

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

P R A C E G E O G R A F I C Z N E N r 61

U R S Z U L A U R B A N I A K

W Y D M Y K O T L I N Y P Ł O C K I E J

W A R S Z A W A 1967
W Y D A W N I C T W A G E O L O G I C Z N E

PRACE GEOGRAFICZNE IG PAN

1. Flis J., Kras gipsowy Niecki Nidziańskiej. 1954, s. 73, zł 10,—
2. Walczak W., Pradolina Nysy i plejstocenyjskie zmiany hydrograficzne na przedpolu Sudetów Wschodnich. 1954, s. 51, zł 8,—
3. Krzymowska A., Franciszek Szwarzenberg-Czerny profesor geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego (1847—1917). 1954, s. 69, zł 9,50
4. Paszyński J., Opady atmosferyczne dorzecza Odry i ich związek z hipsometrią i zalesieniem. 1955, s. 90 + 7 map, zł 16,50
5. Kiełczewska-Zaleska M., O powstaniu i przeobrażaniu kształtów wsi Pomorza Gdańskiego.
Biskup M., Osady na prawie polskim na Pomorzu Gdańskim w pierwszej połowie XV w. 1956, s. 224 + 3 mapy, zł 31,45.
6. Okołowicz W., Geomorfologia okolic środkowej Wilii. 1956, s. 68, zł 10,—
7. Jahn A., Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. 1956, 453 + 5 map, zł 52,40.
8. Fleszar M., Studia z dziejów geografii ekonomicznej w Polsce od połowy XVIII w. do r. 1848. 1956, s. 105, zł 20,—
9. Praca zbiorowa, Studia geograficzne nad aktywizacją małych miast. 1957, s. 526, zł 58,—
10. Werwicki A., Białostocki okręg przemysłu włókienniczego do 1945 r. 1957, s. 164, zł 32,—
11. Starkel L., Rozwój morfologiczny progów Pogórza Karpackiego między Dębicą a Trzycianą. 1957, s. 152 + 7 map + 20 ilustr., zł 36,—
12. Olszewicz B., Geografia polska w Okresie Odrodzenia. 1957, s. 62, zł 15,50.
13. Gilewska S., Rozwój morfologiczny wschodniej części Wyżyny Miechowskiej. 1958, s. 70, zł 20,—
14. Staszewski J., Vertical Distribution of World Population. 1957, s. 116 + 1 tabl., zł 40,—
15. Lomniewski K., Zalew Wiślany. 1958, s. 106, zł 24,—
16. Litterer M., Zmiany w rozmieszczeniu i strukturze ludności Polski Ludowej w latach 1946—1950.
Wępa A., Zagadnienie struktury wieku ludności Polski Ludowej w r. 1950. 1955, s. 112, zł 22,—
18. Kukliński A., Struktura przestrzenna przemysłu cegielnianego na Ziemiach Zachodnich w epoce kapitalizmu. 1959, s. 156 + 19 wkładek, zł 49,—
19. Praca zbiorowa, Z badań środowiska geograficznego w powiecie mragowskim. 1959, s. 132 + 6 wkładek, zł 45,—
20. Tobjasz J., Wykorzystanie środowiska geograficznego dla hodowli w województwie białostockim. 1959, s. 160 + 2 mapy, zł 33,—
21. Kowalska A., Paleomorfologia powierzchni podplejstocenyjskiej niżowej części dorzecza Odry. 1960, s. 75 + 6 map, zł 25,—
22. Starkel L., Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. 1960, s. 239 + 9 map + 35 fot., zł 78,—
23. Balińska-Wuttke K., Geomorfologia obszaru między Skierniewicami a Rawą Mazowiecką. 1960, s. 112 + 3 mapy, zł 43,50.
24. Wróbel A., Województwo warszawskie. Studium ekonomicznej struktury regionalnej. 1960, s. 140, zł 24,—
25. Praca zbiorowa, Problems of Applied Geography. Proceedings of the Anglo-Polish Seminar (Nieborów, September 15—18. 1959). 1961, s. 148 + 10 wkładek (mapy) + 15 fot.

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII

*

PRACE GEOGRAFICZNE NR 61

Г Е О Г Р А Ф И Ч Е С К И Е Т Р У Д Ы

№ 61

УРШУЛЯ УРБАНЯК

ДИОНЫ В ПЛОЦКОЙ КОТЛОВИНЕ

*

G E O G R A P H I C A L S T U D I E S

No 61

URSZULA URBANIAK

DUNES OF THE PŁOCK BASIN

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

P R A C E G E O G R A F I C Z N E N r 6 1

U R S Z U L A U R B A N I A K :

W Y D M Y K O T L I N Y P Ł O C K I E J

W A R S Z A W A 1 9 6 7
W Y D A W N I C T W A G E O L O G I C Z N E

Komitet Redakcyjny

Redaktor naczelny: MARIA KIEŁCZEWSKA-ZALESKA
Zastępca redaktora naczelnego: KAZIMIERZ DZIEWOŃSKI
Członkowie: RAJMUND GALON, LESZEK STARKEL

Sekretarz: JADWIGA WŁODEK-SANOJCA

Rada Wydawnicza (Redakcyjna)

KAZIMIERZ DZIEWOŃSKI, RAJMUND GALON, JERZY GRZESZCZAK, ŁUCJA GÓRECKA
(sekretarz rady), MARIA KIEŁCZEWSKA-ZALESKA (przewodnicząca rady), MIECZYŚLAW
KLIMASZEWSKI, JADWIGA KOBENDZINA, JERZY KOSTROWICKI, STANISŁAW
LESZCZYCKI

Redaktor tomu:
J. KOBENDZINA

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE — WARSZAWA 1967

Wyd. I. Nakład 700+137 egz. Ark. wyd. 7. Ark. druk. 5,125. Papier ilustr.
80 g. kl. III BI. Oddano do składania 8.II.1967 r. Podpisano do druku
29.VIII.1967 r. Druk ukończono we wrześniu 1967 r. Cena zł 21.—

Lubelskie Zakłady Graficzne im. PKWN, Lublin, Unicka 4. Zam. 639. T-13.

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
Położenie terenu	7
Dotychczasowe opracowania	7
Metoda pracy	8
Ogólny zarys morfologii kotliny	8
Morfologia wydym	10
Pola wydymowe	11
Formy wydymowe i nachylenia stoków	12
Denudacja wydym	14
Budowa geologiczna wydym	15
Gleba	15
Piasek bezstrukturalny	15
Piasek o strukturze marmurkowej	16
Piasek warstwowany	16
Warstwy piasku zorsztynizowanego i konkrecje wapienne	16
Analiza struktury wewnętrznej wydym	19
Cykliczność warstwowania	20
Nachylenia stoków a warstwowanie	22
Warstwowanie stoku dystalnego	23
Warstwowanie stoku proksymalnego	23
Warstwowanie partii kulminacyjnych wydym	25
Biegi i upady lamin w profilu pionowym wydym	27
Biegi i upady lamin w profilu poprzecznym wydym	27
Zakłócenia w warstwowaniu piasków wydymowych	30
Struktura równoleżnikowych wałów wydymowych	32
Struktura wydym parabolicznych	32
Klasyfikacja struktury wewnętrznej wydym	39
Struktura jednorodna z zachowanym tylko stokiem dystalnym	39
Struktura złożona dwudzielna	41
Struktura jednorodna „właściwa” z zachowanymi stokami proksymalnym i dystalnym	45
Struktura jednorodna z zachowanymi dwoma stokami proksymalnymi	46
Wydmy o strukturze nieprawidłowej	48
Kierunki wiatrów wydymotwórczych i fazy rozwoju wydym	49
Najstarsza faza wydymotwórcza	53
Właściwa, główna faza formowania wydym	54
Faza modelowania wydym	55
Faza przekształcania wydym	55
Faza niszczenia wydym	56
Geneza i wiek wydym	56
Geneza wałów wydymowych	57
Geneza wydym parabolicznych	57
Stosunek wydym do kemów	59
Wiek wydym	60
Wnioski	65
Literatura	68
Резюме	71
Summary	74

WSTĘP

POŁOŻENIE TERENU

Kotlina Płocka położona jest między Gąbinem a Włocławkiem. Stanowi ona fragment pradoliny Wisły, której oś ma kierunek WNW-ESE. W rejonie tym dolina Wisły jest asymetryczna; powierzchnie tarasowe rozwinięte są tylko na lewym brzegu. Prawy brzeg, a zarazem północną granicę omawianej jednostki, wyznaczają zbocza wysoczyzn Płockiej i Dobrzyńskiej, cofające się pod wpływem erozji rzecznej.

Projekt opracowania wydym Kotliny Płockiej powstał w 1958 r., w czasie przeprowadzania zdjęcia geomorfologicznego na terenie wschodniej części kotliny. Prace terenowe, poświęcone badaniu morfologii i struktury wydym, przeprowadzono w latach 1960—1963, sporządzając równocześnie mapę morfologiczną środkowej części kotliny.

Dotychczasowe dociekania nie rozwiązują całokształtu problematyki wydym na tym terenie. Są one tylko opracowaniem wstępnym, które wymaga kontynuowania badań polowych i laboratoryjnych. Niniejsza praca jest fragmentem studium doktorskiego; zawiera jedynie wyniki badań i wnioski dotyczące struktury wewnętrznej wydym.

DOTYCHCZASOWE OPRAWOWANIA

Podstawowym elementem rzeźby w Kotlinie Płockiej są wydmy. Jest to jeden z nielicznych w Polsce większych kompleksów wydym, dotychczas nie opracowany. Wspomina o nim S. L e n c e w i c z (1922) w pracy dotyczącej wydym śródlądowych Polski oraz na marginesie problematyki związanej z wielką oscylacją lodowca w dolinie Wisły. Zdaniem Lencewicza (1927) wydmy w Kotlinie Płockiej powstawały po stopieniu się „lodowca dolinowego”. Wówczas to „wody roztopowe odpływały na północno-zachód pod obydwoma krawędziami pradoliny i łączyły się pod Włocławkiem”. Natomiast „Środek kotliny,... wcześniej podległy denudacji, mógł też wcześniej przemienić się w obszar wydymowy”. W zachodniej części kotliny — według Lencewicza — wydmy są starsze niż

we wschodniej, która dłużej była konserwowana martwym lodem. Ku wschodowi wydmy przechodzą stopniowo w formy fluwioglacjalne, a nawet glacialne, przykryte tylko powierzchniowo materiałem pochodzenia eolicznego. Zdaniem Lencewicza wydmy zaczęły się tworzyć w okresie ancyclusowym.

Z nowszych opracowań jedynie J. E. M o j s k i (1960) poświęca wiele uwagi wydmom zachodniej części kotliny, ich wiekowi i powiązaniom genetycznym z innymi utworami oraz z poszczególnymi poziomami morfologicznymi. Okres nasilenia procesów wydmotwórczych odnosi on do młodszego dryasu, a wydmy dzieli według form na dwie grupy: paraboliczne — wykształcone na starszych poziomach morfologicznych i podłużne — związane z poziomami młodszymi.

METODA PRACY

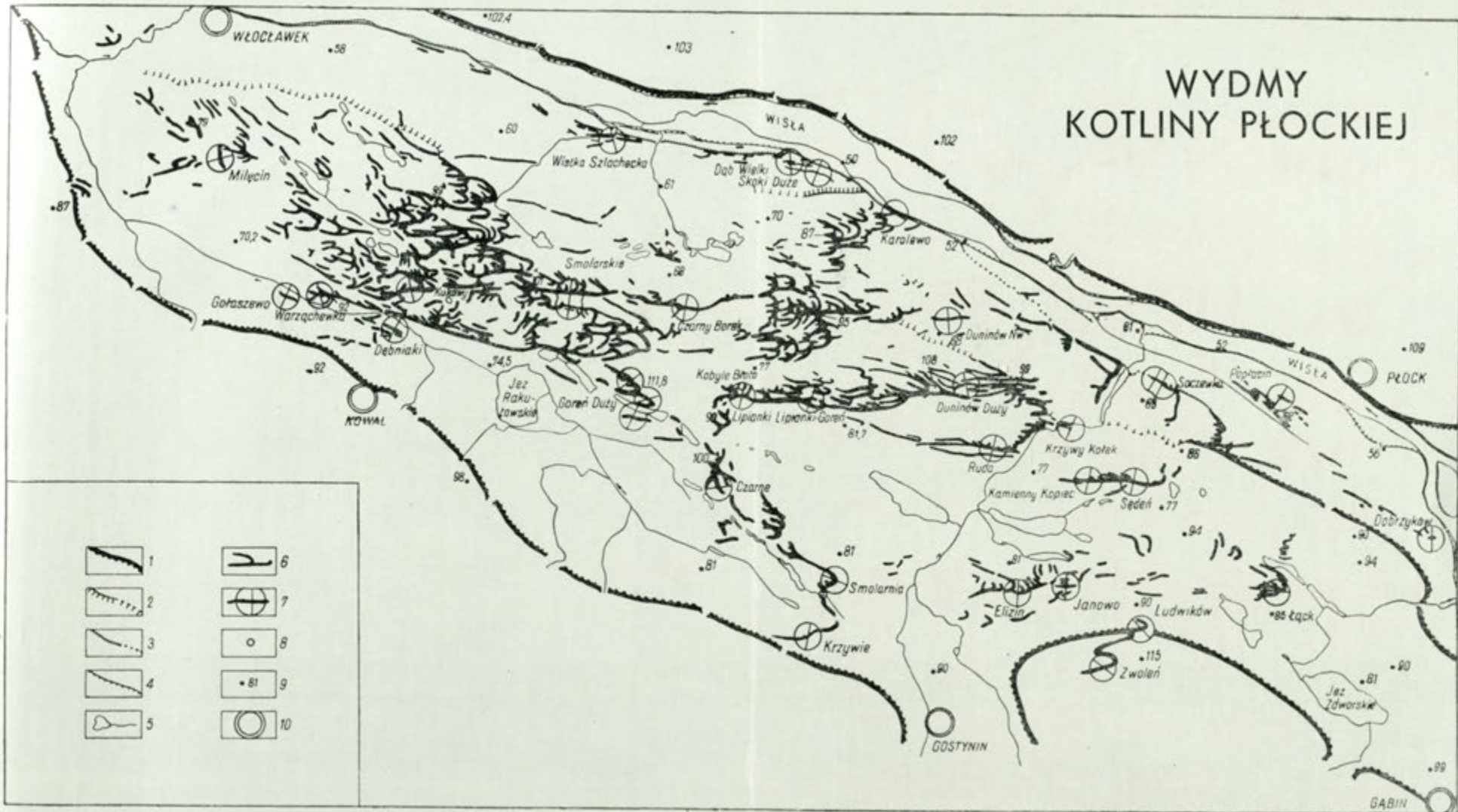
Podczas badań terenowych istniały w Kotlinie Płockiej wyjątkowo korzystne warunki dla analizy struktury wydm. W ostatnich latach wybudowano tu nowe drogi; przekopywano wydmy znajdujące się na linii dróg lub w ich sąsiedztwie. Dzięki temu można było poznać budowę 32 wydm. Na załączonej mapie analizowane wydmy zaznaczone zostały kółkiem, przekopy zaś — zaznaczono liniami.

Ściany przekopów oczyszczano w dwu lub trzech pionowych profilach o szerokości 1—2 m, w wyjątkowych przypadkach — kilku metrów. Profile o wysokości przekraczającej często 10 m musiały być kopane w formie schodów, bowiem w wysuszonym w przekopach piasku utrzymywały się pionowe ściany o wysokości maksymalnej do 1,5 m. Na dwóch prostopadłych do siebie ścianach mierzono biegi i upady warstw w równych odległościach co 0,50 lub 0,25 m. Rzeczywiste biegi i upady obliczone zostały za pomocą siatki Wulffa. Obok zasadniczych profili, w różnych punktach przekopów wykonywano drobne odsłonięcia sprawdzające. Dodatkowo strukturę wydm analizowano w wielu wykopach założonych wzdłuż linii biegnących prostopadle do czoła paraboli, w klasycznych wydmach parabolicznych (Łąck, Smolarnia, Goreń Duży) oraz w kilku wydmach wałowych i ramionach parabol — prostopadle do ich osi morfologicznych. Maksymalna głębokość wykopów wynosiła 2,5 m.

OGÓLNY ZARYS MORFOLOGII KOTLINY

Kotlina Płocka znajduje się w przykrawędziowej strefie maksymalnego zasięgu najmłodszego zlodowacenia. Piętno świeżego krajobrazu nosi zwłaszcza wschodnia część kotliny. Brak tu jednak form pozytywnych związanych z działalnością lądolodu. Krótki postój, liczne spękania

WYDMY KOTLINY PŁOCKIEJ



WydmY Kotliny Płockiej

1 — krawędź wysoczyzny morenowej, 2 — krawędź tarasu pradolinnego akumulacyjnego, 3 — krawędź tarasu pradolinnego erozyjno-akumulacyjnego, 4 — krawędź tarasu nadzalewowego, 5 — jeziora i rzeki, 6 — wydmY, 7 — przekopy przez wydmY cytowane w pracy, 8 — miejsca pobrania próbek torfu do analizy pykowej, 9 — punkty wysokościowe, 10 — miasta

Dunes of the Płock Basin

1 — escarpment of morainic plateaux, 2 — escarpment of pradolina terrace of accumulation type, 3 — escarpment of pradolina terrace of cut-and fill-type, 4 — escarpment of overflow terrace, 5 — lakes and rivers, 6 — dunes, 7 — diggings across dune mentioned in paper, 8 — localities where peat samples for pollen analyses were taken, 9 — altitude points, 10 — towns

i rynny subglacjalne przy małej miąższości lodu łatwo otwierające się ku górze, sprzyjały procesowi dzielenia się lodowca na bryły, które — za-
grzebane w kotlinie pod piaskami fluwioglacjalnymi — konserwowały
współczesne formy negatywne.

Dzisiejsza rzeźba kotliny powstawała więc w wyniku nakładania się
na siebie szeregu procesów, z których największą rolę odegrały: akumu-
lacyjna i erozyjna działalność wód roztopowych ostatniego lodowca oraz
wód Wisły, procesy deflacji i akumulacji eolicznej i proces wytapiania
się brył martwego lodu. Nie bez znaczenia była również rzeźba z okresu
poprzedzającego ostatnie zlodowacenie, zwłaszcza że jego osady mają
niewielką miąższość. Takim reliktem interglacjału eemskiego jest poziom
ciechomicki (około 90 m n.p.m.) położony we wsch. części kotliny i obję-
ty niniejszym opracowaniem. Jest to kopalny taras, obecnie niższy po-
ziom wysoczyznowy (U. Urbanik, 1965).

Powierzchnie tarasowe są świadkami poszczególnych etapów odpły-
wu wód fluwioglacjalnych i rzecznych. Podczas maksymalnego zasięgu
zlodowacenia bałtyckiego, obejmującego całą kotlinę i wkraczającego na
wysoczyzny, wody roztopowe odpływały na wschód do Kotliny War-
szawskiej, przy najwyższych wodostanach również na południe po po-
wierzchni zdenudowanej Równiny Kutnowskiej. Zasięg lodowca stopnio-
wo się zmniejsza. Poszczególnym fazom recesyjnym mogą odpowiadać
kształtujące się w dwu etapach tarasy sandrowe. Występują one tylko
na wysoczyznach, kotlina bowiem w tym okresie wypełniona była jesz-
cze lodem, a wody roztopowe wypływały z niej na zewnątrz: ku półno-
cy, wschodowi i południowi.

Młodszy taras sandrowy na wysoczyznach odpowiada pierwszy
etap akumulacji fluwioglacjalnych piasków w kotlinie. Akumulacja do-
konuje się we wschodniej części kotliny, gdzie w strefie martwego lodu
powstają pola i wały kemowe, sypane przez wody roztopowe, które
odpływały ku wschodowi.

Największą powierzchnię w kotlinie zajmuje taras pradolinny —
akumulacyjny (III wg S. Lencewicza 1927) położony na wysokości około
80 m n.p.m. w części centralnej. Na wschodzie — bez wyraźnej granicy
przechodzi w poziom ciechomicki — ku zachodowi zaś obniża się stop-
niowo do 65 m n.p.m. w okolicy Włocławka. Taras ten tworzą o znacz-
nej miąższości piaski drobnoziarniste, słabo obtoczone.

Młodszy taras pradolinny — erozyjno-akumulacyjny obniżony jest
w stosunku do wyżej wspomnianego średnio o 5 m. Na granicy tarasów
brak wyraźnego podcięcia erozyjnego, które lokalnie maskują wydmy.
Miejscami nadbudowują one wyższy pradolinny taras, a u ich stóp po

stronie północnej miejscami występują podmokłości. Taras erozyjno-akumulacyjny, opuszczony później przez wody pra-Wisły, w pierwszych fazach działalności eolicznej stanowił barierę dla rozwoju wydym. Odmienna jest również budowa geologiczna tego tarasu. Tworzą go piaski różnoziarniste, żwiry, bruk i pojedyncze głązy wciśnięte w zdeniwelowaną powierzchnię iłów plioceńskich. Gruby materiał, budujący przeważnie taras erozyjno-akumulacyjny, ginie ku południowi pod drobnoziarnistymi piaskami tarasu akumulacyjnego.

Powierzchnie obu tarasów pradolinnych pochylone są wyraźnie ku zachodowi. W tym kierunku odpływały wody pra-Wisły. Drobnociarnistość piasku, z którego zbudowany jest taras akumulacyjny, wskazuje na odpływ powolny, a badania strukturalne — przeprowadzone w kilkuset odsłonięciach — na niezdecydowany kierunek odpływu; laminy zapadają we wszystkich kierunkach. W większości wykopów, na obydwu tarasach stwierdzono nachylenie lamin w kierunku W i NW.

Najmłodsze akumulacyjne tarasy Wisły — związane z odpływem wód ku północy — występują w postaci niewielkich fragmentów. Leżą one w dwu poziomach, z których wyższy — nadzalewowy położony jest na wysokości około 60 m n.p.m., niższy — zalewowy wznosi się 3—4 m ponad średni stan wody w rzece.

Przeprowadzone przez Z. B o r ó w k o-D ł u ż a k o w ą (1961) badania palynologiczne torfów z różnych poziomów nie wyjaśniły wieku tarasów. Jedynie w Łącku (poziom ciechomiccki) początek torfowiska Dłużakowa datuje na Alleröd, a K. W a s y l i k o w a (1964) na starszy dryas, pozostałe tworzyły się w holocenie. Torfowiska w Ciechomicach i w Dzierżanej (taras nadzalewowy) zaczęły powstawać w okresie preborealnym, zatem wiek tarasu jest późnoglacialny. Wynika z tego, że w Kotlinie Płockiej jedynie tarasom zalewowym można przypisać wiek holoceni. Tarasy pradolinne są najprawdopodobniej wieku pomorskiego.

MORFOLOGIA WYDM

Pole wydymowe w Kotlinie Płockiej ma około 50 km długości i zmienną szerokość przekraczającą miejscami 10 km.

Głównym obszarem występowania wydym jest pradolinny taras akumulacyjny zbudowany z drobnoziarnistych piasków i najwcześniej opuszczony przez wody. W okresie wydymotwórczym był on szczególnie pre-dysponowany na działalność wiatru. Mniejsze grupy wydym lub pojedyncze formy występują na poziomie ciechomicckim oraz na tarasach erozyjno-akumulacyjnym i nadzalewowym.

Wydmy nie tworzą tu jednego zwartego kompleksu, ale grupują się w szeregu mniejszych pól z odrębnymi cechami morfologicznymi.

POLA WYDMOWE

W zachodniej części kotliny, w okolicy Włocławka występują izolowane wały wydymowe do 10 m wysokości. Ich osie morfologiczne zorientowane są zazwyczaj w kierunku WNW—ESE. Są to wały symetryczne albo też ich stoki NNW, NNE i E są stromsze, przy czym maksymalne nachylenia nie przekraczają 20°.

Formy te ku wschodowi przechodzą stopniowo w największy kompleks wydymowy kotliny, położony na północ od Kowala i Rakutowa. Od zbocza wysoczyzny kompleks ten oddziela szerokie obniżenie rakutowskie; przy granicy z nim zrośnięte ze sobą południowe ramiona wydym uformowały wał około 13 km długi. Krajobraz wydymowy charakteryzuje tu rzeźba mocno zaakcentowana i skomplikowana. Potężne formy, o wysokości przekraczającej nierzadko 30 m, powiązane są w labirynt, którego poszczególne elementy często nie podlegają ogólnym prawom rzeźby wydymowej, dotyczącym przebiegu osi morfologicznych form i nachylenia ich stoków. Wały zorientowane są w rozmaitych kierunkach, łąki mają różną długość i rozpiętość ramion, a stoki form osiągają znaczne nachylenia. Stok stromy występuje zarówno od wschodu jak od zachodu, od południa, jak i od północy. Niekiedy obydwie stoki nachylone są pod kątem około 30°. Wśród wydym tkwią jeziora i zagłębienia bezodpływowe, płaskodenne, niekiedy zabagnione lub zatorfione, z reguły powstałe w wyniku wytopienia się brył martwego lodu. Strome stoki wydym występują od strony wytopisk, nawet gdy są to stoki proksymalne. W takim przypadku obydwie stoki są strome.

Dalej ku wschodowi kompleks wydymowy rozluźnia się i dzieli na dwie odnogi biegnące do następnych pól. Odnogę północną stanowi wał równoleżnikowy, 6 km długi, na wschód od Czarnego Borka rozwidlający się na kilka wałów równoległych do siebie. Ich stoki północne są zwykle łagodne i urzeźbione misami deflacyjnymi, południowe zaś bardziej strome. Ku wschodowi wały przechodzą w pole wydymowe, którego osią jest również wał równoleżnikowy, 30 m wysoki, od którego odbiegają ku północy i ku południowi lekko wygięte wydmy łukowe, ze stromymi stokami wschodnimi.

Trzecie większe pole wydymowe ciągnie się na długości około 12 km, równoleżnikowym pasem, 1—2 km szerokim, między Kobylim Błotem a Krzywym Kołkiem. Od strony południowej wydmy są tu zwarte i two-

rzą jednolity wał, od północnej zaś rozluźnione parabole wysyłają ku NW swoje północne, długie i wąskie ramiona. Na południe od tej grzędy wydm, równoległe do niej, biegnie wydłużony kompleks wydmy składający się z szeregu równoleżnikowych wałów. Dochodzi on do doliny Skrwy, która stanowiła barierę dla dalszej wędrówki wydmy. Dolina na tym odcinku ma kierunek SW—NE; powtarzają go przypierające do doliny wydmy, które w okolicy Krzywego Kołka łączą się z grzędą północną.

We wschodniej części kotliny występują mniejsze pola wydmy lub pojedyncze wydmy koncentrujące się głównie w okolicy Soczewki, Sędzenia, Elizina, Łącka, Popłacina i Dobrzykowa.

FORMY WYDMOWE I NACHYLENIA STOKÓW

W morfologii wydmy Kotliny Płockiej na pierwszy plan wysuwają się wały równoleżnikowe. Stanowią one kościec, wokół których rozwinęły się inne formy. Usytuowane zazwyczaj na granicach dwu krajobrazów wały oddzielają zespoły wydmy od płaskich powierzchni tarasu bądź od obszarów podmokłych. Wydmy te występują jedynie na pradolinnych tarasie akumulacyjnym i wkraczają na poziom ciechomicki. Osiągają znaczne rozmiary, ich długość waha się zwykle w granicach 5—10 km, a wysokość — 10—30 m, najczęściej przekracza 20 m.

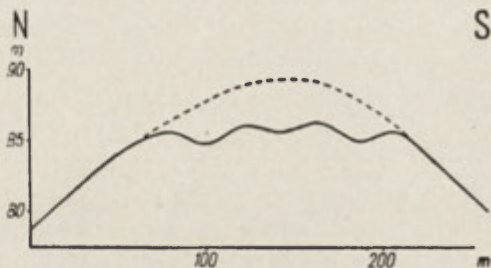
Nachylenia stoków zawarte są w granicach 5—35°. Najogólniej, bardziej strome są stoki południowe, nachylone najczęściej pod kątem 15—25°. Nachylenia stoków północnych zawierają się w granicach 10—20°. Różnice są zatem niewielkie. Często występują również wały symetryczne, a nawet formy o asymetrii inwersyjnej. Stoki wydmy nie mają jednakowego nachylenia na całej długości; najbardziej strome są partie środkowe, natomiast najłagodniejsze są dolne.

W kulminacyjnych partiach najwyższych wałów często obserwować można spłaszczenia, niekiedy dodatkowo urzeźbione drobnymi zakłębłościami i wypukłościami, których grzbiety leżą na podobnej wysokości (ryc. 1). Zjawisko to może wskazywać na istnienie w okresie wydmotwórczym górnej granicy rozwoju wydmy, przebiegającej na wysokości 20—30 m ponad powierzchnią podlegającą zwydmieniu. Jest również prawdopodobne, że wydmy te pierwotnie były wyższe (linia przerywana na ryc. 1), dopiero wtórnie zostały obniżone i spłaszczone.

Bogato urzeźbione są również północne — proksymalne stoki wydmy wałowych. Powszechnie występują na nich misy deflacyjne w różnych stadiach rozwoju: od drobnych, słabo zakłębniętych niecek otwartych ku zachodowi, przez pogłębione misy z wyraźnie zarysowaną partią czołową,

do embrionalnych wydym parabolicznych, w których zaczyna się formować ramię północne. Formy te rozwinięte są klasycznie w wydymach

Ryc. 1. Przekrój poprzeczny przez wydymę w okolicy gajówki Niedźwiedź



w Sędeniu i w Czarnym Borku, gdzie na północnych stokach obserwować można krótkie „żebra”, powstałe w wyniku ledwie rozpoczętego procesu parabolizacji.

Wydmy paraboliczne cechuje nierównomierny rozwój ramion. W zależności od położenia strefy roślinnej bardziej rozbudowane mogą być ramiona południowe albo północne.

W poszczególnych wydymach parabolicznych zróżnicowane są także rozpiętości ramion oraz stopień rozwoju partii czołowych. Spotyka się formy pseudoparaboliczne, w których partii czołowych brak, a ramiona schodzą się pod kątem ostrym.

Nachylenia zboczy wydym parabolicznych są większe na stokach zewnętrznych, największe — na zboczach wschodnich i północnych. Stoki wewnętrzne mają nachylenia rzędu kilku-kilkunastu stopni i są urzeźbione misami deflacyjnymi otwartymi ku W i SW.

Wysokości wydym parabolicznych dochodzą również do 30 m. Formy te, podobnie jak wyżej omówione wały równoleżnikowe, występują jedynie na pradolinnych tarasie akumulacyjnym i na poziomie ciecho-mickim.

Na niższych powierzchniach: tarasu erozyjno-akumulacyjnego, obniżenia rakutowskiego i tarasu nadzalewowego występują tylko wydmy wałowe. Różnią się od wyżej omówionych wałów wielkością i nachyleniem stoków. Są to formy drobne, ich długość rzadko przekracza 1 km, a wysokość waha się w granicach 3–6 m. Osie morfologiczne mają zwykle kierunek równoległy do przebiegu głównych elementów rzeźby w kotlinie, a więc WNW—ESE, bądź równoleżnikowy. Strome stoki tych form występują zwykle po stronie północnej, chociaż spotyka się również wały symetryczne. Ten rodzaj wydym — z pewnością młodszych od parabol — występuje na wszystkich wydzielonych powierzchniach, również wśród starszych form wydymowych.

DENUDACJA WYDM

Wydmę zachowują klasyczne formy tylko wówczas, gdy warstwa gleby i zwarta powłoka roślinności chroni je przed niszczącą działalnością czynników denudacyjnych.

Pierwszy etap niszczenia wydm mógł nastąpić już pod koniec okresu wydmotwórczego, kiedy to wiatr atakował formy czy elementy form, których wkraczający na wydmy las nie zdołał jeszcze całkowicie utrwalić. W walce z wiatrem roślinność zwycięża i konserwuje wydmy — często w nie zmienionej postaci — aż do naszych czasów. Wiele form uległo jednak znacznemu przeobrażeniu, obniżeniu, a nawet zupełnemu zniszczeniu, od czasów kiedy na wydmach pojawił się człowiek. Wycina on las, niszczy roślinność. Wszędzie tam, gdzie wydma zostanie pozbawiona roślinności cienka warstwa gleby ulega zniszczeniu, a obnażone fragmenty zboczy natychmiast atakowane są przez wiatr. Wydmę raz pozbawioną powłoki leśnej i glebowej odzyskują ją z wielkim trudem. Przez setki lat prowadzi na nich niszczycielską działalność wiatr i woda. Te same wydmy przez wieki były permanentnie zamieszkałe i niszczone. Niemal na wszystkich obszarach wydm aktualnie rozwiewanych w Kotlinie Płockiej znajdujemy dowody pobytu na nich człowieka prehistorycznego. Występujące na tych wydmach fragmenty naczyń glinianych, wypalanych różnymi metodami, narzędzia krzemienne i żelazne świadczą o nawarstwianiu się kultur. W żadnej utrwalonej wydmy nie natrafiono na ślady obecności człowieka.

Utrwalone wydmy Kotliny Płockiej otula jedna, zwarta powłoka glebowa. Obserwowane w niektórych wydmach kopalne poziomy glebowe powstanie swoje zawdzięczają działalności człowieka i związane są ze stosunkowo młodymi procesami deflacji. Występują lokalnie tylko w niektórych partiach wydm, zawsze blisko powierzchni i tylko w tych wydmach, które położone są w pobliżu osiedli i nie mają zwanego pokrycia roślinnością. Ciągły poziom gleby kopalnej stwierdzono w jednej tylko wydmy w okolicy Gołaszewa. Jest to wał symetryczny 5 m wysoki, o nachyleniu stoków 12—15°. Fotografia 1 ilustruje zbocze południowe wydmy, fotografia 2 — zbocze północne. Miąższość piasku w stropie gleby kopalnej zmienia się od 0,2 m w partii kulminacyjnej wydmy do 1,5 m — w dolnych partiach jej zboczy. Współczesna forma jest więc w stosunku do starszej poszerzona, a jej zbocza — złagodzone.

Formy wydmowe obserwowane obecnie są zazwyczaj w stosunku do pierwotnych obniżone, spłaszczone i poszerzone. W analizowanych przekopach przez wydmy zbocza nie są równoległe do warstwowania, lecz kąt ich nachylenia jest zwykle mniejszy niż kąt nachylenia lamin.

Przekształcenie wydm szczególnie jaskrawo występuje w pasie nad-

wiślańskim i wzdłuż granicy z obniżeniem rakutowskim, gdzie najwcześniej osiedlił się człowiek. W sąsiedztwie wszystkich niemal wsi obserwować można lokalne wyniszczenie lasu i gleby na wydmach. Szczególnie zdewastowane są obszary wydmowe objęte indywidualną gospodarką rolną i leśną. Niejednokrotnie spotyka się przykłady wkraczania orki na wydmę. Klasyczna parabola w Gorenium Dużym zalesione ma tylko stoki zewnętrzne i partię grzbietową; cała wewnętrzna część wydmy objęta jest gospodarką rolną (fot. 3). Większe obszary wydm rozwianych występują w okolicy Dobrzykowa (fot. 4), Karolewa (fot. 5) i Skoków Dużych.

Gospodarka człowieka na wydmach powinna być prowadzona ze szczególną ostrożnością. Zbudowane z luźnego, dobrze obtoczonego, drobnoziarnistego piasku są specjalnie predysponowane na niszczenie, a znaczne deniwelacje i duże nachylenia stoków sprzyjają erozji, która atakuje nawet wydmy utrwalone (fot. 6).

BUDOWA GEOLOGICZNA WYDM

GLEBA

Jak wyżej wspomniano, na powierzchni analizowanych wydm utrwalonej roślinnością wykształcona jest jedna warstwa gleby w postaci piasku drobnoziarnistego z domieszką humusu. Jej miąższość zależy od warunków wilgoci i waha się w granicach 5—15 cm — w kulminacyjnych partiach wydm, zaś do 40—50 cm — w obniżeniach. Stwierdzono również większą miąższość warstwy glebowej na północnych stokach wydm (10—30 cm) niż na południowych (5—20 cm). Zależnie od ilości humusu barwa gleby w poszczególnych wydmach zmienia się od szarozółtej do szaroczarnej. W stropie gleby znajduje się warstwa próchnicy i ściółki, zaś ku spągowi gleba stopniowo jaśnieje i bez wyraźnej granicy przechodzi w piasek bezstrukturalny.

PIASEK BEZSTRUKTURALNY

Pod glebą powszechnie występują piaski pokrywowe. Jest to warstwa piasku bezstrukturalnego, drobnoziarnistego ze znaczną domieszką pyłu i z pojedynczymi ziarnami piasku grubego. Miąższość obserwowanych pokryw w przekrojach poprzecznych przez wydmy jest często zmienna; najmniejsza w kulminacyjnych partiach form, gdzie uległa niekiedy zupełnemu zniszczeniu, na zboczach zaś dochodzi do 2 m. W spągu piaski bezstrukturalne najczęściej przechodzą stopniowo bez wyraźnej granicy

w piaski warstwowane. Warstwa bezstrukturalna została dokładnie przeanalizowana w innej pracy (U. Urbaniak, maszynopis). Wspomnę tylko, że wyniki porównawczych analiz składu mechanicznego, mineralnego i stopnia obtoczenia ziarn piasku pozwoliły na stwierdzenie, że warstwa bezstrukturalna jest dziełem wietrzenia mrozowego w klimacie peryglacjalnym.

PIASEK O STRUKTURZE MARMURKOWEJ

W niektórych wydmach, w spągu powierzchniowych piasków bezstrukturalnych występuje szczątkowa warstwa o miąższości od kilku do kilkudziesięciu cm, o niewyraźnych granicach, charakteryzująca się skomplikowaną strukturą, którą nazwano marmurkową. Są to drobne zafalowania, fałdki, plamki, których czytelność uwarunkowana jest podkreśleniem rysunku tych struktur cienkimi smugami piasku lekko zorsztynizowanego bądź jaśniejszymi plamkami CaCO_3 . Na podstawie szczegółowych analiz porównawczych autorka wnioskuje, że marmurkowa struktura piasku powstała również w wyniku wietrzenia mrozowego oraz że całą pokrywą wietrzelinową, formującą się na wydmach w klimacie peryglacjalnym, charakteryzowały struktury marmurkowe. Ich szczątkowe tylko przetrwanie wskazuje na stopniowe niszczenie tych struktur przez późniejsze procesy klimatyczne i glebowe, w wyniku których powstały współczesne, poligenetyczne, bezstrukturalne piaski pokrywowe.

PIASEK WARSTWOWANY

Poza płaszczem piasków pokrywowych, osady z których są zbudowane wszystkie wydmy w całym profilu są warstwowane i laminowane. Różny jest tylko stopień czytelności warstwowania zależny od zróżnicowania grubości ziarn piasku w poszczególnych laminach. Na ogół — warstwowanie początkowo słabo czytelne, ku spągowi wydym staje się coraz wyraźniejsze.

W piasku warstwowanym laminy są zwykle delikatne, cienkie, często nieciągłe. Zmiany grubości ziarn są bardzo częste, nieregularne, miąższość lamin zmienna, materiał najczęściej słabo segregowany.

W wielu wydmach występują dwie serie piasku warstwowanego, charakteryzujące się odmiennymi kątami i kierunkami nachylenia lamin. W dalszym ciągu opracowania serie te nazwano górną (miąższość do 2 m) i główną lub dolną (miąższość ponad 5 m).

WARSTWY PIASKU ZORSZTYNIZOWANEGO I KONKRECJE WAPIENNE

Powierzchniowe partie wydym podlegają zmianom wywołanym przez procesy glebowe i hydrologiczne. Te ostatnie powodują wedrówkę związ-

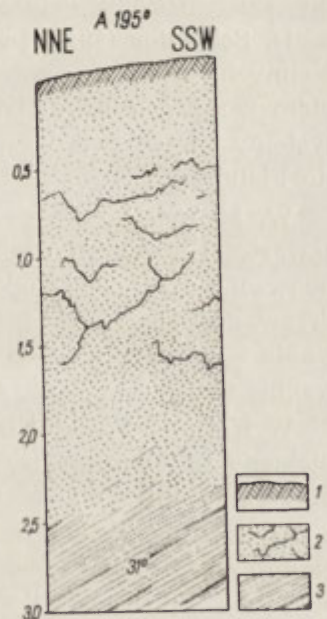
ków mineralnych wraz z wodą opadową w głąb profilu. One to pozba-
wiły przypowierzchniowe partie wydm węglanu wapnia i spowodowały
na określonych głębokościach koncentrację związków żelaza.

W wydmach Kotliny Toruńsko-Bydgoskiej W. Mrózek stwierdza występowanie warstwy piaskowca o spoiwie żelazistym, miąższości 20—30 cm. Warstwa zorsztynizowana powstała według niego w ciepłym i wilgotnym klimacie atlantyckim. W tym samym czasie w wydmach na Węgrzech tworzyły się brunatnoczerwone warstwy scementowane wodorotlenkiem żelaza (L. K á d á r, 1957).

W Kotlinie Płockiej proces orsztylizacji piasków wydmowych nie osiąga takich rozmiarów. Dość powszechnie stropowe partie piasków bezstrukturalnych, luźnych, mają barwę żółtą, mniej lub bardziej intensywną, pochodzącą ze strącenia się związków żelaza wokół ziarenek piasku. Spotyka się również ciemnożółte smugi piasku zorsztynizowanego o miąższości 2—5 mm, nieciągłe, zafalowane w piasku bezstrukturalnym i regularne, równoległe do przebiegu lamin w piasku warstwowanym (ryc. 2). Niezgodność przebiegu smug orsztynowych w piasku bezstruktural-

Ryc. 2. Budowa stropowej partii wydmy w Soczewce

1 — poziom próchniczny, 2 — piasek bezstrukturalny z nieregularnymi warstewkami orsztynu, 3 — piasek warstwowany z regularnymi warstewkami orsztynu



nym z warstwowaniem piasku leżącego w spągu może wskazywać na poprzedzenie procesu orsztylizacji (atlantycki) przez procesy, które doprowadziły do zniszczenia struktury warstwowej przypowierzchniowych partii wydm (późny glacjał, wczesny holocen).

W piaskach wielu wydm występują konkrecje wapienne w kształcie nieregularnych rurek, powstałe w procesie scementowania ziarn piasku wapiennym spoiwem wokół korzeni. Konkrecje wapienne, obserwowane nie tylko przez badaczy wydm śródlądowych, lecz nawet pustynnych zostały stwierdzone na Saharze Środkowej i Zachodniej przez A. Lacroix (1942) i H. Schoellera (1945). Proces powstawania konkrecji wyjaśnili J. i R. Kobenzowie (1958, s. 100), według których: „Korzenie ściętych sosen, sięgające głęboko, aż do poziomu wód gruntowych, pełnią rolę dróg przewodzących te wody aż na powierzchnię, gdzie w okresie letnim szczególnie szybko parują. Woda parując z pni sosnowych, osadza w nich sole pobrane z wód gruntowych”.

Według J. Kobenziny (1961) konkrecje wapienne powstały w tym samym czasie co — często na wydmach spotykane — fulguryty. Towarzyszą im narzędzia i fragmenty naczyń glinianych z okresu człowieka neolitycznego. Kobenzina przypisuje im wiek atlantycki. Charakterystyczne dla tego okresu częste burze z wyładowaniami elektrycznymi sprzyjały powstawaniu fulgurytów, a wysokie temperatury wzmacniały parowanie wody, powodując strącanie się soli mineralnych w korzeniach drzew ściętych przez człowieka.

H. Schoeller (1945) proces powstawania fulgurytów i konkrecji wapiennych, które nazywa pseudofulgurytami, również wiąże z parowaniem wody gruntowej bogatej w sole mineralne, doprowadzonej przez systemy korzeniowe drzew. Według Schoellera powstawały one w okresie Flandrien.

W. Mrózek proces powstawania konkrecji wapiennych uzależnia od zawartości w piasku wydmowym cząsteczek wapiennych, które „... rozpuszczone przez wody opadowe przenikały powoli w system korzeniowy drzew, gdzie w okresie panującej suszy letniej na skutek większego parowania w górnych partiach wydmowych następowało wytrącanie węglanu wapnia dookoła korzeni czy nawet kopalnych pni drzewnych”.

W Kotlinie Płockiej powszechnie obserwuje się konkrecje wapienne niekiedy w całym profilu wydm. W przekopach przez wydmy wiatr odpreparowuje fragmenty zwapniałych systemów korzeniowych (fot. 7).

W procesie tworzenia tych konkrecji zapewne współdziałały ze sobą wody gruntowe i opadowe. W wodach gruntowych Kotliny Płockiej rozpuszczone są znaczne ilości CaCO_3 . Poziom wody gruntowej występuje tu na ogół w piaskach łatwo przesiąkających. Głębokość występowania jego zwierciadła zmienia się w dość dużych granicach, zależnie od ilości opadów. Ilość opadów z kolei wykazuje znaczne wahania zarówno w poszczególnych latach, jak i w różnych miesiącach tego samego roku. Średni opad roczny w Płocku — Radziwiu w latach 1949, 1954—1959

wynosił 497,7 mm, w 1934 r. zanotowano opad 624,1 mm, a w 1959 — 378,6 mm. Średnie wartości opadu w poszczególnych miesiącach przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Srednie wartości opadu w poszczególnych miesiącach w Płocku-Radziwiu za lata 1949, 1954—1959

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średni opad w mm	26,0	32,4	25,0	29,8	34,6	38,7	111,1	48,9	39,5	26,9	27,4	57,7

Poziom wody gruntowej podnosi się bądź też obniża. Wraz z wodą wędruje rozpuszczony w niej węglan wapnia, który może wytrącać się, zwłaszcza latem, przy górnej granicy letniego podsiąkania wody. Taką koncentrację CaCO_3 stwierdzono w wydmach w Gorenium Dużym i w Skokach. W Skokach gniazda węglanu wapnia znajdują się około 3 m powyżej obecnego wysokiego poziomu wody gruntowej i pochodzą prawdopodobnie z okresu atlantyckiego.

Woda gruntowa pobierana przez korzenie roślinności wydymowej wędrować w nich może aż do powierzchni wydmy, a rozpuszczony w wodzie CaCO_3 w pewnych warunkach może się wytrącać wokół korzeni.

Piasek wydymowy zawiera również cząsteczki wapienne, które rozpuszczone przez wodę opadową mogą dostawać się do systemów korzeniowych drzew. Udział wód opadowych w procesie tworzenia się kongrecji w wydmach Kotliny Płockiej, jest prawdopodobnie mniejszy choćby z tego względu, że tylko niewielka część opadu wsiąka w piasek budujący wydmy.

Na specjalną uwagę zasługuje rola, jaką kongrecje związków mineralnych mogą odgrywać w odżywianiu się roślin aktualnie żyjących na piaskach wydymowych, czyli w warunkach stałego deficytu substancji odżywczych. Zjawiska wykorzystania kongrecji wapiennych przez roślinność wydymową opisuje J. Tu mi ł o w i c z (1962), załączając fotografie starych, zwapniałych korzeni, wewnątrz których przebiegają korzenie młodych sosen.

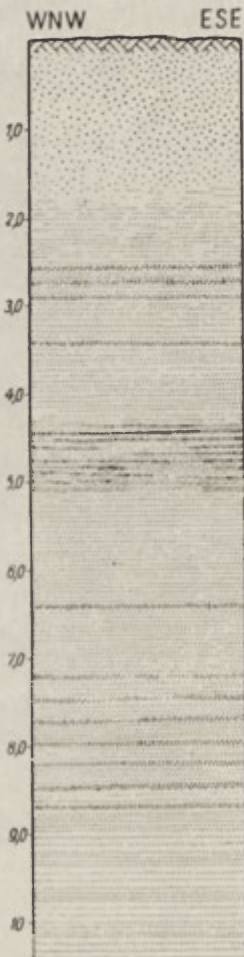
ANALIZA STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ WYDM

Przy opracowywaniu wydm Kotliny Płockiej zastosowano metodę badań strukturalnych, która umożliwia poznanie mechanizmu procesów eolicznych i ustalenie kierunków wiatrów wydymotwórczych.

Wszystkie wydmy, prócz płaszcza bezstrukturalnych piasków pokrywowych, mają w całym profilu materiał warstwowany. Charakter warstwowania ulega poważnym zmianom w pionowym i poprzecznym profilu wydmy. W głąb warstwowanie staje się coraz wyraźniejsze, niemal idealnie równoległe poszczególne laminy nie tracą już ciągłości, a zmiany miąższości lamin są coraz bardziej regularne. Zwiększa się również stopień segregacji materiału.

CYKLICZNOŚĆ WARSTWOWANIA

W kilku wydmach, przy ich podstawie na głębokości 5—10 m, stwierdzono cykliczność warstwowania. Zjawisko to zilustrowano na przykładzie wydmy w Ludwikowie (ryc. 3). W dolnej części profilu (na głęb.



9—10 m) bardzo drobny piasek nie wykazuje zróżnicowania frakcji w poszczególnych laminach. W równych odstępach przebiegają warstwy o nieco ciemniejszej, żółtej barwie. Miąższość pary warstw, jaśniejszej i ciemniejszej wynosi około 30 cm. Wyżej (7—9 m) miąższość cyklu zmniejsza się do 25 cm, a materiał w poszczególnych warstwach jest wyraźnie zróżnicowany. Jeszcze na głębokości 5 m leżą na zmianę warstwy piasku drobniejszego i grubszego, chociaż te ostatnie są mniej regularne, miejscami cienieją, a nawet wyklinowują się, zaś miąższość pary warstewek sąsiadujących ze sobą zmniejsza się do 5 cm.

Obserwowana cykliczność odpowiada prawdopodobnie rocznym wahaniom akumulacji piasku wydmy. Na podstawie tego profilu można podjąć próbę obliczenia przypuszczalnego czasu, w jakim wydma została usypana. W przypadku wydmy w Ludwikowie okres ten wynosił ca 100 lat.

Z odsłonięcia wynika, że w początkowym stadium tworzenia się wydmy przyrost roczny jej masy był największy, po czym zmniejszał się stopniowo. Zjawisko to może pozostawać w związku zarówno ze słabnięciem siły wiatru, jak i z wy-

Rys. 3. Schemat cykliczności warstwowania w wydmy w Ludwikowie

czyrpywaniem się materiału. Warstwy materiału grubszego odpowiadają prawdopodobnie okresom akumulacji zimowej, kiedy od czaszy lodowej wiały najsilniejsze wiatry antycyklonalne. Fakt występowania u podstawy wydmy materiału stosunkowo najdrobniejszego wskazuje raczej na obfitość tego materiału na obszarze powstawania wydmy, w początkowym stadium jej formowania, niż na małą w tym okresie aktywność wiatru.

Bardziej skomplikowany jest schemat cykliczności warstwowania obserwowany w wydmie w Warząchewce (ryc. 4). Odsłonięcie znajduje się na stoku dystalnym wydmy, na głębokości około 9 m. Miąższość warstwy odpowiadającej rocznemu cyklowi sedymentacji wynosi również około 30 cm. Składają się na nią dwie laminy piasku pylastego rozdzielone warstwą piasku średnioziarnistego oraz dwie warstwy piasku różnoziarnistego z domieszką grubego, rozdzielone piaskiem drobnoziarnistym. Wyraźne zróżnicowanie grubości ziarn w poszczególnych laminach wskazuje na znaczne wahania siły wiatru w różnych porach roku. Ławice piasku najgrubszego wraz z leżącą między nimi warstwą materiału drobnego (warstwa a) prawdopodobnie odpowiadają akumulacji w okresie zimowym, przy czym najsilniejsze wiatry w danym przypadku miałyby miejsce na początku i u schyłku okresu zimowego.



Ryc. 4. Schemat cykliczności warstwowania w wydmie w Warząchewce

NACHYLENIA STOKÓW A WARSTWOWANIE

W przekrojach poprzecznych przez wydmy na uwagę zasługuje różnica charakteru warstwowania oraz stopnia nachylenia lamin na stokach proksymalnych i dystalnych. Teoretycznie nachylenie lamin powinno pokrywać się mniej lub bardziej dokładnie z nachyleniem stoków wydm. W rzeczywistości nachylenia stoków są na ogół mniejsze niż lamin, co pozostaje w związku z późniejszymi procesami denudacyjnymi. Zdarza się również, że współczesny stok dystalny jest łagodniejszy od strukturalnego, natomiast proksymalny — bardziej stromy. W profilu poprzecznym przez wydmę w Elizynie (ryc. 5) obserwujemy nieznaczna tylko asymetrię stoków (stok dystalny — 18° , proksymalny — 13°), gdy nachylenie lamin w stoku proksymalnym wynosi 10° (nachylenie ławic 3— 4°), w stoku dystalnym natomiast osiąga 33° .

Jednak między nachyleniem zboczy wydmy i lamin istnieje współzależność najogólniej wyrażająca się małym nachyleniem lamin (rzędu kilku stopni, rzadko przekracza 10°) na łagodnych stokach podwiatrowych i dużym (średnio ok. 30° , niekiedy osiąga 35°) na bardziej stromych stokach odwiatrowych.

Niekiedy ustalenie stosunku badanego stoku do kierunku wiatru nasuwa trudności, zwłaszcza w przekrojach poprzecznych przez wydmy, w których zachował się tylko jeden stok o nietypowym nachyleniu la-



Ryc. 5. Przekrój poprzeczny przez wydmę w Elizynie

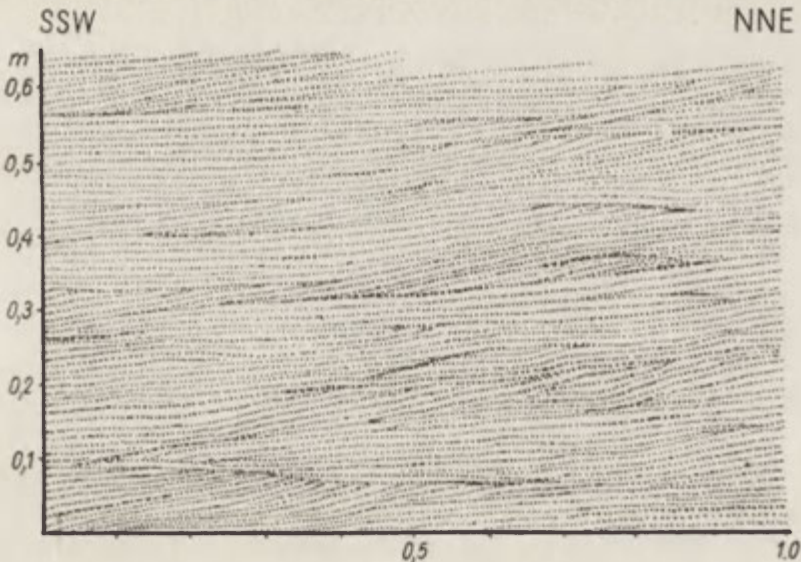
min ($10-18^\circ$) bądź dwa stoki, w których kąty nachylenia lamin tylko nieznacznie różnią się między sobą. Wątpliwości może rozstrzygnąć analiza charakteru warstwowania.

WARSTWOWANIE STOKU DYSTALNEGO

Jest to warstwowanie bardzo typowe, niemal dokładnie równoległe, nawet w przypadku, gdy poszczególne laminy tracą ciągłość i brak jest wyraźnego zróżnicowania grubości ziarna bądź segregacji materiału. Wiele przykładów tego rodzaju warstwowania można przytoczyć, np. na rycinie 5. Ten rodzaj warstwowania jest w wydmach Kotliny Płockiej najbardziej rozpowszechniony, bowiem w strukturze wielu wydm zachował się tylko ich stok dystalny.

WARSTWOWANIE STOKU PROKSIMALNEGO

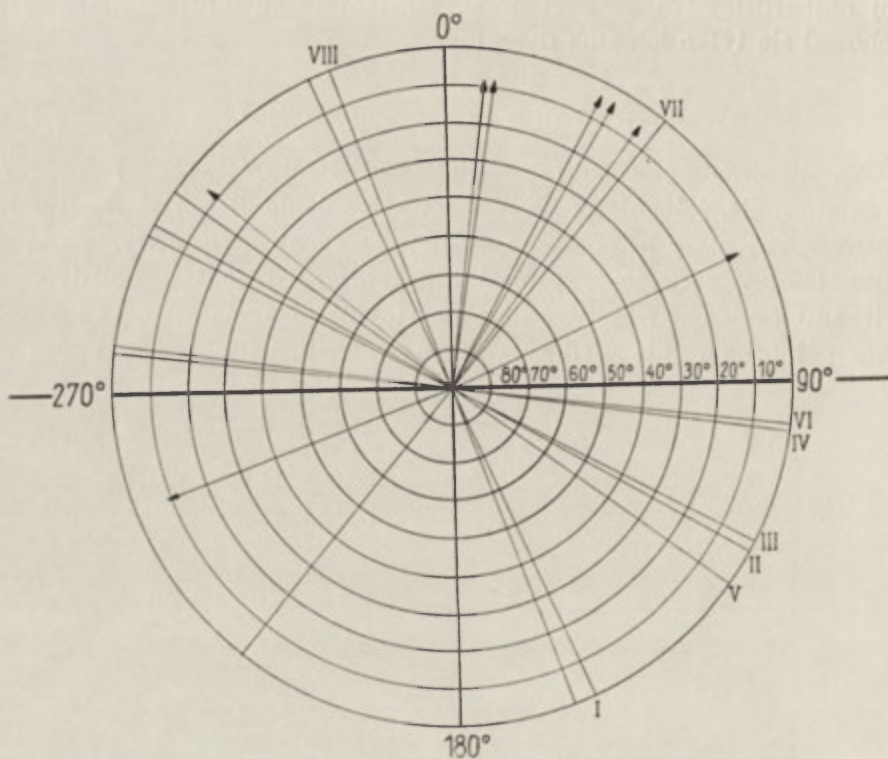
Warstwowanie to cechuje brak ciągłości lamin, ich nieznaczne, lokalne zafalowanie, ścinanie przez warstewki nadległe. Materiał jest bardziej zróżnicowany, przy jednoczesnej słabej segregacji. Często występują nieciągłe laminy z domieszką piasku gruboziarnistego i z pojedynczymi żwirkami. Schemat warstwowania na stoku proksymalnym, w przekopie przez północne ramię wydmy w Soczewce, ilustruje rycina 6. Na sto-



Ryc. 6. Schemat warstwowania piasku w stoku proksymalnym wydmy w Soczewce

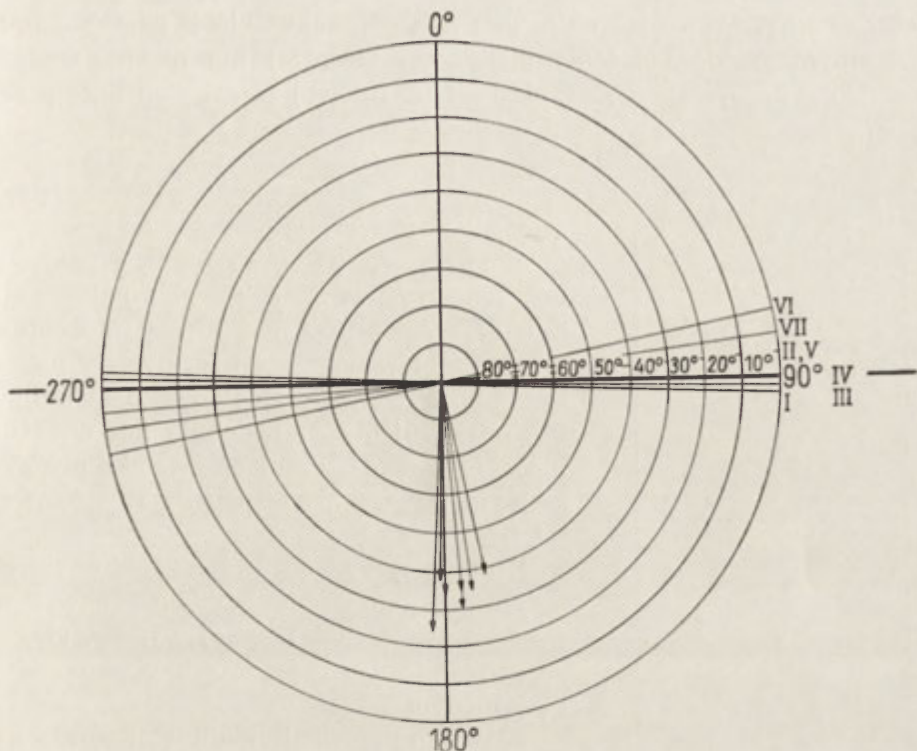
kach proksymalnych obserwuje się również zjawisko większego nachylenia lamin w obrębie ławic o mniejszym nachyleniu (ryc. 5).

Warstwowanie stoku proksymalnego jest na ogół również zbliżone do równoległego. Dopiero pomiary rzeczywistych biegów i upadów lamin, wykonane na różnych głębokościach, na stoku proksymalnym i dystalnym pozwalają na uchwycenie istotnej różnicy. Pomiarów dokonano w dwóch profilach wydmy w Elizinie (ryc. 5) i zilustrowano je diagramami, z których jeden (ryc. 7) przedstawia biegi i upady lamin na stoku proksymalnym, drugi (ryc. 8) — na dystalnym. W pierwszym przypadku



Ryc. 7. Diagram biegów i upadów lamin w północnym stoku wydmy w Elizinie

wektory wskazujące wielkości i kierunki nachylenia lamin rozkładają się w szeroki wachlarz, a poszczególne laminy zapadają pod kątem 4—10° w różnych kierunkach, średnio ku północy. Na stoku dystalnym wektory skupiają się w zwartą wiązkę, określając dokładnie południowy kierunek nachylenia warstw.



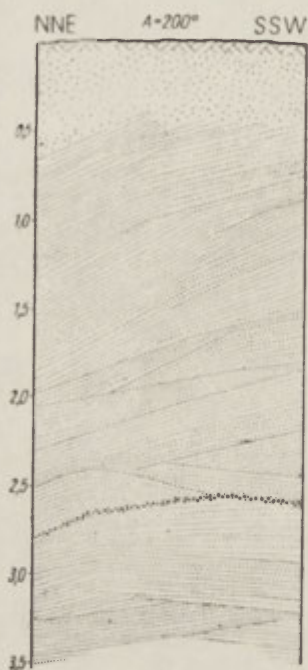
Ryc. 8. Diagram biegunów i upadów lamin w południowym stoku wydmy w Elizinie

WARSTWOWANIE PARTII KULMINACYJNYCH WYDM

Charakter warstwowania kulminacyjnych partii wydmy jest odmienny skutkiem położenia na granicy między stokiem proksymalnym i dystalnym, gdzie okresowe różnice w natężeniu siły wiatru i dopływie świeżego materiału pociągają za sobą przesuwanie się partii kulminacyjnej w kierunku stoku proksymalnego bądź dystalnego. W tej części wydmy warstwowanie jest najczęściej przekątne, lokalnie krzyżowe. Zmienne są kąty i kierunki nachylenia lamin, związane ze zmianą warunków akumulacji na stokach proksymalnym i dystalnym. Ten rodzaj warstwowania ilustruje przekop przez wydmy w Soczewce (ryc. 9).

Płaszczyzna osiowa wydmy teoretycznie powinna być pionowa, a powierzchnię współczesnej formy powinna przecinać w partii kulminacyjnej. W rzeczywistości płaszczyzna osiowa najczęściej nie zajmuje pozycji pionowej, a aktualną powierzchnię wydmy przecina na zboczu. Płaszczyzna osiowa — w przekrojach poprzecznych wyrażona linią — jest pochylona w kierunku zgodnym z kierunkiem wiatru i przecina

stek dystalny, wskazując na ogólną przewagę akumulacji na stoku proksymalnym. Takie położenie płaszczyzny osiowej ma m. in. wydma w Elizinie; na rycinie 5 rzut płaszczyzny osiowej zaznaczono linią przerywaną.

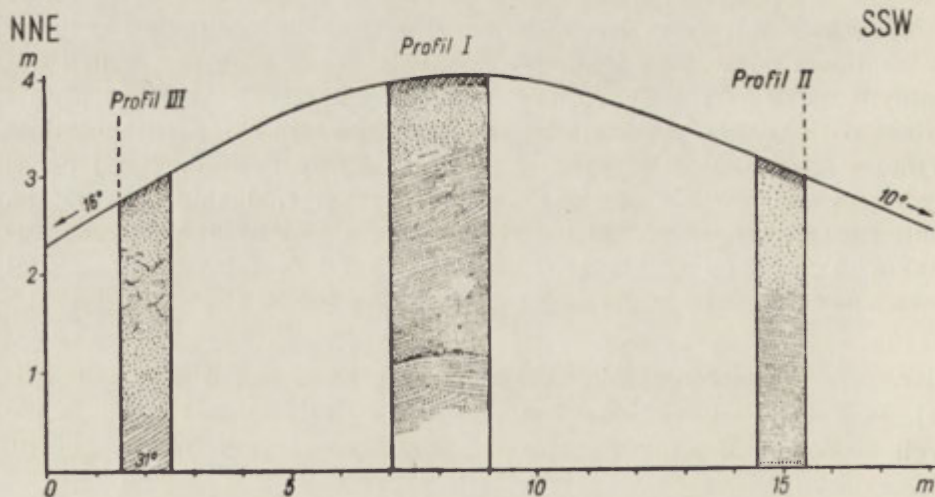


Położenie bardziej zgodne z teoretycznym założeniem przyjmuje płaszczyzna osiowa w przekopie przez północne ramię wydmy w Soczewce (ryc. 10). Strukturalna partia kulminacyjna pokrywa się niemal dokładnie z grzbietem współczesnej formy, ale już w sąsiednim przekopie, oddalonym o 0,5 km ku SE, obserwujemy — podobnie jak w Elizinie — przewagę akumulacji na stoku proksymalnym i przesunięcie płaszczyzny osiowej ku NNE.

Kulminacja strukturalna może zatem przyjmować położenie odmienne nawet w różnych częściach tej samej wydmy, ulegając przesunięciom w jej profilu poprzecznym i podłużnym.

Zjawisko przewagi akumulacji piasku na

Ryc. 9. Schemat warstwowania piasku w kulminacyjnej partii wydmy w Soczewce



Ryc. 10. Przekrój poprzeczny przez północne ramię wydmy w Soczewce

stoku podwiatrowym pozwala przypuszczać, że w przekrojach poprzecznych przez inne wydmy płaszczyzny osiowe mogą przyjmować położenie odmienne od wyżej omówionych, a mianowicie mogą być pochylone w kierunku, z którego wiatr wieje. Przypadek ten świadczyłby o osłabionej aktywności wiatru, w wyniku czego tylko nieznaczna część materiału była toczona aż do wysokości „punktu” kulminacyjnego, a następnie przekraczała ten „punkt”, biorąc udział w budowie stoku dystalnego.

BIEGI I UPADY LAMIN W PROFILU PIONOWYM WYDM

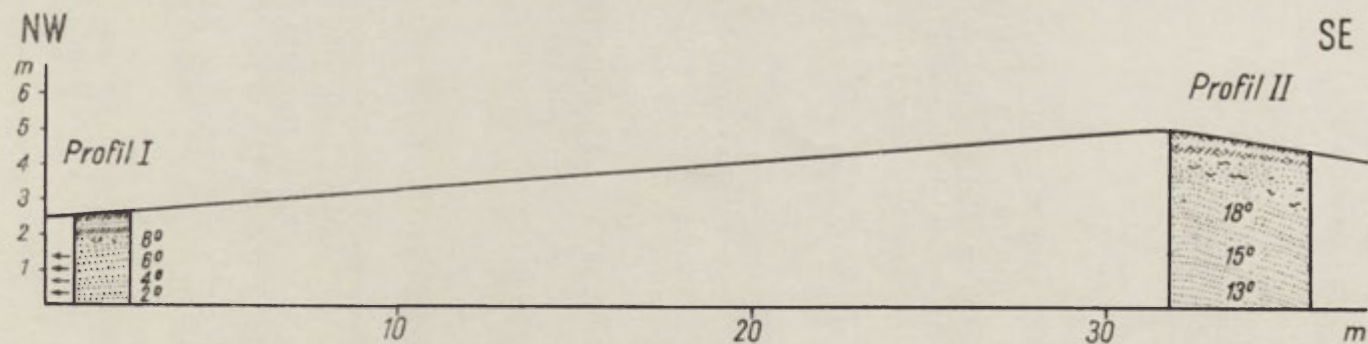
Zjawisko zmiany biegów lamin w profilu pionowym wydm ma duże znaczenie, wskazuje bowiem na zmiany kierunku wiatrów. Na stokach dystalnych, gdzie zmiany biegu warstw są minimalne, jest ono trudne do śledzenia. Na stoku proksymalnym biegi warstw zmieniają się niekiedy w pewnym porządku. Tę prawidłowość pozwala prześledzić wydma w Elizynie (ryc. 7), gdzie kierunki nachylenia lamin zmieniają się stopniowo od ENE na głębokości 1,5 m (I), przez N, NW do WSW — na głębokości 5 m (VIII).

Zmiany upadów lamin w profilu pionowym wydm są na ogół niewielkie i przebiegają w sposób nieregularny. Tylko w niektórych wydmach można prześledzić wyraźne zmniejszanie się bądź zwiększanie kąta nachylenia lamin w głąb profilu. W przekopie przez wydmy w Zwoleniu (ryc. 11) kąt nachylenia lamin zmniejsza się na stoku proksymalnym od 8° na głębokości 1 m do 2° na głębokości 3 m, na stoku dystalnym — od 18° na głębokości 1 m do 13° na głębokości 5,5 m. Zwiększanie się kąta rzeczywistego upadu lamin obserwować można w przekopach przez wydmy w Elizynie i w Kamiennym Kopcu.

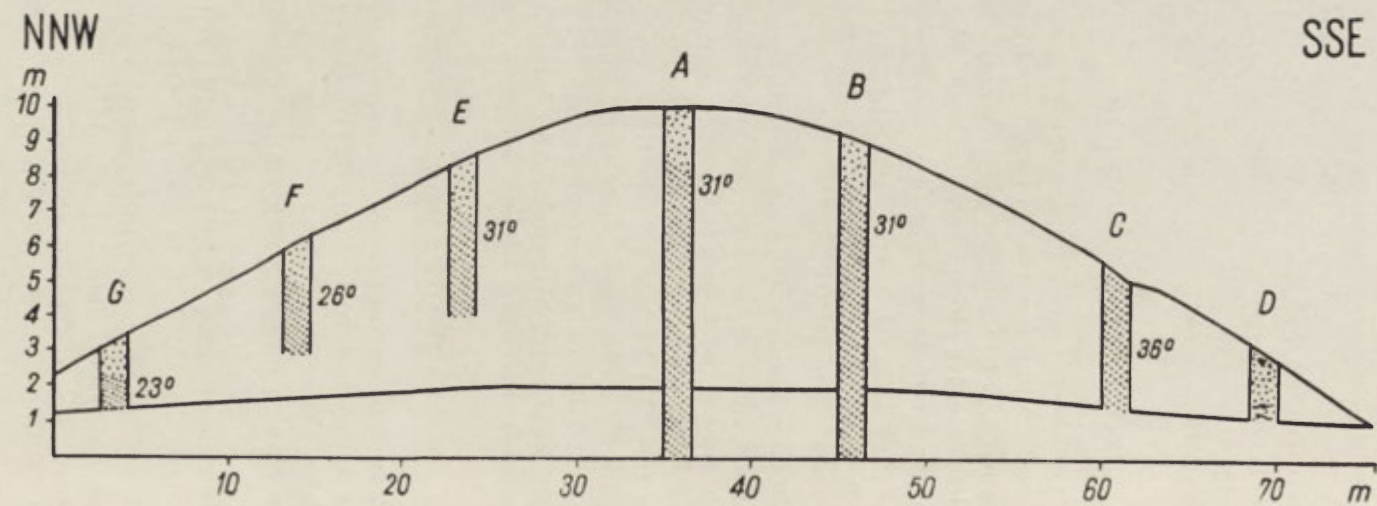
BIEGI I UPADY LAMIN W PROFILU POPRZECZNYM WYDM

Zjawisko zmiany biegów warstw w profilu poprzecznym występuje także w wydmach, w których strukturze zachował się wyłącznie stok dystalny. Możemy je obserwować w wydmie w Warząchewce (ryc. 12), gdzie różnica między skrajnymi wartościami biegów wynosi 75° ; w profilu A — 22° (ryc. 13), w profilu G — 97° (ryc. 14). Kierunki upadu lamin zmieniają się od ESE w profilu A (ryc. 13), przez SE w profilach B, F (ryc. 14, 15) do S w profilach C, E, G (ryc. 14).

W profilu poprzecznym tej samej wydmy obserwować można zmiany kątów nachylenia lamin. Ilustruje je rycina 12. Kąty nachylenia lamin w poszczególnych profilach wyraźnie zwiększają się z NNW ku SSE, czyli zgodnie z kierunkiem wiatru. Dla porównania przy każdym profilu podano wartość kąta upadu lamin, pomierzonego na głębokości 2 m.

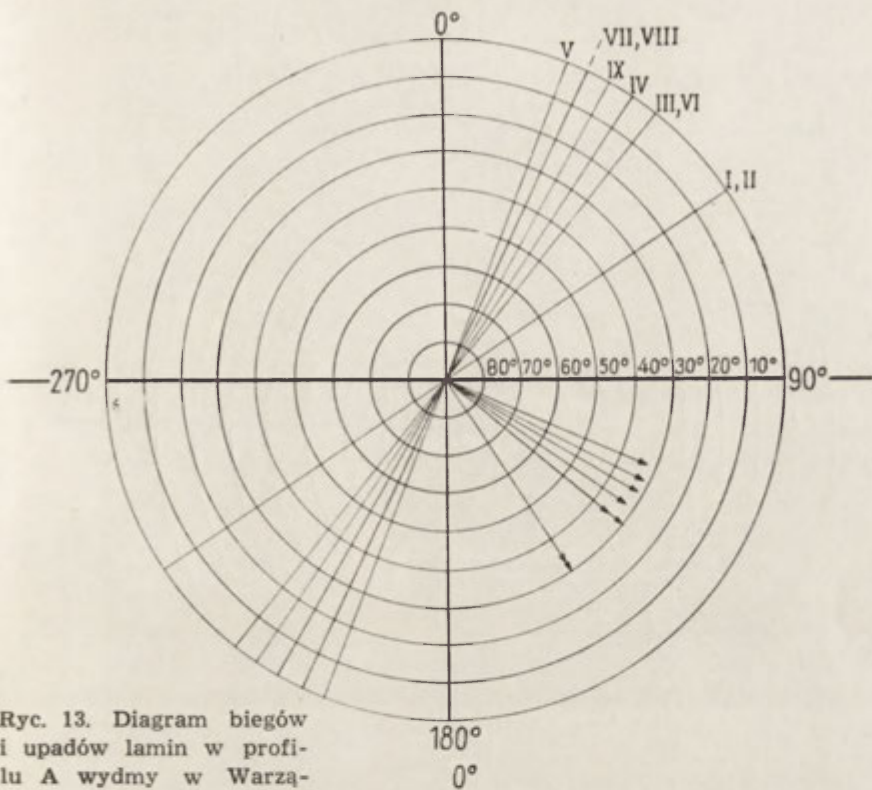


Ryc. 11. Przekrój poprzeczny przez wydęę w Zwoleniu

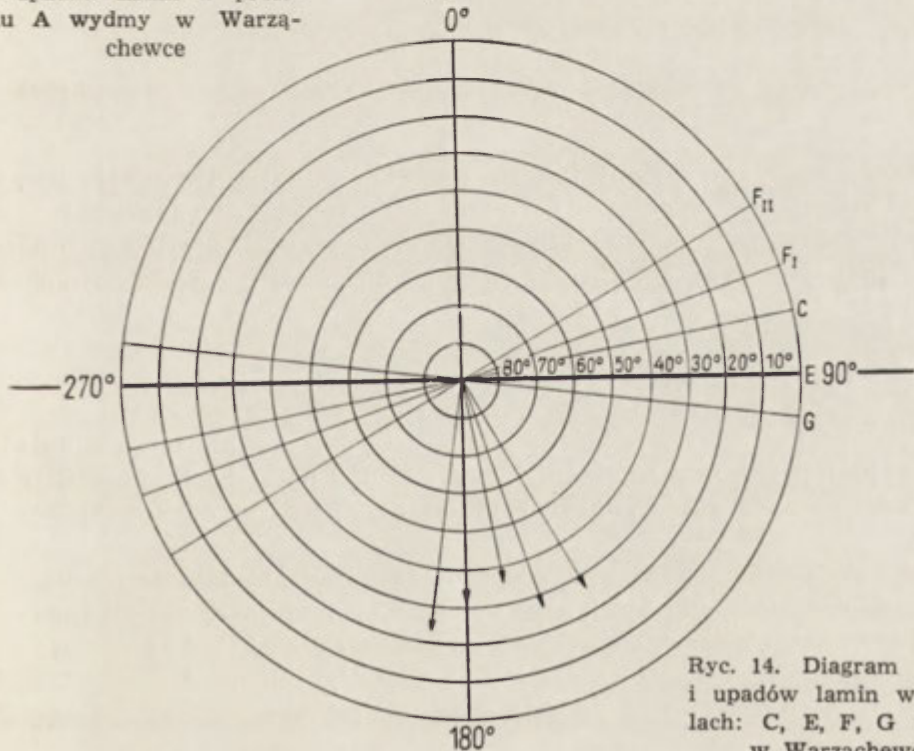


Ryc. 12. Przekrój poprzeczny przez wydęę w Warząchwce

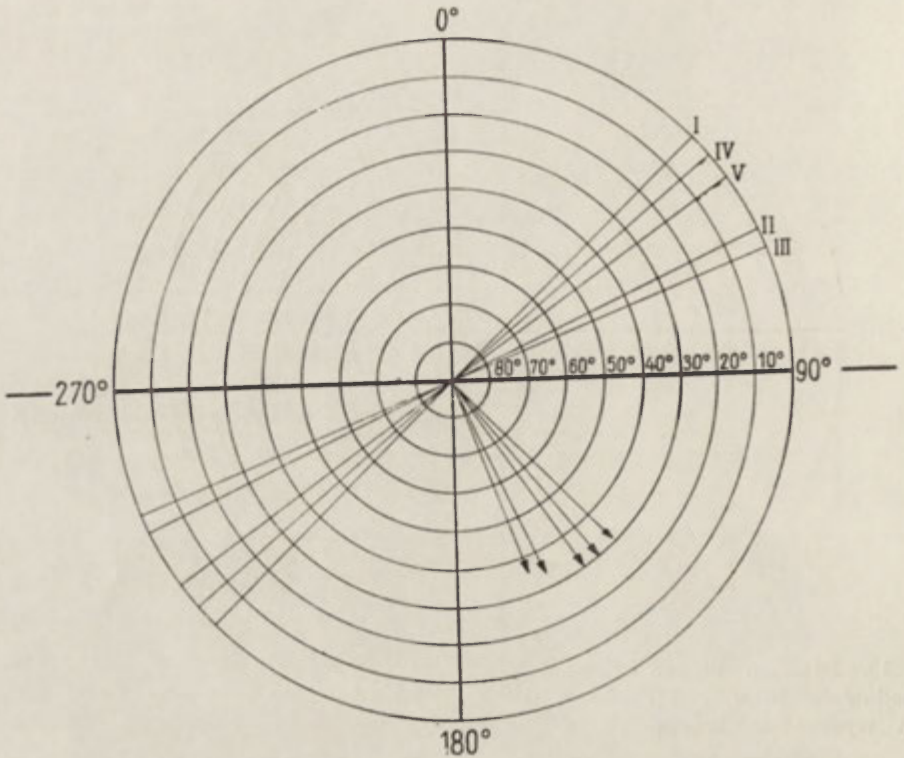
<http://rcin.org.pl>



Ryc. 13. Diagram biegunów i upadów lamin w profilu A wydmy w Warząchewce



Ryc. 14. Diagram biegunów i upadów lamin w profilach: C, E, F, G wydmy w Warząchewce



Ryc. 15. Diagram biegunów i upadów lamin w profilu B wydmy w Warząchewce

Omówione wyżej zmiany biegunów i upadów lamin potwierdzają tezę o zasadniczo równoległym warstwowaniu materiału wydmowego — w każdym przypadku na stoku dystalnym, a w licznych przypadkach na stoku proksymalnym, gdzie tylko lokalnie obserwujemy warstwowanie ukośne.

ZAKŁÓCENIA W WARSTWOWANIU PIASKÓW WYDMOWYCH

Równoległość warstwowania piasku bywa zakłócona nie tylko w kulminacyjnej partii wydm, ale niekiedy również na stokach. Charakter zakłóceń pozwala zaklasyfikować je do dwu grup o odmiennej genezie:

1. Lokalne zmiany biegunów i upadów warstw powstałe w procesie pierwotnej akumulacji piasku, a wywołane lokalnymi, okresowymi zmianami kierunku wiatru. Mają one różny charakter zależny od czasu trwania określonego kierunku wiatru i częstotliwości zmian.

W niektórych wydmach, zwykle w ich stropie bądź w spągu, wystę-

pują lokalne, kilkakrotne zmiany biegów i upadów warstw (warstwowanie przekątne), wywołane lokalnymi, okresowymi zmianami kierunku wiatru. Wskazują one na brak stabilizacji w działalności eolicznej w początkowej i w najmłodszej fazie okresu wydymotwórczego.

Spotyka się też wydmy, które w całym profilu mają piasek warstwowany przekątne. Zjawisko to można wyjaśnić lokalnymi wiatrami zmiennymi. Ten rodzaj struktury występuje tylko w drobnych, najmłodszych wałach równoleżnikowych. Rycina 16 ilustruje odsłonięcie w wydymie w Wistce Szlacheckiej.

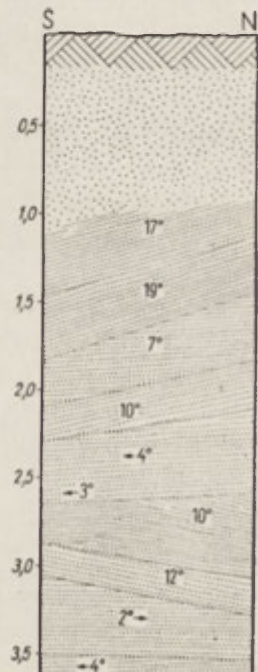
W wielu wydmach obserwuje się powszechną, jednorazową zmianę biegów i upadów lamin, występującą w dwu nadległych seriach piasku, wywołaną trwałą zmianą kierunku wiatru. W przekrojach poprzecznych wyraża się ona wyraźną granicą między dwiema seriami piasku o różnych kątach i kierunkach nachylenia lamin (fot. 8). Z charakteru strefy granicznej można wnioskować o ciągłości akumulacji obu serii piaszczystych.

2. Wtórne zniszczenie warstwowania bądź naruszenie pierwotnego, równoległego przebiegu warstw spowodowane działalnością czynników denudacyjnych, procesami glebowymi lub „osiadaniem” pewnych partii wydym po stopieniu się leżącego nad nimi martwego lodu.

W wyniku procesów wietrzenia mrozowego w klimacie peryglacjalnym całkowicie zniszczona została warstwowa struktura powierzchniowych partii wydym. Stąd występowanie na powierzchni wszystkich wydym, do głębokości 1—2 m, pokrywowych piasków bezstrukturalnych i leżących niekiedy w ich spągu piasków o strukturze marmurkowej.

Z panowaniem warunków klimatu peryglacjalnego związane są również, występujące w piaskach wydymowych, struktury krioturbacyjne — szczelinowe i soliflukcyjne — zakłócające warstwowanie piasków (U. Urbaniak, maszynopis).

W wyniku wytapiania się martwego lodu, leżącego pod wydymami lub w ich sąsiedztwie, powstały zmiany w nachyleniu lamin, zerwanie ich ciągłości, uskoki oraz inwersja nachylenia stoków; niekiedy strukturalny stok proksymalny jest obecnie stromym zboczem wydymy.



Ryc. 16. Warstwowanie przekątne piasku w wale wydymowym w Wistce Szlacheckiej

STRUKTURA RÓWNOLEŻNIKOWYCH WAŁÓW WYDMOWYCH

W czasie badań dokładnie przeanalizowałam budowę wałów równoleżnikowych. Charakteryzują się one na ogół strukturą jednorodną, wyrażającą się równoległym ułożeniem lamin. Uformowane zostały przez wiatry wiejące zwykle prostopadle do ich osi morfologicznych. Stąd równoległość przebiegu osi morfologicznych i strukturalnych, widoczna na diagramach. Najczęściej zachowały się w nich tylko strukturalne stoki dystalne, w których laminy nachylone są pod kątem około 30° , w kierunku zgodnym z kierunkiem formującego je wiatru. W tym samym kierunku wały przesuwane były już po ich pierwotnym wykształceniu. W strukturze niektórych wydm zachował się również ich stok proksymalny, na którym laminy zapadają pod kątem kilku stopni w kierunku, z którego wiał wiatr. W wałach o budowie złożonej, obie serie — górna i dolna — formowane były przez wiatry wiejące prostopadle do osi wałów. Pierwotna asymetria wałów, uwarunkowana specyfiką akumulacji eolicznej, w morfologii współczesnej jest najczęściej złagodzona, czasem zlikwidowana, w niektórych przypadkach nawet odwrócona.

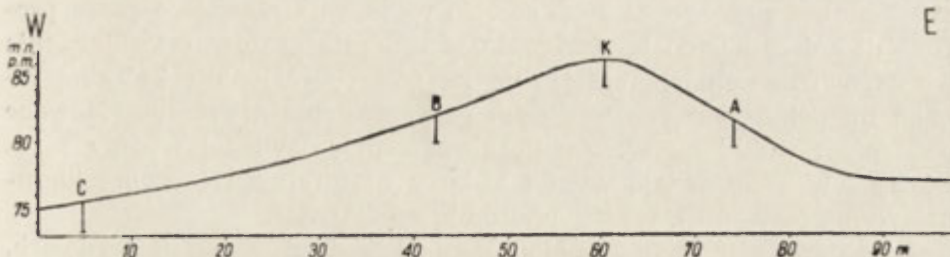
STRUKTURA WYDM PARABOLICZNYCH

Słabszy stopień znajomości struktury wydm parabolicznych wynika z faktu istnienia nieznacznej ilości głębszych przekopów przez te formy. Warunki terenowe uniemożliwiły przeanalizowanie struktury wewnętrznej czoła paraboli i jej obydwu ramion w jednej wydmie.

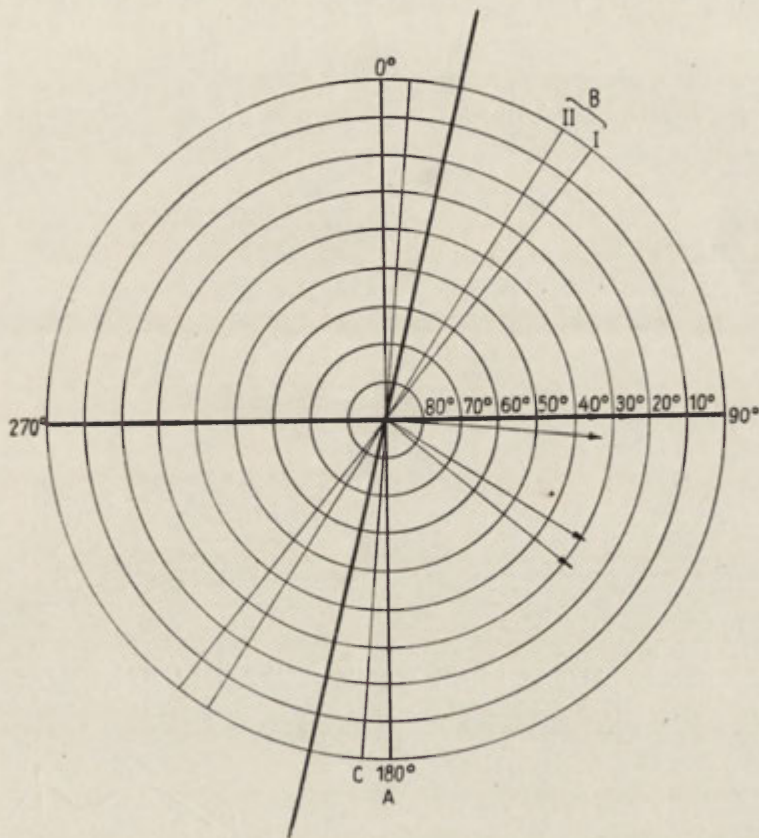
Strukturę partii czołowej badano w wydmie parabolicznej w okolicy Łącka. Przekrój przez czoło paraboli ilustruje rycina 17. W wykopach B i C, zlokalizowanych na stoku proksymalnym oraz w wykopie A, zlokalizowanym na stoku dystalnym, stwierdzono strukturę analogiczną właściwą strukturalnemu stokowi dystalnemu. Laminy na obydwu stokach zapadają pod kątem 30° ku E i SE (ryc. 18), wskazując na zasadniczy udział wiatrów W i NW w tworzeniu paraboli. Czołowe partie parabol brały zatem udział w „wędrówce” w kierunku zgodnym z kierunkiem panującego wiatru, czyli ku wschodowi.

Budowę południowych ramion parabol badano w przekopach przez wydmy w Elizynie (ryc. 5) i w Zwoleniu (ryc. 11). W strukturze obu wydm zachowały się zarówno ich stoki dystalne, jak i proksymalne. Wydmy te nie brały więc udziału w „wędrówce” w kierunku prostopadłym do ich osi.

Wydma w Elizynie nie jest typową parabolą, jej ramię południowe jest fragmentem dłuższego wału równoleżnikowego uformowanego na granicy dwu krajobrazów o różnym stopniu wilgotności terenu przez



Ryc. 17. Przekrój poprzeczny przez wydmy paraboliczną w okolicy Łącka



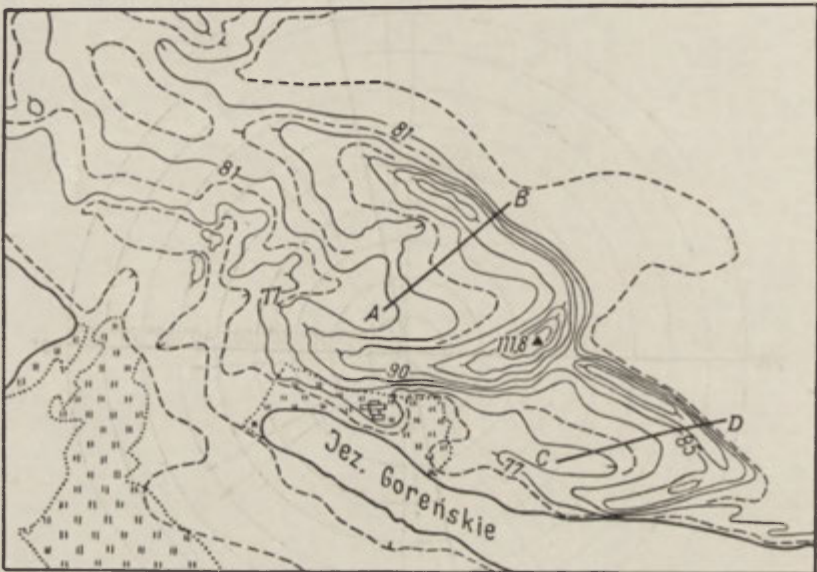
Ryc. 18. Diagram biegów i upadów lamin w wydmy parabolicznej w okolicy Łącka
 A — stok dystalny, B — stok proksymalny, C — misa wydmuchania

wiatry wiejące z sektora północnego. Drugie ramię wydmy ma kierunek NW—SE i tworzy z ramieniem południowym kąt ostry.

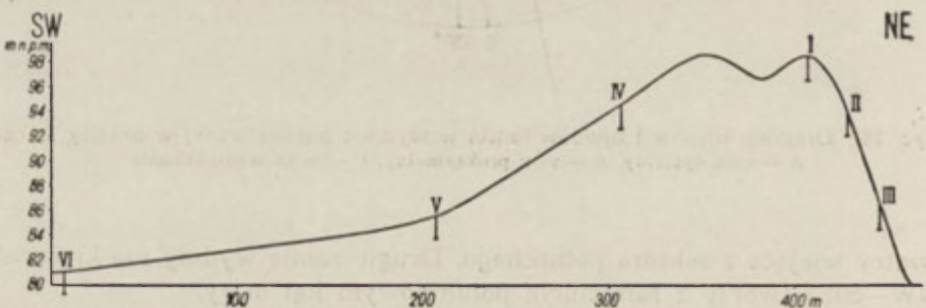
Parabola w Zwoleniu jest fragmentem większej formy, która kilkoma łukami „schodzi” z wyższego poziomu wysoczyzny morenowej na niż-

szy. Położenie na zboczu ekspozowało wydmy na niszczenie przez procesy denudacyjne, co spowodowało wydłużenie stoków i zmniejszenie ich asymetrii. Łuki charakteryzują się nieproporcjonalnie krótkimi ramionami północnymi, co w danym przypadku może być spowodowane działaniem wiatrów NW. Za uformowaniem omawianej wydmy przez wiatry NW przemawiają wyniki badań strukturalnych i ogólny kierunek formy (SW—NE), prostopadły do kierunku wiatru.

Strukturę północnych ramion parabol badano w kilku wydmach, z których na większą uwagę zasługują dwie — położone nad jeziorem Goreńskim. W obu formach ramiona północne są bardziej rozwinięte,

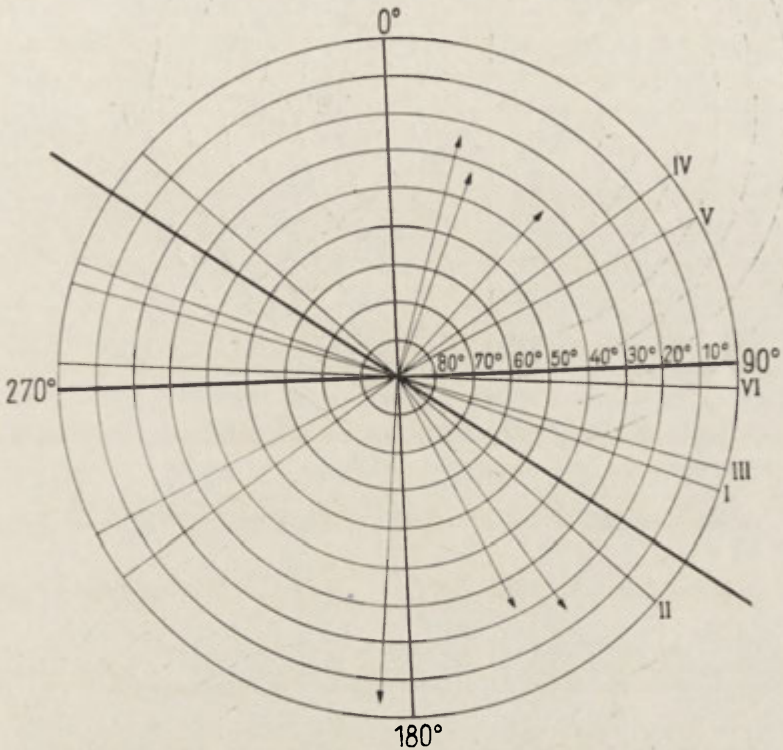


Ryc. 19. Wydmy paraboliczne w okolicy wsi Goreń Duży



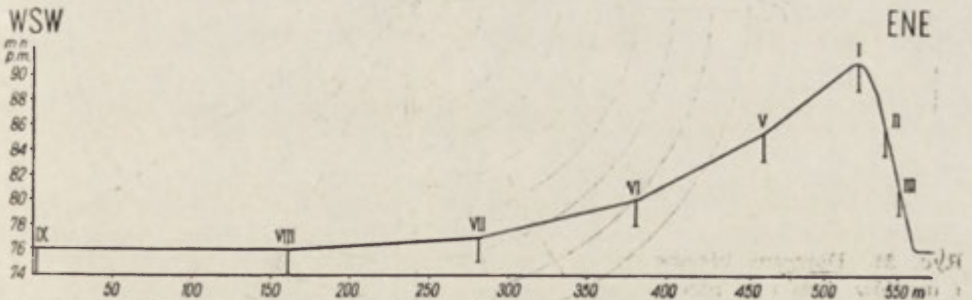
Ryc. 20. Przekrój poprzeczny AB (ryc. 19) przez wydmy paraboliczne w okolicy wsi Goreń Duży

a ich osie morfologiczne mają kierunek NW—SE. Badania strukturalne przeprowadzono w wykopach zlokalizowanych wzdłuż profili, które ilustruje rycina 19. Przekrój pionowy przez wydmy wzdłuż linii AB przedstawiono na rycinie 20, a wyniki pomiarów nachylenia lamin w zaznaczonych na profilu wykopach charakteryzuje diagram (ryc. 21). Rzeczy-



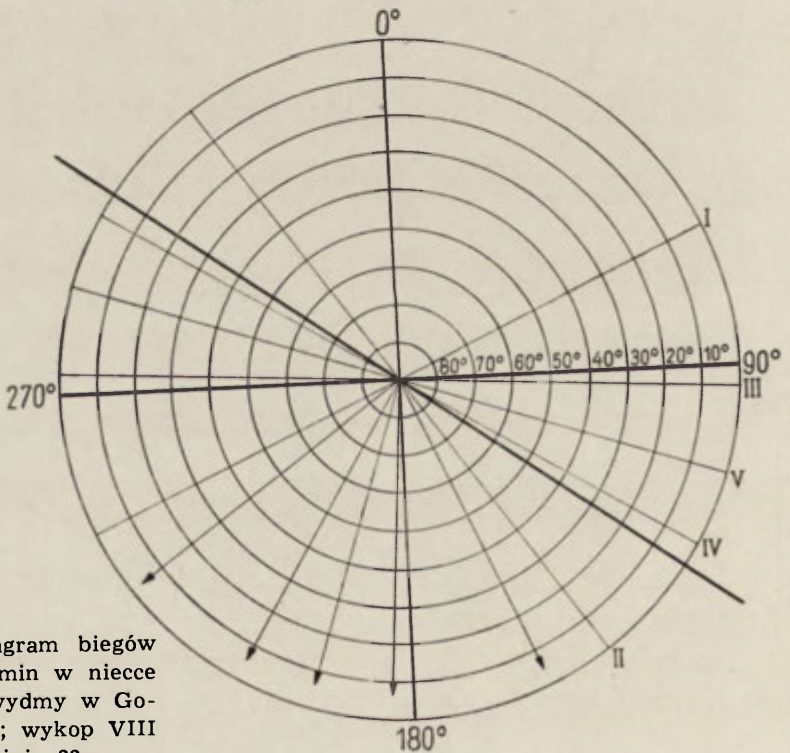
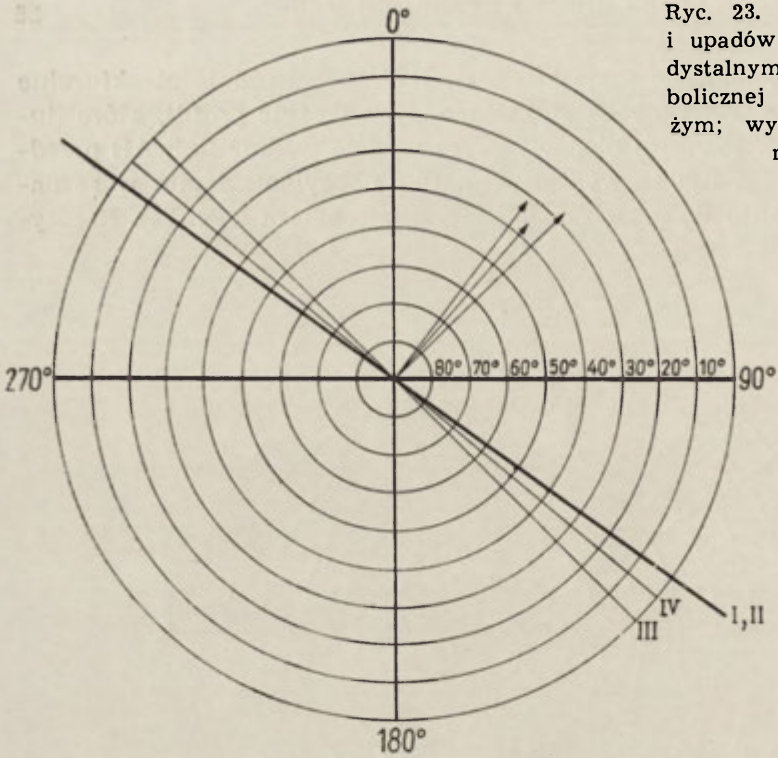
Ryc. 21. Diagram biegów i upadów lamin w profilu AB wydmy parabolicznej w Goreniu Dużym

I — kulminacja wydmy, II, III — stok dystalny, IV—VI — stok proksymalny



Ryc. 22. Przekrój poprzeczny CD (ryc. 19) przez wydmy paraboliczną w okolicy wsi Goreń Duży

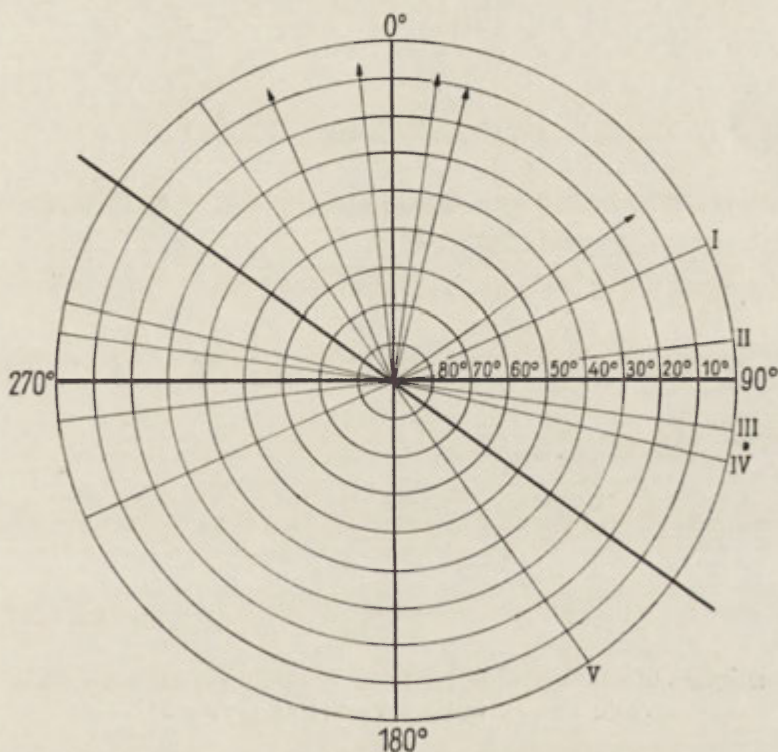
Ryc. 23. Diagram biegów i upadów lamin na stoku dystalnym wydmy parabolicznej w Gorenium Dużym; wykopy II, III na rycinie 22



Ryc. 24. Diagram biegów i upadów lamin w niecce deflacyjnej wydmy w Gorenium Dużym; wykop VIII na rycinie 22

wiste biegi i upady lamin, analogiczne na kulminacji wydmy i na stoku dystalnym (biegi I, II, III), wyrażają się wartością kąta około 30° i NE kierunkiem nachylenia. Kąty i kierunki nachylenia lamin na stoku proksymalnym kształtują się odmiennie. Stok proksymalny (biegi IV i V) formowały wiatry NW; laminy są nachylone ku SE pod kątem około 20° . Dopiero w niecce deflacyjnej (wykop VI) laminowanie świadczy o wiatrach wiejących z sektora południowego.

W profilu CD (ryc. 22) obserwuje się sytuację podobną; na stoku dystalnym wydmy oś strukturalna pokrywa się z osią morfologiczną, a laminy pochylone są ku NE pod kątem około 30° (ryc. 23). Wykop VIII usytuowany w niecce deflacyjnej odsłania warstewkowanie nieznacznie pochylone ku S (ryc. 24), co wskazuje na kształtowanie tej

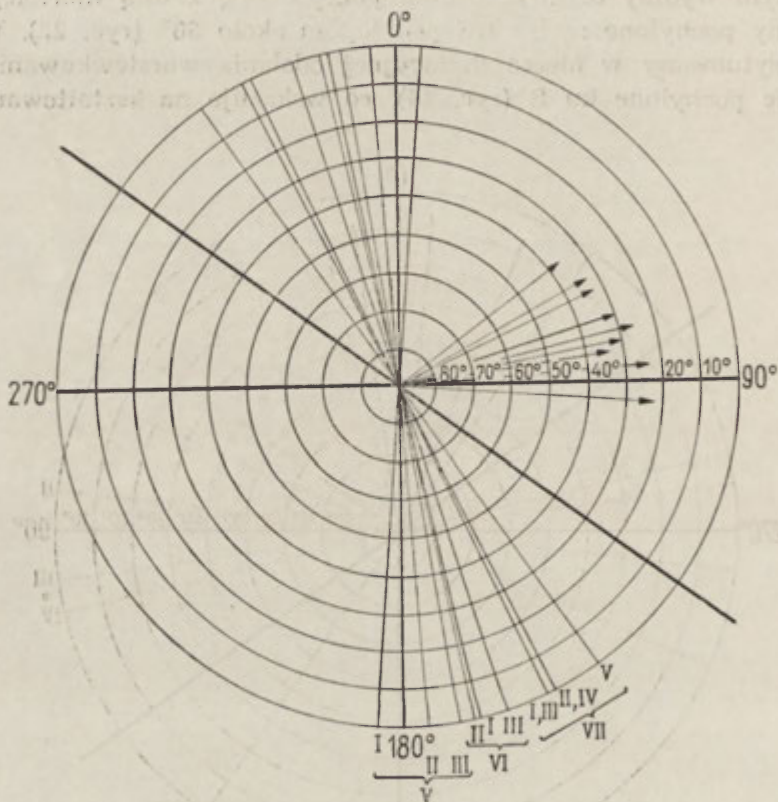


Ryc. 25. Diagram biegunowy i upadów lamin w partii kulminacyjnej wydmy w Gorenium Dużym; wykop I na rycinie 22

części paraboli przez wiatry z sektora południowego. Prawdopodobnie wiatry południowe wykonały także ostatni retusz grzbietowej partii formy; na kulminacji wału laminy zapadają pod kątem $5\text{--}12^\circ$ ku N (ryc. 25). W wykopach usytuowanych na stoku proksymalnym stwier-

dzono warstwowanie charakterystyczne dla stoku dystalnego, laminy pod kątem około 30° pochylone są ku wschodowi (ryc. 26).

Znajomość struktury tych wydm, oparta wyłącznie na przypowierzchniowych wykopach, nie upoważnia do wyciągania daleko idących wniosków. Pozwala jednak zauważyć, że północne ramiona tych wydm ulegały przesuwaniu, a nawet że zmieniała się orientacja ich osi morfologicznych. Ostatnia uwaga dotyczy głównie formy klasycznej paraboli.



Ryc. 26. Diagram biegunowy i upadków laminy na stoku proksymalnym wydmy w Gołębiewie Dużym; wykopy V—VII na rycinie 22

Jej północne ramię, o kierunku NW—SE, pierwotnie kształtowane było przez wiatry NNW (wykop V w profilu AB), a jego oś morfologiczna miała kierunek prostopadły do tych wiatrów, biegła więc również prostopadłe do osi ramienia współczesnej formy. Kierunek wiatru zmieniał się stopniowo na bardziej zachodni (wykop VI), a wreszcie na SW, czego wyrazem są kierunki nachylenia laminy na stoku dystalnym. Jednocześnie

nie musiała zmieniać się stopniowo orientacja osi tej części wydmy. Zatem „odepchnięcie” jej w kierunku północnym byłoby dziełem wiatrów SW. Kierunek osi ramienia sąsiedniej paraboli, kształtowanego przez wiatry W i SW, nie ulegał większym zmianom. Ta część wydmy przemieszczana była tylko ku E, ewentualnie ku NE, czyli w kierunku przeważających wiatrów.

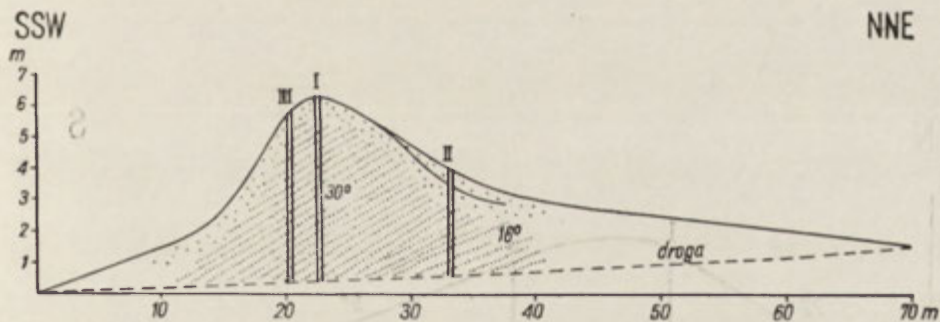
KLASYFIKACJA STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ WYDM

W wyniku analizy struktury wydm w kilkudziesięciu przekopach poprzecznych podjęto próbę wydzielenia szeregu typów wydm odmiennej budowy i genezy.

STRUKTURA JEDNORODNA Z ZACHOWANYM TYLKO STOKIEM DYSTALNYM

Charakteryzuje się ona występowaniem, w przekroju poprzecznym przez wydmy, tylko dystalnego stoku. W całym profilu piasek jest uwarstwiony równolegle, a warstwy pod kątem około 30° zapadają w określonym kierunku.

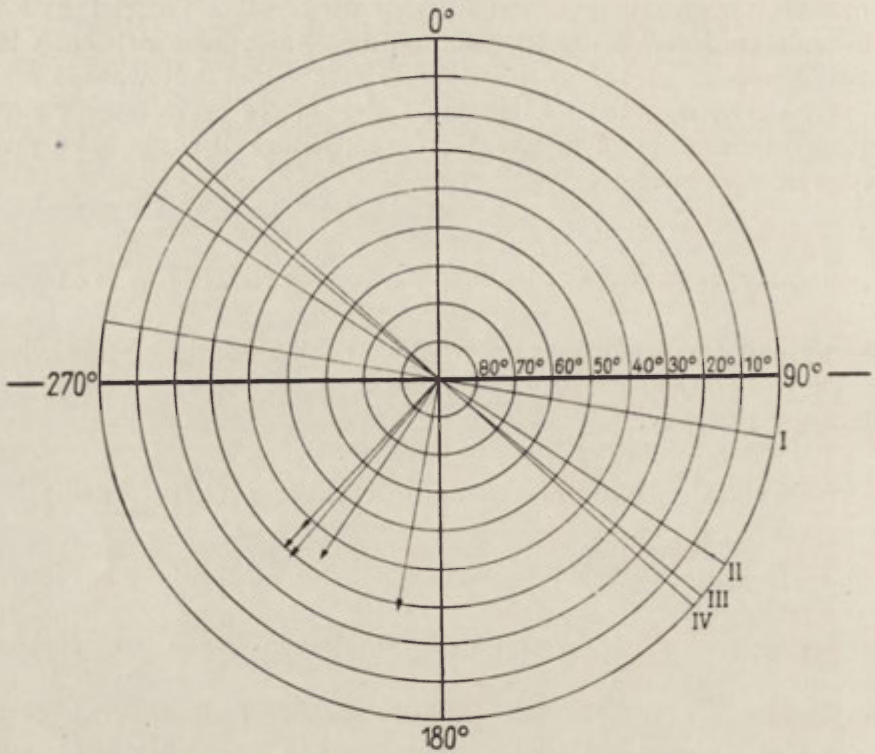
Najdłuższe i najwyższe, niekiedy w znacznym stopniu zniszczone, równoleżnikowe wały wydmy charakteryzują się nachyleniem lamin ku południowi (SW, S, SE). Ten rodzaj budowy stwierdzono w wydmach:



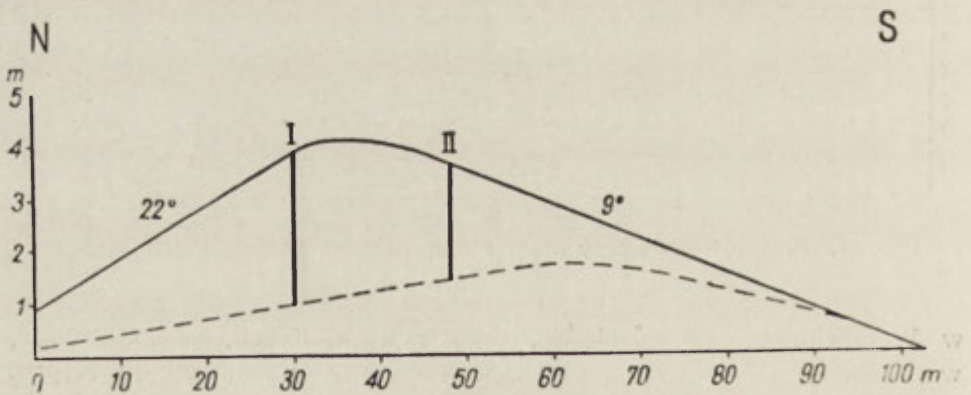
Ryc. 27. Przekrój poprzeczny przez wydmy wałową w Kamiennym Kopcu

w Warzachewce, w Karolewie, w Krzywym Kołku, w Duninowie, w Smolarskim i w dwóch przekopach wydmy w Kamiennym Kopcu. Budowę w jednym z przekopów ilustrują ryciny 27, 28.

W drobnych wałach wydmy, rozrzuconych wśród form większych

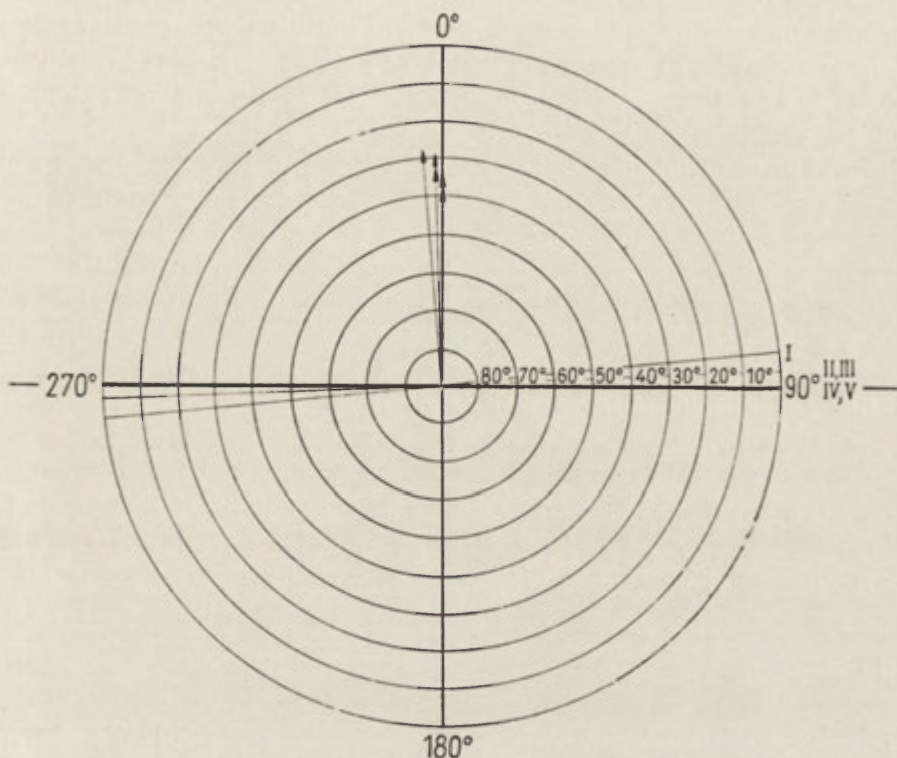


Ryc. 28. Diagram biegunów i upadów lamin w stoku dystalnym wału wydowego w Kamiennym Kopcu



Ryc. 29. Przekrój poprzeczny przez wydmy położone na południe od Leśnictwa Smolarskie

rozmiarów, stwierdzono budowę analogiczną, czyli również jednorodną z zachowanym jednym stokiem strukturalnym — dystalnym, na którym równoległe warstwowane laminy zapadają pod kątem 30—40° w przeciwnym kierunku, czyli ku północy. Ten rodzaj budowy stwierdzono m. in. w wydmach: w Dębniakach, w Krzywym Lesie oraz na południe od Leśnictwa Smolarskie. Przekop w Smolarskim ilustrują ryciny 29, 30.



Ryc. 30. Diagram biegow i upadów lamin w profilu II na rycinie 29

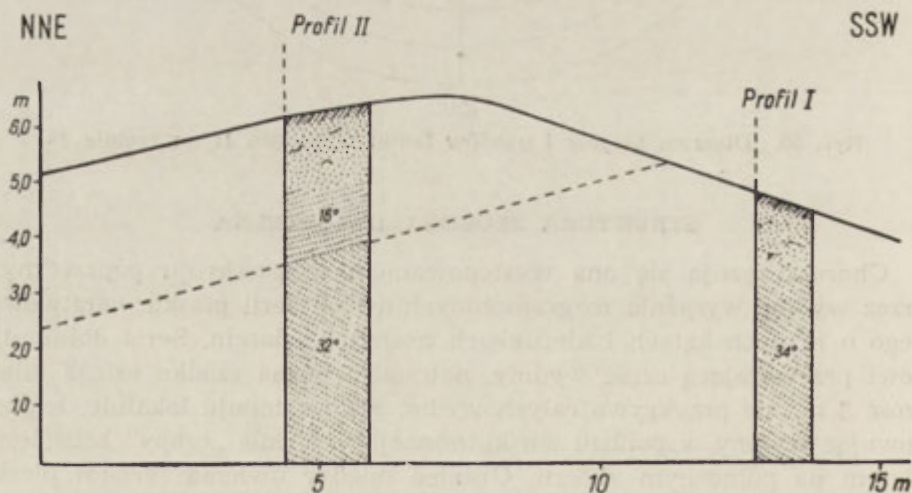
STRUKTURA ZŁOŻONA DWUDZIELNA

Charakteryzuje się ona występowaniem w przekroju poprzecznym przez wydmy wyraźnie rozgraniczonych dwóch serii piasku warstwowanego o różnych kątach i kierunkach nachylenia lamin. Seria dolna stanowi przeważającą część wydmy, natomiast górna rzadko osiąga miąższość 2 m, nie przykrywa całych wydm, ale występuje lokalnie, nadbudowując wydmy w pobliżu ich kulminacji w formie „czapy” bądź leżąc płatem na północnym zboczu. Granica między dwiema seriami piasku biegnie regularnie w formie linii prostej nachylonej zwykle pod kątem

kilkunastu stopni ku północy i zazwyczaj równoległe do warstwowania serii górnej. Laminy w dolnej serii piasku zapadają pod kątem około 30° w kierunku przeciwnym, czyli ku południowi.

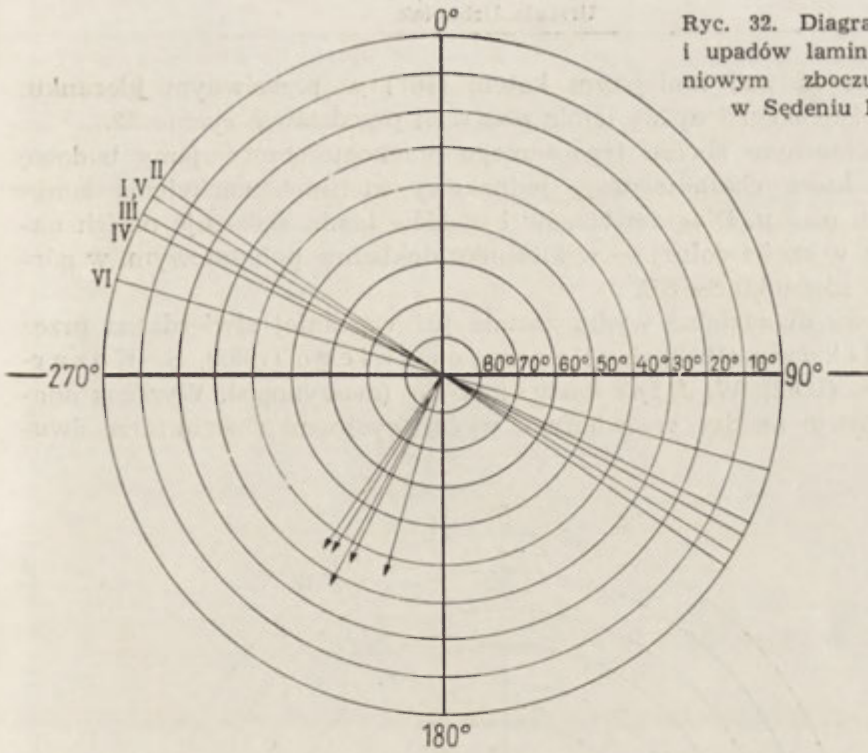
Ten typ budowy pozostaje w bezpośrednim związku z omówionym wyżej typem budowy jednorodnej; jest on kombinacją jego dwóch wariantów. Serię dolną stanowi tu również zachowany tylko dystalny stok wydmy. Kąty i kierunki nachylenia lamin biegnących równoległe są także analogiczne i wynoszą około 30° ku S. Seria górna natomiast, z warstwowaniem nachylonym w przeciwnym kierunku, genetycznie jest związana z drugim rodzajem budowy jednorodnej, reprezentowanym przez drobne formy wydymowe, których warstwowanie nachylone jest pod znacznym kątem ku północy.

Struktura dwudzielna w wydmach Kotliny Płockiej jest również dość licznie reprezentowana, zwłaszcza w wałach położonych na peryferiach większych kompleksów wydymowych, po ich południowej stronie. Budowę dwudzielną stwierdzono m. in. w wydmach: w Kukawach, w Lipiankach, w Gorenium, w Rudzie, w Czarnym Borku, w Duninowie Nowym i w Sędeniu. Wał w Sędeniu, który w części zachodniej ma budowę jednorodną (ryc. 27), we wschodniej wykazuje strukturę złożoną. Ilustruje ją rycina 31. W profilu I, usytuowanym na południowym zboczu wydmy, odsłonięto warstwowanie charakterystyczne dla stoku dystalnego. Rzeczywiste biegi i upady lamin przedstawia rycina 32. Profil II odsłania strukturę dwudzielną. Seria dolna, analogicznie do profilu poprzedniego, wskazuje na strukturalny stok dystalny. Warstwowanie serii górnej charakteryzuje również stok dystalny, chociaż laminy

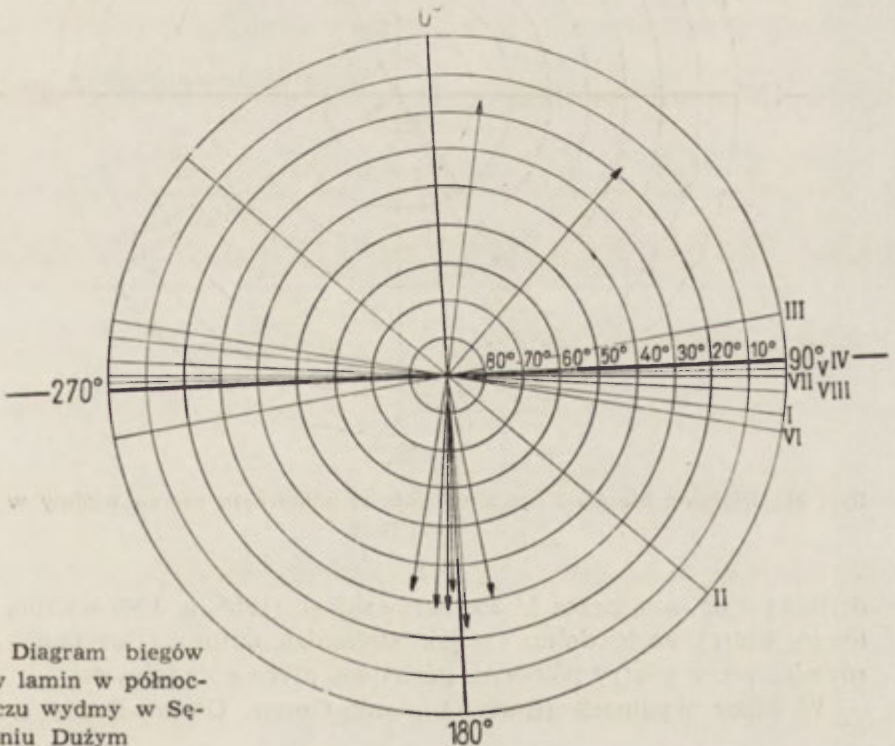


Ryc. 31. Przekrój poprzeczny przez wydmy w Sędeniu Dużym

Ryc. 32. Diagram biegów i upadów lamin w południowym zboczu wydmy w Sędeniu Dużym



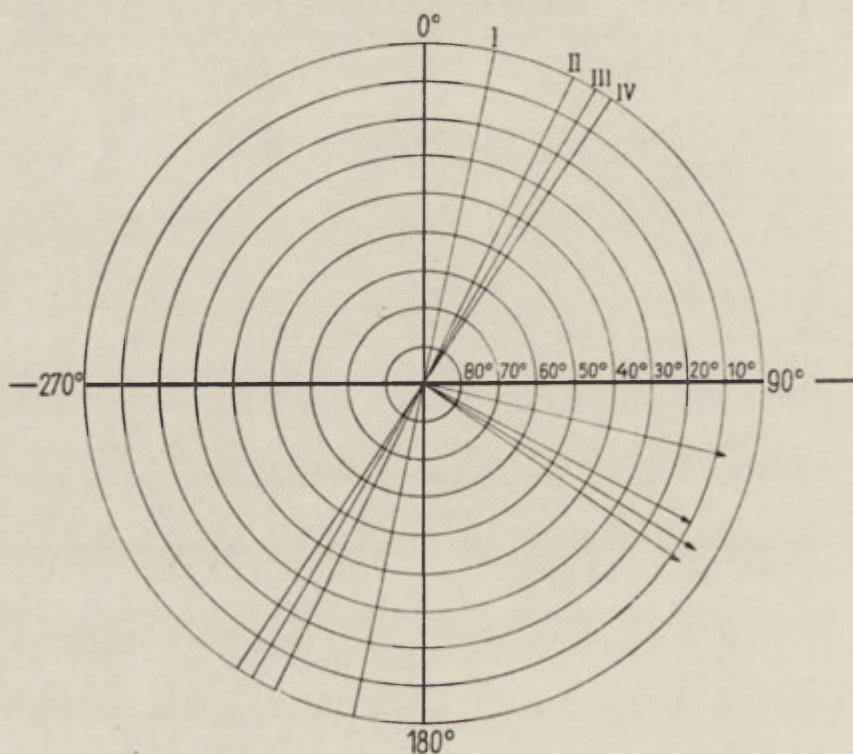
Ryc. 33. Diagram biegów i upadów lamin w północnym zboczu wydmy w Sędeniu Dużym



nachylone są pod mniejszym kątem (16°) w przeciwnym kierunku. Rzeczywiste biegi i upady lamin obu serii przedstawia rycina 33.

W północnym zboczu tego samego przekopu obserwujemy budowę złożoną, którą charakteryzuje jednakowy kierunek nachylenia lamin dwu serii piasku. Diagram biegów i upadów lamin wskazuje na ich nachylenie, w części dolnej — w kierunku dokładnie południowym, w górnej — w kierunku S—SE.

Budowa dwudzielna wydmy została już wcześniej stwierdzona przez A. Dylikową (1958), L. Pernarowskiego (1958), S. Kozarskiego (1962), W. Stankowskiego (maszynopis). Wyraźna analogia istnieje między omówionymi wyżej wydymami o strukturze dwu-



Ryc. 34. Diagram biegów i upadów lamin w północnym zboczu wydmy w okolicy wsi Ruda

dzielnej a opisaną przez L. Pernarowskiego (1958, s. 180) wydumą w Sulowie, której część dolna — jak stwierdza autor — usypana została również przez wiatry północne, górna zaś przez południowe.

W kilku wydymach (Ruda, Lipianki-Goreń, Goreń Duży) w spągu

serii dolnej, w stokach północnych, blisko podstawy wydym, stwierdzono szczątkowe serie piasku o nieznacznej miąższości, których laminy zapa-
dają ku zachodowi pod kątem kilku stopni — w Gorenium Dużym oraz
ku wschodowi — w Rudzie (ryc. 34) pod kątem kilku stopni, a pod ką-
tem 20° w Lipiankach-Gorenium. Stwierdza się, że te najstarsze partie
wydym nie mają żadnego wpływu na rzeźbę współczesną, ich osie struk-
turalne mają kierunek prawie prostopadły do osi morfologicznych.

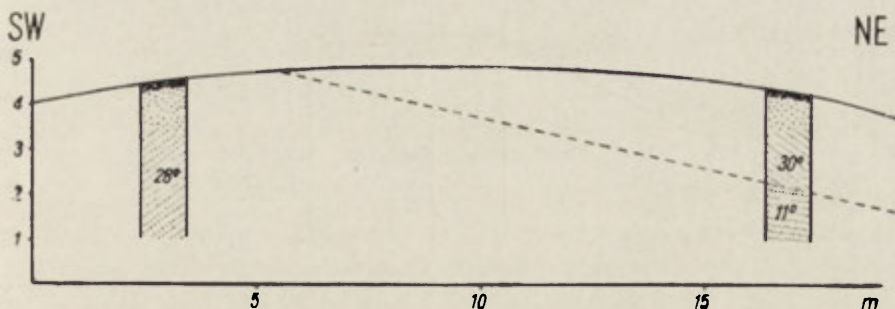
STRUKTURA JEDNORODNA „WŁAŚCIWA” Z ZACHOWANYMI STOKAMI PROKSYMALNYM I DYSTALNYM

Tak zbudowane wydmy nie brały udziału w powszechnym na tym
terenie procesie przesuwania się wcześniej uformowanych wałów w kie-
runku zgodnym z panującym kierunkiem wiatru. Budowę jednorodną
„właściwą” stwierdzono jedynie w czterech wydymach. Przyczyn stabili-
zacji tych wydym należy szukać w lokalnie korzystnych warunkach wil-
gotnościowych, które sprzyjały rozwojowi roślinności, a tym samym
przyczyniały się do utrwalenia wydym.

Taki rodzaj struktury występuje zarówno w wydymach formowanych
przez wiatry północne np. wydyma w Elizynie (ryc. 5), jak i w drobnych
formach powstałych przy udziale wiatrów wiejących z sektora południo-
wego (ryc. 10).

Przekop w Lipiankach pozwolił stwierdzić budowę złożoną, w której
seria dolna ma strukturę „właściwą”, a na jej północnym, proksymal-
nym stoku o nachyleniu lamin ku północy pod kątem 11° , leży seria
górna, w której laminy wykazują upad pod kątem 30° ku NE (ryc. 35).

Podobna sytuacja, większego kąta nachylenia lamin w serii górnej
niż w dolnej, istnieje w wale wydymowym w Gorenium Dużym, gdzie
w serii dolnej zachował się jedynie strukturalny stok proksymalny, któ-
ry jest południowym stokiem wydmy.



Ryc. 35. Przekrój poprzeczny przez wydymę w Lipiankach

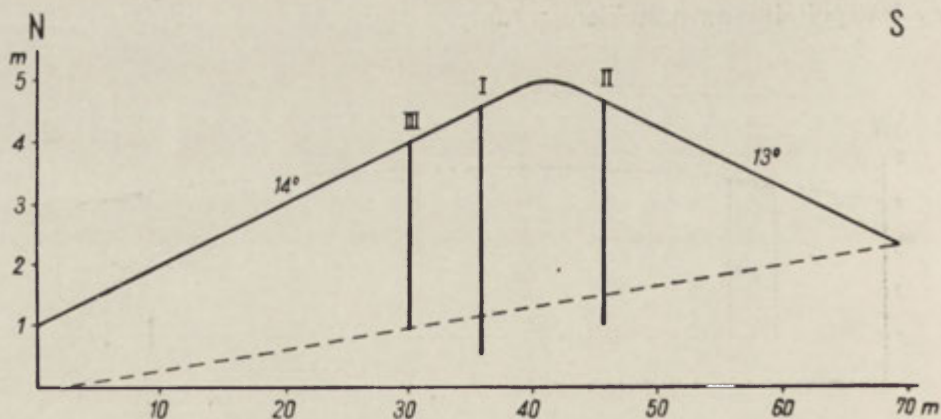
STRUKTURA JEDNORODNA
Z ZACHOWANYMI DWOMA STOKAMI PROKSYMALNYMI

Wydmę o takiej strukturze charakteryzują jednakowe lub zbliżone kąty nachylenia lamin na obydwu stokach i przeciwległe kierunki ich upadu. Kąty, nie przekraczające na ogół wartości 10—12°, i warstwowanie, charakterystyczne zmiennymi biegami lamin, pozwalają wnioskować, że obydwie stoki są proksymalne. W wydmach o takiej strukturze płaszczyzna osiowa zajmuje na ogół położenie zbliżone do pionowego, co wskazuje na równowagę akumulacji na obydwu stokach, a pośrednio — i na podobną siłę wiatrów formujących te stoki.

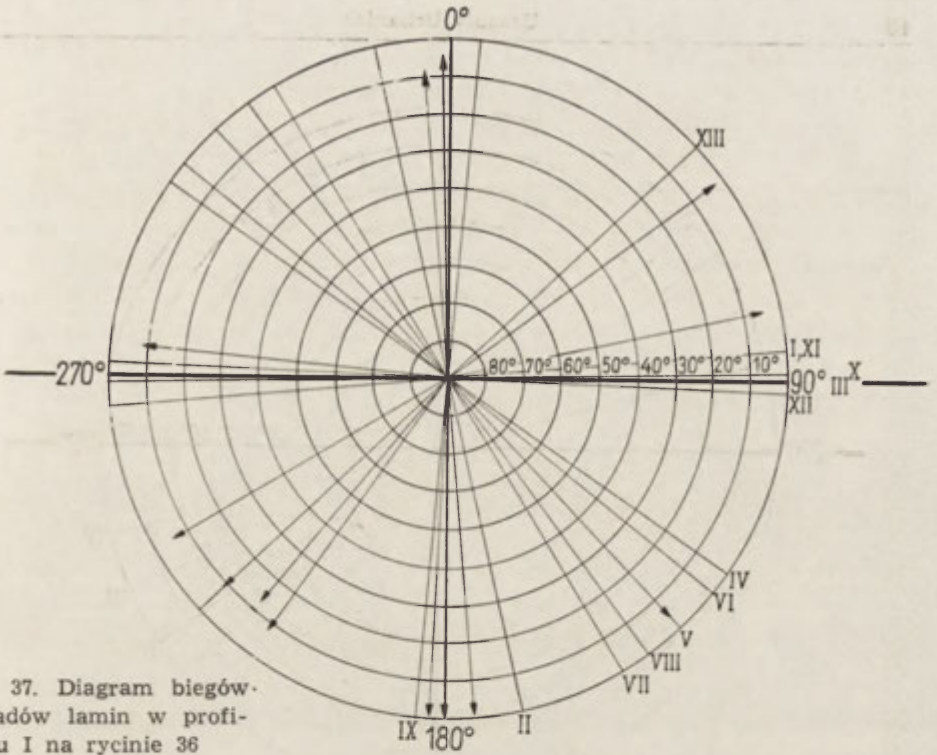
Taki typ budowy wewnętrznej stwierdzono w nielicznych wydmach, głównie wśród drobnych wałów o kierunku równoleżnikowym, położonych w bliskim sąsiedztwie Wisły. Klasyczne przykłady takiej struktury występują w wydmach w Popłacinie i w Dąbiu Wielkim. Przekrój poprzeczny przez wał w Dąbiu Wielkim ilustruje rycina 36. Na profilu I, usytuowanym w pobliżu kulminacji topograficznej, widzimy kulminację strukturalną z ukośnym warstwowaniem i z częstymi zmianami kierunków upadu lamin (ryc. 37). Warstwowanie piasku na zboczach wydmy ma charakter odmienny; laminy biegną mniej lub bardziej równolegle do siebie i są nachylone pod kątem 2—10° w kierunku SSW na zboczu południowym (ryc. 38) i NNE — na północnym (ryc. 39).

Podobną strukturę obserwuje J. Brzozowski (1962) w formach „zasp piaszczystych”, których materiał wyraźnie warstwowany wykazuje na obydwu stokach nieznaczne nachylenie, zgodne z nachyleniem stoków.

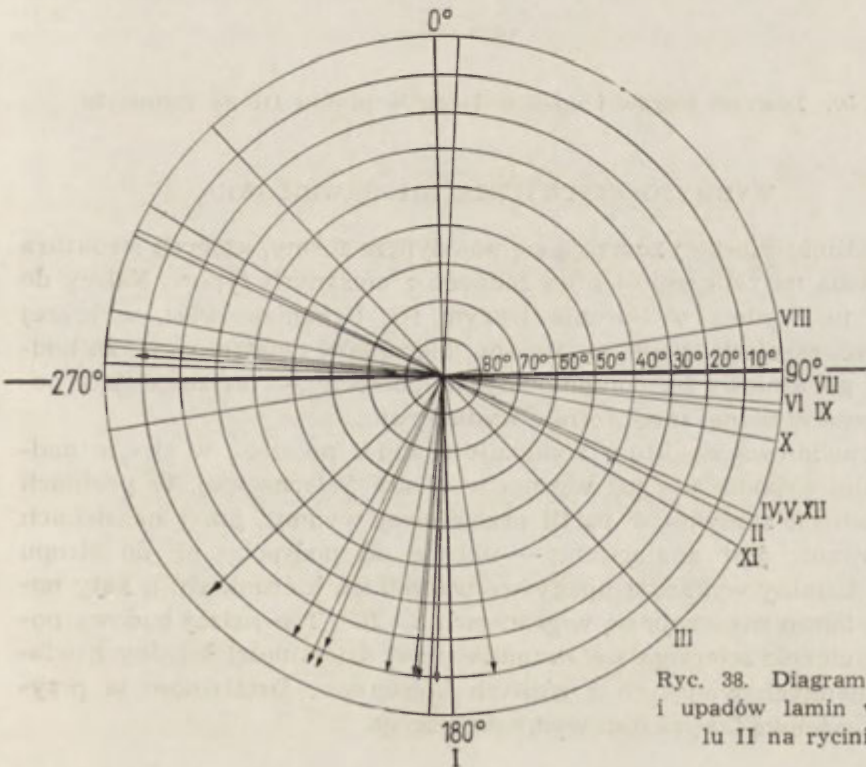
Drobne formy wydmore pod względem struktury wewnętrznej znacznie różnią się między sobą. W Skokach wydma położona zaledwie o 1 km na wschód od opisaną ma strukturę „właściwą”.



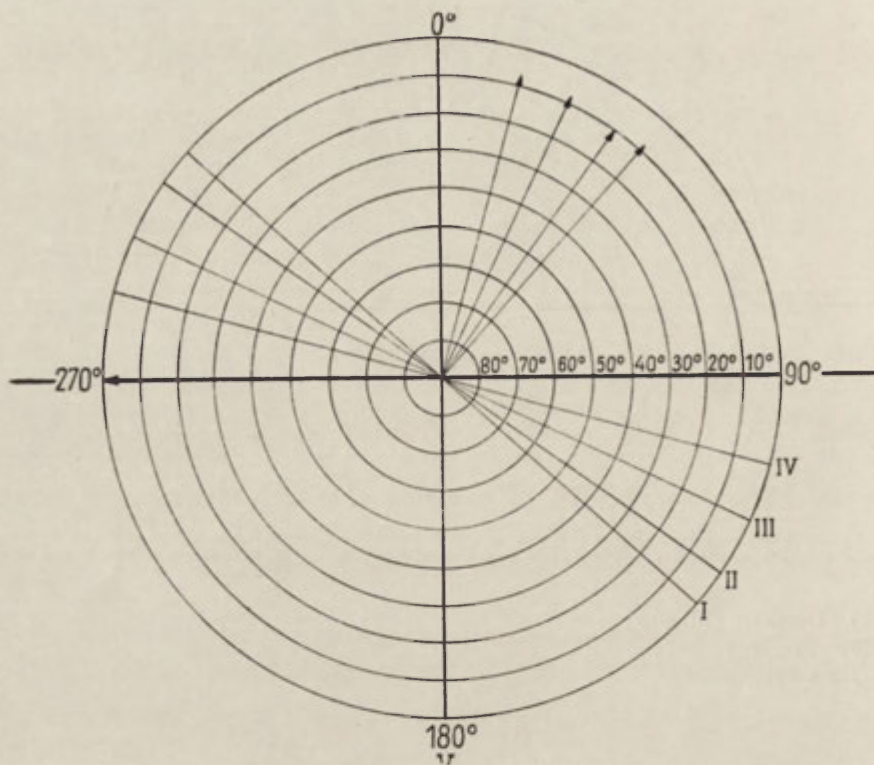
Ryc. 36. Przekrój poprzeczny przez wydmy w Dąbiu Wielkim



Ryc. 37. Diagram biegunowy i upadów lamin w profilu I na rycinie 36



Ryc. 38. Diagram biegunowy i upadów lamin w profilu II na rycinie 36



Ryc. 39. Diagram biegunów i upadów lamin w profilu III na rycinie 36

WYDMY O STRUKTURZE NIEPRAWIDŁOWEJ

W Kotlinie Płockiej zdarzają się pojedyncze formy, których struktura nie pozwala na zaliczenie ich do żadnego z opisanych typów. Należy do nich m. in. wydma w Gorenju Dużym (U. Urbaniak 1962), w której strukturze zarejestrowane są zmiany kierunków wiatru — z zachodniego na południowy i z południowego na północny — nie znajdujące potwierdzenia w żadnej innej formie wydmowej.

Nieprawidłową strukturę wykazuje również położona w strefie nadwiślańskiej wspomniana już wydma w Wistce Szlacheckiej. W profilach usytuowanych zarówno w partii grzbietowej wydmy, jak i na stokach warstwowanie jest analogiczne — ukośne od podstawy aż do stropu wydmy. Laminę wykazują upady we wszystkich kierunkach, a kąty nachylenia lamin zawierają się w granicach 3—28°. Ten rodzaj budowy powstał w efekcie ścierania się akumulacyjnej działalności lokalnych wiatrów zmiennych wiejących z różnych kierunków. Działalność ta przypada na końcową fazę okresu wydmotwórczego.

Na uwagę zasługuje również wydma w Milęcinie — jedyna forma, której utworzenie można przypisać wiatrom wiejącym równoległe do niej. Wydma ma kształt wału o kierunku południkowym. Wyniki pomiarów strukturalnych wskazują na decydującą rolę wiatrów wiejących z sektora południowego.

Podobną strukturę obserwować można w wydmie w Czarnem. Pomiar strukturalne, wykonane w dwu profilach na zboczach wału, wskazują również na utworzenie wydmy przez wiatry południowe, wiejące skośnie do osi wału.

KIERUNKI WIATRÓW WYDMOTWÓRCZYCH I FAZY ROZWOJU WYDM

W pierwszych latach XX w. badacze wydm śródlądowych szukają analogii między tymi formami a wydmami pustynnymi. E. Romer (1906), W. Friedberg (1907), P. Tutkowski (1908), F. Solger (1910) wysunęli koncepcję pierwotnego powstania wydm w klimacie pustynnym w formie barchanów uformowanych przez wiatry E i NE, wtórnie przekształconych przez wiatry zachodnie.

O kierunkach wiatrów wnioskowano jedynie na podstawie morfologii i morfometrii wydm. Parabola ma ramiona skierowane ku zachodowi, ma łagodne stoki zachodnie i od strony zachodniej występują niecki deflacyjne. Cechy te wysuwali F. Wahnschaffe (1909), S. Małkowski (1912, 1914, 1917), E. Wunderlich (1916), K. Keilhack (1917), J. Korn (1918) i S. Lencewicz (1922) jako dowody kształtowania parabol przez wiatry zachodnie.

Dominującą rolę wydmotwórczą wiatrom z sektora zachodniego przypisywali: P. Lehmann (1905), A. Fleszar (1916), K. Przemyski (1927), H. Louis (1928), H. Poser (1948, 1950), P. Woldstedt (1950), W. Walter (1951), A. Dylikowa, G. C. Maarleveld i C. H. Edelman, J. i R. Kobendza, R. Galon, I. Nowicka, H. Maruszczak (1958), W. Mrózek, G. C. Maarleveld (1960), S. Kozarski (1962) i W. Stankowski (maszynopis).

Wiatrom — SW i S — powszechnie przypisuje się działalność modelującą i niszczącą formy starsze.

Zagadnienie kierunku wiatrów wydmotwórczych jest ściśle związane z zagadnieniem stosunków klimatycznych, które wyjaśnia się w drodze teoretycznych rozważań nad ogólną cyrkulacją atmosferyczną, w okresie późnego glacjału. H. Poser (1948, 1950) wyraża pogląd, że wydmy Europy Środkowej formowane były przez wiatry wiejące na

peryferiach wyżu azorskiego. Kierunek tych wiatrów zmieniał się z SW w Belgii, przez W do NW w Polsce.

W świetle rozważań S. Majdanowskiego (1958) nad postglacjalną cyrkulacją atmosferyczną w Europie, w procesie kształtowania najstarszych wydym możliwy jest udział wiatrów z sektora wschodniego, chociaż decydującą rolę w kształtowaniu wydym Europy Środkowej odegrały wiatry zachodnie.

Zjawia się problem zmian kierunku wiatru, a wraz z nim zagadnienie ilości faz wydmotwórczych. Majdanowski wyróżnia trzy okresy wydymowe, z których najstarszy przebiegał w warunkach pełnego glaciału, w klimacie wybitnie suchym, przy udziale wiatrów N i E. W młodszym okresie wydmy rozwijały się w warunkach powracającej cyrkulacji atmosferycznej interglacjalnej — w późnym glacie i wczesnym holocenie, przy udziale skąpej roślinności, pod wpływem wiatrów W i NW. Trzeci, krótki i słabo zaznaczony okres wydymowy, w którym Europa Środkowa pozostawała pod wpływem wiatrów SW i S, Majdanowski umieszcza w okresie optimum klimatycznego — w holocenie.

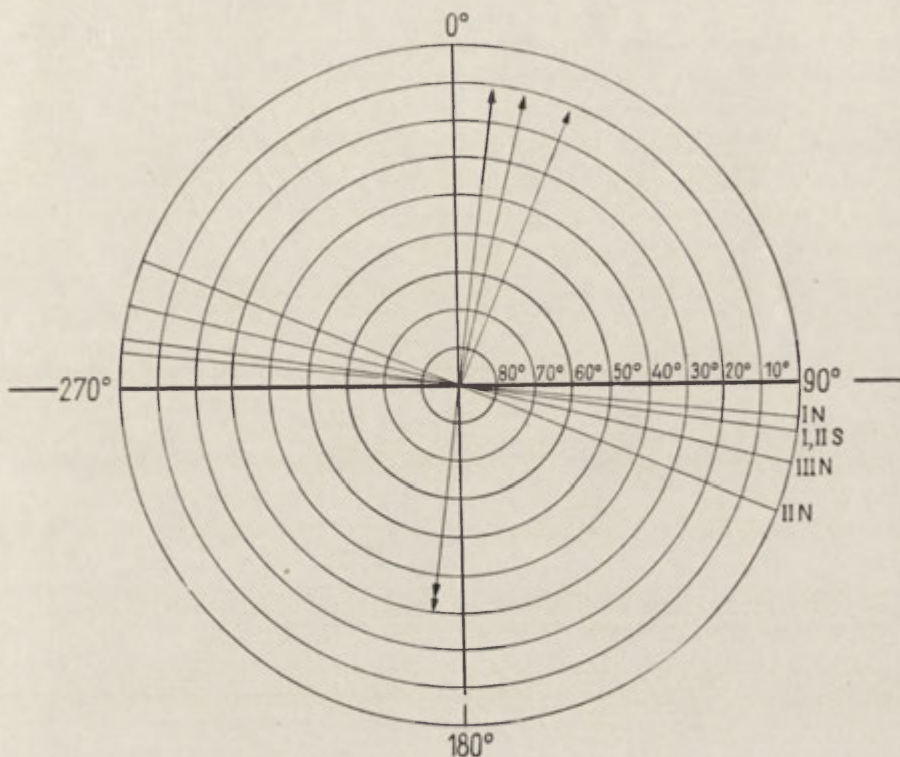
Według A. Dylkowej (1958) wydmy okolic Łodzi tworzyły się w trzech fazach, z których pierwsza — właściwa — charakteryzowała się wiatrami stałymi z W, niekiedy z WNW, rzadko z WSW. Powstały wówczas wydmy paraboliczne o asymetrycznych ramionach. Faza druga, którą Dylkowa nazywa fazą przekształcania, była domeną wiatrów zmiennych wiejących z W i WSW, niekiedy z S. Przekształcały one parabole, tworzyły wały i zagłębienia deflacyjne na stokach dowietrznych. Trzecia faza — niszczenia — charakteryzowała się wiatrami W, SW i S, które formowały wały asymetryczne i pola ruchomych piasków.

Struktura wydym Kotliny Płockiej charakteryzuje się warstwowaniem na ogół równoległym, zapadającym najczęściej w jednym kierunku od podstawy aż do kulminacji wydym. Jednorodność ich budowy pozostaje w związku ze stałym kierunkiem wiatrów, które je formowały.

W wielu wydymach stwierdzono strukturę wskazującą na zróżnicowanie kierunków wiatrów wydmotwórczych. Kierunek wiatru zmieniał się stopniowo, w miarę zmian układu barycznego na przedpolu wycofującego się lodowca. Na kierunek wiatru musiały wpływać również stosunki morfologiczne rozpatrywane w przestrzeni i w czasie. Kotlinowaty kształt terenu, na którym powstawały wydmy, oraz bliskie sąsiedztwo koryta Wisły, mogły powodować w kierunku wiatru odchylenia od ogólnej, ówczesnej cyrkulacji atmosferycznej. Występowanie zaś w kotlinie lokalnych przeszkód warunkowało powstanie lokalnych wiatrów wymuszonych.

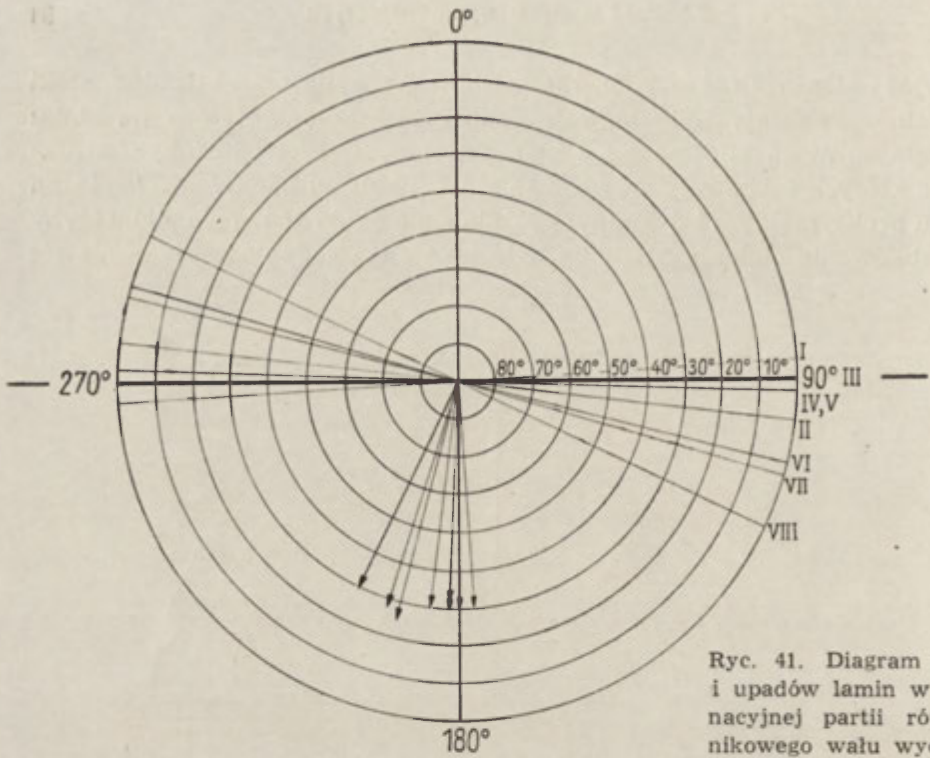
Do wnioskowania o kierunku wiatrów wydmotwórczych upoważnia najbardziej struktura stoku proksymalnego, najmniej zaś partii kulmi-

nacyjnej. Duża ilość wydm ma zachowane tylko strukturalne stoki dystalne. Powstaje pytanie, czy pomiary nachylenia lamin na stoku dystalnym mogą informować o kierunku wiatru? W wydmach, w strukturze których zachowały się obydwie stoki, kierunki nachylenia lamin na stoku proksymalnym i dystalnym różnią się o około 180° (ryc. 40). Gdyby warstwowanie stoku dystalnego było wynikiem jedynie zsypywania się

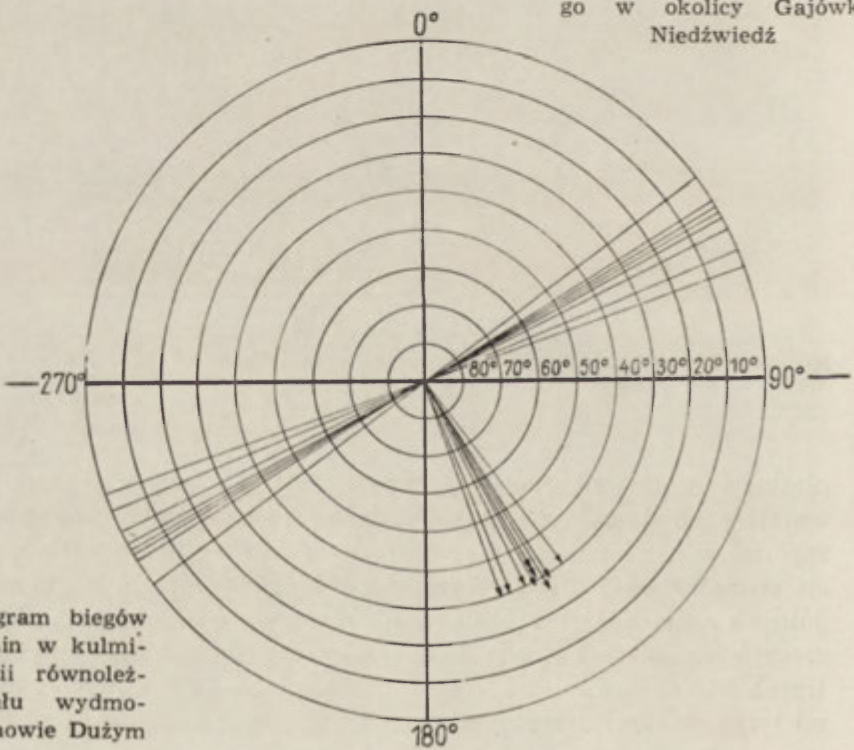


Ryc. 40. Diagram biegunowy i upadków lamin na stokach proksymalnym i dystalnym równoleżnikowego wału wydmowego w okolicy Janowa

piasku wzdłuż stoku, pod wpływem działania siły ciężkości, wówczas warstwy na dystalnych stokach wałów równoleżnikowych powinny by zapadać w kierunku ściśle prostopadłym do osi wału; piasek zsypywałby się po najkrótszej drodze. Tymczasem kierunek upadku lamin w poszczególnych wałach jest zróżnicowany. Na rycinach 41—43 przedstawiono rzeczywiste biegi i upady lamin mierzone w kulminacyjnych partiach trzech wałów równoleżnikowych o jednorodnej strukturze, z zachowanymi tylko stokami dystalnymi.

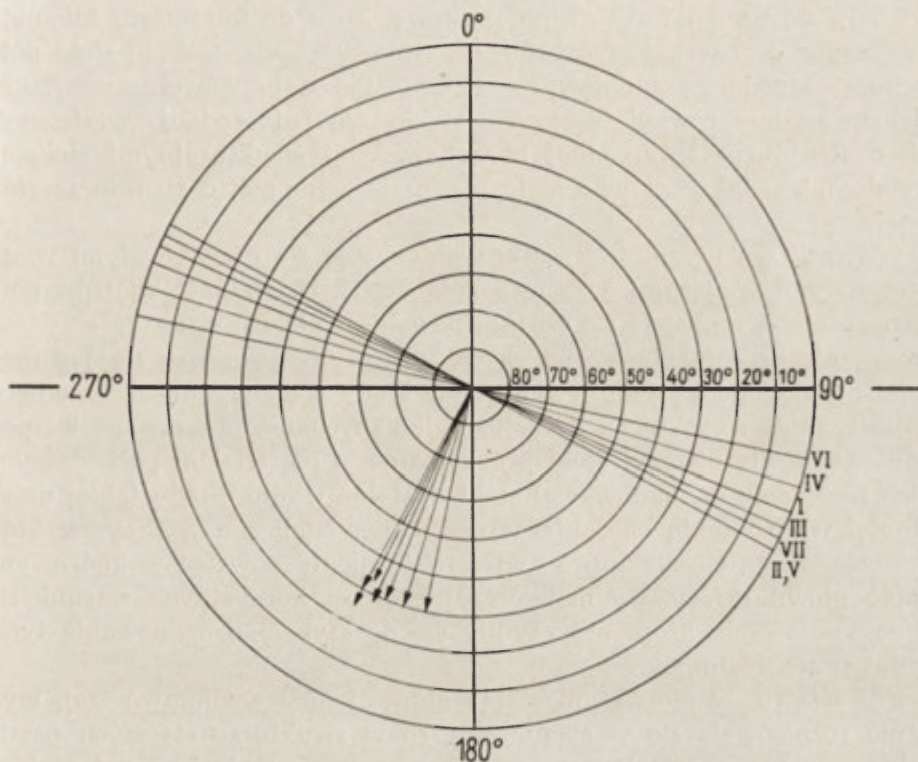


Ryc. 41. Diagram biegunów i upadów laminy w kulminacyjnej partii równoleżnikowego wału wydmowego w okolicy Gajówki Niedźwiedz



Ryc. 42. Diagram biegunów i upadów laminy w kulminacyjnej partii równoleżnikowego wału wydmowego w Duninowie Dużym

Wynika z tego wniosek, że laminy na stoku dystalnym nie zapadają w kierunku dokładnie prostopadłym do osi wału, a zatem że działalność wiatrów kształtujących stok proksymalny widoczna jest również w strukturze stoku dystalnego. Kierunek osi wału wydmowego nie jest więc ściśle związany z kierunkiem wiatru wydmotwórczego, ale uzależniony od stref o różnym stopniu wilgotności, na granicy których powstawał pierwotny wał.



Ryc. 43. Diagram biegunowy i upadków lamin w kulminacyjnej partii równoleżnikowego wału wydmowego w okolicy Gajówki Śródoń

NAJSTARSZA FAZA WYDMOTWÓRCZA

W Kotlinie Płockiej najstarsza faza wydmotwórcza — szczątkowa — wiąże się z wiatrami, których kierunek jest hipotetyczny. Laminy w owych najstarszych partiach wydm mają — w każdym z trzech stwierdzonych przypadków — odmienne kąty i kierunki nachylenia. Trudno więc zdecydować, czy zachowały się w nich stoki proksymalne czy dystalne; przeto niepodobna określić, które z pierwotnych form powstały przy udziale wiatrów z sektora zachodniego, a które ze wschodniego. Ja-

kikolwiek kierunek wiatru w początkowym stadium działalności eolicznej przeważał, to jego rola w procesie kształtowania współczesnych wydm jest znikoma.

WŁAŚCIWA, GŁÓWNA FAZA FORMOWANIA WYDM

Ukształtowane w niej zostały zasadnicze rysy rzeźby wydmowej, w następnych fazach poddawane już tylko procesom modelowania. Składały się na nią wały równoleżnikowe, kilka do kilkunastu kilometrów długie, o znacznej wysokości, o asymetrycznych stokach: stoki północne — łagodne, południowe — strome. Powstały wówczas wszystkie większe wydmy równoleżnikowe o strukturze jednorodnej „właściwej” lub o strukturze jednorodnej z zachowanymi strukturalnymi stokami dystalnymi, a także główne serie piasku w wydmach o strukturze złożonej.

Główna faza wydmotwórcza charakteryzuje się długotrwałymi wiatrami stałymi wiejącymi z sektora północnego. Działalność wiatrów północnych nie ograniczyła się do uformowania wałów o strukturze „właściwej”, ale przedłużyła się na okres, w którym wyczerpał się już materiał na przedpolu wydm, ewentualnie kiedy wały wydmowe osiągnęły górną granicę wysokości i były już tylko spychane, przesuwane ku południowi. Wiatr niszczył stoki proksymalne, a materiałem pochodzącym z ich niszczenia nadbudowywał stoki dystalne wydm. Ślady takiej działalności wiatru mają charakter powszechny. Nieliczne wydmy, w których zachowała się struktura „właściwa”, mogły powstać w końcowym etapie głównej fazy wydmotwórczej bądź w korzystnych warunkach wilgotnościowych, które przyczyniły się do szybszego opanowania tych wydm przez roślinność.

Siła wiatru, w pierwszym etapie głównej fazy wydmotwórczej, wyraźnie różnicowała się w ciągu roku, co w strukturze starszych partii niektórych wydm zostało zarejestrowane naprzemianległym położeniem lamin grubszego i drobniejszego materiału. Prawdopodobnie silniejsza działalność wiatru przypadała na okresy zim późnoglacialnych. Cykliczne zróżnicowanie grubości ziarna zmniejsza się i zanika ku stropowi wydm. Nasilenie wiatru w ciągu roku nie wykazuje już zmian, ewentualnie jego działalność akumulacyjna ogranicza się do pewnych pór roku. Sporadycznie zdarzają się silniejsze wichury, huragany zapisujące się w strukturze wydm pojedynczymi ławicami piasku gruboziarnistego, a nawet żwirku. Jednocześnie obserwujemy stopniowe zmniejszanie się zdolności akumulacyjnej wiatru, co wyraża się zmniejszaniem ku stropowi wydm miąższości rocznego cyklu akumulacyjnego od 30 do 5 cm. Zjawisko to może pozostawać w związku zarówno: 1) ze słabnącą siłą wiatru, 2) ze

skracaniem się w ciągu roku okresu jego działalności wydmotwórczej, jak również 3) z wyczerpywaniem się drobnego materiału na przedpolu wydym.

FAZA MODELOWANIA WYDM

Wiąże się ona z działalnością wiatrów wiejących z sektora zachodniego. Rola tych wiatrów w procesie modelowania współczesnej rzeźby eolicznej jest największa. Głównie sprowadza się ona do modelowania wydym już wcześniej uformowanych. Powstają wówczas także nowe formy w postaci krótkich, wysokich wałów o dość stromych stokach i kierunku osi morfologicznych zbliżonym do równoleżnikowego. W strukturze tych wałów, analogicznie do wyżej omówionych, zachowały się tylko stoki dystalne, np. wydmy w Krzywym Kołku i w Warząchewce. Osie strukturalne nie biegną równolegle do osi morfologicznych, lecz tworzą z nimi kąt ostry. Niejednokrotnie można prześledzić przesuwanie się osi strukturalnych z kierunku N—S, stopniowo wraz z głębokością, ku NE—SW, co wskazuje na zmianę kierunku wiatru z NW — w starszych partiach wydym do W — w młodszych, np. wydma w Warząchewce.

W tej samej fazie powstają najbardziej typowe dla wydym śródlądowych formy paraboliczne. Analiza struktury wydym pozwala przypuszczać, że wyżej opisane formy wałów powstały przy udziale wiatrów NW—W, natomiast wydmy paraboliczne wiązać należy z wiatrami W—SW. Struktura czołowych partii parabol (wydma w Łącku) wskazuje na uformowanie ich przez wiatry zachodnie. Natomiast północne ramiona wydym parabolicznych utworzone zostały przez wiatry SW (wydmy w Gorenium Dużym). A zatem, w okresie kształtowania form parabolicznych wiatry zmieniały stopniowo swój kierunek z zachodniego na południowo-zachodni.

FAZA PRZEKSZTAŁCANIA WYDM

Wiąże się ona z wiatrami wiejącymi z sektora południowego. Działalność tych wiatrów, zarówno tworząca nowe formy, jak i przekształcająca starsze, jest znacznie słabsza niż w dwu poprzednich fazach. Działaniem wiatrów południowych jest przede wszystkim jeszcze większe skomplikowanie rzeźby wydymowej; urozmaicenie południowych stoków wydym i wewnętrznych partii parabol dodatkowymi misami deflacyjnymi.

Wiatry południowe akumulowały również górne serie piasku w wydymach o budowie złożonej. Górne serie zbudowane są z materiału porywanego przez wiatry południowe z południowych stoków wydym, niekiedy również z ich przedpola. Stoki te ulegają złagodzeniu, natomiast stoki

północne, nadbudowywane zwykle w górnych partiach, stają się bardziej strome. Proces ten prowadzi więc do zmniejszenia pierwotnej asymetrii wałów równoleżnikowych, zlikwidowania jej, a niekiedy nawet do inwersji rzeźby.

Pod wpływem działalności wiatrów z sektora południowego powstały liczne, drobne wały wydmore, rozrzucone chaotycznie między potężnymi formami starszymi lub występujące na obszarach najpóźniej opuszczonych przez wody pra-Wisły. Osie morfologiczne wałów zajmują różne położenie — od równoleżnikowego (np. wydma w Gorenium Dużym) do południkowego (wydmy w Milecinie). Poszczególne formy charakteryzują się odmienną strukturą wewnętrzną: od jednorodnej „właściwej” (wydmy w Skokach), przez jednorodną z zachowanym tylko dystalnym — północnym stokiem (wydmy w Dębniakach i na S od Leśnictwa Smolarskie) oraz z zachowanymi dwoma stokami proksymalnymi (wydmy w Dąbiu Wielkim i Popłacinie) do wydym o strukturze nieregularnej, wskazującej na brak stabilizacji kierunku wiatru w końcowej fazie jego wydymotwórczej działalności.

FAZA NISZCZENIA WYDM

Jest to najmłodsza faza w historii wydym związana z wiatrami głównie W i SW, trwająca od pojawienia się na wydymach człowieka do dziś. Działalność tych wiatrów prowadzi do rozwiewania wydym, na których zniszczona została powłoka gleby.

Dotychczasowa znajomość struktury wewnętrznej wydym Kotliny Płockiej pozwala na stwierdzenie, że największą rolę w formowaniu wydym odegrały długotrwałe, stałe wiatry z sektora północnego (NE, N, NW). Działalność wiatrów zachodnich (NW, W, SW) sprowadzała się głównie do modelowania wcześniej powstałych form, chociaż one zdecydowały o charakterze dzisiejszej rzeźby wydymowej. Wiatry południowe (SW, S) odegrały znacznie mniejszą rolę.

W strukturze wydym nie stwierdzono przerw w akumulacji piasku w postaci warstw materiału bezstrukturalnego bądź kopalnych poziomów glebowych. Stąd można wnioskować, że powstawały one w jednym okresie wydymotwórczym.

GENEZA I WIEK WYDM

Poszukiwania związków genetycznych między wydymami i barchanami zostały zakwestionowane już w pierwszych latach XX w. Barchany formowane były jedynie przy udziale wiatru i piasku, natomiast w formo-

waniu wydm śródlądowych współdziałał dodatkowy czynnik — roślinność. Jako główny problem wyłania się zagadnienie genezy wału i paraboli, jako form najbardziej charakterystycznych dla wydm śródlądowych.

GENEZA WAŁÓW WYDMOWYCH

Powszechnie wyróżnia się dwa typy wałów: podłużne (równoleżnikowe) — równoległe do kierunku wiatru i poprzeczne (południkowe) — prostopadłe przy założeniu, że powstawały one przy udziale wiatrów z sektora zachodniego.

Koncepcja wiązania genezy podłużnych wałów wydmowych z równoległe do nich wiejącymi wiatrami ma wielu zwolenników. F. Enquist (1932) utrzymuje, że wydmy Szwecji pierwotnie powstawały w formie podłużnych wałów, równoległych do kierunku panującego wiatru. S. G. Bergquist (1935) stwierdza istnienie wałów podłużnych, równoległych do kierunku przeważających wiatrów w rejonie Jeziora Górnego. Zwolennikami tej koncepcji są również: S. Lencewicz (1922), L. Aufferre (1928), B. A. Fiedorowicz (1948) i W. Mrózek.

W. Mrózek w Kotlinie Toruńsko-Bydgoskiej obok wałów symetrycznych, równoległych do kierunku wiatru, obserwuje wydmy proste powstałe — jego zdaniem — z przekształcenia parabol. Podobnie I. Nowicka (1958) w wałach równoleżnikowych widzi ramiona zniszczonych wydm parabolicznych.

W świetle tego, co powiedziano o strukturze równoleżnikowych wałów wydmowych Kotliny Płockiej, należałoby nazywać je wałami poprzecznymi, uformowanymi w większości przypadków przez wiatry z sektora północnego, wiejące do nich prostopadle.

Na terenie Kotliny Płockiej nie stwierdzono również istnienia takich wałów równoleżnikowych, których powstanie można by wiązać z procesem przekształcenia parabol.

GENEZA WYDM PARABOLICZNYCH

L. Kádár (1938) wyprowadza parabolę od łuku lekko wygiętego ku wschodowi, powstającego przy udziale skąpej roślinności i uzależnienia jej kształt od masy piaszczystej u czoła wydmy; przy znacznych masach piasku czoło przesuwa się powoli i rośnie wwyż, przy małej ilości materiału czoło wędruje naprzód, a wydłużają się ramiona wydmy.

Tezę Kádára rozwinął W. Walter (1951) przytaczając przykład rozwoju wydmy z okolicy Frankfurtu nad Menem, gdzie końcowym etapem rozwoju paraboli są dwa wały równoleżnikowe.

W Polsce obserwuje się zjawisko odchylenia północnych ramion wydm parabolicznych ku północy. L. Kadar (1938) przypisuje je działalności wiatrów SW, zaś S. Lencewicz (1922) to samo zjawisko wiąże z wiatrami NW wiejącymi równoległe do osi ramienia.

Wydmy paraboliczne charakteryzują często krótsze ramiona północne, co E. Rühle (1936—37) wyjaśnia współdziałaniem wiatrów NW w formowaniu parabol.

Przy wyjaśnianiu genezy wydm powszechnie nie docenia się wpływu naturalnych przeszkód na powstawanie form wydmych. Stanowiły je obszary o większej wilgotności gleby.

Uwzględniając tę zależność J. Kaczorowska-Kobendzina (1926), w oparciu o hipotezę E. J. Harle, formułuje nową koncepcję powstawania wydm. Jej zdaniem pierwotnie wydmy Puszczy Kampinoskiej miały kształt wałów, które powstawały na granicy mielizn i obszarów dzisiejszych bagien, a ich kierunek uzależniony był od położenia strefy roślinnej związanej z wilgotnością gleby. Parabola jest formą wtórną powstałą w wyniku przemodelowania pierwotnych wałów przez wiatry zachodnie, przed utworzeniem się powłoki glebowej.

Słuszność tej koncepcji całkowicie potwierdza analiza struktury wydm Kotliny Płockiej. Tu również pierwotnie (główna faza wydmytwórcza) formy wydmy miały kształt wałów. Ich kierunek równoleżnikowy bądź zbliżony do równoleżnikowego uzależniony jest od przed-eolicznej rzeźby terenu i związanych z nią stosunków hydrologicznych. Główne elementy rzeźby (zbocza poziomów wysoczyznowych i tarasów, doliny wód roztopowych, rynny, kemy) mają kierunek zbliżony do równoleżnikowego. Pierwotne wydmy powstawały na granicach obszarów o różnym stopniu uwilgotnienia gleby, gdzie najłatwiej osiedlająca się roślinność stanowiła zapórę dla dalszej wędrówki piasku.

Wydmy paraboliczne powstawały wtórnie (faza modelowania wydm) w wyniku przemodelowania wałów równoleżnikowych przez wiatry z sektora zachodniego, w warunkach wzmożonej walki wiatru z roślinnością.

Różnorodność form parabolicznych, wyrażająca się zróżnicowanym stosunkiem długości ramion do ich rozpiętości oraz niedorozwojem ramion północnych lub południowych, ewentualnie partii czołowych wydm, uzależniona jest również w znacznej mierze od położenia obszarów o większej wilgotności gleby oraz od charakteru pierwotnej rzeźby eolicznej.

Wydmy paraboliczne powstawały stopniowo. Najstarszym elementem paraboli jest jej ramię południowe (zwykle równoleżnikowe) powstałe w wyniku przemodelowania pierwotnego wału równoleżnikowego. Następnie formowana była niecka deflacyjna i partia czołowa (wiatry W), a wreszcie ramię północne, mające zwykle kierunek NW—SE do WNW—

ESE, formowane przez wiatry SW—WSW. Za taką interpretacją przemawiają również, spotykane często na północnych stokach starych, długich wałów równoleżnikowych, niecki deflacyjne, które można uważać za pierwsze stadium tworzenia się parabol. Wał wydmy jest dla nich ramieniem południowym, wykształcone są już częściowo partie czołowe, brak natomiast ramion północnych, co wskazuje, że proces parabolizacji jest niedokończony, w pewnym okresie rozwoju zahamowany, prawdopodobnie — dzięki opanowaniu wydmy przez roślinność.

A zatem długość, szerokość i wysokość ramion północnych uzależniona jest od czasu trwania procesu parabolizacji oraz od ilości materiału biorącego czynny udział w tym procesie. Skrócenie północnych ramion nie jest na ogół wynikiem ich zniszczenia, ale wynikiem zahamowania rozwoju. Natomiast odchylenie ku północy spowodowała działalność wiatrów SW, wiejących prostopadle do osi morfologicznych tych ramion.

Obok klasycznych parabol spotyka się formy paraboloidalne pozbawione wyraźnie wykształczonej partii czołowej. Ramiona schodzą się w nich pod kątem ostrym. Są to parabole przypadkowe, w których ramię południowe jest pierwotnym wałem równoleżnikowym uformowanym przez wiatry północne, natomiast ramię północne, o kierunku NW—SE, związane jest prawdopodobnie z działalnością wiatrów SW i powstało wówczas, gdy ramię południowe było już utrwalone.

STOSUNEK WYDM DO KEMÓW

Procesy eoliczne w Kotlinie Płockiej zmieniają i maskują starszą rzeźbę. Najsilniej przeobrażone zostały najwyższe partie terenu — najwcześniej opuszczone przez wody i poddane działalności wiatru. Prowadziła ona z jednej strony do niszczenia starszych form — obniżania i wydłużania stoków, z drugiej do nadbudowywania ich przez akumulację wałów wydmy na formach pochodzenia fluwioglacjalnego bądź wzdłuż krawędzi zboczy.

Rzeźba przedwydmowa uległa największej deformacji we wschodniej części kotliny, zwłaszcza w obrębie plateau kemowego, które powstawało w warunkach podparcia martwym lodem, a obecnie trudno jest wyznaczyć jego granice. Plateau dookoła otulają wydmy, spod których tylko lokalnie wyłaniają się fragmenty stromych zboczy form fluwioglacjalnych.

Wały wydmy i kemowe we wschodniej części kotliny bywają niekiedy bardzo podobne i tylko szczegółowe badania analityczne mogą umożliwić klasyfikację form. Mają one często symetryczne zbocza, równoleżnikowe osie morfologiczne i podobną budowę geologiczną. Zbudo-

wane są głównie z piasków drobnoziarnistych, które w procesie eolizacji podlegają stosunkowo nieznacznej obróbce. Niektóre formy wydmowe wschodniej części kotliny mają jądra fluwioglacjalne, których kształt mógł zdecydować o formie wydmowej.

Złożoną budowę ma np. wydma w Krzywiu koło Gostynina. W przekroju przez tę wydnię stwierdzono 6 m piasków wydmowych, w których laminy pod znacznym kątem nachylone są ku wschodowi. Leżących na 2-metrowej serii poziomo warstwowanych piasków fluwioglacjalnych. Odmienną genezę dwu serii piasku potwierdziły badania wielkości i charakteru powierzchni ziarna.

WIEK WYDM

Na podstawie analizy stosunków klimatycznych w glacialach, interglacialach i w okresie postglacjalnym próbowano wyjaśnić i ustalić warunki, które najbardziej sprzyjały rozwojowi procesów eolicznych.

S. Majdanowski (1958) najstarszy spośród wyróżnianych przez siebie okresów wydmowych umieszcza w klimacie wybitnie suchym, w warunkach pełnego glacjału. A. C a i l l e u x (1936, 1942) uważa, że w okresach poszczególnych zlodowaceń na przedpolu lodowca, w pasie 5—500 km, panował klimat pustynny charakteryzujący się intensywnymi peryglacjalnymi procesami eolicznymi, w wyniku których obok lessów mogły powstawać również wydmy.

P. K r i v a n (1955) twierdzi, że lessy i piaski wydmowe wykluczają się wzajemnie, ponieważ są utworzone w krańcowo odmiennych warunkach klimatycznych, a mianowicie lessy są charakterystyczne dla okresu zlodowacenia, a wydmy — dla interglacjału. Podobnie H. Maruszczak (1958) na Wyżynie Lubelskiej stwierdza przerwę między sedymentacją lessów a wydm.

W. Mrózek właściwą fazę wydmotwórczą w Kotlinie Toruńsko-Bydgoskiej odnosi do suchych okresów wczesnego holocenu. W okresie atlantyckim na wydmach wytworzyła się powłoka glebowa. Ożywienie procesów eolicznych nastąpiło w suchszym klimacie subborealnym, a chłodniejszy wilgotny klimat subatlantycki przynosi ponowne utrwalenie wydm. Osuszenie klimatu i nową wędrówkę wydm notuje C. E. P. B r o o k s (1954) około 1500 r. n. e., natomiast na lata 1700 przypada według niego okres klimatu o maksimum wilgotności.

Wiek wydm określa się również drogą badań stanowisk archeologicznych występujących w piaskach wydmowych. Na tej podstawie S. K r u k o w s k i (1922) okres wydmotwórczy odnosi do końca plejstocenu; w najstarszych znaleziskach kulturowych stwierdza ślady człowieka

paleolitycznego. W litorynie na wydymach powstaje warstwa gleby, w której Krukowski stwierdza ślady człowieka neolitycznego.

Podobne badania pozwoliły L. Sawickiemu (1923, 1930, 1935, 1958) określić wiek wydym położonych w pradolinie Wisły w okolicy Warszawy. Wydmy niższego tarasu akumulacyjnego, na północ od Warszawy, powstały w młodszym dryasie, natomiast wiek wydym położonych na wysokim tarasie akumulacyjnym, na południe od Warszawy, Sawicki wiąże z interstadią między stadiami: kujawsko-mazurskim a pomorskim.

R. Schild (1964) datuje wiek stanowiska kulturowego w stropie wydmy wałowej w Dobiegniewie (Kotlina Płocka) na drugą połowę Allerödu i początek dryasu młodszego.

W ostatnich latach wiek wydym określa się coraz częściej przez oznaczanie wieku osadów organicznych, które leżą w spągu wydym, rozdzielają poszczególne serie piasku wydymowego, bądź wkraczają na wydmy, stosując metodę badań palynologicznych i metodę radiowęglą.

Wiek wydym w Puszczy Kampinoskiej J. Kobendzina (1961) określa w oparciu o wyniki analiz pyłkowych torfów, w świetle których „...całość procesów wydymotwórczych... mieści się w obrębie schyłku plejstocenu”. Działalność eoliczna przypada na zimne wahnięcia klimatyczne związane z fazami stadiów ostatniego zlodowacenia. W ciepłych i wilgotnych okresach Böllingu i Allerödu procesy eoliczne ulegały zahamowaniu. Wiek wydym parabolicznych Kobendzina określa na najstarszy dryas, natomiast młodsze od nich wały Powiśla wiąże z okresem starszego dryasu. Procesy wydymotwórcze w Puszczy Kampinoskiej, według niej, zostały całkowicie zakończone przed Allerödem. W Allerödzie wydmy zostały utrwalone i od tego czasu ustaliła się na nich nieprzerwanie ciągła pokrywa roślinna.

Podjęmowano również próby określania wieku wydym przez badanie ich stosunku do wytopisk przy zastosowaniu metody palynologicznej. K. Kępczyński (1958) określa początek tworzenia się torfowiska Siwe Bagno, które wypełnia zagłębienie wytopiskowe na obszarze wydymowym Borów Tucholskich, na Alleröd.

W. Mrózek zdecydowanie opowiada się za starszym wiekiem wydym w Kotlinie Toruńsko-Bydgoskiej, natomiast I. Nowicka (1958) stwierdza, że okres wydymotwórczy na obszarze sandru Brdy poprzedzony został przez procesy wytapiania martwego lodu.

Według najnowszych poglądów, opartych na wynikach badań palynologicznych (A. Dückner, G. C. Maarleveld 1958; M. Chmielewska, W. Chmielewski 1960; J. Kobendzina 1961), okres

wydmotwórczy na Nizinie Europejskiej przebiegał w zimnych wahaniciach klimatycznych późnego glacjału, a R. Galon (1959) i B. Krygowski (1961) początek procesów wydmotwórczych odnoszą nawet do schyłkowej fazy stadium pomorskiego.

W Kotlinie Płockiej brak przesłanek, które by pozwoliły na dokładne datowanie wydm. Wydmy występują na różnowiekowych poziomach, zatem ich wiek może być także zróżnicowany. Badania palynologiczne torfowisk (Z. Borówko-Dłużakowa, 1961), mające na celu określenie wieku tarasów, nie rozwiązują tego problemu.

W spągu wydm nigdzie nie natrafiono na osady organiczne, piasek fluwioglacjalny przechodzi w wydmy bez wyraźnej granicy. Poszczególne serie piasku również nie są rozdzielone osadami organicznymi, które pozwoliłyby na ich datowanie. Zatem określić można tylko okres zakończenia cyklu wydmotwórczego przez badanie wieku osadów organicznych wkraczających na wydmy oraz wieku stanowisk archeologicznych.

Badania wieku gleb kopalnych metodą pomiaru C_{14} jak również analizy pyłkowe torfów problemu tego definitywnie nie rozstrzygnęły.

Zasypanie gleb kopalnych w stropie wydm związane jest z młodymi procesami deflacji. Wskazują na to wyniki badań dwóch próbek gleb, wykonanych przez prof. W. Mościckiego, metodą pomiaru C_{14} . Jedna próbka pochodzi z wydmy koło Gołaszewa (fot. 1, 2). Wiek zwęglonych szczątków drewna występujących w tej próbce określono w skali bezwzględnej na 126 lat. Ciągły poziom okruchów węgla powstał prawdopodobnie w wyniku pożaru lasu, a nawianie piasku leżącego na glebie i utrwalenie współczesnej formy jest dziełem ostatnich kilkudziesięciu lat. Druga próbka gleby pochodzi z obszaru rozwiewanych wydm w okolicy Dobrzykowa (fot. 4); jej wiek określony został na 1610 lat.

W wydmach Kotliny Płockiej nie natrafiono na gleby allerödskie z ich charakterystyczną strukturą, stwierdzone w piaskach pokrywowych Holandii. Przeto określenie przez R. Schilda (1964) wieku przemysłu dobiegniewskiego na Alleröd jest rewelacją. Należy ją jednak traktować ostrożnie do czasu, aż potwierdzona zostanie nowymi badaniami. Zastrzeżenia budzi korelowanie przez R. Schilda (maszynopis) wydmy dobiegniewskiej z wydumą w Witowie. Warstwa kulturowa z zespołem witowskim (schyłek Allerödu) rozdziela dwie serie piasku (M. Chmielewska, W. Chmielewski 1960), natomiast warstwa kulturowa w Dobiegniewie znajduje się w stropie wydmy. W wielu wydmach Kotliny Płockiej występują dwie serie piasku, ale nie rozdzielają ich osady organiczne bądź piaski bezstrukturalne, które świadczyłyby

o przerwie w sedimentacji. Nie ma żadnych podstaw do twierdzenia, że dwie serie piasku w wydmach Kotliny Płockiej odpowiadają wiekiem dwom seriom w Witowie. Gdyby nawet założyć ich równowiekowość, to w świetle wyników badań strukturalnych nie można uważać wydmy dobiegniewskiej za odpowiednik dolnej serii wydmy w Witowie. Wydma w Dobiegniewie należy do najmłodszych form wydmych Kotliny Płockiej uformowanych w fazie przekształcania wydym przez wiatry z sektora południowego.

Analiza form wydmych i wytopiskowych wskazuje, że w Kotlinie Płockiej procesy wydymotwórcze poprzedziły proces wytapiania martwego lodu, chociaż możliwe jest również zazębienie się tych dwóch procesów. Wydmy nigdzie nie wkraczają na torfowiska wypełniające zagłębienia po martwym lodzie; są więc od nich starsze. Za młodszym wiekiem procesów wytopiskowych przemawiają również wywołane przez nie deformacje w warstwowej strukturze wydym (U. Urbaniak, maszynopis), a także w rzeźbie wydymowej. Strukturalne stoki proksymalne wydym, znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie wytopisk, nachylone są obecnie ku wytopiskom pod kątem przekraczającym często 30° . Wydmy występujące w obrębie rynien i wytopisk, albo mające jezioro bądź zagłębienie wytopiskowe po stronie przeważających wiatrów musiały powstać w okresie, gdy jeziora i zagłębienia konserwowane były martwym lodem.

W dwu profilach otworów wiertniczych pobrano próbki osadów organicznych wypełniających zagłębienia typu wytopisk. Jeden profil znajduje się w rynnie przecinającej wydmy paraboliczną w Smolarni, drugi w zagłębieniu bezodpływowym położonym w sąsiedztwie wydym w Kobylim Błocie. W obydwu wierceniach piasek wydobyty ze spągu osadów organicznych nosi ślady obróbki eolicznej. Badania palynologiczne osadów przeprowadzone zostały przez M. Dąbrowskiego. Pozwoliły one na stwierdzenie, że początek tworzenia się torfowiska w Smolarni przypada na okres borealny (tab. 2), w Kobylim Błocie zaś — na preborealny (tab. 3). A zatem właściwy okres wydymotwórczy w Kotlinie Płockiej całkowicie zakończony został przed holocenem. Wniosek ten dotyczy także wydym położonych na tarasie nadzalewowym Wisły. Wydmy te niewątpliwie młodsze od parabolicznych również nie wkraczają na torfowiska, a ich wiek sięga okresu preborealnego (Borówko-Dłużakowa 1961).

Najstarsze wydmy wałowe mogą być formowane, analogicznie do wydym Puszczy Kampinoskiej, w najstarszym dryasie. W tym samym czasie powstawały najstarsze piaski pokrywowe Holandii — akumulowane również przez wiatry północne (G. C. M a a r l e v e l d, R. P. H. P.

Van der Schans 1961). Proces formowania wydm parabolicznych i młodszych wałów można by wówczas odnieść do starszego dryasu. Wypada jednak jeszcze raz podkreślić, że cały proces wydmotwórczy może zamykać się w jednym chłodniejszym okresie późnego glacjału (najprawdopodobniej w starszym dryasie), bowiem w strukturze wydm nie stwierdzono przerw w akumulacji piasku.

Na początku holocenu wydmy Kotliny Płockiej są już całkowicie utrwalone. W okresie preborealnym panuje na nich las z dominującą brzozą i sosną, w okresie następnym — w cieplejszym borealnym wkraczają do niego drzewa liściaste, jak: wiąz, dąb, lipa, a w podszyciu leszczyna. W okresie starszym atlantyckim panuje las liściasty. Podniesienie się poziomu wody gruntowej sprzyja rozwojowi zbiorowisk lasu wilgotnego z jesionem i olchą. W okresie atlantyckim młodszym pierwszeństwo przejmuje dąb. Pod koniec tego okresu zanika wiąz, natomiast pojawiają się pyłki zbóż wskazujące na rolniczą działalność człowieka. Ślady jego obecności na wydmach w tym czasie (neolit) stwierdziła również I. Drzewicka w Dobrzykowie. W okresie subborealnym działalność człowieka zaznacza się coraz wyraźniej w pyłkach torfów w Kobylińcu. Okres subatlantycki wskazuje na dominującą rolę w lasach sosny, a na bogatszych siedliskach — dębu. Wycinanie drzew przez człowieka, niszczenie warstwy glebowej oraz osuszanie się klimatu rozpoczyna nowy etap w historii wydm — okres ich niszczenia.

Procentowy udział pyłku drzew (AP) i roślinności ziel

Głębokość w cm	<i>Pinus</i>	<i>Betula</i>	<i>Salix</i>	<i>Picea</i>	<i>Corylus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Acer</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Quer. Mixt.</i>	<i>Alnus</i>	<i>Gramineae</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Senecio</i>	<i>Compositae</i>
440	51,0	10,0	0,5	0,5	8,5	4,0	0,5	5,0	—	—	9,5	20,0	10,0	0,5	—	—	—
450	58,5	16,0	1,5	—	3,0	1,5	—	1,5	—	—	3,0	18,0	17,0	1,5	—	—	0,5
460	58,5	10,0	0,5	—	9,5	1,0	0,5	2,5	—	0,5	4,5	17,0	15,5	1,0	0,5	—	—
470	61,5	17,0	0,5	—	3,5	1,0	0,5	1,0	—	—	2,5	15,0	13,5	—	—	—	—
480	61,0	11,0	0,5	0,5	8,5	1,0	1,0	1,0	—	—	3,0	15,5	21,5	1,5	—	—	0,5
490	69,5	25,0	0,5	0,5	0,5	1,5	—	1,5	—	—	3,0	1,0	21,5	2,0	1,0	—	—
500	72,0	23,5	—	—	1,0	1,0	—	0,5	0,5	—	1,5	1,5	28,0	1,5	1,0	—	—
510	43,0	24,0	2,0	—	4,0	4,0	—	1,5	—	—	5,5	21,5	10,0	—	0,5	—	—
520	54,0	23,0	1,5	—	7,0	1,0	0,5	2,0	—	—	3,5	11,0	8,5	2,0	1,5	—	—
530	68,0	20,0	0,5	—	2,5	2,5	—	0,5	—	—	3,0	6,0	9,5	1,0	2,0	—	—
540	58,5	23,0	2,0	—	4,0	1,5	—	1,0	—	—	2,5	10,0	10,5	—	2,0	0,5	—
550	65,5	13,0	3,5	—	4,5	1,0	0,5	1,0	—	—	2,5	11,0	7,0	1,5	0,5	—	—

WNIOSKI

W obrębie pól wydmych wyróżniono następujące formy:

- wały równoleżnikowe, 3—10 km długie, 10—30 m wysokie, o stromych stokach południowych bądź symetryczne;
- wydmy paraboliczne o różnej długości i rozpiętości ramion;
- formy paraboloidalne pozbawione partii czołowej.

Wymienione wały i parabole występują na starszych poziomach morfologicznych. Natomiast drobne wały równoleżnikowe bądź o kierunku WNW-ESE, 2—6 m wysokie do 1 km długie, o stromych stokach północnych bądź symetryczne, występują na wszystkich wydzielonych poziomach.

W budowie wydmy stwierdzono następujące osady:

- gleba o miąższości 5—50 cm i zawartości humusu zależnej od warunków wilgotnościowych,
- piasek bezstrukturalny do 2 m miąższości, silnie rozdrobniony, słabo obtoczony, ze znaczną ilością minerałów ciężkich odpornych na wietrzenie,
- piasek o strukturze marmurkowej do 1 m miąższości, o jeszcze większym rozdrobnieniu i równie słabym obtoczeniu ziarn,
- piasek warstwowy.

Tabela 2

nej (NAP) w torfie w Smolarni, wg M. Dąbrowskiego

Chenopodiaceae	Ephedra Dist.	Rubiaceae	Cruciferae	Cornus	Umbelliferae	Valeriana	Calluna	Ranunculaceae	Filipendula	Typha	Nuphar	Equisetum	Sphagnum	Polyodiaceae	Varia	Suma NAP	Piętro wg Firbasa
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	6,5	0,5	18,0	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	1,5	3,0	24,0	Y
—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	0,5	—	—	—	—	4,0	1,0	23,0	N
—	—	0,5	—	—	—	—	0,5	—	0,5	—	1,5	—	—	6,5	—	23,0	L
—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	3,5	1,5	29,5	A
0,5	—	—	—	—	—	0,5	1,0	—	2,5	—	0,5	1,0	—	1,0	1,5	33,0	E
0,5	—	—	—	—	0,5	—	—	—	2,0	0,5	—	—	—	1,5	1,0	36,5	R
0,5	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	3,0	1,5	16,5	E
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	1,5	0,5	15,5	R
1,0	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	0,5	—	0,5	—	6,5	0,5	22,0	O
1,0	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,5	1,0	1,0	17,5	B
—	—	—	—	—	—	—	0,5	1,0	—	—	—	0,5	0,5	2,5	3,0	17,0	A

W wielu wydmach występują dwie serie piasku warstwowanego o różnych kątach i kierunkach nachylenia lamin.

Istnieje współzależność między nachyleniem zboczy wydmy i lamin budującego je piasku; małe nachylenie lamin na stokach proksymalnych (do 12°) i znaczne (do 35°) — na dystalnych:

- nachylenia stoków są na ogół mniejsze niż nachylenia lamin,
- warstwowanie stoku dystalnego jest niemal dokładnie równoległe,
- warstwowanie stoku proksymalnego jest równoległe, faliste bądź przekątne,
- warstwowanie partii kulminacyjnej jest najczęściej przekątne, a lokalnie krzyżowe,
- płaszczyzna osiowa wydmy nie zajmuje na ogół pozycji pionowej, ale przecina aktualną powierzchnię wydmy na stoku dystalnym.

Stwierdzono zmiany charakteru warstwowania w pionowym profilu wydmy. W spągu niektórych wydmy stwierdzono cykliczność warstwowania (naprzemianległe występowanie lamin piasku drobniejszego i grubszego) odpowiadającą rocznym wahaniom akumulacji piasku.

Miąszość pary warstewek zmniejsza się ku stropowi wydmy od 30 do 5 cm, zmniejsza się również stopień segregacji piasku.

Równoległość warstwowania na stokach wydmy bywa zakłócona. Zakłócenia mają dwojaką genezę:

- lokalne zmiany biegów i upadów warstw powstałe w procesie pierwotnej akumulacji piasku, wywołane lokalnymi, okresowymi zmianami kierunku wiatru;
- wtórne zniszczenie bądź zaburzenie warstwowania spowodowane działaniem czynników denudacyjnych w klimacie peryglacjalnym, procesami glebowymi bądź osiadaniem pewnych partii wydmy po wytopieniu się leżącego pod nimi martwego lodu.

Wydzielono następujące typy struktury wewnętrznej wydmy:

1. Struktura jednorodna z zachowanym tylko stokiem dystalnym. W całym profilu piasek warstwowany jest równoległe, a laminy pochylone są pod kątem około 30° ku S — w pierwotnych wałach równoleżnikowych oraz ku N — w najmłodszych, drobnych formach.

2. Struktura złożona dwudzielna. W przekroju poprzecznym występują dwie serie piasku warstwowanego, w serii dolnej — głównej laminy zapadają ku S pod kątem około 30° , w górnej — pod kątem kilkunastu stopni ku N.

3. Struktura jednorodna „właściwa” z zachowanymi dwoma stokami: proksymalnym i dystalnym. Strukturalny stok dystalny w jednych wydmach jest stokiem południowym, w innych — północnym.

4. Struktura jednorodna z zachowanymi dwoma stokami proksymal-

nymi; obydwie stoki charakteryzują się podobnymi kątami nachylenia lamina (10—12°) i przeciwległymi kierunkami ich upadu w profilu poprzecznym (ku N i S).

5. Strukturę wewnętrzną nieprawidłową mają pojedyncze formy, których nie można zaliczyć do żadnego z wyżej omówionych typów. Wydmy te są zwykle formowane przez wiatry z sektora południowego.

Wydmy Kotliny Płockiej powstawały w jednym okresie wydymotwórczym, ale w kilku fazach przy udziale różnokierunkowych wiatrów:

1. Najstarsza faza wydymotwórcza nie odgrywa roli we współczesnej morfologii wydym; kierunek wiatru hipotetyczny: W i E.

2. Właściwa, główna faza formowania wydym charakteryzuje się stałymi i długotrwałymi wiatrami z sektora północnego. Powstały wówczas asymetryczne wały równoleżnikowe znacznych rozmiarów.

3. Faza modelowania wydym przebiega przy udziale wiatrów z sektora zachodniego. Powstały wówczas niecki deflacyjne na północnych stokach pierwotnych wałów, wydmy paraboliczne i część wałów równoleżnikowych.

4. Faza przekształcania wydym charakteryzuje się wiatrami z sektora południowego, towarzyszyły im wiatry W i N. Powstały wówczas najmłodsze drobne wały, górne serie piasku w wydymach o budowie złożonej oraz niecki deflacyjne na południowych stokach wydym.

5. Faza niszczenia wydym związana z wiatrami głównie W i SW obejmuje młode procesy deflacyjne rozwijające się na skutek zniszczenia przez człowieka powłoki glebowej.

Geneza form wydymowych zależy od położenia stref roślinnych związanych z obszarami o większej wilgotności gleby.

Pierwotne wały równoleżnikowe formowane były przez wiatry północne wiejące prostopadle do ich osi morfologicznych. Kierunek osi wałów zależy od przedeolicznej rzeźby terenu i związanych z nią stosunków wodnych, które warunkowały rozwój roślinności.

Wydmy paraboliczne powstawały stopniowo i wtórnie w warunkach wzmożonej walki wiatru z roślinnością. Najstarszym elementem paraboli jest ramię południowe — fragment pierwotnego wału równoleżnikowego. Następnie wiatry zachodnie formowały nieckę deflacyjną i partię czołową, wreszcie wiatry WSW-SW formowały odchylone ku N północne ramiona parabol.

Wydmy paraboloidalne są parabolami przypadkowymi.

Niektóre wydmy we wschodniej części kotliny mają jądra zbudowane z materiału fluwioglacjalnego.

W Kotlinie Płockiej brak przesłanek na dokładne datowanie wydym. Proces wydymotwórczy został całkowicie zakończony przed holocenem, a może nawet przed Allerödem. Brak przerw w sedymentacji piasku

może wskazywać na fakt, że cały proces wydymotwórczy zamyka się w jednym chłodniejszym okresie późnego glacjału, najprawdopodobniej w starszym dryasie.

LITERATURA

- Aufrère L., (1928), L'orientation des dunes continentales. Rept. Intern. Géogr. Congr. Cambridge.
- Bergquist S. G., (1935), The Grand Sable dunes on Lake Superior, Alger County, Michigan. Pap of the Michigan Acad. of Science, Arts and Letters. Vol. 21.
- Borówk o-Di u ż a k o w a Z., (1961), Badania palynologiczne torfowisk na lewym brzegu Wisły między Gąbinem, Gostyninem a Włocławkiem. Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 10.
- Brooks C. E. P., (1954), The climatic changes of the past thousand years. *Experia*. T. 10, z. 4.
- Brzozowski J., (1962), Wydmy północno-zachodniej części Płaskowyżu Jędrzejowskiego. *Prace Geogr.*, z. 10. *Rocznik Nauk. Dydakt. WSP. Kraków*.
- Cailleux A., (1936), Les actions éoliennes interglaciaires. *Comptes Rendus des Séances de la Société Géologique de France*.
- Cailleux A., (1942), Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. *Mémoires de la Société Géologique de France*.
- Chmielewska M., Chmielewski W., (1960), Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. Łęczycza. *Biul. perygl.*, nr 8.
- Dückner A., Maarleveld G. C., (1958), Hoch- und Spätglaziale aeolische Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. *Geolog. Jahrb.*, 73.
- Dylikowa A., (1958), Próba wyjaśnienia faz rozwoju wydym w okolicach Łodzi. *Studia z geomorfologii dynamicznej. Acta Geogr. Univ. Lodz*.
- Enquist F., (1932), The relation between Dune-form and Wind-direction. *Geol. Fören. Förhandl.*, Vol. 54.
- Fiedorowicz B. A., (1948), Woprosy proischożdenija i formirowanija piesczanogo reliefa pustyń. *Probl. Geomorf. Trudy Inst. Geogr.*, wyp. 39.
- Fleszar A., (1916), Uwagi nad krajobrazem poleskim. *Spraw. Tow. Nauk. Warsz.* 9.
- Friedberg W., (1907), Kilka uwag w sprawie wydym niżu rzeszowskiego. *Kosmos* 32.
- Galon R., (1958), Z problematyki wydym śródlądowych w Polsce. *Wydmy Śródlądowe Polski. Cz. 1. PWN*.
- Galon R., (1959), New investigations of inlanddunes in Poland. *Przegl. Geogr.*, t. 31.
- Kádár L., (1938), Die periglazialen Binnendünen des norddeutschen und polnischen Flachlandes. *Comptes Rendus du Congrès Intern. de Géogr.*, T. 1.
- Kádár L., (1957), A kovárványos homok kérdése. *Publ. de l'Inst. Géogr. de l'Univ. Kossuth a Debrecen, értesito* 6.
- Keilhack K., (1917), Die grossen Dünengebiete Norddeutschlands. *Zeitschrift d. Deutsch. Geolog. Gesellsch.*, Bd. 69.
- Kępczyński K., (1958), Roślinność i historia torfowiska Siwe Bagno w Borach Tucholskich. *Zesz. Nauk. U. M. K., Mat.-Przyr.*, nr 2.
- Kaczorowska-Kobendzina J., (1926), Studium geograficzne Puszczy Kampinoskiej. *Przegl. Geogr.*, t. 6.

- Kobendza J. i R., (1958), Rozwiewane wydmy Puszczy Kampinoskiej. Wydmy śródlądowe Polski. Cz. 1. PWN.
- Kobendzina J., (1961), Próba datowania wydym Puszczy Kampinoskiej. Przgl. Geogr., t. 33, z. 3.
- Kobendzina J., (1961), The Holocen fossils of dunes. VI-th Congress INQUA, Abstracts of papers.
- Korn J., (1918), Über Dünenzüge im Torfe des Netzetales bei Czarnikau. Jahr. d. Preuss. Geol. Land., Bd. 37.
- Kozarski S., (1962), Wydmy w Pradolinie Noteci koło Czarnkowa. Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., t. 9.
- Kriván P., (1955), Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns. Acta Geol. Ac. Scient. Hung., T. 3, fasc. 4.
- Krukowski S., (1922), O wieku wydym Niżu polskiego z punktu widzenia ich prehistorii i zastoisk cofającego się lądolodu. Posiedz. Nauk. PIG, z. 3.
- Krygowski B., (1961), Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. 1. Geomorfologia.
- Lacroix A., (1942), Nouvelles observations sur les fulgurites du Sahara. Bull. Service Mines, nr 6. Dakar.
- Lehmann P., (1905), Zur Morphologie norddeutscher Binnendünen. Monatsberichte d. Deutschen Geolog. Gesell.
- Lencewicz S., (1922), Wydmy śródlądowe Polski. Przgl. Geogr., t. 2.
- Lencewicz S., (1927), Dyluwium i morfologia środkowego Powiśla, Prace PIG, t. 2, z. 2.
- Louis H., (1928), Die Form der norddeutschen Bogendünen. Zeitschr. Geomorph., Bd. 4.
- Maarleveld G. C., Edelman C. H., (1958), Pleistozän-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. Geol. Jb., vol. 73.
- Maarleveld G. C., (1960), Kierunki wiatru i piaski pokrywowe w Holandii. Biul. Perygl., nr 8.
- Maarleveld G. C., en Van der Schans R. P. H. P., (1961), De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Deel 28, nr 1.
- Majdanowski S., (1958), Zagadnienia klimatyczne okresów wydmowych w świetle glacialnych i postglacialnych zmian ogólnej cyrkulacji atmosferycznej w środkowej Europie. Wydmy śródlądowe Polski. Cz. 1. PWN.
- Małkowski S., (1912), Wydmy piaszczyste okolic Sadownego. Kosmos 36.
- Małkowski S., (1914), O wydmach parabolicznych śródlądowych tworzących się obecnie w okolicy Szczakowy. Kosmos 39.
- Małkowski S., (1917), O wydmach piaszczystych okolic Warszawy. Tow. Nauk. Warsz., Prace Wyd. III, nr 23.
- Maruszczak H., (1958), Wydmy Wyżyny Lubelskiej i obszarów sąsiednich. Wydmy śródlądowe Polski Cz. 2. PWN.
- Mojski J. E., (1960), Schyłek plejstocenu w zachodniej części Kotliny Płockiej. Kwart. Geol., t. 4.
- Nowicka I., (1958), Wydmy na sandrze Brdy. Zesz. Nauk. U. M. K.
- Pernarowski L., (1958), Z badań nad wydmami Dolnego Śląska. Wydmy śródlądowe Polski. Cz. 1. PWN.
- Poser H., (1948), Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. Die Naturwissenschaften.

- Poser H., (1950), Zur Rekonstruktion der Spätglazialen Luftdruckverhältnisse in Mittel- und Westeuropa auf Grund der vorzeitlichen Dünen. *Erdkunde*, Vol. 4.
- Przemyski K., (1927), Nieborowski teren wydmowy. *Przegl. Geogr.*, t. 7.
- Romer E., (1906), Sprawozdanie z wycieczki do wydm niżowych z poglądem na ich powstanie. *Kosmos* 31.
- Rühle E., (1936—37), Studium powiatu kowelskiego. *Rocznik Wołyński*, t. 5—6.
- Sawicki L., (1923), Wydmy jako środowisko występowania zabytków kulturowych. *Wiad. Archeolog.*, t. 8.
- Sawicki L., (1923), Uwagi o środowisku wydmowym „Górki” w Świdrach Wielkich. *Wiad. Archeolog.*, t. 8.
- Sawicki L., (1930), Wiek przemysłu świderskiego w świetle geomorfologii podwarszawskiego odcinka pradoliny Wisły. *Księga Pam. ku czci prof. W. Demetrykiewicza*.
- Sawicki L., (1935), Przemysł świderski stanowiska wydmowego „Świdry Wielkie I”. *Przegl. Archeolog.*, t. 5.
- Sawicki L., (1958), Zagadnienie wieku wydm. *Wydmy śródlądowe Polski*. Cz. 1. PWN.
- Schild R., (1961), Chronologia przemysłów cyklu mazowszańskiego i przemysłów pokrewnych na tle chronologii późnego paleolitu górnego Europy środkowej i zachodniej (maszynopis).
- Schild R., (1964), Chronologie du cycle Mazovien. Report of the VI-th Intern. Congress on Quaternary.
- Schoeller H., (1945), Le Quaternaire de la Saoura et du Grand Erg Occidental. *Trav. Inst. Recherches Sahariennes Univ. d'Alger*, T. 3.
- Solger F., (1910), *Geologie der Dünen*. *Dünenbuch*. Stuttgart.
- Stankowski W., (1962), Rozwój morfologiczny wydm Polski półn.-zachodniej na podstawie wybranych obszarów (maszynopis).
- Tumiłowicz J., (1962), Znaczenie wapiennych skamielin w odżywianiu się roślin na piaskach wydmowych. *Ekologia Polska*, t. 8, z. 4.
- Tutkowski P. A., (1908), *Iskopajemyje pustyni siewiernego połuszarija*.
- Urbaniak U., 1962, Struktura wydmy w Gorenium Dużym. *Przegl. Geogr.*, t. 34, z. 4.
- Urbaniak U., (1965), Przyczynki do paleogeografii Kotliny Płockiej. *Przegl. Geogr.*, t. 37, z. 4.
- Urbaniak U., (1966), Skład mineralny piasków wydmowych w Kotlinie Płockiej. *Przegl. Geogr.*, t. 38, z. 3.
- Urbaniak U., *Piaski pokrywowe, struktury krioturbacyjne i uskokowe w wydmach Kotliny Płockiej*. Maszynopis.
- Wahnschaffe F., (1909), *Der Dünenzug bei Wilhelmshagen-Woltersdorf*. *Jahrb. Preuss. Geol. L.*
- Walter W., (1951), *Neue morphologisch-physikalische Erkenntnisse über Flugsand und Dünen*. *Rhein-Mainische Forschungen*, H. 31. Frankfurt a/Main.
- Wasylikowa K., (1964), *Roślinność i klimat późnego glacjału w Witowie*. *Biul. Perygl.*, nr 13.
- Woldstedt P., (1950), *Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter*. Stuttgart.
- Wunderlich E., (1916), *Zur Frage der polnischen und norddeutschen Binnendünen*. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde*.

ДЮНЫ В ПЛОЦКОЙ КОТЛОВИНЕ

Анализ внутренней структуры дюн проводился на основании материалов полученных из поперечных проходок через дюны и из выемок в ответвлениях параболических дюн. На основании этого анализа выделяется несколько видов дюн с разной структурой и происхождением:

1. Тип однородной структуры. Его характерным признаком является в разрезе через дюну наличие только одного дистального склона. Во всем разрезе слоистость песка является параллельной, а ламины падают под углом около 30° в южном направлении, в первичных дюнных грядах, в самых длинных и самых высоких, и в северном направлении в самых молодых, маленьких грядах.

2. Тип сложной, двучленной структуры. В поперечном разрезе обнаруживаются две серии слоистых песков. Для obu серии является свойственной слоистость дистального склона. В нижней, главной серии, из которой по большей части сложены дюны, ламины падают к югу под углом около 30° , в верхней же части (у которой наибольшая мощность до 2 метров) выступающей обыкновенно пятном на северных склонах дюн, ламины падают к северу под углом от 10 до 20° .

3. Тип однородной, „подлинной” структуры, у которой сохранились два склона: проксимальный и дистальный. Структурный, дистальный склон у одних дюн является южным, у других северным. Разновидностью этого типа является сложная структура, в которой верхняя серия лежит на проксимальном склоне (обыкновенно северном) нижней серии.

4. Тип однородной структуры с сохранившимися, двумя проксимальными склонами. Для обоих склонов характерным признаком являются похожие углы наклона ламин (10 — 12°) и противоположные направления их падения. Осевые плоскости имеют положение при-

ближенное к вертикальному. Это свидетельствует о существовании равновесия аккумулятивных процессов песка на обоих склонах дюн.

5. Тип внутренней, неправильной структуры обнимает единичные формы, структура которых не позволяет причислить их к какому-нибудь из выше упомянутых типов. Такой форме принадлежит между прочим дюна, с косою слоистостью (Вистка Шлахеца), или же такие дюны, структура которых свидетельствует об изменениях направления дующих ветров, что не находит подтверждения в других формах дюн (Горэнь Дужы).

Дюны Плоцкой Котловины возникали постепенно, в нескольких фазах, под воздействием ветров с различным направлением, но в один дюнообразующий период; структура дюн не свидетельствует о том, чтобы существовали какие-нибудь перерывы в аккумулятивных процессах формирующих дюны.

1. Наиболее древняя фаза в образовании дюн не имеет никакого значения для современной морфологии дюн. Направления и углы существующих наклонов ламин позволяют предполагать существование ветров с западным и восточным направлением.

2. Подлинная, главная фаза образования дюн. Для ней являются характерными постоянные и продолжительные ветры дующие с северного сектора. В то время сформировались главные черты дюнного рельефа, которые в следующие фазы подлежали только процессам моделировки. Это были гряды вытянутые в широтном направлении, длиной в несколько километров, значительной высоты, ассиметричные (южные склоны — крутые), которые формировались на границах зон с различным увлажнением почвы, при наличии скудной растительности, ветрами дующими перпендикулярно морфологическим осям гряд. В первом этапе этой фазы образования дюн сила дующего ветра в течении года изменялась (чередование ламин более грубого и более тонкого материала) и постепенно падала его аккумулятивная способность (мощность слоев уменьшается с 30 до 5 см).

3. Фаза моделировки дюн осуществляется под воздействием ветров западного сектора и сводится главным образом к моделировке дюн образовавшихся раньше. В таких условиях возникают короткие, высокие гряды с направлением морфологической оси приближенным к широтному, которые формируются ветрами в начале северозападными затем сменяющиеся постепенно западными. В этой фазе образуются параболические дюны; их южные ответвления являются перемоделированными, первичными грядами широтного простираения, их фронтальные участки формировали западные ветры, а северные ответвления — юго западные ветры.

4. Фаза преобразования дюн. Для этой фазы являются характерными ветры из южного сектора. Они разрушают южные склоны дюн, аккумулируют верхние серии песка в дюнах со сложной структурой и формируют малые (длиной до 1 км и высотой в 2—6 м) дюнные гряды.

5. Фаза разрушения дюн продолжается с момента появления на них человека до современного времени. Главным направлением дующих в этой фазе ветров являются западные и югозападные ветры.

URSZULA URBANIAK

DUNES OF THE PŁOCK BASIN

The dune forms most commonly found in the Płock Basin are ridges of W-E direction and parabolic dunes. The internal structure of these dunes was investigated by some 50 transversal diggings. No essential structural differences were found to exist between ridges and horns of parabolic dunes. Below, the author distinguishes a number of dune types differing in structure and origin:

1. The type of a homogenous structure characterized, in its transversal section, by but one, the distal, slope. Throughout the profile the sand stratification runs parallel, and the strata dip at about 30° in one definite direction. The longest and highest dune ridges, at times very much destroyed, extending in W-E direction, show an inclination of their lamination towards SW, S, or SE (Kamienny Kopiec). On the other hand, in the small dune ridges situated near the Vistula channel or amidst larger ridge forms, the parallel laminated strata dip at $30\text{--}40^\circ$ northwards.

2. The type of a compound, binary structure: in the transversal section of a dune, two distinctly separated series of stratified sand are visible, their laminae differing in dip angle and direction of inclination. The lower series predominates in size, while the upper rarely reaches a thickness of 2 m. and fails to cover the whole dune, but rather forms a superstructure near the dune peak, — or it is spread out lobe-like on the northern slope. The boundary line between the two series runs in a straight line, parallel with the stratification of the upper series, and is usually inclined northwards, at 15° or so. The lamination of the lower series dips southwards, at about 30° (Sędeń). This type of structure is a combination of two varieties of Type 1 described above. Both the main (lower) and the upper series are characterized by stratification in the distal slope. In the northern slope of some of the dunes there appears, at the bottom of the main series near the dune base, a relatively thin series of sand with its laminae inclined at divergent, usually eastward, angles. These relict forms are without effect on

today's dune relief; their structural axes extend perpendicular to the morphological axes (Ruda).

3. The type of a homogeneous, „genuine” structure with proximal and distal slopes both preserved. This type has only been discovered in four dunes, which have not participated in a process, common in this region, that is, of dislocation of ridges previously formed in a direction conformable with the then direction of winds. This type of structure is found in dunes formed by northern winds (Elizin), as well as in minor ridges formed due to the action of southern winds (Soczewka). A deviation from this type is a compound structure, in which an upper series lies lobe-like upon the proximal (northern) slope of a lower series (Lipianki). A similar pattern, with the angle of inclination of the laminae of the upper series steeper than that of the main series, has been found in a dune at Goreń Duży, where in the main series a structural proximal slope has been preserved which is the southern dune slope.

4. The type of a homogeneous structure with two proximal slopes preserved. Dunes with structures like this are characterized by similar angles of inclination of their laminae in both slopes, and by opposite dip angles. As a rule, the angles do not exceed 12° . The axial planes occupy positions approaching the vertical, proof of an equilibrium in sand accumulation in both slopes. This kind of structure has been discovered in a few small dune ridges extending in W-E direction and situated on younger terraces (Dąb Wielki).

5. The type of an abnormal internal structure, comprising solitary forms which as to structure can not be assigned to either of the types described above. To these belongs a dune at Goreń Duży, in whose structure the changes of wind direction are recorded, from western to southern and from southern to a northern direction; this pattern finds no analogy in any other dune form. Also of abnormal structure is a dune at Wistka Szlachecka. All over the transversal profile of the dune, stratification is oblique. A dune at Miłecin is the only one, whose formation can be ascribed to southern winds blowing parallel with the dune axis. Dunes of abnormal structure are usually the result of winds blowing from the southern sector.

The dunes of the Płock Basin developed gradually, by several stages, by the action of winds of a variety of directions, but during a single dune-forming period. In the dune structure there were not observed any breaks in sand accumulation as would be indicated by layers of fossil soil or of structureless material.

1. The oldest dune-forming phase has played no role in the modern dune morphology. The wind directions of these earliest times are a mat-

ter of conjecture. The strikes and dips of the laminae actually observed imply western and eastern winds.

2. The real, main dune-forming phase is characterized by winds from the northern sector. The principal features of the dune relief have developed at those times, and during later phases the dunes merely suffered processes of resculpturing. These early dunes were ridges running in W-E direction, of several kilometres lengths and of considerable height, distinctly asymmetrical, with the northern slopes more gently inclined. These forms developed due to winds striking perpendicularly the present-day morphological axes of the dunes. Under such conditions, dune ridges came into existence featured by a homogeneous structure: dunes of which the southern distal slopes are preserved — dunes of „normal” ridge structure, as well as the main sand series of dunes with a compound structure. — This main dune-forming phase is marked by a long duration of constant winds; this wind action persisted afterwards into the period, when the supply of sand material in the dune forefield became deficient and the dunes were merely translocated southwards. In this process the wind destroyed the proximal slopes, and the material thus derived built up the distal dune slopes. Traces of this type of wind activity are commonly in evidence. It is merely a few forms that have maintained their „genuine” structure. During the first part of the dune-forming phase, the force of the wind wavered at an annual scale; in the structure of the lower part of the dunes this is recorded by alternating laminae of coarser and fines material. An aeolian activity of greater force occurred, during late-glacial winters. By degrees, however, the accumulative properties of the wind abated, an evolution noticeable in the dune structure by an upward decrease in thickness of the annual sedimentation cycle, from some 30 cm. to 5 cm.

3. The phase of dune resculpturing proceeded due to the action of winds from the western sector. The part played by western winds consists mainly of resculpturing the material of dunes produced during an earlier phase. There result short, high ridges with rather steep slopes, with the direction of their morphological axes approaching the W-E direction. Usually, here also only the distal slopes are preserved, and the structural axes form acute angles with the morphological axes. Often one can observe, with increasing depth, a shifting of the structural axes from a N-S to a NE-SW direction, evidence of a change in wind direction from NW — as was the case for the older dune parts — to W in the younger parts. This is the phase that produced parabolic dunes. The straight-line dune ridges mentioned before have originated with NW and W winds predominating, while the production of parabolic dunes

is due to winds from W to SW. The front parts of the parabolic dunes were formed by W winds, while their northern horns are due to the action of SW winds. Usually, only the structural distal slopes are preserved in the frontal parts and in the northern horns of such dunes, indicating that these elements of the parabolic dunes have „migrated” also. The individual elements of parabolic dunes may have originated successively; oldest are southern horns formed by N winds, representing fragments of dune ridges originally extending in a W-E direction. The process of dune parabolization started in the northern slopes of the original ridges by the formation of deflation hollows and, afterwards, of the frontal parts of the parabolic dunes (W winds). The northern horns are youngest, developed by SW winds.

4. The phase of dune resculpturing shows a prevalence of winds from the southern sector. The effect of these winds is the deterioration of the southern dune slopes, causing their inclination to become more gentle, and the formation of deflation hollows within them. These southern winds have accumulated the upper sand series of the compound dunes; these series consist mainly of material, wind-borne from southern dune slopes, that overlies the northern slopes, increasing their steepness. This process leads to a reduction and, in part, an elimination of the asymmetry of the original W-E ridges. Parabolic dunes also show resculpturing features due to the addition of deflation hollows. Further, S winds have also created minor dune ridges (of up to 1 km. lengths and 2—6 m. heights) that are formed on younger terraces or are scattered amidst older forms. The morphological axes of the latter ridges show a variety of directions: from W-E to N-S. In these dunes, all types of internal structures may be found. Locally, southern winds have been accompanied by W and N winds.

5. The phase of dune destruction, persisting since the time man appeared on the dunes until today, is connected with winds from W and SW. Their action leads to a deflation of those dunes on which the soil cover has been destroyed.

EXPLANATIONS OF PHOTOS

- Photo 1. Southern dune slope built of fossil soil
- Photo 2. Destroyed northern dune slope, with traces of fossil soil
- Photo 3. Southern slope of northern horn of parabolic dune at Goren
- Photo 4. Deflated dune in Dobrzyków region
- Photo 5. Ripple-marks on surface of deflation plain near Karolewo
- Photo 6. Erosive niche in distal (southern) slope of fixed dune near Janów
- Photo 7. Calcified system of pine tree roots in dune at Warząchewka
- Photo 8. Two series of stratified sand in dune at Ruda

EXPLANATIONS OF FIGURES

- Fig. 1. Transversal section of dune near Niedźwiedz forest-keeper's cottage
- Fig. 2. Structure of top part of dune at Soczewka
1 — humus horizon, 2 — structureless sand with disturbed laterite laminae, 3 — stratified sand with parallel laterite laminae
- Fig. 3. Pattern of cyclic stratification in dune at Ludwików
- Fig. 4. Pattern of cyclic stratification in dune at Warząchewka
- Fig. 5. Transversal section of dune at Elizin
- Fig. 6. Stratification pattern on proximal slope of dune at Soczewka
- Fig. 7. Diagram of strikes and dips of laminae in northern dune slope at Elizin
- Fig. 8. Diagram of strikes and dips of laminae in southern dune slope at Elizin
- Fig. 9. Character of sand stratification in topmost dune part at Soczewka
- Fig. 10. Transversal section of northern horn of dune at Soczewka
- Fig. 11. Transversal section of dune at Zwoleń
- Fig. 12. Transversal section of dune at Warząchewka
- Fig. 13. Diagram of strikes and dips of laminae in profile A in dune at Warząchewka
- Fig. 14. Diagram of strikes and dips of laminae in profiles C, E, F, G in dune at Warząchewka
- Fig. 15. Diagram of strikes and dips of laminae in profile B in dune at Warząchewka
- Fig. 16. Oblique sand stratification in dune at Wistka Szlachecka
- Fig. 17. Transversal section of parabolic dune near Łąck
- Fig. 18. Diagram of strikes and dips of laminae in parabolic dune near Łąck
A — distal slope, B — proximal slope, C — deflation hollow
- Fig. 19. Parabolic dunes near Goreń Duży village
- Fig. 20. Section across parabolic dune along line AB shown in Fig. 19
- Fig. 21. Diagram of strikes and dips of laminae in profile AB of parabolic dune at Goreń Duży
I — topmost part of dune, II, III — distal slope, IV—VI — proximal slope
- Fig. 22. Section across parabolic dune along line CD shown in Fig. 19
- Fig. 23. Diagram of strikes and dips of laminae in distal slope of northern horn of parabolic dune at Goreń Duży; pits II, III shown in Fig. 22
- Fig. 24. Diagram of strikes and dips of laminae in deflation hollow pit VIII shown in Fig. 22
- Fig. 25. Diagram of strikes and dips of laminae in topmost part of dune; pit I shown in Fig. 22
- Fig. 26. Diagram of strikes and dips of laminae in proximal slope; pits V, VI, VII in Fig. 22
- Fig. 27. Transversal section of dune at Kamienny Kopiec
- Fig. 28. Diagram of strikes and dips of laminae in distal dune slope at Kamienny Kopiec; profile II shown in Fig. 27
- Fig. 29. Transversal section of dune situated south of Leśn. Smolarskie
- Fig. 30. Diagram of strikes and dips of laminae in profile II, shown in Fig. 29
- Fig. 31. Transversal section of dune at Sędeń Duży
- Fig. 32. Diagram of strikes and dips of laminae in southern dune slope at Sędeń Duży
- Fig. 33. Diagram of strikes and dips of laminae in northern dune slope at Sędeń Duży

- Fig. 34. Diagram of strikes and dips of laminae in northern slope of dune situated near Ruda village
- Fig. 35. Transversal section of dune at Lipianki
- Fig. 36. Transversal section of dune at Dąb Wielki
- Fig. 37. Diagram of strikes and dips of laminae in profile I shown in Fig. 36
- Fig. 38. Diagram of strikes and dips of laminae in profile II shown in Fig. 36
- Fig. 39. Diagram of strikes and dips of laminae in profile III shown in Fig. 36
- Fig. 40. Diagram of strikes and dips of laminae in proximal and distal slopes of W—E dune ridge near Janów
- Fig. 41. Diagram of strikes and dips of laminae in topmost part of W—E dune ridge near Niedźwiedź forest keeper's cottage
- Fig. 42. Diagram of strikes and dips of laminae in topmost part of W—E dune ridge at Duninów Duży
- Fig. 43. Diagram of strikes and dips of laminae in topmost part of W—E dune ridge near Środoń forest keeper's cottage

Przekrój poprzeczny przez wydmy w okolicy Gołaszewa



Fot. 1. Południowy stok wydmy z glębą kopalną



Fot. 2. Zniszczony północny stok wydmy ze śladami glęby kopalnej



Fot. 3. Południowy stok północnego ramienia paraboli w Gorenium



Fot. 4. Rozwiewana wydma w okolicy Dobrzykowa



Fot. 5. Ripplemarki na powierzchni równiny deflacyjnej w okolicy Karolewa



Fot. 6. Nisza erozyjna w stoku dystalnym (południowym) utrwalonej wydmy w okolicy Janowa

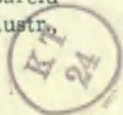


Fot. 7. Zwapniały system korzeniowy sosny w wydmie w okolicy Warząchewki



Fot. 8. Dwie serie piasku warstwowanego w wydmie w Rudzie

26. Gieysztor I., Studia hydrologiczne nad potokami tatrzańskimi. 1961, s. 80 + 4 mapy, zł 26,—
27. Praca zbiorowa, Problems of Economic Regions. 1961, s. 360 + 11 map, zł 77,—
28. Staszewski J., Die Verteilung der Bevölkerung nach dem Abstand vom Meer. 1961, s. 79 + 3 tabl., zł 20,—
29. Galon R., Morphology of the Noteć-Warta (or Toruń-Eberswalde) Ice Marginal Streamway. 1961, s. 129 + mapa, zł 32,—
30. Fleszar M., Zarys historii geografii ekonomicznej w Polsce do 1939 r. 1962, s. 173, zł 43,50.
31. Praca zbiorowa. Land Utilization. Methods and Problems of Research. 1962, s. 250 + 13 wkładek, zł 63,—
32. Kosiński L., Miasta województwa białostockiego. 1962, s. 163 + 3 wkładki, zł 28,—
33. Kaczorowska Z., Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. 1962, s. 112 + wkładka, zł 28,—
34. Okołowicz W., Zachmurzenie Polski.
Stopa M., Burze w Polsce. 1962, s. 185 + 2 wkładki, zł 45,—
35. Biegajło W., Sposoby gospodarowania w rolnictwie województwa białostockiego. 1962, s. 187 + mapy, zł 48,—
36. Dziewański J., Starkel L., Dolina Sanu między Soliną a Zwierzyńcem w czwartorzędzie. 1962, s. 86 + 9 wkładek, zł 28,—
37. Chilczuk M., Rozwój i rozmieszczenie przemysłu rolno-spożywczego w województwie białostockim. 1962, s. 159, zł 38,—
38. Radłowska C., Rzeźba północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. 1963, s. 178 + 12 fot. + 4 wkładki, zł 60,—
39. Szupryczyński J., Rzeźba strefy marginalnej i typy deglacjacji lodowców południowego Spitsbergenu. 1963, s. 162 + 4 mapy, zł 35,—
40. Kosiński L., Procesy ludnościowe na Ziemiach Odzyskanych w latach 1945—1960. 1963, s. 128 + wkładki, zł 28,—
41. Domański R., Zespoły sieci komunikacyjnych. 1963, s. 110 + 38 ilustr., zł 24,—
42. Stasiak J., Historia jeziora Kruklin w świetle osadów strefy litoralnej. 1963, s. 94 + 19 ilustr. + 2 mapy, zł 27,—
43. Mileska M. I., Regiony turystyczne Polski. Stan obecny i potencjalne warunki rozwoju, 1963, s. 156 + 6 map, zł 34,—
44. Gilewska S., Rzeźba progów środkowotriasowego okolic Będzina. 1963, s. 135 + 24 ilustr., zł 36,—
45. Chilczuk M., Sieć ośrodków więzi społeczno-gospodarczej wsi w Polsce. 1963, s. 155 + 55 ilustr., i map, zł 65,—
46. Praca zbiorowa, Problems of geomorphological mapping. 1964, s. 140 + anex + 9 ilustr. + 6 map, zł 48,—
47. Praca zbiorowa, Studia geograficzne w powiecie pińczowskim. 1966, s. 193 + 27 ilustr. + 7 map, zł 47,—
48. Wróbel A., Pojęcie regionu ekonomicznego a teoria geografii. 1965, s. 86, zł 21,—
49. Ratajski L., Polska kartografia ekonomiczna XX wieku. 1965, s. 144 + 16 ilustr., zł 30,—
50. Starkel L., Rozwój rzeźby polskiej części Karpat Wschodnich. 1965, s. 160, 35 ilustr. + 5 map + 16 fot., zł 48,—
51. Kostrowicki A. S., Regionalizacja zoogeograficzna Palearktyki, w oparciu o faunę motyli tzw. większych (Macrolepidoptera). 1965, s. 100 + 21 ilustr., zł 30,—



52. Gerlach T., Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka. (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie). 1966, s. 111, 20 ilustr., zł 33,—
53. Klimek K., Deglacjacja północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej w okresie zlodowacenia środkowopolskiego, 1966, s. 136 + 26 ilustr., zł 32,—
54. Kosmowska-Suffczyńska D., Rozwój rzeźby w trzeciorzędzie okolic Ostrowca Świętokrzyskiego i Ćmielowa. 1966, s. 114 + 22 ilustr. + 7 fot. + 2 mapy, zł 33,—
55. Ziemońska Z., Obieg wody w obszarze górskim na przykładzie górnej części dorzecza Czarnego Dunajca. 1966, s. 111 + 16 ilustr. + 2 wkładki, zł 34,—
56. Ratajski L., Mapy przemysłu, ich właściwości metodyczne i kartometryczne. 1966, s. 115 + 22 ilustr., zł 28,—
57. Więckowski K., Osady denne Jeziora Mikołajskiego. 1966, s. 112 + 12 ilustr., + 7 fot., zł 24,—
58. Szostak M., Pochodzenie Jeziora Śniardwy i jego zasoby wodne (w druku).
59. Rościszewski M., Siemek Z., Rolnictwo krajów słabo rozwiniętych (Egipt, Syria, Turcja) (w druku).
60. Ziętara T., Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów (w druku).
61. Urbaniak U., Wydmy Kotliny Płockiej (w druku).
62. Jewtuchowicz S., Geneza Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej między Nerem a Moszczenicą (w druku).
63. Dziewoński K., Baza ekonomiczna i struktura funkcjonalna miast. Studium rozwoju pojęć, metod i ich zastosowań (w druku).
64. Rychłowski B., Regionalizacja ekonomiczna — zagadnienia podstawowe (w druku).
65. Bączyk J., Masy wodne południowego Bałtyku i charakterystyka ich wpływów hydrologicznych w polskiej strefie przybrzeżnej (w druku).
66. Szulc H., Typy wsi Śląska Opolskiego na początku XIX wieku i ich geneza (w druku).
67. Szewczyk J., Włoka. Pojęcie i termin na tle innych średniowiecznych jednostek pomiaru ziemi (w druku).
68. Wojciechowski K., Zagadnienie metody bilansu wodnego Thornthwaite'a i Mathera w zastosowaniu do Polski (w druku).

Varia

- Kaczorowska Z., Zestaw zagranicznych czasopism i wydawnictw seryjnych z zakresu nauk o ziemi znajdujących się w bibliotekach polskich. 1957, s. 377, zł 100,—
- Ratajski L., Szewczyk J., Zwoliński P., Nazewnictwo geograficzne świata. 1959, s. 857, zł 135,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 1. Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800. 1961, s. 248, zł 72,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 2 (uzupełniający). Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800. 1963, s. 124, zł 28,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 3. Katalog atlasów 1801—1919. 1965, s. 343, zł 76,—
- Chilczuk M., Ciołkosz A., Zastosowanie zdjęć lotniczych w geografii. 1966, s. 131, ilustr. 84 (w tym 3 wielobarwne jako wkładki), zł 24,—