

## Nowe metody pomiaru wysokości drzew i drzewostanów<sup>1)</sup>.

*Nouvelles méthodes pour la mesure de la hauteur des arbres.*

### I.

#### Przyczyny błędów.

Na wstępie autor wymienia przyczyny niedokładnego pomiaru wysokości drzew. Przyczyny te są następujące: 1) niedostatecznie precyzyjny wysokomierz, 2) niedokładne wykonanie pomiaru wysokości lub pomiaru pomocniczego, 3) pomyłki mierzącego odnośnie szczytu drzewa (celowanie do szczytu gałęzi bocznej zamiast do wierzchołka strzały), 4) nieodpowiednie okoliczności, w jakich pomiar się odbywa (pomiar podczas wiatru), 5) grubość drzewa, 6) fakt, że poziomy rzut wierzchołka prawie nigdy nie znajduje się w środku podstawy drzewa.

Pierwsze 5 przyczyn błędów da się prawie całkowicie usunąć przez zastosowanie precyzyjnego wysokomierza oraz przez techniczną dokładność pomiaru i zachowanie niezbędnych ostrożności. Natomiast szósta wymieniona przyczyna błędów może być usunięta tylko przez zastosowanie nowych metod, zaproponowanych przez autora.

Autor dowodzi na podstawie obszernego materiału, że położenie poziomego rzutu wierzchołka poza środkiem podstawy drzewa jest zjawiskiem powszechnym. Przyczyną tego faktu jest nachylenie, wygięcie lub skrzywienie strzały. Odległość rzutu wierzchołka od środka podstawy drzewa jest różna zależnie od szeregu czynników. W pewnych sosnowych drzewostanach w wieku 65—75 lat i średniej wysokości okrągło 22 m (w naukowo-doświadczalnym lesie S. G. G. W.) autor stwierdził, że przeciętna odległość ta wynosiła w jednym drzewostanie 91 cm, zaś w drugim — 79 cm. W poszczególnych jednak wypadkach odległość ta była znacznie większa, przekraczała mianowicie 4 m. Przeciętne wyniki, o których mowa, otrzymano w jednym drzewostanie na podstawie 314, zaś w drugim 346 drzew. W obu wypadkach na podstawie nie drzew próbnych, lecz wszystkich drzew powierzchni próbnych po 0,75 ha.

<sup>1)</sup> Artykuł niniejszy jest streszczeniem dużej pracy Autora, której druk z powodu znacznych kosztów narazie odłożono.

## II.

## Teoria błędów.

Wobec istnienia pewnej odległości pomiędzy rzutem wierzchołka a środkiem podstawy drzewa, autor wprowadził ściślejsze definicje, dotyczące wysokości drzew a mianowicie pojęcie rzeczywistej wysokości pionowej, wysokości skośnej oraz rzeczywistej długości strzały. Rzeczywista wysokość pionowa jest to prostopadła, poprowadzona z wierzchołka strzały do płaszczyzny poziomej, przechodzącej przez podstawę drzewa. Wysokość skośna — prosta, łącząca środek podstawy drzewa z jego szczytem. Rzeczywista długość strzały — długość jej osi od środka podstawy drzewa do szczytu.

W badanych przez siebie drzewostanach sosnowych autor stwierdził, że kąt zawarty pomiędzy wysokością pionową, a skośną wynosił w jednym drzewostanie przeciętnie  $2^{\circ}21'$ , zaś w drugim — przeciętnie  $2^{\circ}05'$ . W poszczególnych wypadkach kąt ten był znacznie większy.

Prócz rzeczywistej wysokości pionowej mamy do czynienia jeszcze z pionową wysokością, zmierzoną, która różni się od rzeczywistej.

Dalej autor rozpatruje błędy, które powstają z tego powodu, że rzut wierzchołka jest poza środkiem podstawy strzały, i dochodzi do wniosku, że bez uwzględnienia tego faktu, a w konsekwencji bez nowych metod pomiaru żadne najbardziej precyzyjne wysokomierze nie dadzą dokładnego wyniku.

Błąd, jaki popełniamy, mierząc pionową wysokość drzewa, autor ujmuje w następujący wzór ogólny:

$$\Delta h' \varphi = (h' \mp w_1) \left( \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2 - 2ax \cos \varphi}} - 1 \right),$$

gdzie  $\Delta h' \varphi$  — błąd,  $h'$  — rzeczywista pionowa wysokość drzewa,  $w_1$  — wzniesienie odpowiedniego punktu wysokomierza nad poziom podstawy drzewa lub podstawy drzewa nad poziom wysokomierza („—“, jeżeli wysokomierz nad poziomem; „+“, jeżeli pod poziomem podstawy drzewa),  $a$  — pozioma odległość mierzącego (odpowiedniego punktu wysokomierza) od środka podstawy drzewa,  $x$  — odległość poziomego rzutu wierzchołka od środka podstawy drzewa,  $\varphi$  — kąt, zawarty pomiędzy prostą, łączącą środek podstawy i poziomy rzut wierzchołka strzały, a prostą, łączącą środek podstawy drzewa i poziomy rzut odpowiedniego punktu wysokomierza.

Błąd ten zależy więc od 5 powyższych czynników. Autor rozpatruje zależność błędu od każdego z nich.

Zależność od  $\varphi$ . Błąd jest największy, gdy  $\varphi=0$ . Jest on wtedy błędem dodatnim. Ze wzrostem  $\varphi$  błąd, jako dodatni, maleje, spadając do 0, gdy  $\cos \varphi = \frac{x}{2a}$ . Staje się to wtedy, gdy  $\varphi$  jest bliski  $90^\circ$ , będąc jednak zawsze mniejszym od  $90^\circ$ . Z dalszym wzrostem kąta  $\varphi$ , błąd staje się ujemnym i, jako ujemny, wzrasta, osiągając maximum, gdy  $\varphi=180^\circ$ . Gdy  $\cos \varphi > \frac{x}{2a}$ , błąd jest dodatni; gdy  $\cos \varphi < \frac{x}{2a}$ , błąd jest ujemny. Największy błąd dodatni ( $\varphi=0$ ) jest zawsze większy od największego błędu ujemnego ( $\varphi=180^\circ$ ). Błędy dodatnie są teoretycznie rzadziej popełniane, niż błędy ujemne.

Zależność od  $x$  i  $a$ . Błąd jest (prawie) wprost proporcjonalny do odległości pomiędzy rzutem wierzchołka a środkiem podstawy drzewa ( $x$ ) oraz (prawie) odwrotnie proporcjonalny do odległości mierzącego od drzewa ( $a$ ). (Z wyjątkiem tych wypadków, gdy  $\varphi$  w pobliżu  $90^\circ$ , co jednak, ze względu na bardzo mały wówczas błąd, ogólnej zależności nie przeczy).

Zależność od  $h'$  i  $w_1$ . Błąd jest wprost proporcjonalny do wzniesienia szczytu drzewa nad poziom wysokomierza, co mieści w sobie jednocześnie zależność od rzeczywistej wysokości pionowej i od wzniesienia wysokomierza nad podstawę drzewa (względnie podstawy drzewa nad poziom wysokomierza). W terenie pochylonym błąd będzie większy wtedy, gdy pochylenie jest w kierunku mierzącego, niż w kierunku odwrotnym.

Błąd, popełniony w stosunku do wysokości skośnej, wyraża się wzorem:

$$\Delta H = (h' \mp w_1) \left( \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2 - 2ax \cos \varphi}} - 1 \right) + (h' - \sqrt{h'^2 + x^2}).$$

Drugi składnik ostatniego wzoru jest zawsze ujemny, zaś pierwszy może być i dodatni i ujemny (lub równy 0). Przeto bezwzględna wartość błędu ( $\Delta H$ ), popełnionego w odniesieniu do wysokości skośnej, może być zarówno mniejsza, jak i większa od bezwzględnej wartości błędu ( $\Delta h' \varphi$ ), popełnionego w stosunku do wysokości pionowej.

Różnica pomiędzy wysokością pionową a skośną ( $h' - \sqrt{h'^2 + x^2}$ ) jest jednak w zwartych drzewostanach przeciętnie bardzo mała. N. p. gdy wysokość pionowa wynosi 20 m, zaś  $x=1$  m, różnica ta

wynosi 2,5 *cm*. Większa różnica zdarza się dość często u pojedynczo rosnących drzew, u których  $x$  bywa znaczne. (Gdy wysokość pionowa = 20 *m*,  $x=4$  *m*, różnica ta wynosi już 39,5 *cm*).

Ponieważ celem pośredniego pomiaru wysokości jest właściwie rzeczywista długość strzały, przeto należy podać wzór na błąd, popełniany w stosunku do tej ostatniej. Błąd ten wyraża się wzorem:

$$\Delta d = (h' \mp w_1) \left( \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2 - 2ax \cos \varphi}} - 1 \right) + (h' - \sqrt{h'^2 + x^2}) - \mathfrak{D},$$

gdzie  $\mathfrak{D}$  jest różnicą pomiędzy długością a wysokością skośną strzały.

Taka będzie różnica pomiędzy wynikiem pomiaru wysokości a rzeczywistą długością strzały przy założeniu użycia najbardziej precyzyjnego wysokomierza oraz wykonania samego pomiaru wysokości i czynności pomocniczych, z pomiarem związanych, — bez błędu.

Prócz błędów, powstających z powodu odchylenia rzutu wierzchołka od podstawy drzewa, autor rozpatruje jeszcze błędy, jakie powstać mogą z tego powodu, że strzała drzewna nie jest linią matematyczną, lecz posiada pewną grubość. Błąd ten powstać może wtedy, jeżeli pomiar dolnego odcinka strzały jest wykonany niewłaściwie.

### III.

#### Wielkość i znak błędów.

Dalej autor przechodzi do liczbowych wartości błędów, popełnianych przy pomiarze wysokości drzew.

Drugi i trzeci składnik ostatniego wzoru są niewielkie, wobec tego autor ogranicza się do pierwszego składnika wzoru, t. j. bada wielkość błędu, popełnianego w odniesieniu do wysokości pionowej, a więc błędu  $\Delta h' \varphi$ .

Wielkość tego ostatniego, jako zależnego od wielu czynników, będzie oczywiście bardzo różna. Autor znalazł ją dla dwóch sosnowych drzewostanów w wieku 65—75 lat o przeciętnej wysokości okrągło 22 *m*. Drzewostany te położone są w terenie o bardzo małym nachyleniu; przy odległości 20 *m* mierzącego od drzewa wzniesienie odpowiedniego punktu wysokomierza nad podstawę drzewa ( $w_1$ ) wynosiło w jednym drzewostanie przeciętnie 1,20 *m*, w drugim 1,11 *m*. Błędy znaleziono dla pomiaru z odległości  $a=20$  *m* i przy stale zmieniającym się kącie  $\varphi$ , t. j. dla wszelkich możliwych war-



tości tego kąta, a więc dla takich warunków, w jakich pomiar zwykle się odbywa.

Dla znalezienia tych błędów pomierzono 314 drzew w jednym i 346 w drugim drzewostanie. Każde drzewo zmierzono dwukrotnie, mianowicie z dwóch przeciwległych stanowisk, znajdujących się na prostej, przechodzącej przez środek podstawy pnia, w jednakowej 20 m odległości od niego. Stanowiska te układały się tak, że kąt  $\varphi$  stale zmieniał się.

Połowę różnicy pomiędzy wynikami pomiarów z dwóch przeciwległych stanowisk przyjmowano za błąd, popełniony w stosunku do wysokości pionowej drzewa. Autor dowiódł matematycznie, że różnica pomiędzy błędem rzeczywistym a tym, który tym sposobem otrzymywano, była w każdym wypadku bardzo mała.

Za rzeczywistą wysokość pionową drzewa przyjmowano średnią arytmetyczną wyników pomiarów wysokości z przeciwległych stanowisk. Autor dowiódł, że tak otrzymana wysokość bardzo mało różni się od wysokości rzeczywistej.

Przeciętny błąd, popełniony przy pomiarze pionowej wysokości pojedynczego drzewa, obliczono w jednym drzewostanie na  $\pm 2,62\%$ , zaś w drugim na  $\pm 2,32\%$ . Największy błąd wynosił  $25\%$ .

Zarówno te, jak i inne, w dalszym ciągu niniejszej pracy przytaczane wyniki przeciętne wyliczono stosując odpowiednie metody statystyczne.

Co do znaku błędu, to, zmieniając stale kąt  $\varphi$ , powinniśmy teoretycznie trochę częściej popełniać błędy ujemne, niż dodatnie. Praktycznie jednak dzieje się odwrotnie, gdyż łatwiej jest dojrzeć szczyt drzew ze stanowisk, ku którym nachylone jest drzewo, niż ze stanowisk przeciwległych, wobec tego z tych pierwszych stanowisk częściej pomiary będą wykonywane. Na takich zaś stanowiskach popełnia się błędy dodatnie. Wobec tego dodatnie błędy będą się zdarzały nieco częściej, niż ujemne.

#### IV.

#### Zależność błędów od kierunku wiatru.

Przyczyną błędu  $\Delta h' \varphi$  jest, jak powiedziano, odchylenie rzutu wierzchołka od środka podstawy drzewa. Chociaż kierunek tego odchylenia nie jest u wszystkich drzew jednakowy, to jednak dało się z całą pewnością stwierdzić jego przeciętną zależność od kierunku wiejących w danej miejscowości wiatrów.

Znaleziono (na podstawie materiałów meteorologicznych), że wypadkowy kierunek wiatrów jest w badanych drzewostanach za-

chodni z niewielkim zboczeniem ku południowi. A zatem ze stanowisk, położonych na *NE*, *E* i *SE* od pnia powinno się popełniać przeważnie błędy dodatnie, zaś ze stanowisk *SW*, *W* i *NW* — przeważnie ujemne. Badania potwierdziły całkowicie te przewidywania, wykazując w jednym z drzewostanów tylko 13% błędów ujemnych i 87% błędów dodatnich ze stanowisk *NE* względem pnia, 9,5% błędów ujemnych i 90,5% dodatnich ze stanowisk *E* oraz 4,9 błędów ujemnych i 95,1% dodatnich ze stanowisk *SE*. Podobne wyniki otrzymano w drugim badanym drzewostanie sosnowym.

Stwierdzono również, że błędy, popełniane ze stanowisk *N* i *S*, są znaków mieszanych.

Stwierdzono dalej, że zdarzające się rzadko błędy ujemne na stanowiskach *NE*, *E* i *SE* są bezwzględną wielkością znacznie mniejsze od częstych błędów dodatnich, na tych stanowiskach popełnianych. Zupełnie tak samo rzecz się ma z rzadkimi błędami dodatnimi, popełnianymi na stanowiskach *SW*, *W* i *NW*, w porównaniu z częstymi i większymi błędami ujemnymi.

Mieszanych znaków błędy, popełniane na stanowiskach *N* i *S*, są wogóle mniejsze od błędów, popełnianych na innych stanowiskach.

Błędy w ‰-ach, popełnione przy pomiarze przeciętnej wysokości drzewostanów, w zależności od stanowiska, z którego odbywały się pomiary wysokości pojedynczych drzew, przedstawily się w jednym z drzewostanów w następujących liczbach:

| stanowisko od<br>pnia na | <i>N</i> | <i>NE</i> | <i>E</i>      | <i>SE</i> | <i>S</i> | <i>SW</i> | <i>W</i> | <i>NW</i> |
|--------------------------|----------|-----------|---------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| błąd przeciętny          | +0,22    | +2,43     | + <b>3,21</b> | +2,02     | -0,32    | -2,35     | -3,01    | -1,99     |

W drugim badanym drzewostanie otrzymano podobne wyniki.

Jeżeli zestawimy te wyniki z wypadkowym kierunkiem wiatrów, wiejących w okolicy badanych drzewostanów (zachód, z niewielkim zboczeniem na południe), upoważnią nas one do następujących wniosków ogólnych:

Przeciętnie największy błąd popełniamy, mierząc wysokość na stanowisku, ku któremu (od strony drzewa) skierowana jest wypadkowa wiatrów, wiejących w danej miejscowości. W miarę zwiększania się kąta pomiędzy prostą: podstawa drzewa — wypadkowy kierunek wiatrów a prostą: podstawa drzewa — stanowisko mierzącego, — błąd (dodatni) maleje, spadając do 0, gdy kąt ten jest bliski 90°; następnie, stając się ujemnym, błąd wzrasta, osiągając maximum przy kącie 180°.

## V.

## Sposoby podniesienia dokładności pomiaru wysokości drzew i drzewostanów.

Po rozpatrzeniu przyczyn błędów, ich teorii, zależności od różnych czynników oraz wielkości i znaku błędów autor podaje kilka nowych metod pomiaru wysokości drzew i drzewostanów, zmierzających bądź do całkowitego usunięcia, bądź do poważnego zmniejszenia tych błędów, które mają swe źródło w tem, że rzut wierzchołka nie leży w środku podstawy drzewa.

Najważniejsze metody są w zarysie następujące:

I. Dla pomiaru drzew pojedynczych. Kolejno według dokładności:

1. Znaleźć dokładne położenie poziomego rzutu wierzchołka drzewa przy pomocy instrumentu autora. O instrumencie mowa jest niżej. Zmierzyć odległość nie od podstawy drzewa, lecz od znalezionej rzutu. Z obranego w ten sposób stanowiska zmierzyć wysokość drzewa, celując do szczytu i do znalezionej rzutu. Otrzymana wysokość jest rzeczywistą pionową wysokością drzewa. Przez znalezienie odległości pomiędzy rzutem wierzchołka a środkiem podstawy drzewa można określić wysokość skośną według wzoru:  $h = \sqrt{h'^2 + x^2}$ . Długość drzewa nieznacznie różni się od wysokości skośnej. Tym więc sposobem otrzymujemy nie tylko zupełnie dokładnie wysokość pionową i skośną, ale i prawie dokładnie długość rzeczywistą strzały.

Sposób ten da się zastosować wtedy, gdy nachylenie drzewa jest znaczniejsze, a korona na tyle rzadka, że można przez nią dojrzeć szczyt drzewa. Dla pomiaru drzew (liściastych) w stanie bezlistnym sposób ten jest częściej wykonalny, niż dla iglastych. Znaczenie posiada głównie teoretyczne, chociaż był stosowany przez autora dla celów naukowych.

Instrument do znalezienia rzutu wierzchołka składa się z rurki, zaopatrzonej w górnym otworze w dwa druciki pod kątem prostym do siebie, zaś w dolnym w lusterko z zaznaczonym na niem środkiem w postaci kółka oraz z okutej tyki i pionu. Środek drucianego krzyża, środek lusterka, oś tyki znajdują się w jednej linii prostej. Z instrumentem należy ustawić się tak, aby szczyt drzewa był widoczny w środku lusterka na skrzyżowaniu drucików przy pionowej pozycji przyrządu. Koniec okucia tyki wskazuje wówczas położenie rzutu wierzchołka drzewa.

Instrument ten, wielokrotnie wypróbowany, jest zupełnie precyzyjny. Stosowany jest głównie do pomiaru przyrostu szerokości koron drzew<sup>1)</sup>.

2. Gdy położenie poziomego rzutu wierzchołka nie jest znane, ale znany jest kierunek odchylenia rzutu wierzchołka od środka podstawy drzewa, należy zmierzyć pionową wysokość drzewa z dwóch przeciwległych (względem pnia) stanowisk: raz ze stanowiska, ku któremu jest skierowany rzut wierzchołka, drugi raz ze stanowiska przeciwległego, po drugiej stronie pnia.

Jeżeli odległość obu stanowisk mierzącego od środka podstawy drzewa jest niejednakowa, rzeczywista pionowa wysokość drzewa znaleziona będzie według wzoru:

$$h' = \frac{(a+b) w'_0 w'_{180}}{a w'_{180} + b w'_0} \pm w_1,$$

gdzie  $a$  — odległość pierwszego, zaś  $b$  — odległość drugiego stanowiska mierzącego od środka podstawy drzewa;  $w'_0$  — wynik pomiaru wysokości pionowej od poziomu wysokomierza do szczytu drzewa na pierwszym stanowisku ( $\varphi=0$ ),  $w'_{180}$  — analogiczny wynik na stanowisku drugim ( $\varphi=180^\circ$ );  $w_1$  — wzniesienie odpowiedniego punktu wysokomierza nad poziom podstawy drzewa (+), względnie wzniesienie podstawy drzewa nad poziom wysokomierza (—).

$w_1$  powinno być na obu stanowiskach mierzącego jednakowe.

Jeżeli odległość obu stanowisk mierzącego od podstawy drzewa jest jednakowa, wysokość pionowa znaleziona będzie według wzoru:

$$h' = \frac{2 w'_0 w'_{180}}{w'_0 + w'_{180}} \pm w_1.$$

W obu wypadkach znajdziemy wysokość pionową bez błędu.

Wysokość skośna obliczona może być według  $h = \sqrt{h'^2 + x^2}$  po uprzednim znalezieniu  $x$  według wzoru:  $x = \frac{a b (w'_0 - w'_{180})}{a w'_{180} + b w'_0}$  (odległość stanowisk od drzewa niejednakowa), lub

$x = a \frac{2 w'_0 - w'_{180}}{w'_0 + w'_{180}}$  (odległość stanowisk jednakowa). Wysokość skośną znajdziemy, podobnie jak pionową, — bez błędu.

Jeżeli kierunek odchylenia rzutu wierzchołka od podstawy drzewa jest nieznan, można i w tym wypadku znaleźć dokładnie wysokość pionową, mierząc ją z dwóch dowolnych przeciwległych

<sup>1)</sup> J. Grochowski: Metoda badań wpływu trzebieży i prześwietleń na rozwój i przyrost drzew i drzewostanów. (Las Polski, 1930).

stanowisk, leżących na prostej, przechodzącej przez środek podstawy drzewa, w jednakowej od niego odległości.

$$\text{Wzór przybierze wtedy postać: } h' = \frac{2w'_{\varphi} w'_{180+\varphi}}{w'_{\varphi} + w'_{180+\varphi}} \pm w_1.$$

Otrzymany wynik nie posiada matematycznej ścisłości, ale popełniony błąd, stanowiąc przeważnie drobny ułamek procentu rzeczywistej pionowej wysokości, jest zwykle bez znaczenia. Wysokości skośnej w ostatnio omawianym wypadku określić jednak nie można.

3. Mierzymy wysokość drzewa z dwóch przeciwległych względem podstawy pnia stanowisk. Stanowiska te wybrane są dowolnie w stosunku do kierunku odchylenia rzutu wierzchołka od podstawy drzewa i znajdują się w jednakowej odległości od środka podstawy pnia. Średnią arytmetyczną wyników pomiarów całkowitej wysokości pionowej przyjmuje się za rzeczywistą wysokość pionową drzewa.

Różnica pomiędzy rzeczywistą wysokością pionową a otrzymaną sposobem powyższym, t. j. popełniony błąd zależny jest: *a)* od odległości pomiędzy środkiem podstawy drzewa a rzutem wierzchołka (*x*), *b)* od odległości stanowisk mierzącego od drzewa (*a*), *c)* od kąta  $\varphi$ , *d)* od rzeczywistej pionowej wysokości drzewa (*h'*), *e)* od wielkości wzniesienia wysokomierzy nad poziom podstawy drzewa, i *f)* od różnicy poziomu wysokomierzy na obu stanowiskach.

Gdy różnica poziomu wysokomierzy jest niewielka, błąd ten jest bardzo mały. Jest on kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt razy mniejszy od błędu, popełnianego przy jednokrotnym pomiarze wysokości. Przy znacznej różnicy poziomu wysokomierzy, błąd ten, (jako maksymalny) może być stosunkowo dość duży, jednak dużo mniejszy od błędu popełnianego przy jednokrotnym pomiarze.

Autor uważa sposób średniej arytmetycznej, jako stosunkowo dość prosty, prawie zawsze wykonalny i dokładny, za najbardziej nadający się do zastosowania praktycznego, zwłaszcza dla celów naukowych.

4. Jeżeli da się ustalić kierunek odchylenia rzutu wierzchołka od podstawy drzewa, można poprzestać na jednym tylko pomiarze wysokości, ale wykonanym ze stanowiska, leżącego na prostopadłej do kierunku owego odchylenia. Jeżeli stanowisko wybrano na prostopadłej, błąd jest minimalny. W miarę jednak zbaczania stanowiska od właściwego położenia błąd szybko rośnie. Stąd dokładność pomiaru wysokości, osiągnięta tym sposobem, jest niepewna, jednak przeciętnie zawsze większa od jednokrotnego pomiaru z dowolnego stanowiska.

5. Jeżeli kierunek odchylenia rzutu wierzchołka od podstawy drzewa jest nieznan, ale znany jest wypadkowy kierunek wiatrów,



wiejących w danej miejscowości, — jeden tylko pomiar wysokości, wykonany ze stanowiska, leżącego na prostej, przechodzącej przez podstawę drzewa, prostopadle do kierunku wiatrów, da przeciętnie dokładniejszy wynik, niż jednokrotny pomiar wysokości z dowolnego stanowiska.

Jeżeli pomiar wysokości ma na celu zbadanie przyrostu wysokości, powstałego w pewnym okresie u poszczególnych drzew, a dokładna znajomość wysokości tych drzew nie jest przytem konieczna, można poprzestać na jednokrotnym pomiarze wysokości, wykonywanym z dowolnego (względem rzutu wierzchołka), jednak przy kolejnych badaniach zawsze z tego samego stanowiska<sup>1)</sup>. Wskazanem jest takie stanowiska utrzymywać na terenie.

## II. Dla pomiaru wysokości przeciętnej.

Mierząc przeciętną wysokość pewnej grupy drzew lub przeciętną wysokość drzewostanu uzależniamy wybór metody od ilości osobników, na których pomiarze opieramy przeciętną.

Jeżeli ilość osobników, z których pomiaru określamy przeciętną wysokość, jest dostatecznie duża, mierzymy wysokość drzew tylko jeden raz, licząc na to, że wyrównanie błędów nastąpi. Trzymać się jednak przy tem należy następujących zasad:

1. Unikać stałego pomiaru wysokości ze stanowisk, leżących w jednej tylko stronie widnokręgu (n. p. pomiaru tylko ze stanowisk wschodnich lub tylko z zachodnich względem pnia), a zwłaszcza pomiarów wyłącznie z tych stanowisk, ku którym lub od strony których wieje wiatr wypadkowy. Mierząc jednak stale wysokość ze stanowisk, znajdujących się na prostopadłej do wypadkowego kierunku wiatrów, nawet tylko po jednej jej stronie względem pnia, zredukujemy przeciętny błąd bardzo poważnie.

2. Wyobraźmy sobie linię, prostopadłą do wypadkowego kierunku wiatrów, dzielącą widnokrąg na dwie części. Pomiar ze stanowisk, znajdujących się w jednej z tych części widnokręgu, dawać będzie wyniki przeważnie za wysokie, zaś w drugiej — przeważnie za niskie. Należy tedy również unikać pomiaru ze stanowisk, leżących tylko w jednej takiej (względem pnia) części widnokręgu.

3. Dobre natomiast wyniki otrzymamy, mierząc wysokość ze stanowisk, położonych tylko w jednej z dwóch części widnokręgu, ale podzielonego linią, biegnącą wzdłuż wypadkowego kierunku wiatrów.

4. Również dobre wyniki osiągniemy, mierząc wysokość poszczególnych drzew naprzemian ze stanowisk, leżących w przeciw-

<sup>1)</sup> J. Grochowski: Metoda badań wpływu trzebieży i prześwietleń...

ległych (względem drzewa) stronach widnokręgu (n. p. część drzew z  $N$ , część z  $S$ ; lub część z  $NE$ , część z  $SW$ ). Lepiej przytem dobierać stanowiska na prostopadłej do wypadkowego kierunku wiatrów, niż na równoległej do niego, gdyż na stanowiskach na prostopadłej położonych, popełniamy błędy mniejsze, niż na stanowiskach, leżących na równoległej. Wobec tego w razie niezupełnego wyrównania się błędów dodatnich i ujemnych — otrzymamy w pierwszym wypadku w rezultacie błąd mniejszy.

5. Można również mierzyć poszczególne drzewa naprzemian ze stanowisk, położonych w dwóch częściach widnokręgu, z których jedna daje błędy dodatnie, druga — ujemne. N. p. jeżeli wypadkowy wiatr skierowany jest na wschód, można część drzew zmierzyć ze stanowisk położonych we wschodniej, zaś część drzew ze stanowisk, leżących w zachodniej połowie widnokręgu.

6. Zmieniając dowolnie, ale stale stanowiska względem stron widnokręgu, możemy otrzymać dokładne wyniki, jeżeli liczba pomiarów jest dostatecznie duża.

*B)* Jeżeli przeciętna wysokość określona ma być jako średnia niewielkiej ilości drzew, należy do pomiaru poszczególnych osobników używać raczej sposobów, zaproponowanych dla pomiaru wysokości drzew pojedynczych.

Zresztą wybór sposobu zarówno pomiaru wysokości pojedynczego drzewa, jak i wysokości przeciętnej, zależy — rzecz prosta — od celu pomiaru.

Zaproponowane w tej pracy nowe metody pomiaru wysokości drzew i drzewostanów są przeznaczone głównie, aczkolwiek nie wyłącznie, do celów naukowych.

---

---