{x_5} + p_{x_{10}} + p_{x_{15}} + p_{x_{20}} + p_{x_{25}}) - (p_{x_1} + p_{x_6} + p_{x_{11}} + p_{x_{16}} + p_{x_{21}}) \right\} \quad (1)$$

Deformację występującą w kierunku poprzecznym filmu nazywamy deformacją poprzeczną „ $\Delta d_y$ ”. Obliczono ją jako średnią deformację na odcinkach 1—21, 2—22, 3—23, 4—24 i 5—25 według wzoru

$$\Delta d_y = \frac{1}{5} \left\{ (p_{y_1} + p_{y_2} + p_{y_3} + p_{y_4} + p_{y_5}) - (p_{y_{21}} + p_{y_{22}} + p_{y_{23}} + p_{y_{24}} + p_{y_{25}}) \right\} \quad (2)$$

Różnicę pomiędzy deformacją podłużną i poprzeczną nazywamy deformacją nieregularną (różnicową) „ $\Delta d_r$ ”.

czyli

$$\Delta d_r = \Delta d_x - \Delta d_y, \quad (3)$$

Wpływ deformacji nieregularnej na opracowania autogrametryczne można częściowo wyeliminować przez wprowadzenie do ogniskowej autografu poprawki, obliczonej dla tak zwanej średniej regularnej deformacji „ $\Delta d$ ”, która jest średnią arytmetyczną z deformacji podłużnej i poprzecznej,

$$\Delta d = \frac{\Delta d_x + \Delta d_y}{2}. \quad (4)$$

Nas szczególnie interesowały wielkości (i rozkład na całej powierzchni zdjęcia) deformacji jakie pozostają jeszcze po eliminacji średniej regularnej deformacji, czyli wielkości deformacji resztkowej we wszystkich 25 punktach, oznaczonej dla kierunku podłużnego przez „ $r_{x_i}$ ” a dla kierunku poprzecznego przez „ $r_{y_i}$ ”. Wielkości te otrzymano tworząc różnice pomiędzy średnimi regularnymi deformacjami, obliczonymi dla poszczególnych punktów, a wyznaczonymi z pomiaru wielkościami deformacji  $p_{x_i}$ ,  $p_{y_i}$  (wzór 6).

Średnie regularne deformacje dla poszczególnych punktów będą różne w zależności od ich odległości od punktu 13. Wyznaczono je w oparciu o podaną wyżej średnią regularną deformację „ $\Delta d$ ”, obliczoną z punktów leżących na obwodzie, oddalonych od siebie o 160 mm. Na jej podstawie obliczono najpierw współczynnik średniej regularnej deformacji „ $\Delta k$ ” z wzoru

$$\Delta k = \frac{\Delta d}{160} \quad (\Delta d \text{ — w milimetrach}), \quad (5)$$

a następnie mnożąc go przez rzędną oraz odciętą punktu „ $i$ ” otrzymano wartości średniej regularnej deformacji w punkcie „ $i$ ”, odpowiednio dla kierunku podłużnego oraz poprzecznego. Współrzędne  $x$  i  $y$  punktów liczone są od punktu 13 jako początku układu.

Wzory na deformację resztkową mają więc postać:

$$\begin{aligned} r_{x_i} &= x_i \Delta k - p_{x_i}, \\ r_{y_i} &= y_i \Delta k - p_{y_i}. \end{aligned} \quad (6)$$

Przy porównaniu deformacji resztkowej poszczególnych kopii i filmów pomiędzy sobą posługiwano się średnią deformacją resztkową „ $R$ ” obliczoną z obydwu kierunków dla wszystkich punktów.

$$R = \pm \sqrt{\frac{[r_{x_i}^2 + r_{y_i}^2]}{46}} \quad (7)$$

Przyjmując do obliczeń powyższą metodę wyznaczenia deformacji brano pod uwagę możliwość powiązania wyników naszych badań z wielkościami deformacji występującymi w produkcji przy opracowaniach autogrametrycznych. Dlatego, między innymi, średnią regularną deformację obliczono tylko na podstawie punktów leżących na obwodzie a nie ze wszystkich 25.

W celu uzyskania rozeznania co do możliwości porównania wyników naszej pracy z wynikami prac innych autorów, stosujących do obliczeń inną metodę podaną w [6], wykonano, w oparciu o kilkanaście obserwacji różnych kopii, porównanie obydwu metod. Uzyskane rozbieżności wynoszą dla  $\Delta k$  średnio  $0,01 \times 10^{-3}$  a dla „ $R$ ” średnio  $1\mu$ .

## Omówienie wyników

Przy rozpatrywaniu wielkości deformacji filmów należy mieć na uwadze to, że są one obarczone błędami z tytułu nieprzylegania filmu do płytki w czasie kopiowania oraz błędami pomiaru deformacji. Wielkości błędów z tytułu nieprzylegania nie znamy, jednak przez zastosowanie kopiarki pneumatycznej zmniejszono je do minimum. Natomiast błąd pomiaru deformacji w poszczególnych punktach, jak uprzednio wspomniano, wynosi średnio  $\pm 8\mu$ . Z tego tytułu średnie wielkości deformacji resztkowej, obliczone w oparciu o 25 punktów lub jako średnie z 3 letniego okresu badań, obarczone są błędami rzędu około  $\pm 3\mu$  do  $\pm 1\mu$ , a współczynniki deformacji regularnej około  $\pm 0,01 \times 10^{-3}$ . Wielkości tych błędów uniemożliwiłyby przeprowadzenie wnikliwej i szczegółowej analizy zachowania się materiału filmowego, jednak do naszych celów, wymienionych na wstępie, dokładności te są wystarczające. Mówiąc o deformacji filmu rozumieć będziemy deformację podkładu i emulsji łącznie. W okresie badań wahania temperatury powietrza wynosiły od  $16^{\circ}\text{C}$  do  $26^{\circ}\text{C}$ , a wilgotności względnej powietrza od 53% do 83%. Wyniki badań filmu Gevaerta zestawiono w tablicy 1 a Ilforda w tablicy 2.

### 1. Porównanie deformacji filmu Gevaerta z filmem Ilforda

#### *Deformacja regularna*

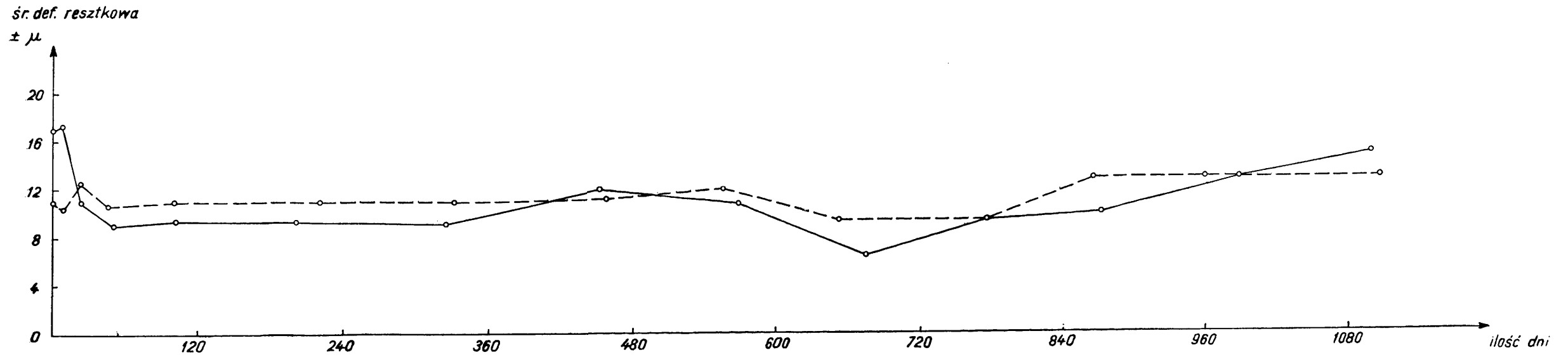
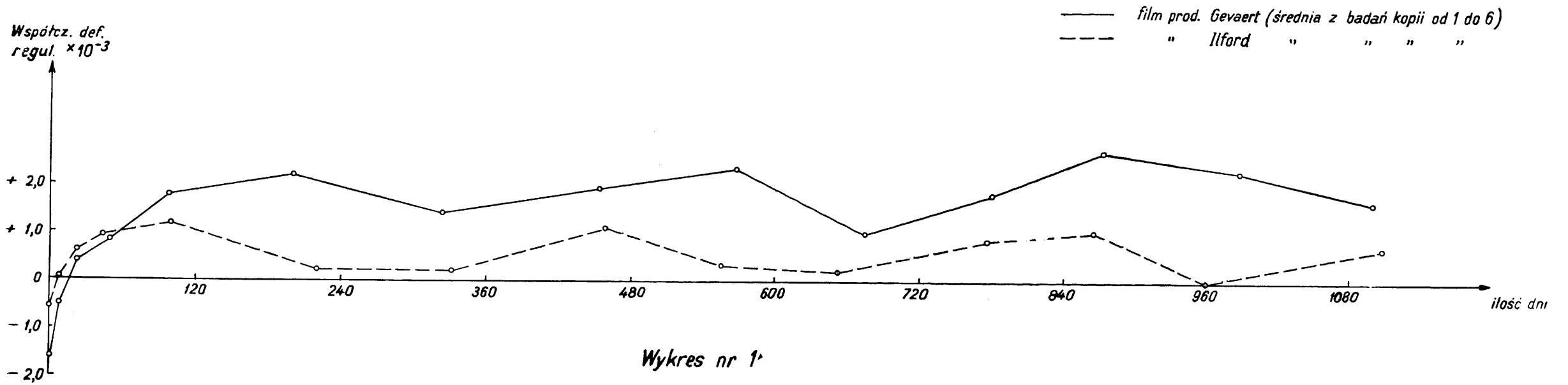
Wartości średnie współczynników deformacji regularnej ze wszystkich kopii siatki i ze wszystkich serii pomiarów wynoszą: dla filmu Gevaerta  $+1,35 \times 10^{-3}$  a dla filmu Ilforda  $+0,49 \times 10^{-3}$ . Wykres 1 przedstawia krzywe deformacji regularnych (średnich z kopii od 1 do 6) dla filmów Gevaerta i Ilforda. Na jego podstawie widać, że przejście od rozkurczu, który następuje zaraz po obróbce fotograficznej filmu, do skurczu jest znacznie gwałtowniejsze dla filmu Gevaerta oraz to, że wielkość deformacji regularnej dla filmu Gevaerta, w ciągu całego okresu badań, jest większa od wielkości deformacji regularnej dla filmu Ilforda. W tablicach 1 i 2 kolumnach 5, 6, 7, 8, 9, 10 wpisane są wartości współczynników deformacji regularnej dla poszczególnych kopii siatki. Wykazują one zmianę zarówno dla czasowo oddalonych od siebie badań tej samej kopii, jak również dla badań wykonanych w jednym dniu. Dla filmu Gevaerta zakres wahań w 3 letnim okresie badań wynosi od  $-2,35 \times 10^{-3}$  do  $+2,90 \times 10^{-3}$  a dla filmu Ilforda od  $-0,83 \times 10^{-3}$  do  $+1,39 \times 10^{-3}$ . Wahania te pochodzące z dziennych i rocznych zmian wilgotności i temperatury powietrza są jak widać mniejsze dla filmu Ilforda. Trudno nam

## Wyniki badań filmu Gevaerta

Lp.	Ilość dni po wywołaniu filmu	Warunki atmosferyczne w dniu obserw.		Współczynnik deformacji regularnej $\Delta k \times 10^{-3}$							Średnia deformacja resztkowa $R$ w $\mu$						Współczynnik deformacji różnicowej $\times 10^{-3}$						
		temperatura w $^{\circ}\text{C}$	wilgotn. wzgl. w %	numery kopii						wartość średnia	numery kopii						wartość średnia	numery kopii					
				1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	22	88	-1,69	-2,35	-1,84				-1,96	$\pm 15$	$\pm 22$	$\pm 19$				$\pm 18$	+0,49	+0,62	+0,57			
	2	22	88				1,35	-1,18	-1,28	-1,27				$\pm 16$	$\pm 16$	$\pm 15$	$\pm 16$				+0,19	+0,49	+0,45
2	8	21	84	-0,62	-1,35	-0,84				-0,93	$\pm 18$	$\pm 20$	$\pm 26$				$\pm 21$	+0,46	+0,61	+0,51			
	9	21	84				-0,02	-0,06	-0,08	-0,05				$\pm 13$	$\pm 19$	$\pm 11$	$\pm 14$				+0,18	+0,31	+0,26
3	22	17	80	+0,46	+0,25	+0,46				+0,39	$\pm 9$	$\pm 13$	$\pm 13$				$\pm 11$	+0,26	+0,25	+0,27			
	23	16	81				-0,03	+0,68	+0,57	+0,41				$\pm 15$	$\pm 11$	$\pm 8$	$\pm 11$				+0,09	+0,14	+0,16
4	50	21	73	+0,79	+0,71	+0,77				+0,75	$\pm 9$	$\pm 11$	$\pm 9$				$\pm 10$	+0,21	+0,19	+0,21			
	51	20	72				+0,95	+0,98	+0,86	+0,93				$\pm 9$	$\pm 7$	$\pm 7$	$\pm 8$				-0,02	+0,04	+0,14
5	99	18	65	+1,77	+1,55	+1,69				+1,67	$\pm 9$	$\pm 11$	$\pm 7$				$\pm 9$	+0,12	+0,14	+0,06			
	100	19	65				+2,11	+2,05	+1,89	+2,01				$\pm 13$	$\pm 10$	$\pm 7$	$\pm 10$				0,12	-0,16	-0,07
6	199	19	64	+2,24	+2,32	+2,30				+2,28	$\pm 7$	$\pm 11$	$\pm 11$				$\pm 9$	+0,02	-0,01	-0,03			
	200	20	63				+2,30	+2,27	+1,90	+2,15				$\pm 12$	$\pm 10$	$\pm 7$	$\pm 10$				-0,10	-0,22	-0,14
7	323	26	69	+1,45	+1,49	+1,54				+1,49	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 8$				$\pm 9$	+0,19	-0,17	+0,10			
	324	25	74				+1,41	+1,64	+1,14	+1,39				$\pm 13$	$\pm 9$	$\pm 6$	$\pm 9$				0	-0,16	-0,05
8	451	20	68	+2,00	+1,84	+1,90				+1,91	$\pm 10$	$\pm 14$	$\pm 12$				$\pm 12$	+0,04	+0,06	+0,03			
	452	20	69				+2,24	+2,03	+1,75	+2,00				$\pm 12$	$\pm 12$	$\pm 10$	$\pm 12$				0	-0,24	-0,17
9	568	20	68	-2,45	+2,42	+2,32				+2,39	$\pm 12$	$\pm 12$	$\pm 8$				$\pm 11$	0	-0,06	-0,08			
	569	20	68				+2,31	+2,38	+2,20	+2,29				$\pm 14$	$\pm 11$	$\pm 9$	$\pm 11$				-0,18	-0,29	-0,23
10	673	22	71	+1,60	+1,61	+1,60				+1,60	$\pm 7$	$\pm 8$	$\pm 6$				$\pm 7$	+0,05	+0,07	-0,01			
	674	24	68				+1,53	-0,04	-0,22	-0,42				$\pm 10$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 7$				-0,03	+0,07	+0,07
11	779	20	65	+1,95	+1,65	+1,65				+1,75	$\pm 8$	$\pm 13$	$\pm 8$				$\pm 10$	+0,05	+0,03	+0,04			
	780	21	66				+2,16	+1,96	+1,66	+1,92				$\pm 14$	$\pm 13$	$\pm 9$	$\pm 9$				-0,21	-0,28	-0,23
12	872	19	52	+2,76	+2,56	+2,64				+2,65	$\pm 9$	$\pm 11$	$\pm 10$				$\pm 10$	-0,09	-0,12	-0,12			
	873	20	52				+2,90	+2,82	+2,61	+2,77				$\pm 16$	$\pm 12$	$\pm 11$	$\pm 10$				-0,26	-0,32	-0,33
13	988	20	56	+2,39	+2,21	+2,13				+2,24	$\pm 10$	$\pm 14$	$\pm 8$				$\pm 11$	+0,05	+0,09	+0,03			
	989	20	56				+2,54	+2,41	+2,31	+2,42				$\pm 17$	$\pm 18$	$\pm 10$	$\pm 15$				0,22	-0,32	-0,26
14	1101	21	67	+1,64	+1,64	+1,71				+1,66	$\pm 13$	$\pm 18$	$\pm 14$				$\pm 15$	+0,16	+0,15	+0,06			
	1102	20	67				+1,74	+1,81	+1,48	+1,67				$\pm 22$	$\pm 16$	$\pm 8$	$\pm 15$				-0,02	-0,20	-0,04

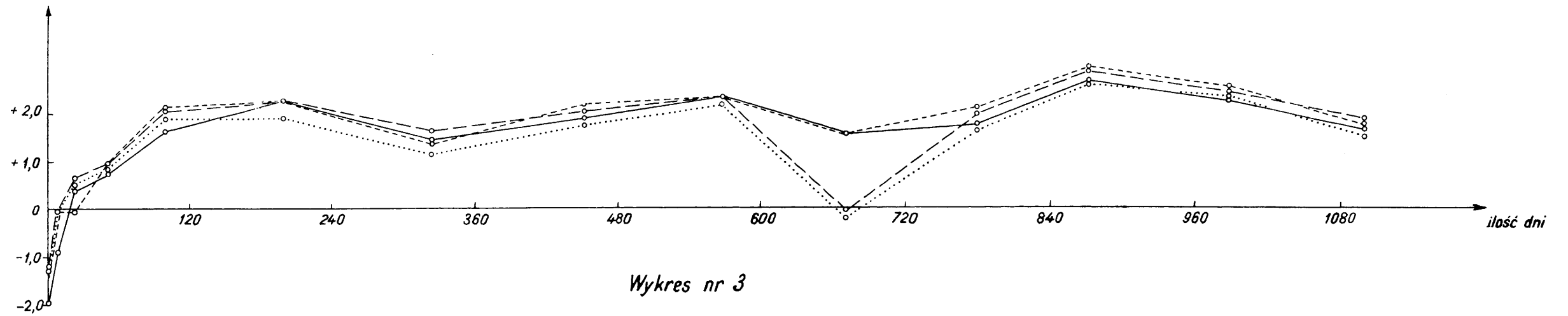






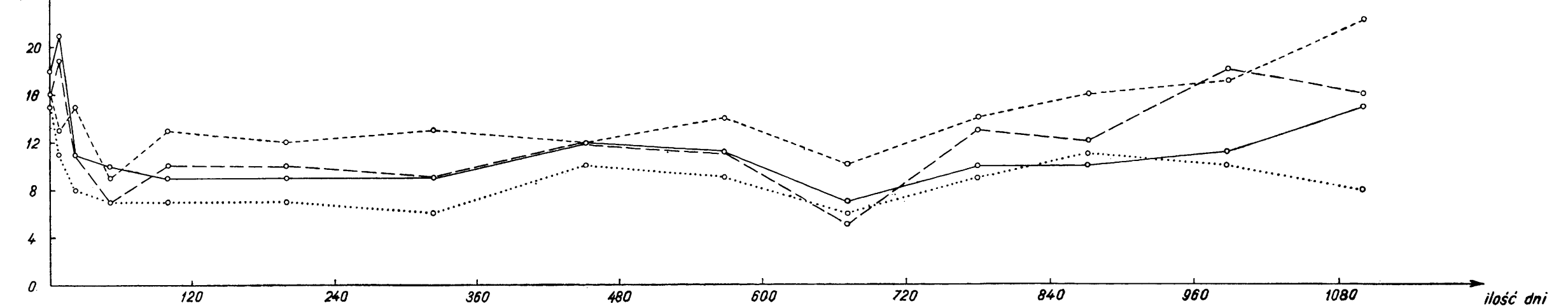
# Film Gevaert

Współcz. def.  
regul.  $\times 10^{-3}$



Wykres nr 3

Śr. def. resztkowa  
 $\pm \mu$

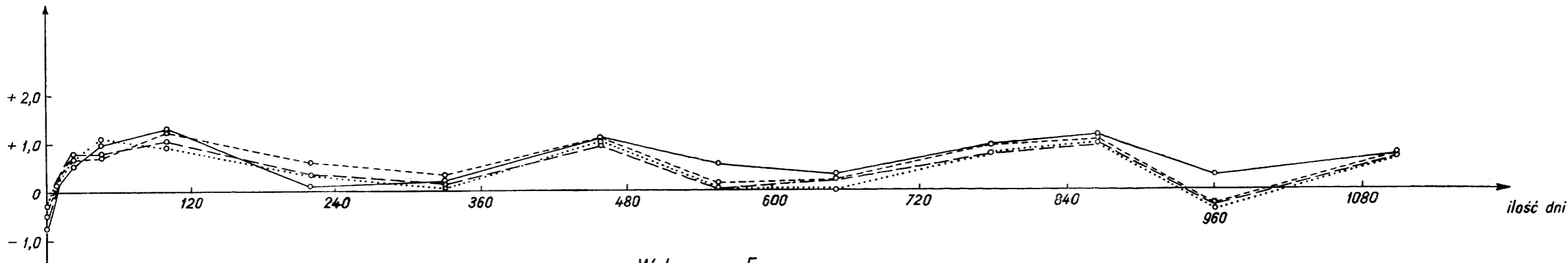


Wykres nr 4

# Film Ilford

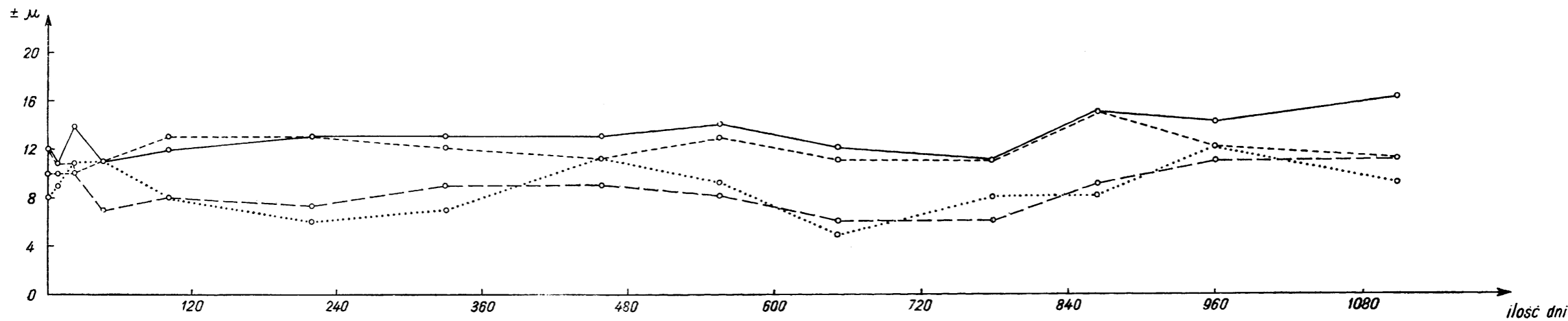
- sr. z kopii 1,2,3
- - - kopia nr 4
- - - kopia nr 5
- ..... kopia nr 6

Współcz. def.  
regul.  $\times 10^{-3}$



Wykres nr 5

śr. def. resztkowa



Wykres nr 6

jednak powiedzieć jaki procent różnicy pomiędzy filmami przypisać należy temu, że były one badane w różnym okresie w różnych warunkach atmosferycznych (tablica 1 i 2 kolumna 3 i 4).

### *Deformacja reszkowa*

Wartości średnie średnich deformacji reszkowych, obliczonych ze wszystkich serii pomiarów i wszystkich kopii siatki, wynoszą: dla filmu Gevaerta  $\pm 11\mu$  i dla filmu Ilforda również  $\pm 11\mu$ . Wykres 2 przedstawia krzywe średnich deformacji reszkowych dla filmów Gevaerta i Ilforda. Wynika z nich, że w pierwszych 3 tygodniach po wywołaniu filmów, średnia deformacja reszkowa dla filmu Gevaerta jest znacznie większa aniżeli dla filmu Ilforda, potem na przestrzeni dłuższego okresu czasu film Gevaerta wykazuje nieco mniejszą średnią deformację reszkową od filmu Ilforda. Po wyłączeniu tego 3-tygodniowego okresu średnia deformacja reszkowa dla filmu Gevaerta wynosi  $\pm 10\mu$ , a dla filmu Ilforda pozostaje  $\pm 11\mu$ .

## **2. Porównanie deformacji filmu przechowywanego w rolce z wycinkami filmu**

Wykres 3 i 4 przedstawia krzywe deformacji regularnej i średniej deformacji reszkowej filmu Gevaerta, oddzielnie dla kopii odcinanych nr 4, 5 i 6 oraz dla wartości średniej z badań kopii nr 1, 2, 3 będących na jednym odcinku filmu. Wykresy 5 i 6 są odpowiednikami wykresów 3 i 4 dla filmu Ilforda.

Krzywe deformacji regularnej mają w większości bardzo podobny przebieg dla poszczególnych kopii. Wpływ tej deformacji na opracowanie autogrametryczne daje się zresztą łatwo usunąć, nie będziemy więc jej tutaj szerzej omawiać. Godnym uwagi natomiast jest fakt, że najmniejszą wartość średniej deformacji reszkowej dla filmu Gevaerta (wykr. 4) posiada kopia nr 6, która została odcięta z taśmy filmowej do wymiarów  $18 \times 18$  cm w 48 dniu po wywołaniu filmu, to znaczy wtedy, gdy film był już „ustabilizowany”. Natomiast największą wartość średniej deformacji reszkowej dla tego filmu posiada kopia nr 4 umieszczona na brzegu półmetrowego odcinka, odciętego w 9 dniu po wywołaniu filmu, to jest wtedy, gdy w filmie zachodziły jeszcze względnie szybkie zmiany deformacji (przejście filmu od rozkurczu do skurczu). Kopia nr 5 odcięta do wymiaru  $18 \times 18$  cm w 23 dniu po wywołaniu zajmuje miejsce pośrednie na wykresie. To samo można powiedzieć o krzywej charakteryzującej zachowanie kopii nr 1, 2, 3.

Dla filmu Ilforda (wykr. 6) kopie nr 5 i 6 wykazują najmniejszą wartość średniej deformacji resztkowej a kopie nr 1, 2, 3, znajdujące się na jednym odcinku filmu, oraz kopia nr 4, odcięta w 9 dniu po wywołaniu filmu, posiadają znacznie większą wartość średniej deformacji resztkowej.

Zestawienie wartości średniej deformacji resztkowej dla poszczególnych filmów i kopii z 3 letniego okresu badań wykonano w tablicy 3.

Tablica 3

Numer kopii	Średnia deformacja resztkowa w $\mu$		Dzień w którym rozcięto film
	Gevaert	Ilford	
1,2,3	$\pm 11,6$	$\pm 13,0$	film nie rozcięty
4	$\pm 14,0$	$\pm 11,6$	9
5	$\pm 10,8$	$\pm 8,9$	23
6	$\pm 8,8$	$\pm 8,7$	46

### 3. Badanie jednorodności filmów

Dla zbadania jednorodności filmów wzięto pod uwagę wartości deformacji kopii 1, 2, 3 z całego okresu badań oraz kopii 4, 5 i 6 do momentu ich odcięcia z taśmy.

Z poprzednich rozważań wynika, że film w pierwszym okresie czasu po wywołaniu, wynoszącym około 3 tygodni, wykazuje większe zmiany deformacji aniżeli w pozostałym okresie. W związku z tym rozpatrzono wyniki oddzielnie dla okresu I wynoszącego 3 tygodnie po wywołaniu i okresu II — pozostałego. I tak, w tablicy 4 zestawiono, dla obydwu okresów, maksymalne różnice współczynników deformacji regularnych i średnich deformacji resztkowych poszczególnych kopii, występujące w serii pomiarowej.

Tablica 4

Filmy	Maksymalne różnice			
	I okres		II okres	
	$\Delta k$	$R_w$ „ $\mu$ ”	$\Delta k$	$R_w$ „ $\mu$ ”
Gevaert	$1,17 \times 10^{-3}$	$\pm 15$	$0,30 \times 10^{-3}$	$\pm 6$
Ilford	$0,53 \times 10^{-3}$	$\pm 6$	$0,55 \times 10^{-3}$	$\pm 6$

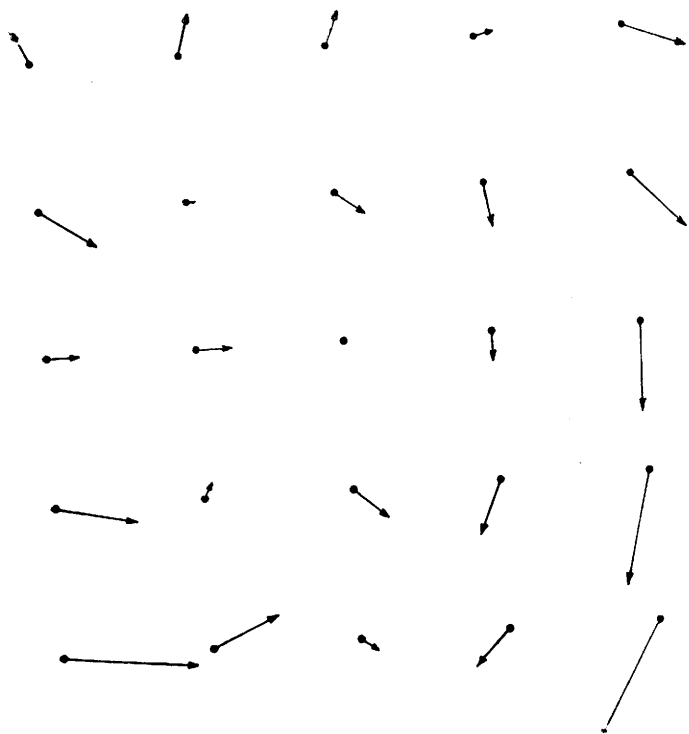


Diagram 1. Film Gevaerta kopia nr 4  
 Obserwacje z 9 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $-0,02 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 13 \mu$   
 Def. różnicowa  $+29 \mu$

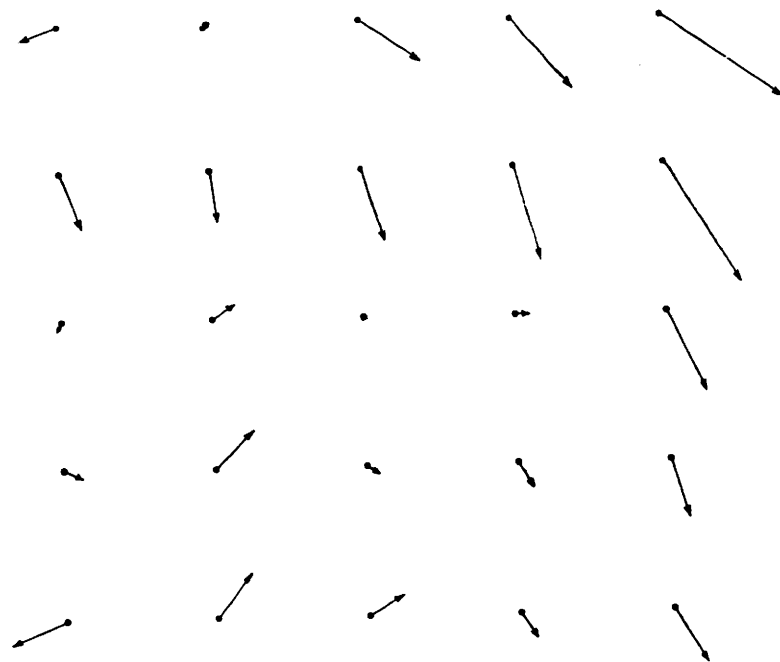


Diagram 2. Film Gevaerta kopia nr 4  
 Obserwacje z 100 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+2,11 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 13 \mu$   
 Def. różnicowa  $-20 \mu$

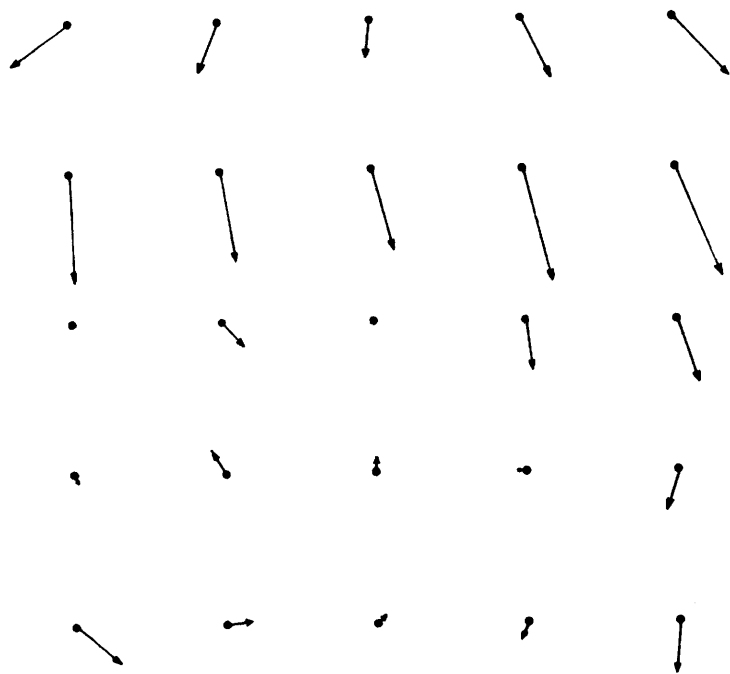


Diagram 3. Film Gevaerta kopia nr 4  
 Obserwacje z 200 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+2,30 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 12 \mu$   
 Def. różnicowa  $-16 \mu$

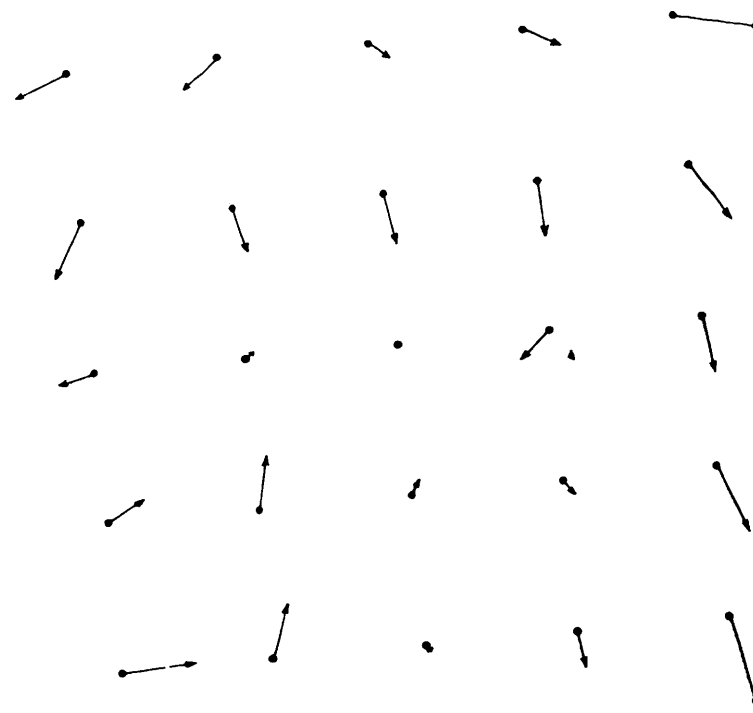


Diagram 4. Film Gevaerta kopia nr 4  
 Obserwacje z 6 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+1,53 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 10 \mu$   
 Def. różnicowa  $-4 \mu$

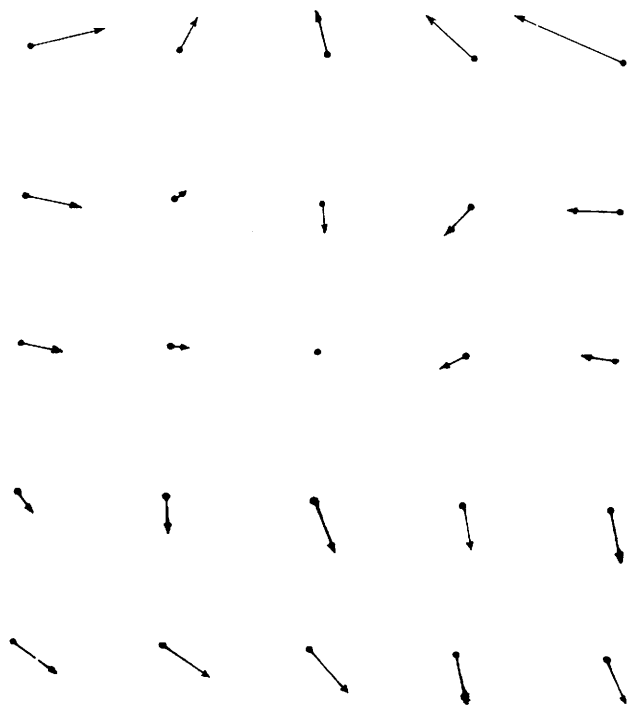


Diagram 5. Film Ilford kopia nr 4  
 Obserwacje z 9 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+0,16 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 10 \mu$   
 Def. różnicowa  $+41 \mu$

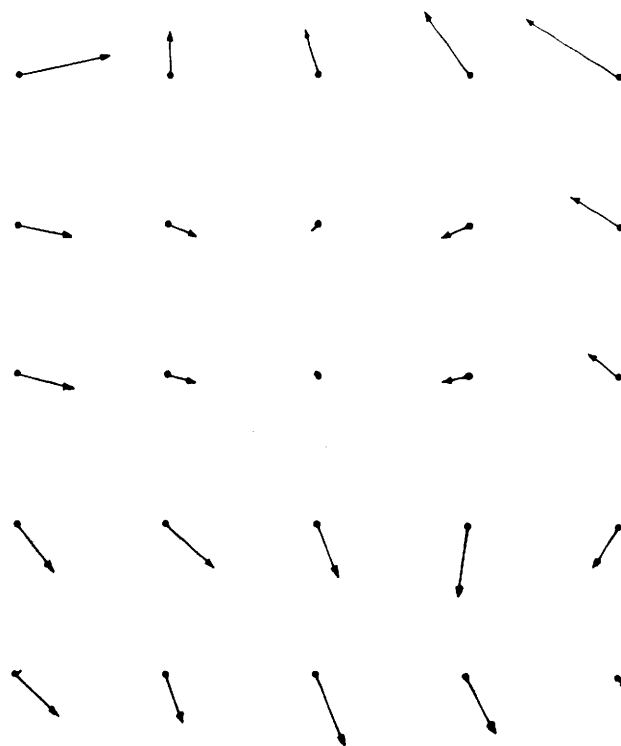


Diagram 6. Film Ilford kopia nr 4  
 Obserwacje z 46 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+0,72 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 11 \mu$   
 Def. różnicowa  $\pm 49 \mu$



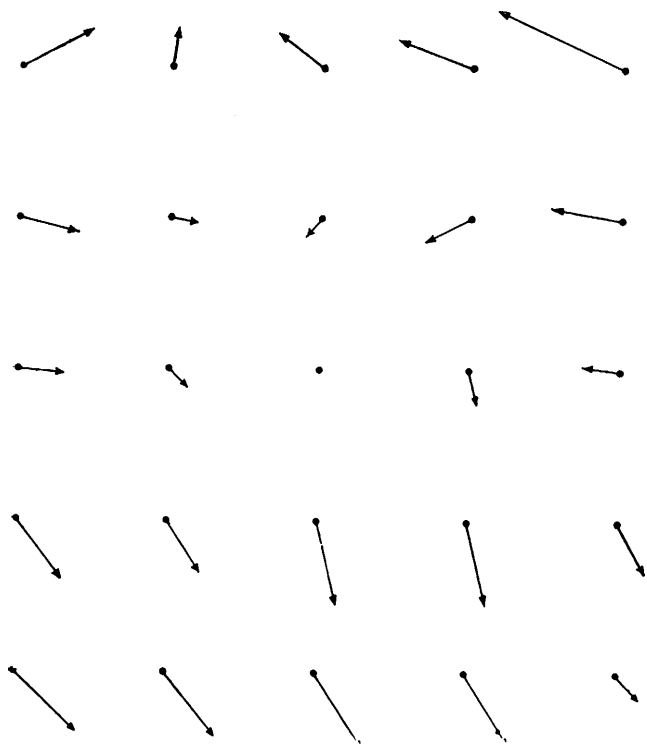


Diagram 7. Film Ilford kopia nr 4  
 Obserwacje z 219 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+0,60 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 13 \mu$   
 Def. różnicowa  $+51 \mu$

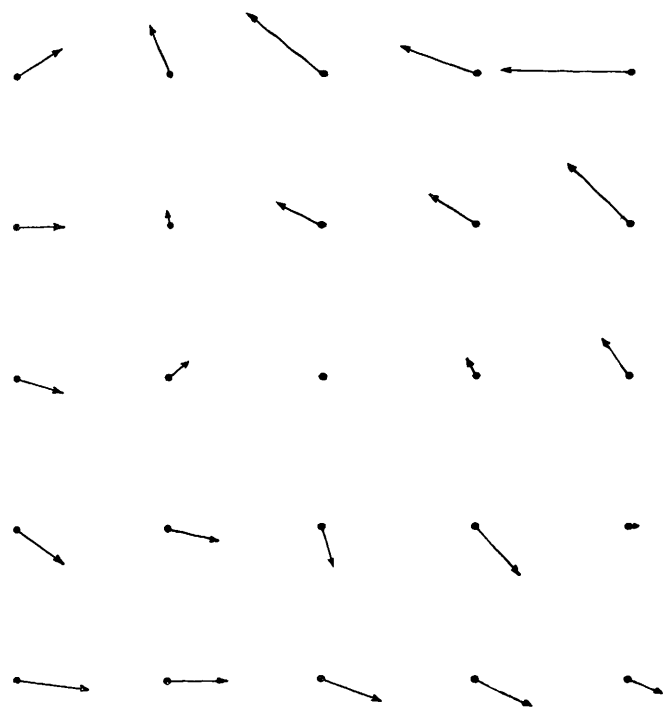


Diagram 8. Film Ilford kopia nr 4  
 Obserwacje z 653 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+0,20 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 11 \mu$   
 Def. różnicowa  $+45 \mu$

Biorąc pod uwagę dokładność wyznaczenia deformacji filmu można powiedzieć, że jednorodność filmów w okresie II jest zachowana dla obydwu gatunków filmu, a w okresie I film Ilford wykazuje znacznie mniejsze różnice od filmu Gevaerta.

#### 4. Badanie deformacji skraju odcinka filmu

Dla zbadania końca odcinka filmu służyła nam kopia nr 4 umieszczona na skraju półmetrowego odcinka filmu. W rozdziale 2 na podstawie wykresów 3, 4, 5, 6 oraz tablic 1 i 2 omówiono już, dla obydwu filmów, deformację regularną i średnią deformację reszkową kopii nr 4 w stosunku do pozostałych kopii. Teraz rozpatrzmy jak przebiega wewnętrzny rozkład deformacji reszkowej na kopiach nr 4. W tym celu sporządzono, dla obu gatunków filmów, 8 diagramów przedstawiających wektory deformacji reszkowej w punktach pomiarowych. Diagramy 1 i 5 obrazują deformację reszkową przed odcięciem filmów, a diagramy 2, 3, 4, 6, 7, 8 w różnym okresie po odcięciu. Prawa strona kopii jest skrajem odcinka filmu. Jak widać różne wielkości wektorów po obu stronach kopii mają miejsce już przed odcięciem filmów, a różnice deformacji w miarę upływu czasu są tego typu, że nie pozwalają na wyciągnięcie wniosków co do zmian z tytułu jednostronnego odcięcia kopii. Widocznie zmiany te są tak małe, że zbyt niska dokładność naszych pomiarów nie pozwala na ich uchwycenie.

#### 5. O deformacji regularnej i reszkowej

##### *Deformacja regularna*

Deformacja regularna filmu, jak już uprzednio wspomiano, nie przedstawia większego niebezpieczeństwa w opracowaniach fotogrametrycznych. Nieznaczny wpływ może mieć tylko zmiana deformacji filmu zachodząca w trakcie opracowywania stereogramu na przyrządzie, która w każdym przypadku wchodzi do pomiaru jako błąd nieregularny. Ta zmiana deformacji spowodowana jest działaniem na film warunków zewnętrznych jak na przykład, nagrzewanie filmu lampami podświetlającymi. Z powodu braku odpowiedniego przyrządu, nie przeprowadziliśmy badań deformacji filmu wynikającej z tego tytułu. Istnieją jednak dane na ten temat w literaturze niemieckiej. W. A. Brucklacher i W. Lüder [1] dla określenia wielkości zmian filmu, zachodzących w trakcie pomiaru, przeprowadzili na uniwersalnym mikroskopie pomiarowym niezależne, następujące po sobie pomiary, na tym samym kawałku filmu, przy czym

każdy pomiar zajął 1 godzinę czasu. Wyniki tych pomiarów wykazały, że średnie odchylenie we współrzędnych wynosi  $\pm 4,3\mu$  z maksymalną różnicą  $14\mu$ .

### *Deformacja resztkowa*

Największy wpływ na dokładność opracowań autogrametrycznych ma deformacja resztkowa. Dla lepszego zobrazowania charakteru deformacji resztkowych i ich rozkładu sprządzono diagramy 9, 10, 11 przedstawiające wektory deformacji resztkowej w punktach pomiarowych. Diagramy przedstawiają trzy charakterystyczne przykłady rozkładu deformacji resztkowych dla różnych kopii siatki pomierzonych w różnych okresach czasu posiadających różną deformację różnicową. Z diagramów widoczny jest afiniczny charakter deformacji resztkowej, jego zależność od deformacji różnicowej. Pod wpływem zwiększania deformacji różnicowej rośnie systematyczna część deformacji resztkowej zwana afiniczną. Dysponując wynikami pomiaru deformacji filmów o wyższej dokładności, aniżeli nasze, można by, za pomocą odpowiednich wzorów wydzielić z deformacji resztkowej jej część systematyczną oddzielnie dla kierunku podłużnego i poprzecznego oraz część przypadkową zwaną zniekształceniem miejscowym. Według W. Brucklachera [1] przypadkowa część deformacji resztkowej wynosi, w zależności od gatunku filmu, średnio  $\pm 4\mu$  z maksymalną wartością  $25\mu$ .

Z diagramów widać również, że deformacja resztkowa jest największa na skraju badanej powierzchni. Uzyskany więc wynik na średnią deformację resztkową jest funkcją badanej powierzchni. W naszym przypadku wynosi ona  $160 \times 160$  cm i dla niej, jak już wspomniano, wartość średniej deformacji resztkowej z trzyletniego okresu badań wynosi  $\pm 11\mu$ . Wiadomo jednak, że przy stereoskopowym opracowaniu zdjęć lotniczych o wymiarach  $180 \times 180$  mm użyteczny zasięg modelu wynosi często około  $100 \times 150$  mm. Średnia deformacja resztkowa obliczona dla tej powierzchni wynosi  $\pm 8\mu$ . Maksymalna wartość deformacji resztkowej występująca na skraju badanej powierzchni  $160 \times 160$  mm w 3-letnim okresie badań, nie przekroczyła  $35\mu$ .

### **Porównanie z innymi pracami**

Porównując wyniki badań deformacji filmów z wynikami uzyskanymi przez innych autorów należy mieć na uwadze względnie niską dokładność naszych pomiarów oraz stosowanie różnych metod obliczeniowych przez poszczególnych autorów. Nie mniej jednak wartości deformacji filmów, na uchwycenie których pozwoliła nam nasza dokładność

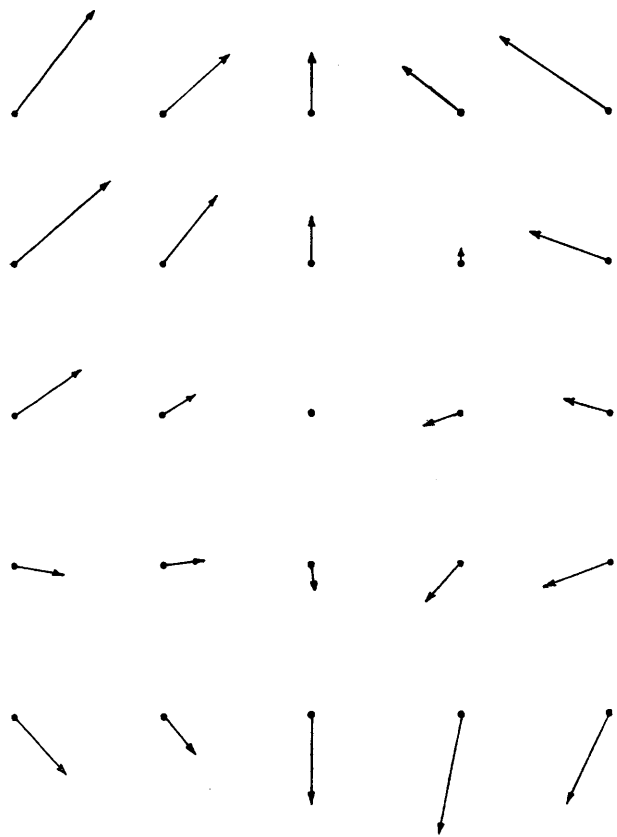


Diagram 9. Film Gevaert kopia nr 1  
 Obserwacje z 1 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $-1,69 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 15 \mu$   
 Def. różnicowa  $+78 \mu$

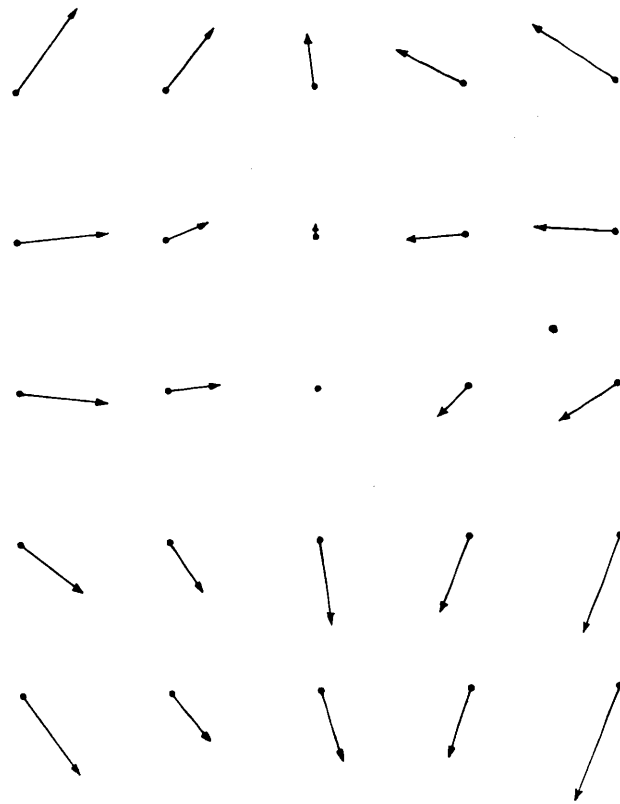


Diagram 10. Film Gevaert kopia nr 6  
 Obserwacje z 1 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $-1,28 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 15 \mu$   
 Def. różnicowa  $+72 \mu$

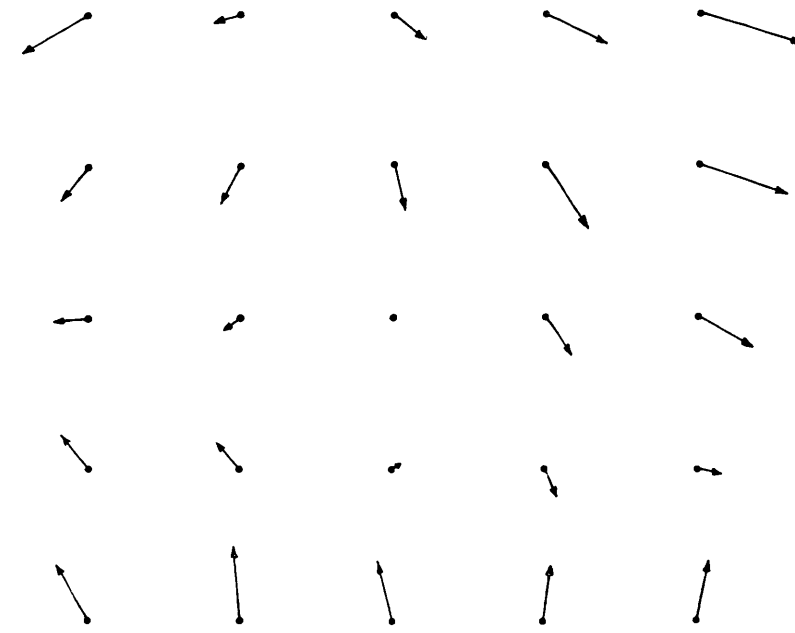


Diagram 11. Film Gevaert kopia nr 5  
 Obserwacje z 569 dnia po wywołaniu  
 Współcz. def. reg.  $+2,40 \times 10^{-3}$   
 Średnia def. resztkowa  $\pm 11 \mu$   
 Def. różnicowa  $-46 \mu$

pomiaru, podobne są do wyników uzyskanych przez innych autorów. Trzeba mieć również na uwadze fakt, że podane wielkości deformacji są często wartościami średnimi z badań kilku gatunków filmu, a jak wskazuje literatura filmy o różnych podłożach wykazują różną deformację.

Według W. Brucklachera i W. Lüdera [1] wartość współczynnika deformacji regularnej dla filmów na podłożu acetatowym waha się pomiędzy  $-1,97 \times 10^{-3}$  a  $+2,20 \times 10^{-3}$ , natomiast średnia deformacja resztkowa wynosi około  $\pm 5\mu$  z maksymalną wartością  $28\mu$ . Badana powierzchnia wynosiła  $100 \times 140$  mm.

Według J. Simmy [7] średnia deformacja resztkowa dla 6 zbadanych filmów wynosi  $\pm 9\mu$  i waha się pomiędzy wartościami  $\pm 5,6\mu$  i  $\pm 12,6\mu$ , wartość maksymalna wynosi  $32\mu$ . Badana powierzchnia wynosiła  $160 \times 160$  mm.

W. Sall [6] podaje, że proces deformacji nieregularnej filmu od mniej więcej 20 dnia po wywołaniu filmu jest zakończony. Deformacja wynosi wówczas około  $10\mu$  do  $12\mu$ . Wynik ten dotyczy badanej powierzchni o wymiarach  $160 \times 160$  mm.

Można by zadać pytanie: czy film tak samo deformowałby się gdyby kopiowanie siatki kontrolnej odbywało się w warunkach takich, jak wykonuje się zdjęcia lotnicze, to znaczy, w samolocie na dużej wysokości. Z doświadczeń przeprowadzonych przez W. Brucklachera i W. Lüdera wynika, że już w 2 tygodnie po wywołaniu zachowanie się filmów z siatką kopiowaną w czasie lotu, upodabnia się do filmów badanych w laboratorium.

### Podsumowanie wyników

1. Współczynnik deformacji regularnej dla filmu Gevaerta waha się w granicach od  $-2,35 \times 10^{-3}$  do  $+2,90 \times 10^{-3}$ . Wielkość średnia współczynnika ze wszystkich kopii wynosi  $+1,35 \times 10^{-3}$ .

2. Współczynnik deformacji regularnej dla filmu Ilforda waha się w granicach od  $-0,83 \times 10^{-3}$  do  $+1,39 \times 10^{-3}$ . Wielkość średnia współczynnika ze wszystkich kopii wynosi  $+0,49 \times 10^{-3}$ .

3. Wartość średnia średnich deformacji resztkowych ze wszystkich badań filmu Gevaerta wynosi  $\pm 11\mu$  (maksymalna  $26\mu$ , minimalna  $\pm 5\mu$ ) i dla filmu Ilforda  $\pm 11\mu$  (maksymalna  $\pm 19\mu$ , minimalna  $\pm 5\mu$ ). Maksymalna wartość deformacji resztkowej w punkcie wynosi  $35\mu$ . Wyniki te dotyczą badanej powierzchni  $160 \times 160$  mm.

4. Wartości średnie średnich deformacji resztkowych ze wszystkich badań poszczególnych kopii wynoszą:

Numer kopii	Filmy w $\mu$		Dzień w którym rozcięto film
	Gevaert	Iford	
1,2,3	$\pm 11,6$	$\pm 13,0$	film nie rozcięty
4	$\pm 14,0$	$\pm 11,6$	6
5	$\pm 10,8$	$\pm 8,9$	23
6	$\pm 8,8$	$\pm 8,7$	46

Z tabelki wynika, że najmniejszą średnią deformację resztkową wykazują kopie odcięte z rolki dopiero po 3 tygodniach od dnia wywołania filmu. W przypadku przechowywania filmu w rolce film Gevaerta wykazuje mniejszą od filmu Iforda średnią deformację resztkową.

### Wnioski

1. Przy opracowaniach fotogrametrycznych powierzchni zdjęcia  $160 \times 160$  cm, z tytułu deformacji resztkowej, nie należy spodziewać się zniekształceń, występujących na skraju tej powierzchni, większych od  $35\mu$ .

2. Przebadane, na przestrzeni 3 lat, filmy nie wykazały istnienia deformacji, która uniemożliwiłaby wykonanie opracowania autogrametrycznego w skali 1 : 5000.

3. W okresie około 3 tygodni, licząc od dnia wywołania filmu, nie należy filmu rozcinać ani też wykonywać z niego diapozytywów pomiarowych.

### LITERATURA

- [1] *Brucklacher W. A. und Lüder W.*: „Untersuchung über die Schrumpfung von Messfilmen und photographischen Plattenmaterial”. Deutsche geodätische Kommission München 1956 r.
- [2] *Bubyłow T., Fomin J.*: „Metriczeskaja niestabilnost aeropljenok”. Gieodiezija i Kartografija, Moskwa 1965 r. nr 6.
- [3] *Lacmann O. und Block W.*: „Die Form- und Grössenänderungen von Spezialfilmen für Messwecke”. Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt e.V., Berlin — Adlershof, 1933 r.
- [4] *Michajłow W. J.*: „Isledowanie dieformacji aeropljenok”. Trudy CNIGAiK nr 142, 1961 r.
- [5] *Morén A.*: „The stability of the film. Measurements in diapositives made from the same negative”. Svensk Lantmäteri — Tidskrift nr 3, 1964 r.
- [6] *Saal W.*: „Die Messung von Form- und Grössenänderungen mit dem Stereokomparator 1818”. Vermessungs Informationen, Photogrammetrie, Heft 4.
- [7] *Sima J.*: „Vlasnosti leteckých filmů používaných pro fotogrammetrické mapování”: Geodetický a kartografický obzor nr 6, 1961 r.

Recenzował mgr inż. Wacław Sztompke

Rękopis złożono w Redakcji w sierpniu 1968 r.

ГРАЖИНА СКАЛЬСКА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ АЭРОФОТОПЛЕНОК

### Резюме

Целью исследования являлось определение величины деформации пленок применяемых в государственном фотограмметрическом предприятии с учётом специфики условий и способа их хранения.

Исследованию подверглись два типа пленки, а именно: Геверт Авиафот ПАН 30 и Илфорд ГПЗ-33° (HP3-33°). Пленки исследовались в течение трех лет (с 1963 по 1966 год) кусками длиной в 10 м, а также разрезанные по формату снимков. Исследуемая поверхность отрезка пленки составляла 160×160 мм. Измерения деформации производились стереокомпаратором Цейса 1818 на 25 точках расположенных на этой поверхности.

Среднее значение коэффициента регулярной деформации из всех исследований полученное для пленки Геверта равняется  $+1,35 \cdot 10^{-3}$ , а для пленки Илфорд  $+0,49 \cdot 10^{-3}$ .

Среднее значение средней остаточной деформации получилось для обоих пленок  $\pm 11$  мк. Максимальное значение остаточной деформации выступающей на края исследуемой поверхности, в течение трехлетних исследований не превысило 35 мк.

GRAZYNA SKALSKA

## RESEARCH OF DEFORMATION OF AIR PHOTOGRAPHY FILMS

### Summary

The purpose of the author's work was to determine the degree of deformation suffered by films used by the State Photogrammetry Enterprise, with due attention paid to the specific conditions under which these films are being kept in stock.

Examined were two kinds of film: Gevaert Aviphot Pan 30 and Ilford HP3-33°. For the period of three years (from 1963 to 1966) these films were tested in 10 strips, cut down to the size of photos taken. Of each film, examined were fractions 160 × 160 mm in size. The deformations were measured at 25 points of each of these surfaces, using a Zeiss stereocomparator 1818.

The mean value of the regular deformation coefficient determined by all these tests was:  $+1,35 \times 10^{-3}$  for the Gevaert film and  $+0,49 \times 10^{-3}$  for the Ilford film. For both films the mean value for the residual deformation was  $\pm 11 \mu$ . The maximum value of residual deformation, found at the margin of the examined surface during the three-year period of tests, never exceeded.

